

CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS FLUVIALES PERIURBANAS CON RIESGO
DE INUNDACIÓN EN ÁMBITOS MEDITERRÁNEOS Y PROPUESTA DE
CARTOGRAFÍA DE PELIGROSIDAD ADAPTADA

Antonio Jesús Gallegos Reina
Málaga, 2015

Tesis Doctoral



Dirección de tesis:

Dra. María Jesús Perles Roselló

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA
Departamento de Geografía



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA

PROGRAMA DE DOCTORADO 'EL ANÁLISIS GEOGRÁFICO EN LA
ORDENACIÓN DEL TERRITORIO'. UNIVERSIDADES DE GRANADA Y MÁLAGA.



MEMORIA PARA OPTAR A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE DOCTOR

**“CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS FLUVIALES PERIURBANAS CON RIESGO DE
INUNDACIÓN EN ÁMBITOS MEDITERRÁNEOS Y PROPUESTA DE CARTOGRAFÍA
DE PELIGROSIDAD ADAPTADA”**

Antonio Jesús Gallegos Reina

Dirección de tesis
Dra. María Jesús Perles Roselló
Universidad de Málaga

Málaga, 2015



Publicaciones y
Divulgación Científica

AUTOR: Antonio Jesús Gallegos Reina

EDITA: Publicaciones y Divulgación Científica. Universidad de Málaga



Esta obra está sujeta a una licencia Creative Commons:

Reconocimiento - No comercial - SinObraDerivada (cc-by-nc-nd):

[Http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es)

Cualquier parte de esta obra se puede reproducir sin autorización
pero con el reconocimiento y atribución de los autores.

No se puede hacer uso comercial de la obra y no se puede alterar, transformar o hacer
obras derivadas.

Esta Tesis Doctoral está depositada en el Repositorio Institucional de la Universidad de
Málaga (RIUMA): riuma.uma.es



Doña María Jesús Perles Roselló, profesora titular del Departamento de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Málaga.

Certifica:

Que Don Antonio Jesús Gallegos Reina, licenciado en Geografía por la Universidad de Málaga, ha realizado bajo mi dirección en el Departamento de Geografía la Tesis Doctoral titulada:

Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada.

Informa:

Que la presente Tesis Doctoral es apta, ya que cumple los requisitos formales de calidad, originalidad y mantiene el rigor científico y académico exigible, por lo que autoriza su presentación.

Málaga, a 1 de julio de 2.015

Fdo.: María Jesús Perles Roselló



Los *Kogui* son un pueblo amerindio de Colombia que habita en la vertiente norte de la Sierra Nevada de Santa Marta, perteneciente a la ancestral cultura *Tayronas*. En el año 1990, ante la evidencia de degradación ambiental y catástrofes naturales, difundieron a través de un arqueólogo, que se puso en contacto con la BBC, un mensaje de alerta al mundo. En él se referían a los “pueblos occidentales” como “los hermanos menores”, pues nos consideran *inmaduros* en nuestra relación con la naturaleza, y creen que no hemos sido capaces aún de alcanzar el equilibrio con ella. Los *Kogui* son también conocidos como “los hermanos mayores”.

‘Allí abajo [en el cauce del Guadalmedina] había caballos y asnos atados en grupos, entre los fuegos donde hervían las ollas y pucheros; también kioskos y mesas; en fin, una escena digna del lienzo de un pintor. Sin embargo, si les sorprendiera la descarga de una nube, el aluvión que bajase de la sierra provocaría la inundación del río con el consiguiente embate de las aguas que, corriendo hacia el mar, lo arrastrarían todo consigo. No habría tiempo de huir. Me contaron que así se ahogaron la primavera pasada, unos bueyes que tiraban del carro y que, al no haber podido alcanzar la orilla a tiempo, habían sido llevados por el agua. De momento, el lecho del río aparecía como si no hubiese recibido una gota de agua en años’.

Hans Christian Andersen (Viaje por España, 1862)

‘Mes y medio después de que una riada se llevara por delante todas sus pertenencias y acabara con la vida de dos turistas británicos, los comerciantes que habitualmente acudían al mercadillo de La Cala de Finestrat volverán a montar mañana sus puestos en el tradicional mercadillo de los viernes. Así lo anunció ayer el Ayuntamiento de la localidad, por boca del edil delegado de Comercio, Francisco Sánchez, quien señaló que “hemos trabajado a contrarreloj para ayudar a los comerciantes afectados y, sobre todo, para que pudieran volver cuanto antes a vender en el mercadillo de la Cala de Finestrat” [...]’.

Diario Información Alicante (8 de diciembre de 2011)

Imágenes:



Modelización de inundación en las cuencas de los arroyos Pileta y Pollo Zamora según propuesta metodológica para un periodo de retorno de 500 años. Simulación sobre *Google Earth*, incluyendo edificios *renderizados*.



Urbanización residencial Santángelo Norte, en el municipio malagueño de Benalmádena, inacabada y en estado de semi-abandono. Proceso de periurbanismo desarrollado dentro del PGOU de Benalmádena (sector SP-2), generador de profundas alteraciones geomorfológicas en cabeceras de cuenca.

A Mar

Agradecimientos,

La redacción de esta tesis doctoral se ha convertido en una aventura que ha ido mucho más allá de lo que imaginé en un principio. No se ha tratado de un mero trabajo académico, sino que con el paso de los años ha ido arrastrándome, sin oposición y con viva satisfacción por mi parte, al mundo de la investigación e incluso a la docencia universitaria. Le debo mucho, por tanto. Pero lo exigido a cambio no ha sido, desde luego, menor. Son necesarias muchas horas al día que necesariamente se le deben restar a la vida personal, familiar o profesional. Y es por ello que al final el trabajo debe convertirse casi en una labor de equipo donde sin la colaboración de determinadas personas, en el ámbito académico y personal, sería del todo imposible finalizar este reto. En justa ley, el nombre de alguna de estas personas debería aparecer en la portada, compartiendo méritos y esfuerzo.

Me gustaría dirigir en primer lugar los agradecimientos al Departamento de Geografía de la Universidad de Málaga, y en su nombre a su directora, Remedios Larrubia Vargas. Pero también hacerlo extensible al resto de compañeras y compañeros, que siempre han estado disponibles ante cualquier consulta, o bien por haber compartido horas de despacho, kilómetros de carretera, decenas de reuniones o simplemente inquietudes comunes. Con todos vosotros y vosotras he ido aprendiendo cada día.

Una mención especial, obviamente, se merece la directora de esta tesis, María Jesús Perles Roselló. Si a alguien le debo los aciertos que pueda tener este trabajo es sin duda a ella. Desde que comenzara a animarme a realizar la tesis, cuando no estaba ligado de ningún modo a la Universidad y mi relación con los riesgos naturales era únicamente por medio de la consultoría, hasta el día de hoy han pasado más de cuatro años. En este tiempo no me han faltado su apoyo, correcciones y amistad. Su empuje, más que ninguno otro, ha sido imprescindible.

Más allá del Departamento de Geografía de la UMA, muchas otras personas han colaborado de uno u otro modo. Ha sido una grata sorpresa comprobar la sincera accesibilidad y cordialidad de aquellos expertos en la materia a los que he ido consultando aspectos puntuales, tal como ha sido el caso de Andrés Díez Herrero, José Antonio Ortega Becerril, José Chacón, Jordi Corominas, José María García Ruíz, Javier Sánchez San Román o Alfredo Ollero. También, en el plano administrativo, quisiera destacar la disponibilidad mostrada por técnicos de los ayuntamientos de Málaga, Rincón de la Victoria o Estepona, que accedieron a reunirse siempre que se lo solicité. Tanto la información obtenida de estas conversaciones como la cartografía digital que me pasaron han sido fundamentales en el desarrollo de esta tesis doctoral.

No querría tampoco dejar de incluir en estos agradecimientos a aquellas otras personas que se han interesado por el trabajo para su difusión en distintos medios de comunicación, pues el compromiso con la problemática de los riesgos naturales debe ir más allá del mero interés científico. Algunas de estas personas han sido Nieves Egea (Cadena Ser), Concha Montes (Onda Cero), Raquel Garrido (Diario Málaga Hoy), José Luíís Jiménez (Diario La Opinión) o Eugenio Cabezas (Diario Sur). Todas ellas han colaborado en dar a conocer un tema de especial trascendencia en el litoral mediterráneo, no solo por el riesgo en sí, sino también por su significado en nuestra ordenación y gestión territorial.

Y en último lugar, aunque en inversa proporción a la importancia que tienen, quisiera agradecer con especial cariño el apoyo de las personas más cercanas, como han sido mis padres, Victoria y Cristóbal, por su imborrable disponibilidad y su ejemplo personal. Y a Laura. Ella se ha convertido en parte de mi fuerza emocional, asumiendo además responsabilidades que me correspondían, para de tal modo poder volcarme yo cada vez más en la tesis doctoral. Ahora estoy en deuda con su sustento y comprensión incondicional, y espero poder demostrarle hasta qué punto le estoy agradecido.

A ella, y a Mar. Aún, en el momento de redactar estas líneas, Mar no ha nacido. Pero ya es el mayor empuje que he tenido para finalizarla. Ha sido el gran motor de estos últimos meses, llenando de ilusiones la vida casi monotemática de un tesinando, y redoblando mis energías, sabiendo que todo es, más que para nadie, para ella.

ÍNDICE

Bloque I: OBJETIVOS, ÁREAS DE ESTUDIO Y ANTECEDENTES

Capítulo I. Introducción y objetivos.....	022
i. Introducción.....	022
ii. Objetivos.....	027
iii. Descripción general esquemática de los pasos metodológicos.....	030
Capítulo II. Presentación de las áreas de estudio.....	035
i. Cuenca de los arroyos Piletas y Pollo Zamora.....	038
ii. Cuenca del río de la Cala.....	049
iii. Cuenca del arroyo de los Jaboneros.....	058
Capítulo III. Bases conceptuales y antecedentes teóricos, aplicados y normativos en la temática de estudio.....	069
i. Bases conceptuales y antecedentes teóricos.....	069
ii. Antecedentes normativos relacionados con el análisis de las peligrosidades naturales y su gestión y ordenación territorial.....	080
iii. Antecedentes aplicados.....	096

Bloque II: CARACTERIZACIÓN Y PARTICULARIDADES DE LAS CUENCAS PERIURBANAS EN ÁMBITOS MEDITERRÁNEOS. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS Y DEBILIDADES FRENTE A LA INUNDACIÓN

Capítulo IV. Caracterización morfológica y funcional de las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz.....	107
i. Factores condicionantes del riesgo de inundación en las cuencas del litoral mediterráneo andaluz.....	108
ii. La complejidad del patrón territorial de los espacios fluviales periurbanos del litoral mediterráneo.....	135
Capítulo V. Caracterización de aspectos condicionantes de la inundación en las cuencas de estudio.....	137
i. Evolución de los usos del suelo y el patrón urbano.....	137
ii. Factores condicionantes de la inundación en las cuencas de estudio.....	153
iii. Análisis del planeamiento en las áreas de estudio.....	165
iv. Caracterización del patrón funcional y territorial de las cuencas de estudio desde su consideración como área de riesgo.....	177
Capítulo VI. Particularidades de la producción del riesgo en cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz con riesgo de inundación: identificación de problemas y debilidades.....	183
i. Identificación de problemas y debilidades derivados de los condicionantes del medio físico y de los patrones y dinámicas del medio humano.....	184
ii. Identificación de problemas y debilidades derivados de las particularidades normativas y de planeamiento.....	204
iii. Identificación de soluciones de análisis de la peligrosidad frente a la inundación en cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz.....	207

Bloque III: PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ADAPTACIÓN DEL ANÁLISIS DE INUNDACIÓN EN CUENCAS PERIURBANAS DEL LITORAL MEDITERRÁNEO ANDALUZ

Capítulo VII. Propuestas para la adaptación de la metodología de análisis de la peligrosidad de inundación a las características de las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz.

.....	217
i. Descripción metodológica previa.....	217
ii. Proceso metodológico.....	223

Capítulo VIII. Elaboración de cartografía de eventos históricos en las cuencas de estudio para la calibración de la propuesta metodológica.

.....	277
i. Tipos de metodologías y representaciones usadas en los distintos modelos de análisis considerados.....	277
ii. Cartografía de eventos históricos: los mapas unievento.....	283
iii. Elaboración de mapas unievento en las cuencas de los arroyos Jaboneros, Piletas y Pollo Zamora.....	285

Bloque IV: RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Capítulo IX. Resultados.

.....	295
i. Introducción.....	295
ii. Análisis hidrológico-hidráulico convencional.....	299
iii. Análisis de eventos históricos de inundabilidad: cartografía unievento para los arroyos Piletas, Pollo Zamora y Jaboneros.....	307
iv. Resultados de la propuesta metodológica. Calibración con los restantes modelos.....	313
v. Otros resultados: análisis evolutivos de inundabilidad y erosión potencial de suelos en las cuencas de estudio entre 1956 y 2003.....	330

Capítulo X. Conclusiones.

.....	345
i. Discusión y conclusiones.....	345
ii. Principales aportaciones.....	355
iii. Líneas futuras de investigación.....	357

Referencias bibliográficas.

Índice de figuras y tablas.

Anexos

1. Legislación relacionada con los riesgos naturales y su gestión y ordenación territorial.
2. Perfiles longitudinales.
3. Cuantificación de la producción de residuos vegetales a partir de la tabla de usos del suelo del sistema de información de ocupación del suelo de Andalucía.
4. Adaptación de los usos del suelo y geología a la Instrucción 5.2-IC, de drenaje superficial.
5. Fichas y tablas-resumen de cálculo de caudales.
6. Secciones transversales de control.
7. Cartografía de coeficientes de rugosidad de *Manning*.
8. Actividades e instalaciones potencialmente contaminantes según la Ley 5/2013 de prevención y control integrados de la contaminación.
9. Tablas de resultados hidráulicos.
10. Cartografía.

BLOQUE I. OBJETIVOS, ÁREAS DE ESTUDIO Y ANTECEDENTES

El primer bloque recoge la introducción y objetivos generales y específicos (Capítulo I), así como las bases conceptuales y antecedentes teóricos, aplicados y normativos en la materia de estudio (Capítulo III). Se incluye aquí también una primera descripción genérica, si bien siempre en relación a los riesgos naturales, de las cuencas de estudio que se usarán tanto en la fase de caracterización como en la de aplicación y calibración de la propuesta metodológica (Capítulo II).

Capítulo I. Introducción y objetivos

1.1. Introducción.

1.1.1. **Las hipótesis de partida: el lugar de riesgo y las peligrosidades asociadas. Casuística de estudio.**

Una inundación es algo más que el mero hecho de que un río desborde. Ya en las definiciones de autores clásicos se caracterizaba antes por los “efectos devastadores de su gran poder erosivo y por los sedimentos y arcillas que abandona tras su paso” que por el hecho de que el flujo exceda los márgenes de su cauce normal (Strahler y Strahler, 1989). No obstante, hoy en día, y a pesar de tibios intentos normativos, se sigue estudiando la inundabilidad y se sigue ordenando su territorio afectado en términos meramente hidráulicos, como si el río no fuese otra cosa que un canal de desagüe.

Retomando la cita de Strahler, en su manual de referencia sobre la Geografía Física, se citaban los efectos hidrográficos de la urbanización, considerando en primer lugar el aumento de superficie impermeable y el consecuente aumento de frecuencia y altura del hidrograma de crecida, y por otro lado, la alteración que la trama urbana genera en el comportamiento hidráulico natural y lógico de la cuenca, normalmente acortando tiempos e incrementando en proporción la crecida del hidrograma y la peligrosidad. Seguidamente, referencia el comportamiento de las zonas periurbanas (“suburbanas”), que incrementan la amenaza y hacen necesario estudios ponderados de estas zonas y planificación específica “para proteger al incauto comprador de parcelas [...] de una localización inadecuada” (Strahler y Strahler, 1989).

Estas consideraciones, innegables incluso cuando nos referimos de una manera tan genérica a todos los sistemas fluviales, toman aún mayor relevancia cuando hablamos de la región mediterránea. Y si damos aún un paso más y focalizamos nuestro análisis sobre las cuencas periurbanas litorales, entonces estamos adentrándonos en una realidad que hasta el más profano observador puede corroborar sin miedo a equivocarse.

Pero en el caso concreto que se está proponiendo, surge la necesidad de trabajar ya no solo con el riesgo de inundación, sino también con el muy geográfico concepto del lugar de riesgo. Según Olcina, en los últimos años el análisis de eventos de rango extraordinario ha derivado en el estudio de territorios y sociedades de riesgo, de modo que ahora preocupa de manera especial la complejidad de la sociedad o región afectada y las formas de ocupación de los espacios de riesgo. El análisis del riesgo ha dejado de enfocarse a la mera posibilidad de ocurrencia de un episodio extraordinario para hacerlo al análisis de la plasmación territorial de actuaciones llevadas a cabo por el ser humano en un espacio geográfico en el que no se ha tenido en cuenta las dinámicas propias de la naturaleza en dicho lugar concreto. Es así como se individualiza y caracteriza la unidad territorial que denomina “región-riesgo” (Olcina, 2009).

A partir de esta idea, lo que este trabajo propone es analizar el comportamiento de una región-riesgo muy concreta, que reúne tal concentración de población y poblamiento que no sólo la hace muy relevante, sino incluso responsable de un elevado porcentaje de todas las pérdidas económicas y de vidas humanas en eventos de inundación en todo el contexto nacional¹. La región-riesgo que constituye el objeto espacial aquí tratado son las **cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz**. Centrar el análisis en las cuencas de entornos periurbanos no es solo un nexo fundamental para definir el lugar de riesgo, sino que es también un foco de atención hacia los territorios en transición, en los que se hace más necesario, y más factible que en cualquiera otro, el planteamiento de medidas preventivas y el recurso de la ordenación territorial. Y acotarlo al mediterráneo andaluz responde más a razones operativas que geográficas, pues buena parte de las problemáticas y propuesta de soluciones que aquí se presentan son tan válidas en el levante español como lo son en las provincias de Málaga, Granada o Almería. No obstante, dado que se pretende enmarcar este trabajo tanto en un contexto teórico como en un contexto práctico, con la idea de que pudieran ser usadas sus propuestas, y considerando que el ámbito legislativo de la temática que nos ocupa es el autonómico, se ha decidido limitar de tal modo.

Una vez presentada la hipótesis del lugar de riesgo, y en estrecha relación con ésta, cabe tener en consideración también la especial relevancia que aquí tiene la actuación interrelacionada de los distintos peligros o riesgos naturales. Los riesgos múltiples, o riesgos asociados, vienen despertando interés tanto en ámbitos científicos (Perles, Gallegos y Cantarero, 2006; Greiving, 2006; Ortega *et al.*, 2012) como aplicados o normativos (Fleischhauer *et al.*, 2007; Marzocchi *et al.*, 2009). Así, aunque los objetivos finales se centren en estudiar la peligrosidad por inundación, en la metodología a aplicar se contempla la necesidad de analizar de manera integrada otros peligros estrechamente relacionadas con la inundación final resultante.

Por ello, podrían considerarse ambos temas, el lugar de riesgo y las peligrosidades asociadas, los pilares sobre los que se fundamentan las hipótesis de partida de esta tesis doctoral. Y ambos deben entenderse como esenciales si queremos realmente avanzar en la mejora del entendimiento y análisis de las inundaciones en nuestro contexto.

Por otro lado, la elección de la temática se ha visto impulsada en buena parte por el momento de cambio legislativo en el que nos encontramos, que nació a mediados de la década pasada en la Comisión Europea, cuando los riesgos naturales pasaron de prácticamente no tratarse a ser considerados objetivo prioritario de las políticas europeas. A raíz de esto, y especialmente con la Directiva 2007/60/CE, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, comienzan a transponerse a los cuerpos normativos estatal y andaluz una serie de consideraciones sobre la adaptación de las políticas de gestión territorial al nuevo contexto conceptual, técnico y social (perceptual) en relación a los riesgos naturales. Más allá de esto, y para el caso concreto que nos ocupa, es precisamente también desde la Comisión Europea desde donde se incide en la destacada afección de los riesgos naturales en las regiones mediterráneas, resaltando la necesidad de reforzar el conocimiento del modo en que funcionan las crecidas torrenciales e inundaciones asociadas (Hernández *et al.*, 2008). Y esta necesidad se extrae ya en la mera observación de los resultados de las modelizaciones en cuencas litorales de ámbitos mediterráneos, donde existe un notable desajuste entre la lámina resultante del análisis y la real. Un ejemplo representativo de ello fueron las

¹ Ya en 1988, aún antes del “acelerón” urbanístico de las últimas décadas en el litoral mediterráneo (litoralización del poblamiento y desarrollo intenso de la periurbanización), el informe “Las inundaciones en la España peninsular” (MOPU, 1988), citaba que de los 316 puntos conflictivos por inundabilidad en Andalucía, 121 de éstos pertenecían a la Cuenca Sur, lo que supone el 40% del total regional para apenas un 20% de la superficie.

inundaciones del Rincón de la Victoria en el año 2004, en las que las cuencas de menor extensión, con aprovechamiento periurbano, provocaron escorrentías muy superiores a las esperadas, así como riesgos asociados que modificaron la hidráulica esperable según cualquier estudio hidrológico-hidráulico convencional. Es por ello que se han incorporado dos de dichas cuencas, la de los arroyos Piletas y Pollo Zamora, anexas entre sí, al conjunto de áreas de estudio con el que se trabajará. Más allá de éstas, y buscando enriquecer la casuística, se han seleccionado otras cuencas contrastadas con las anteriores, a la vez que representativas de los distintos patrones territoriales del contexto periurbano. Se trata de las cuencas del Río de la Cala, en Estepona, y la cuenca del Arroyo de los Jaboneros, en el municipio de Málaga. Entre todas se reúnen distintos modelos urbanísticos, hidráulicos e incluso hidrológicos, lo que enriquece el análisis.

Dentro del proceso metodológico seguido en la tesis doctoral, se considera también la necesaria calibración de resultados, para lo que se trabajará con casos reales acontecidos recientemente.

1.1.2. *Justificación del estudio.*

Más allá de las hipótesis de partida, apoyadas en los nuevos paradigmas de validación del conocimiento científico no positivista y en enfoques transversales (Perles y Cantarero, 2010), este estudio también se fundamenta y justifica en una serie de aspectos de actualidad en relación a la temática considerada. Estos aspectos o justificaciones son los siguientes:

- Tanto en el contexto estatal como andaluz se está produciendo una **evolución normativa** en relación al análisis del riesgo de inundación que precisan concretarse metodológicamente, estandarizando de manera concreta, y siempre en el ámbito de la región-riesgo considerada, la incorporación de dichos cambios. Entre esos cambios legislativos destaca la aparición de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI), que para el caso de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas establece una serie de requisitos, de obligado cumplimiento, entre los que se encuentra la necesaria reducción de la carga sólida o la mejora de los drenajes de infraestructuras lineales. De igual modo, y aún más recientes, están los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRl), que desarrollan una serie de medidas específicas. Éstas, además de ser vinculantes, tal como se recoge en como se recoge en el artículo 11.5 del Real Decreto 903/2010, tienen también una fecha de inicio y finalización prevista, una administración responsable y en ocasiones incluso una dotación económica. Para el caso de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas incluye medidas muy significativas, como son la necesaria adaptación de la normativa andaluza de ordenación del territorio y urbanismo a los riesgos de inundación, el desarrollo de medidas para adaptar el planeamiento urbanístico, la mejora de los estudios disponibles para la estimación de las frecuencias y magnitudes de las avenidas, la revisión de los mapas de peligrosidad y riesgo, el desarrollo y aplicación de manuales de buenas prácticas, la actualización normativa sobre diseño de drenajes transversales o la identificación, revisión y estudio de detalle de las tramos con insuficiente drenaje transversal, así como de otras infraestructuras que supongan un grave obstáculo al flujo.
- En los últimos decenios, al amparo del mal nombrado “desarrollismo” económico, y de manera muy relevante en el espacio objeto de análisis, se ha incrementado la aparición de

patrones territoriales y urbanísticos agresivos, lo que ha supuesto un crecimiento de los riesgos inducidos que llaman a la urgente toma de medidas desde la prevención y apoyándonos en el uso de la ordenación territorial. Algunas de las características principales asociadas a estos patrones son la invasión y estrechamiento de cauces, los encauzamientos artificiales, la creación de numerosas obras transversales de paso, la eliminación de la vegetación de ribera o la impermeabilización del suelo.

- El **cambio climático** plantea escenarios futuros en los que la afección de los riesgos naturales en la región mediterránea, de manera muy destacada, se incrementarán durante los próximos años. Al respecto, Olcina (2012) ya citaba al geógrafo Pierre Deffontaines, quien en 1972, concluía su obra “El Mediterráneo, la tierra, el mar, los hombres” con lo siguiente: *“las aguas marinas continúan recalentándose lentamente; los máximos de anomalías térmicas se acentúan y las diferencias de presión se exageran; los vientos serán cada vez más violentos; la estación lluviosa tenderá a contraerse y las lluvias serán más irregulares, más violentas y también más inútiles; los ríos, más inestables, acentuándose los estiajes separados por inundaciones cada vez más cortas y peligrosas. Las erosiones se extenderán y agravarán [...] en el estado actual de nuestros conocimientos no podemos afirmarlo, pero existe una amenaza”*. Y efectivamente, cuatro décadas después, los modelos climáticos del IPCC corroboran punto por punto tal conclusión (*ibíd.*).
- Las avenidas e inundaciones son un **fenómeno muy recurrente** en el litoral mediterráneo andaluz, provocando con cierta periodicidad pérdida de vidas humanas e importantes daños, lo que entra en directa colisión con el producto turístico y residencial en el que se ha convertido la región desde hace algunas décadas. Estos eventos a veces tienen consecuencias catastróficas, como las acaecidas a principios del siglo XX en la ciudad de Málaga y, sobre todo, las trágicas riadas de octubre de 1973 en la costa granadina, levante almeriense y sur murciano, que dejaron un total de 300 muertos (de los que más de 40 lo fueron en la localidad de La Rábida, junto a la desembocadura de la rambla de Albuñol) y daños materiales incalculables. En los últimos 20 años la frecuencia de estos eventos parece haber aumentado, en especial en la franja litoral, siendo destacables las inundaciones que afectaron a diversos municipios del Bajo Guadalhorce en 1989 y posteriormente en el lluvioso periodo comprendido entre diciembre de 1995 y febrero de 1998, así como las ya citadas de Rincón de la Victoria de abril de 2004 y Almuñécar en septiembre de 2007. Finalmente, a finales de septiembre de 2012 violentas lluvias, que llegaron a acumular localmente hasta más de 200 mm en pocas horas, provocaron desastrosas riadas en el valle del Guadalhorce y en el levante almeriense, dejando seis víctimas mortales (3 en Málaga y 3 en Almería) y cuantiosos daños materiales en viviendas, infraestructuras viarias e hidráulicas, así como en la agricultura y la ganadería de ambas provincias. De igual modo, las inundaciones también han afectado a importantes zonas de aprovechamiento industrial, tal como es el caso de la desembocadura del Guadalhorce, próxima a la ciudad de Málaga. Aquí, la repetición de desbordamientos con cuantiosos daños dio lugar a una importante obra de defensa, de alto impacto territorial.
- La **situación de cambio e indefinición** que caracteriza a los espacios periurbanos, más allá de ser uno de los condicionantes de la peligrosidad, es también a la vez uno de sus principales potenciales, dado que son espacios por construir, con posibilidad de ordenarlos

preventivamente. Dan un margen de acción que obviamente no tienen los espacios urbanos, donde raramente existen alternativas más allá de la canalización.

- Los **procesos de generación de escorrentía y erosión de suelos** en las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz justifican buena parte de las diferencias del comportamiento de las inundaciones que se producen aquí frente a las de otras cuencas fluviales. No obstante, solo el primer factor se considera en los estudios hidrológico-hidráulicos. Debería incorporarse también el papel fundamental de la incorporación de sólidos al caudal, para posteriormente evaluar su peso en la generación de la lámina de inundación y la interrelación con otros procesos naturales que puedan dar lugar a nuevos riesgos o incrementar el de inundación. Es este uno de los puntos principales en la justificación de las hipótesis principales de partida.

Las cuencas tratadas, de comportamiento mayoritariamente torrencial, llegan a producir y evacuar grandes cantidades de sedimentos en periodos de tiempos muy cortos (Figura 1). Esto supone que el flujo lleve una importante proporción de carga sólida y alta competencia, además de aterrar cauces e infraestructuras o desencadenar deslizamientos asociados a la inundación.



Figura 1. Fotografías de detalle de crecidas de dos tramos de distintos ríos andaluces, en las que se aprecia que la carga de suelo arrastrada por el flujo transforma el caudal en una mezcla densa de barro con importante porcentaje de partículas sólidas. Fotos: autor.

- Tal como ya se ha avanzado en el anterior apartado, en las últimas décadas **el riesgo se ha trasladado de las cuencas mayores a las de menor extensión**, a causa de varias razones como la realización de grandes obras de contención y encauzamiento, o la ocupación de los cursos fluviales menores dentro del contexto de periurbanización e incremento de la presión económica sobre el territorio. Estas cuencas, que son las caracterizan el litoral mediterráneo andaluz, tienen además sus propios condicionantes de peligrosidad como la mayor magnitud de las crecidas en términos relativos de caudal por superficie, o el menor tiempo de concentración.
- El importante **desarrollo de las Tecnologías de la Información Geográfica** en los últimos años se ha convertido en un apoyo fundamental para el desarrollo de nuevas metodologías de ordenación y gestión territorial. Pero más importante aún que el desarrollo del *software*, lo ha sido el espectacular incremento de información territorial georreferenciada. La mejora de la potencia de cálculo de los primeros y las numerosas capas de información de usos del

suelo, modelos digitales del terreno u ortoimágenes, permiten, por ejemplo, realizar los estudios comparativos de factores ligados a la erosión o escorrentía a los que se ha recurrido en este trabajo.

- Para la región-riesgo considerada, la experiencia recogida por anteriores textos científicos y técnicos, o por la propia observación de las inundaciones acaecidas en los últimos años, nos muestran cuencas que funcionan con una estrecha interrelación espacio-temporal y frecuentes sinergias entre los comportamientos naturales y antrópicos que acaecen en ellas. Muestran, igualmente, que las áreas causantes son más importantes que las áreas receptoras desde una visión preventiva del riesgo. Además, estas particularidades, o la propia concepción **del riesgo como un fenómeno holístico y territorial**, conforman un ámbito de investigación que da pie a modelos de análisis y gestión que encajan plenamente con la ciencia de la Geografía.

Con todo lo anterior, y más allá de la finalidad científica y conceptual que toda tesis doctoral lleva implícita, se ha pretendido dar a su vez un enfoque técnico y aplicado, orientado a que exista un alto potencial de transferencia de resultados a actores públicos y privados de la gestión del riesgo, situándose con ello como oportunidad estratégica en el contexto normativo andaluz. Además, dicho enfoque aplicado y orientado a la ordenación y gestión territorial encaja directamente con la evolución aquí propuesta desde el análisis sectorial al espacial.

En conclusión, y tal como cita textualmente el proyecto europeo ARMONIA, que alienta el desarrollo de metodologías y herramientas más eficaces en la planificación para la reducción de los desastres naturales: *“Natural disasters are typical examples of people living in conflict with the environment. The vulnerability of populated areas to natural disaster is partly a consequence of decades of spatial planning policies that have failed to take adequate account of hazards and risks in land use zoning and development decisions. Therefore it is critically important to develop more effective methodologies and tools for incorporating natural disaster reduction into spatial planning”* (European Commission, 2007).

1.2. Objetivos.

En base tanto a las hipótesis de partida como a los distintos aspectos que se han listado en el apartado de ‘justificación del estudio’, se definen ahora los siguientes objetivos:

1.2.1. Objetivo general.

Como objetivo general, se pretende **identificar las particularidades morfológicas y funcionales de las cuencas fluviales periurbanas del litoral mediterráneo andaluz en relación al riesgo de inundación, para poder diseñar en base a ello una estrategia metodológica de mejora del análisis de la peligrosidad.** Entre sus aspectos principales debe estar la incorporación del estudio asociado de las inundaciones y la producción e incorporación de elementos sólidos por erosión de suelos o arrastre de restos vegetales. Cabe destacar, por otro lado, que se ha entendido inapropiado que la citada caracterización del ámbito espacial de estudio se centrara únicamente en la peligrosidad, pues precisamente, tal como se ha expresado en el apartado anterior, una de las principales características es la imbricación de los aspectos naturales y antrópicos, y esto debe trasladarse al análisis, para una mejor comprensión de todas las interrelaciones que se producen y condicionan la peligrosidad.

Junto a este objetivo general, se plantean una serie de objetivos específicos, conceptuales o metodológicos, que son los siguientes:

1.2.2. Objetivos específicos conceptuales.

- ✓ **Dar un enfoque holístico al estudio de los riesgos naturales**, integrándolo de manera estrecha con el territorio sobre el que acontecen, y avanzando con ello en la consideración del lugar de riesgo. En la misma línea, avanzar también en el análisis de las peligrosidades asociadas.
- ✓ **Dar una visión crítica de los análisis sectoriales de riesgos naturales**, y del uso no reflexionado de conceptos y técnicas provenientes del campo de la ingeniería.
- ✓ **Ligar estrechamente los estudios de peligrosidad por inundación con la planificación urbanística y territorial**, rompiendo la actual separación técnica y administrativa entre unos y otros. De igual modo, avanzar en la planificación territorial, en detrimento de la sectorial.
- ✓ Incorporar los **nuevos requisitos introducidos por la legislación en materia de riesgos naturales e inundaciones**, considerando, en última instancia, los establecidos por el cuerpo normativo andaluz. Estos requisitos se concretan de manera muy particular en el programa de medidas del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas.

- ✓ **Superar en la medida de lo posible las inexactitudes o subestimación de lámina que se observan en la modelización** de la inundabilidad en el ámbito espacial de estudio con los requisitos actuales (estudio hidrológico hidráulico).
- ✓ Incidir en la importancia desde el punto de vista de la peligrosidad de **cuencas fluviales cuya extensión superficial las deja fuera de los instrumentos de análisis y gestión**, tal como es el caso concreto de los recientemente presentados Planes de Gestión del Riesgo de Inundación, en los que no se incluyen las cuencas fluviales del Rincón de la Victoria que provocaron las graves inundaciones de marzo de 2004.

1.2.3. *Objetivos específicos metodológicos.*

- ✓ Caracterizar el **patrón territorial propio las cuencas fluviales situadas en áreas periurbanas**, en base a su complejidad específica y a su relación con los riesgos naturales en general, y de inundación en particular. Esta caracterización aborda aspectos como:
 - Definir el modo en que inciden los condicionantes propios de la región, como la torrencialidad pluviométrica, la elevada erosión potencial, la morfología del relieve o el sistema hidráulico.
 - Concretar las funciones más frecuentes que realizan las cuencas fluviales en entornos periurbanos, y su incidencia en la génesis del riesgo.
 - Identificar las presiones específicas a las que se ven sometidas las cuencas fluviales ubicadas en entornos periurbanos.
 - Describir las singularidades de la gestión administrativa de los espacios fluviales considerados.
- ✓ Establecer un **cambio de escala para complementar la caracterización anterior**, precisando los puntos citados, de manera concreta, en las cuencas de estudio. Esta nueva caracterización morfológica y funcional debe atender a la evolución de los patrones territoriales, el funcionamiento hidrológico e hidráulico, la erosión potencial de suelos o directamente su definición como espacio de riesgo.
- ✓ Realizar un **análisis diacrónico del comportamiento de los riesgos de inundación y erosión** en las cuencas de estudio, tomando una fecha anterior al desarrollo de la periurbanización y otra en el momento álgido de dicho proceso. Se debe con ello poder individualizar la afección del proceso de periurbanización sobre dichos riesgos, evaluando de manera concreta el cambio de la mancha inundable en uno y otro caso.
- ✓ **Identificar los problemas y debilidades más importantes en nuestra región-riesgo resultantes de los análisis y caracterizaciones realizadas.** Esta identificación atenderá tanto a los condicionantes del medio físico, como a los patrones y dinámicas del medio humano o a las particularidades normativas y de planeamiento.
- ✓ En estrecha relación con lo anterior, se plantea también el objetivo específico de **identificar soluciones para la mejora del análisis de la peligrosidad** en el caso concreto del ámbito espacial considerado. Con estas soluciones se construirá la propuesta metodológica.
- ✓ Realizar el estudio de la peligrosidad no solo en base a las áreas receptoras de ésta, tal como se hace normalmente, sino **también incorporar la identificación de áreas causantes o**

emisoras. Este ‘complemento’ debe servir para afrontar de manera preventiva las demostradas imprecisiones del análisis hidráulico.

- ✓ Estudiar y ajustar el modelo de análisis de la inundabilidad en base a la **incorporación de elementos y partículas sólidas** provenientes de la erosión de suelos y de los residuos vegetales o leñosos. Para ello se debe estimar cuantitativamente el porcentaje que suponen dichos sólidos frente al volumen total de escorrentía.
- ✓ Evaluar la inundabilidad con los modelos convencional y mejorado de análisis de la peligrosidad, y posteriormente compararlos y **calibrarlos con eventos históricos que hayan acontecido recientemente.**
- ✓ Como objetivo último e inherente a cualquier trabajo científico, se deben extraer una serie de **conclusiones**, que en este caso versarán sobre las características que definen estas cuencas como espacio de riesgo; la evolución del litoral mediterráneo andaluz, y especialmente de sus áreas periurbanas, en relación a los riesgos naturales; y la validez o no de la propuesta metodológica de mejora del análisis de la peligrosidad en las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz.

1.3. Descripción general esquemática de los pasos metodológicos.

Considerando los objetivos planteados, y asumiendo que la diversidad conceptual y metodológica que abarca pudiese hacer confusa la exposición de los diferentes aspectos a tratar en este trabajo, se esquematiza y realiza una descripción general aquí de los bloques, capítulos y apartados en los que se ha estructurado la tesis doctoral.

Los cuatro bloques principales son:

- *Bloque I: Objetivos, áreas de estudio y antecedentes.*
- *Bloque II: Caracterización y particularidades de las cuencas periurbanas en ámbitos mediterráneos. Identificación de problemas y debilidades frente a la inundación.*
- *Bloque III: Propuesta metodológica para la adaptación del análisis de inundación en cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz.*
- *Bloque IV: Resultados y conclusiones.*

El primer bloque recoge la introducción y objetivos generales y específicos (Capítulo I), así como las bases conceptuales y antecedentes teóricos, aplicados y normativos en la materia de estudio (Capítulo III). Se incluye aquí también una primera descripción genérica, si bien siempre en relación a los riesgos naturales, de las cuencas de estudio que se usarán tanto en la fase de caracterización como en la de aplicación y calibración de la propuesta metodológica (Capítulo II).

Los capítulos y apartados principales de este bloque son los siguientes:

Capítulo I. Introducción y objetivos.

- i. *Introducción.*
- ii. *Objetivos.*
- iii. *Descripción general esquemática de los pasos metodológicos.*

Capítulo II. Presentación de las áreas de estudio.

- iv. *Cuenca de los arroyos Piletas y Pollo Zamora.*
- v. *Cuenca del río de la Cala.*
- vi. *Cuenca del arroyo de los Jaboneros.*

Capítulo III. Bases conceptuales y antecedentes teóricos, aplicados y normativos en la temática de estudio.

- i. *Bases conceptuales.*
- ii. *Antecedentes teóricos en la temática de estudio.*
- iii. *Antecedentes aplicados y normativos.*
- iv. *Descripción general esquemática de los pasos metodológicos.*

En el segundo bloque se caracterizan y particularizan las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz en relación a su producción del riesgo, incidiendo de manera especial en la inundación y los riesgos más directamente relacionados: erosión de suelos y movimientos gravitatorios. Se han tratado estos riesgos básicamente por el aporte de partículas sólidas al flujo que conllevan.

Se trabajará en dos escalas diferentes, de modo que se puedan complementar conclusiones genéricas, cualitativas, con otras más específicas, cuantitativas. De un lado, se considerará toda la región litoral mediterránea andaluza, analizando los principales factores condicionantes del riesgo de inundación y asociados, así como la complejidad del patrón territorial de sus espacios periurbanos (Capítulo IV).

Seguidamente, se trabajará a escala de cuenca, usando las cuatro áreas de estudio que ya se presentaron en el capítulo II. Aquí, y para identificar la influencia del patrón periurbano en la producción de los riesgos de inundación y erosión, se hará un análisis diacrónico con sendos estudios de inundabilidad y erosión de suelos antes y después de la aparición de dicho patrón, en las fechas de 1956 y 2003 (Capítulo V).

Por último se identifican los principales problemas y debilidades extraídos de los dos capítulos anteriores. En un último apartado, y ya concretando para el caso de la peligrosidad, se exponen los principales aspectos que deberían incorporarse a la propuesta metodológica de análisis cartográfico adaptado al objeto espacial de trabajo, relacionándolos con los problemas y debilidades con los que se relacionan y con las circunstancias que los originan (Capítulo VI).

Capítulo IV. Caracterización morfológica y funcional de las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz.

- i. *Factores condicionantes del riesgo de inundación en las cuencas del litoral mediterráneo andaluz.*
- ii. *La complejidad del patrón territorial de los espacios fluviales periurbanos del litoral mediterráneo.*

Capítulo V. Caracterización de aspectos condicionantes de la inundación en las cuencas de estudio.

- i. *Evolución de los usos del suelo y el patrón urbano.*
- ii. *Factores condicionantes de la inundación en las cuencas de estudio.*
- iii. *Análisis del planeamiento en las áreas de estudio.*
- iv. *Caracterización del patrón funcional y territorial de las cuencas de estudio desde su consideración como área de riesgo.*

Capítulo VI. Particularidades de la producción del riesgo en cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz con riesgo de inundación: identificación de problemas y debilidades.

- i. *Identificación de problemas y debilidades derivados de los condicionantes del medio físico y de los patrones y dinámicas del medio humano.*
- ii. *Identificación de problemas y debilidades derivados de las particularidades normativas y de planeamiento.*
- iii. *Identificación de soluciones de análisis de la peligrosidad frente a la inundación en cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz.*

Es en el tercer bloque donde ya se presenta la propuesta metodológica para la adaptación del análisis de inundación en cuencas periurbanas del litoral mediterráneo (Capítulo VII), así como la necesaria calibración de la propuesta, usando para ello casos reales de inundaciones recientes en las cuencas de estudio (Capítulo VIII).

La propuesta de adaptación persigue ajustar con mayor precisión la delimitación del área inundable que se realiza actualmente mediante el estudio hidrológico-hidráulico convencional. Para ello se estima la cuantificación e incorporación al comportamiento sistémico del flujo de los residuos sólidos por erosión de suelos, arrastre de restos vegetales y movimientos gravitatorios de laderas adyacentes al cauce. Pero también incorpora, complementando lo anterior, la identificación de todos

aquellos lugares que puedan provocar comportamientos inesperados o de mayor peligrosidad del flujo (Gallegos, 2015). No se trata por tanto sólo de representar las áreas receptoras, sino también las causantes de peligrosidad. La necesidad y conveniencia de completar los mapas de peligrosidad con esta información agregada, normalmente de riesgos asociados, ha sido una cuestión ya tratada por otros autores previamente, como Perles, Gallegos y Cantarero (2006) o Díez Herrero, Laín y Llorente (2008).

El cambio de perspectiva, poniendo el acento a la vez sobre causas y consecuencias, es una necesidad específica de las cuencas periurbanas mediterráneas, y pretende ampliar el análisis preventivo mediante una gestión territorial que vaya más allá de la mera delimitación de áreas excluyentes para la urbanización.

Más allá de esto, y como se ha citado, se hace imprescindible también una calibración de los resultados obtenidos con la propuesta de ajuste cartográfico de la peligrosidad. Para ello, se ha trabajado con tres modelos de análisis distintos: el estudio hidrológico-hidráulico convencional, la propuesta metodológica y un modelo *unievento* (caso real). Mediante la comparación de los dos primeros con el tercero, puede deducirse el mayor o menor acierto de la propuesta. Para ello, en el Capítulo VIII, y previa presentación de los diferentes modelos de representación cartográfica de la inundabilidad, se detalla el proceso de elaboración de las cartografías *unievento* que han sido usadas para la calibración.

Capítulo VII. Propuestas para la adaptación de la metodología de análisis de la peligrosidad de inundación a las características de las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz.

- i. Descripción metodológica previa.
- ii. Proceso metodológico.

Capítulo VIII. Elaboración de cartografía de eventos históricos en las cuencas de estudio para la calibración de la propuesta metodológica.

- i. Tipos de metodologías y representaciones usadas en los distintos modelos de análisis considerados.
- ii. Cartografía de eventos históricos: los mapas *unievento*.
- iii. Elaboración de mapas *unievento* en las cuencas de los arroyos Jaboneros, Piletas y Pollo Zamora.

El último bloque recoge tanto los resultados (Capítulo XI) como las conclusiones (Capítulo X). Dado que, más allá de la metodología propuesta, el presente documento también ha seguido su propia metodología, y ésta ha precisado de una fase de caracterización y comparación evolutiva de los riesgos de inundación y erosión entre dos fechas distintas, los resultados se dividirán entre los directamente ligados a la propuesta metodológica y los relacionados con el citado estudio diacrónico. La comparación de resultados se apoyará en la denominación de los diferentes análisis del siguiente modo: Modelo 1, o estudio hidrológico-hidráulico convencional; Modelo 2, o análisis de inundabilidad *unievento*; y Modelo 3, o propuesta metodológica de cartografía de la peligrosidad de inundabilidad adaptada a la caracterización de las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo.

Las conclusiones, por su parte, se dividen en una primera parte de discusión y conclusiones, otra con las principales aportaciones de la tesis doctoral, y una última con potencialidades y líneas futuras de investigación.

Capítulo IX. Resultados.

- i. Introducción.*
- ii. Análisis hidrológico-hidráulico convencional.*
- iii. Análisis de eventos históricos de inundabilidad: cartografía unievento para las cuenca de los arroyos Piletas, Pollo Zamora y Jaboneros.*
- iv. Resultados de la propuesta metodológica. Calibración con los restantes modelos.*
- v. Otros resultados: análisis evolutivos de inundabilidad y erosión potencial de suelos en las cuencas de estudio entre 1956 y 2003.*

Capítulo X. Conclusiones.

- i. Discusión y conclusiones.*
- ii. Principales aportaciones.*
- iii. Líneas futuras de investigación.*

Índice Capítulo I

1.1. INTRODUCCIÓN.....	21
1.1.1. Las hipótesis de partida: el lugar de riesgo y las peligrosidades asociadas. Casuística de estudio. 21	
1.1.2. Justificación del estudio.....	23
1.2. OBJETIVOS.....	27
1.2.1. Objetivo general.	27
1.2.2. Objetivos específicos conceptuales.	27
1.2.3. Objetivos específicos metodológicos.	28
1.3. DESCRIPCIÓN GENERAL ESQUEMÁTICA DE LOS PASOS METODOLÓGICOS.....	30

Capítulo II. Presentación de las áreas de estudio

Las áreas de estudio seleccionadas para este trabajo responden a la necesidad de recoger las características y diversidad propias de los ámbitos periurbanos de la región mediterránea litoral.

Se ha trabajado con cuencas hidrográficas, para dar coherencia a los procesos físicos que se producen en su interior. Las elegidas son representativas de los principales modelos urbanísticos y territoriales del litoral mediterráneo. Se localizan en los municipios de Estepona, Málaga y Rincón de la Victoria, todos ellos situados en la provincia de Málaga. Son:

- **Cuenca del río de la Cala** (Estepona): patrón territorial conformado por la mezcla de modelos turístico y agrícola.
- **Cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora** (Rincón de la Victoria): patrón urbanístico de primera y segunda residencia.
- **Cuenca del arroyo Jaboneros** (Málaga): mezcla de patrones urbanos, de primera residencia, con espacios agrícolas, forestales y recreativos.

La cuenca del río de la Cala, situada en el municipio de Estepona, en el corazón de la Costa del Sol Occidental, se ha tomado como ejemplo característico de **espacio turístico**, con una fuerte intervención antrópica, normalmente desordenada y fuera de planeamiento. También coexisten numerosas viviendas de segunda residencia y **aprovechamientos agrícolas** en el extremo más meridional, entre la autovía A7 y la costa.

La cuenca del arroyo Jaboneros responde a un **modelo urbano/periurbano** en la cuenca baja, situada en el entorno inmediato de la capital malacitana. Incorpora también espacios forestales y recreativos de frecuente uso por la población malacitana, así como zonas agrícolas. Se localiza en el tercio oriental del término municipal de Málaga.

En último lugar, las pequeñas y fuertemente alteradas cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora, anexas entre sí, y localizadas en el extremo occidental del término municipal del Rincón de la Victoria, caracterizan un **modelo de segunda residencia plurifamiliar**. Son una fiel representación del desarrollo de las urbanizaciones periurbanas que han hecho crecer notablemente las áreas metropolitanas del litoral mediterráneo. También coexisten, no obstante, viviendas de primera residencia de una población que se desplaza diariamente a la capital haciendo uso de la autovía A7, en un reciente movimiento pendular.

En cualquier caso, y es una de las características fundamentales del conjunto de patrones estudiados en este trabajo, en todas las cuencas se produce una mezcla compleja, hasta cierto punto desordenada y fuera de organización o planeamiento, de funciones y patrones urbanísticos. De este modo, en cada una de las cuencas se suman viviendas de primera y segunda residencia con patrones residenciales turísticos o incluso áreas agrícolas, en uso o en abandono. Se trata por ello de esquemas de desarrollo claramente periurbano (Castronovo, 1997).

Con el estudio de estos espacios, puede cubrirse buena parte de la disparidad de las zonas periurbanas mediterráneas, su indefinición de usos, los espacios intersticiales y las diferentes fases del proceso urbanístico, de modo que el análisis de las peligrosidades naturales presentes en su interior recoja de la manera más amplia posible toda su casuística.

En cada una de estas cuencas hidrográficas se ha desarrollado una base de datos cartográfica digital integrada en una estructura SIG, que incluye tanto los aspectos físicos y componentes territoriales básicos como las infraestructuras, poblamiento y patrimonio, junto a información del planeamiento municipal y regional y legislación sectorial.

El esquema de esta base de datos es el siguiente:

Modelos Digitales del Terreno	Curvas de nivel
	Modelos digitales del Terreno (modelos ráster y TIN)
Medio físico	Pendientes
	Usos del suelo / vegetación natural
	Edafología
	Geología / litología
	Geotecnia
	Red hidrográfica
	Red de estaciones pluviométricas
Infraestructuras y afecciones	Infraestructura viaria
	Infraestructura energética
	Infraestructura hidráulica
	Infraestructura de saneamiento
	Red viaria
	Espacios urbanizados
Planeamiento general (PGOUs)	Clasificación del suelo
	Calificación del suelo, usos urbanos y usos de la edificación
	Unidades ambientales
	Cartografía de procesos y riesgos
	Hidrogeología

Planeamiento regional (POTCSO y POTAUM)	Afecciones y protecciones ambientales y territoriales
	Ordenación
	Infraestructuras energéticas
	Redes de abastecimiento y saneamiento
Catastro	Urbana/Rústica
Estudios de inundabilidad previos	Estudios hidrológicos
	Estudios hidráulicos
	Datos reales de inundaciones (encuestas de campo)
	Datos históricos de inundaciones
Ortofotografías (serie histórica entre 1956 y 2010)	1956/57 (e.10000), 1977-1983 (e.5000), 1984 (e.10000), 1999 (e.10000), 2001 (e.5000), 2004 (e.5000), 2006 (e.5000), 20 07 (e.10000), 2008 (e.5000), 20 09 (e.10000), 2010 (e.5000)

Tabla 1. Inventario cartográfico incorporado al Sistema de Información Geográfica de las áreas de estudio.

A continuación, se realiza una descripción básica de cada una de las zonas de estudio.

2.1. Cuenca de los arroyos Piletas y Pollo Zamora.



Figura 1. Representación tridimensional con ortofotografía del conjunto de las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora. Imagen tomada desde el Sur, con exageración del relieve 1,5. Fuente: Google Earth.

2.1.1. Introducción y encuadre geográfico.

Las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora, también conocidos como arroyos de San Juan y arroyo Gallegos respectivamente, se localizan anexas entre sí, en el extremo oriental del término municipal del Rincón de la Victoria, drenando sus aguas en ambos casos sobre la barriada de la Cala del Moral (hoja 1053-3-3 del Mapa Topográfico Nacional 1:10.000). Esta barriada aparece independizada geográficamente del núcleo del Rincón de la Victoria por el promontorio calizo de ‘El Cantal’, siendo el núcleo más próximo al ámbito metropolitano de Málaga por el este. Su cercanía a la capital y la especial configuración topográfica, con relieves muy próximos a la costa, condicionan su desarrollo urbanístico y su respuesta ante episodios de avenidas y otros riesgos naturales.

Las superficies de una y otra son 159,9 y 87,8 hectáreas para los arroyos Piletas y Pollo Zamora respectivamente, sumando entre las dos un total de 247,7 hectáreas. Ambas cuencas tienen un importante porcentaje de superficie alterada antrópicamente, de modo que la superficie urbana e infraestructuras alcanzan el 38,8% del total, y las zonas en construcción suman un 38,4%, restando únicamente un 22,8% de usos no urbanos. Esta zona en construcción se corresponde con la macro urbanización Parque Victoria, localizada al norte de la autovía y parcialmente urbanizada en la actualidad.

El estudio hidráulico de las cuencas incorpora tanto los cauces principales de ambos arroyos, con 3.736 y 1.955 metros de longitud del Piletas y Pollo Zamora respectivamente, como 3 afluentes en el

primer caso y un afluente más en el segundo, representando con ello todas aquellas cuencas con superficie superior al 0,1 km².

El cauce del arroyo Piletas se ha dividido en nuestro estudio en 4 tramos, para los que se han calculado datos hidrológicos diferenciados, y en el cauce del Pollo Zamora se han obtenido dos puntos de caudal (PC). Estos tramos, sumados a los cuatro afluentes citados suman un total de 10 subcuencas, tal como se representa en la imagen siguiente, y con los parámetros básicos que se exponen en la Tabla 2:

- Piletas
 - o Eje principal (4 puntos de caudal)
 - o Afluente 1 (1 punto de caudal)
 - o Afluente 2 (1 punto de caudal)
 - o Afluente 3 (1 punto de caudal)
- Pollo Zamora
 - o Eje principal (2 puntos de caudal)
 - o Afluente 1 (1 punto de caudal)

Cuenca	ARROYO PILETAS							ARROYO POLLO ZAMORA		
	Cauce principal				Afluente 1	Afluente 2	Afluente 3	Cauce principal		Afluente
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 1	PC 1	PC 1	PC 1	PC 2	PC 1
Superficie (km ²)	0.77	0.96	1.16	1.53	0.17	0.1	0.09	0.24	0.74	0.13
Longitud cauce (m)	2009	2145	2700	3736	831	627	562	1138	1955	740
Cota cabecera (m)	400	400	400	400	260	190	140	230	230	150
Cota intersección (m)	90	80	40	0	90	80	40	50	0	50
Desnivel (m)	310	320	360	400	170	110	100	180	230	100
Pendiente media (%)	15.4	14.9	13.3	10.7	20.4	17.5	17.7	15.8	11.7	13.5
Tiempo de concentración (horas)	0.73	0.77	0.94	1.25	0.35	0.29	0.27	0.47	0.75	0.35

Tabla 2. Parámetros morfométricos con incidencia en la producción de caudal de los cauces principales y afluentes de los arroyos Piletas y Pollo Zamora. Fuente: elaboración propia.

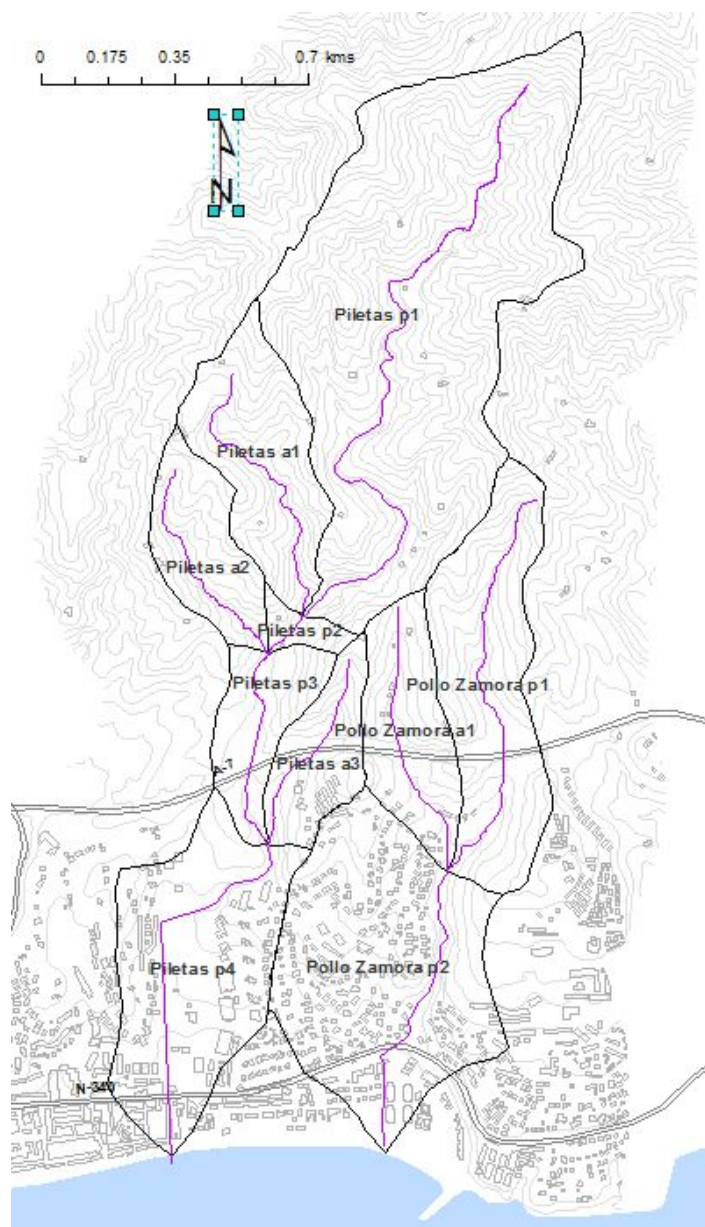


Figura 2. Esquema de cuencas y subcuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora. Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Caracterización general del entorno.

El término municipal del Rincón de la Victoria consta de tres unidades ambientales organizadas en franjas paralelas al mar, y con desigual representación territorial: los montes, los llanos litorales y la costa. La ciudad configurada en paralelo a la ribera del mar ocupa los llanos litorales y recientemente ha empezado a proyectarse sobre las laderas de los montes, o como es el caso de las urbanizaciones de “Añoreta Golf” y “Parque Victoria”, en el mismo corazón de esta unidad.

La unidad de los montes responde a laderas con fuertes desniveles, colonizadas desde antiguo por la agricultura tradicional mediterránea. Hasta no hace muchos años, han mantenido estructuras y economías fundamentalmente rurales que se sustentan sobre un medio con recursos naturales

bastante limitados y notables condicionantes físicos como la pendiente, el empobrecimiento de los suelos, el déficit de agua, y unas dinámicas hidrológicas áridas y torrenciales. En estas circunstancias de pendiente, erosión y aridez, el viñedo el almendro o el olivar han competido con mejores mecanismos de adaptación frente a otros cultivos hasta que el declive del modelo tradicional de secano ha consolidado su principal proceso degenerativo que no es otro que el abandono de la gestión agraria.

La reducida extensión de los llanos litorales que median entre las laderas de los montes y la ribera del mar ha condicionado el crecimiento de la ciudad en dirección este - oeste, el cual, a su vez, se ha visto estructurado en sentido paralelo por la autovía y la carretera N-340.

La red de drenaje, de marcada dirección N-S, está formada por un conjunto de cuencas torrenciales que se pueden agrupar en dos tipos. Por un lado las que se pueden definir por cuencas mayores, que sobrepasan el término municipal y presentan régimen y morfología claramente de rambla (Totalán, Granadilla, Benagalbón y Santillán); y por otro lado las cuencas menores, que se corresponden con torrentes cuyas divisorias de agua en cabecera coinciden generalmente con el límite municipal. Estas cuencas (Piletas, Gallegos, Pilones, Cementerio, Estanco, Pajaritos, Cuevas o Serrezuela) presentan fuertes cambios de pendiente entre los tramos alto, medio y bajo, y son la causa determinante del riesgo de inundación desde el punto de vista físico.

La funcionalidad y características físicas de los arroyos en su transcurso urbano, en general bastante ajustadas y limitadas artificialmente, fueron establecidas ya en los años sesenta y setenta bajo un clima de escasa consideración de los riesgos de inundación y de fuerte ocupación urbanística del litoral. Desde entonces apenas se han realizado operaciones de reforma o mejora de las secciones críticas y puntos negros de la red de drenaje. En consecuencia, desde los orígenes de la ciudad las inundaciones han sido un fenómeno natural frecuente y los riesgos han estado asociados a este territorio, si bien la peligrosidad, exposición y vulnerabilidad han ido aumentando exponencialmente en los últimos años.

2.1.3. Factores climatológicos.

Se describe a continuación de manera resumida la climatología de la zona, incidiendo únicamente en el régimen pluviométrico. Los datos se han obtenido de las estaciones climatológicas más próximas a cada una de las cuencas.

Partiendo de una zona de estudio particularizada por su orografía, ha de entenderse ésta como factor que condiciona en gran medida los elementos del clima, al originar cambios bruscos en espacios muy pequeños. De tal modo, esta orografía modifica la distribución de las precipitaciones, determinadas en gran medida por la altitud y por la posición a barlovento con respecto a la penetración de las perturbaciones atlánticas.

En general se trata de un régimen de precipitaciones continuas de octubre a mayo, causadas por la influencia de los ciclones atlánticos, especialmente en dos situaciones características. La primera, el paso sucesivo de dichas perturbaciones, ligadas a las ondulaciones del frente polar que atraviesa la península en un flujo zonal de Oeste-Este. Y otra, la que se origina en la parte suroccidental de la península, en invierno, provocada por la irrupción de aire polar marítimo o ártico, localizado en las Azores y Portugal, donde queda estacionado como gota de aire frío. Las perturbaciones atlánticas, no obstante, son menos acusadas a medida que descienden en latitud, tal como es el caso de nuestra cuenca.

Cabe hablar, igualmente, de la aridez estival, a pesar de la existencia de tormentas en agosto con escasas lluvias. En junio y septiembre los fuertes chaparrones hacen que aumente la precipitación media. Aun así, se trata de una época seca, que unida a las altas temperaturas genera una notable aridez.

De especial importancia para el estudio que nos ocupa es la distribución de los días de lluvia. Así, las precipitaciones se caracterizan por su irregular distribución a lo largo del año. En general son más abundantes los días de lluvia en el periodo otoñal. El número medio de días de lluvia al año en la Axarquía es de 35-45, cifra muy reducida si la comparamos con la cantidad de precipitación caída en este periodo. En este sentido, cabe resaltar el carácter torrencial de las lluvias, y su estrecha relación con los procesos erosivos.

De igual modo, existe un fuerte contraste entre las precipitaciones de un mes dado de un año y el siguiente. Por otro lado, se debe matizar que los meses que menos desviación estadística y mayor variación presentan son los de verano, debido a que coinciden con unas condiciones climáticas más estables.

Atendiendo ya en último lugar al parámetro más estrechamente relacionado con los riesgos naturales, y estudiado para la superficie de ambas cuencas, el valor medio anual de la máxima lluvia diaria es de 66,02 mm.

2.1.4. Caracterización geomorfológica y edafológica.

La cuenca de trabajo se enmarca en el Complejo Maláguide, perteneciente a las Zonas Internas de las Cordilleras Béticas. A pesar de la escasa extensión de la cuenca, su litología es compleja. Así, si bien la mitad septentrional está compuesta principalmente por calizas y algunas bandas de ‘filitas y metaareniscas’, del Precámbrico-Cámbrico-Silúrico en la mitad meridional aparecen ‘Piedemontes sin costras calcáreas’, ‘arcillas y margas’, ‘arenisca y conglomerados’ y playas, materiales todos del Plioceno al Cuaternario. Una estrecha banda oriental, que se corresponde con el Cantal, está formada por ‘calizas blancas’ jurásicas.

Litología	Superficie (m2)	Superficie (%)
Calizas	1 041 726	42.0
Filitas y metaareniscas	424 044	17.1
Piedemontes sin costras calcáreas	334 890	13.5
Arcillas y/o Margas	201 904	8.1
Indiferenciado	201 875	8.1
Calizas blancas	129 062	5.2
Otras litologías	147 357	5.9
Total	2 480 858	100.0

Tabla 3. Litologías presentes en las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora. Fuente: IGME.

La morfología del relieve, que varía entre los 0 y 431 metros, es cóncava, llana a ondulada en la zona baja, con partes alomadas, y montañosa a muy montañosa al norte de la autovía.

Las pendientes mayores del 50% son las menos representativas de las cuencas, alcanzando el 10% del total. Aparecen principalmente en las cabeceras de las cuencas. Aquí los procesos erosivos son mayores y la probabilidad de caídas y desplazamientos es elevada.

En el intervalo de pendientes que oscila entre el 20% y el 50% es el más representativo, con un 52% de la superficie de las cuencas. Estas pendientes se localizan en las laderas entre las cabeceras y la

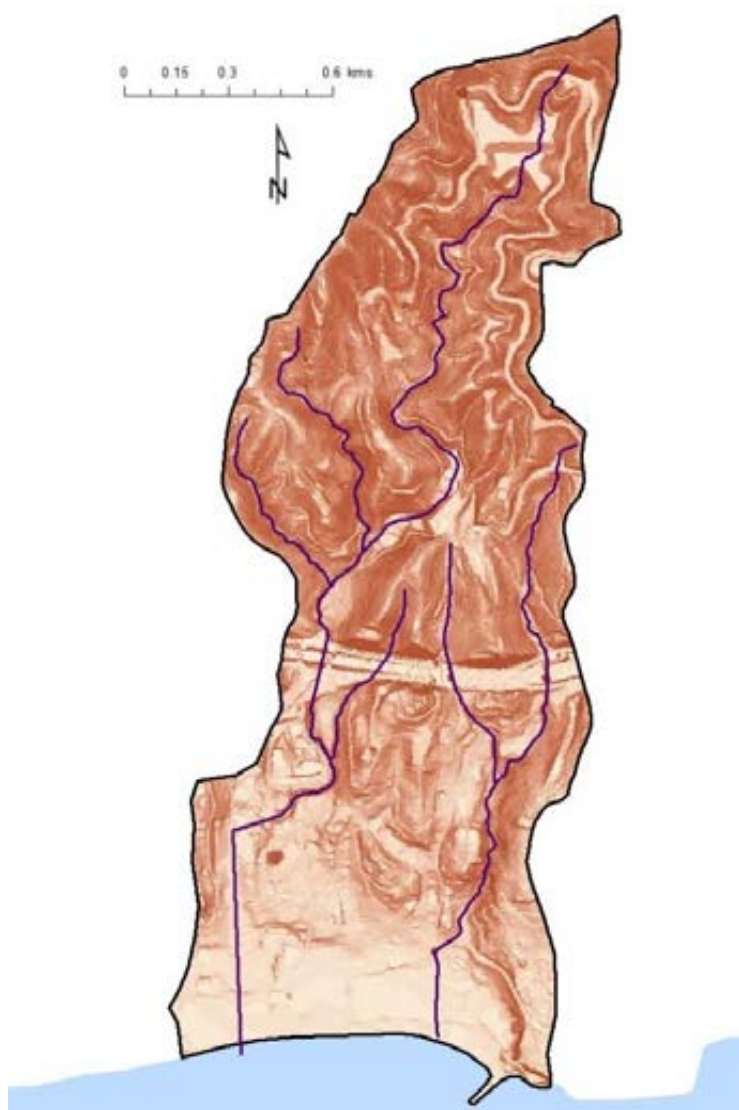


Figura 3. Distribución espacial de las pendientes en las cuencas Piletas y Pollo Zamora. Fuente: elaboración propia.

autovía A-7. Bajo la autovía, también se encuentran en los bordes de las calizas blancas del Cantal. En este intervalo la escorrentía puede llegar a ser muy notable. Es característico de laderas de montañas medias, escarpes de falla, terrazas, etc., así como relieves estructurales monoclinales tipo cuesta. Esta situación nos da la posibilidad de aparición de la erosión lineal muy incisiva, así como el peligro de procesos erosivos, conos de deyección, deslizamientos y caídas.

Entre el 10% y el 20% la escorrentía puede llegar a ser rápida. Éstas pendientes ocupan el 17% de la superficie.

Aparecen principalmente entre la autovía y la planicie litoral. Se pueden desarrollar actividades agrícolas y de urbanización, pero si disminuye la cobertura vegetal habría peligro de erosión y formación de cárcavas.

Por último, en las pendientes menores del 10% la escorrentía superficial es muy lenta, de forma que en caso de encontrarse próximos a cauces fluviales son

espacios susceptibles de ser inundables debido a la escasa capacidad de evacuación del agua por su baja velocidad. En nuestro ámbito representan el 21% del total, básicamente en la planicie litoral, y con mayor extensión en la cuenca del arroyo Piletas que en la del arroyo Pollo Zamora.

En cuanto a su edafología, al sur de la autovía, por donde se extiende el suelo urbano consolidado, se localizan antrosoles úrbicos, y al norte de ésta aparecen regosoles calcáricos. En la cabecera de cuenca los suelos son leptosoles éutricos (ICONA, 1995).

Los leptosoles, suelos poco desarrollados, limitados en profundidad por una roca dura o materiales altamente calcáreos, son los más habituales en el municipio del Rincón de la Victoria. Los regosoles, por su parte, son suelos sobre materiales no consolidados e insuficientemente desarrollados, que han evolucionado a partir de coluviales o de prácticas agrícolas. También se localizan sobre zonas erosivas en las que el suelo rejuvenece constantemente. Junto a los anteriores, cubren la práctica totalidad de la región, al norte de la autovía A-7. En último lugar, los antrosoles son suelos antrópicos, que se corresponden con toda la franja costera urbana al sur de la A-7.

2.1.5. Caracterización hidráulica.

Tal como se ha comentado en la introducción, las cuencas hidrográficas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora suman una superficie de 247,7 hectáreas, perteneciendo 159,9 al arroyo Piletas y 87,8 al Pollo Zamora. La orientación de los cauces, todos con comportamiento de rambla, es mayoritariamente Norte-Sur, con un patrón de cuenca dendrítico, con ramificación arborescente en la que los tributarios se unen a la corriente principal formando ángulos agudos.

El estudio hidráulico de ambos arroyos cubrirá la práctica totalidad de sus cauces, con longitudes de 3.736 y 1.955 metros. Para el primero de estos ejes se calcularán cuatro puntos de caudal y para el segundo, otros dos. Además, se estudiarán 3 afluentes en el Piletas (longitudes de 831, 627 y 562 metros) y otro más en el Pollo Zamora (740 metros). El esquema gráfico y los datos morfométricos de las cuencas pueden observarse en la Figura 2 y en la Tabla 2.

La densidad de drenaje, siguiendo la formulación de Horton (Horton, 1945), que relaciona la suma de las longitudes de los cursos de agua entre la superficie de cuenca, $D_d = \sum L_i / A$, es de 5,4 para la cuenca del Piletas, y 3,2 para el Pollo Zamora, lo que implica que la crecida del hidrograma tras una tormenta será muy rápida en el primer caso, y un tanto menos en el segundo.

Atendiendo ahora a la forma de la cuenca, según el Coeficiente de Gravelius, que pone en relación el perímetro de la cuenca con el perímetro de otra cuenca teórica circular de la misma superficie, según $K_G = P / 2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}$, la unión de las ambas cuencas resulta con un coeficiente 1,63, que indica una forma óvalo-oblonga, por la cual el agua discurre más frecuentemente por los cauces de escorrentía principal que por las laderas o cauces secundarios, de modo que el crecimiento del hidrograma resulta también a raíz de este factor rápido y de mayor peligrosidad.

La descripción de los distintos cauces es la siguiente:

- **Arroyo Piletas (tramos p1, p2, p3 y p4):**

El cauce principal del Arroyo Piletas tiene una longitud de 3.736 metros, con un desnivel de 400 metros entre su cabecera y la desembocadura y una superficie de cuenca de 1,53 km². La pendiente media es del 10,7% y resulta un tiempo de concentración de 1,25 horas.

Pocos metros después de la confluencia entre el cauce principal y el tercer afluente, y coincidiendo con la entrada del arroyo en el casco urbano, pasa a estar embovedado, surgiendo en superficie nuevamente en un encauzamiento tras la N-340 y ya hasta la desembocadura.

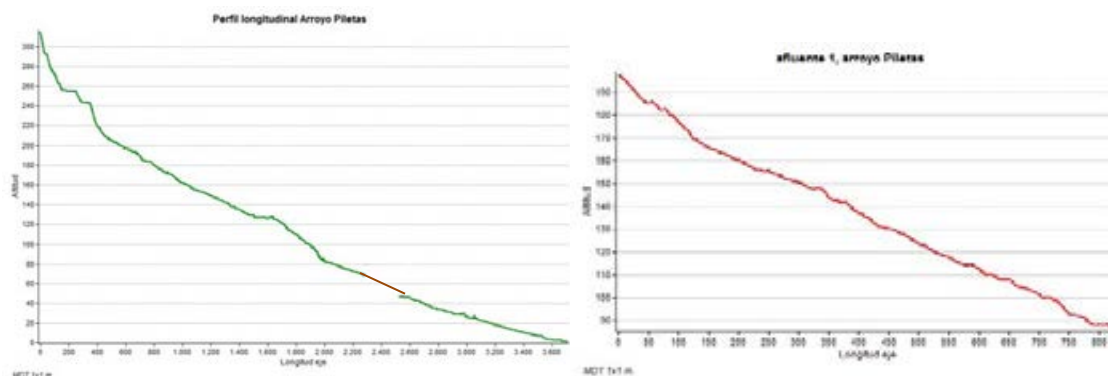
El perfil topográfico es recto, con algunas zonas llanas seguidas de fuertes pendientes cóncavas que coinciden con áreas de explanaciones y movimientos de tierra para la construcción de la urbanización Parque Victoria, y con la interrupción transversal de la autovía A-7.

- **Afluentes del arroyo Piletas (a1, a2 y a3):**

Considerados los 3 afluentes del arroyo Piletas, desde el situado más al norte hasta el situado al sur, siéndolo los dos primeros por la orilla derecha, y el tercero por la izquierda, las longitudes de cauce alcanzan los 831, 627 y 562 metros, y las superficies de cuenca cubren 0,17, 0,1 y 0,09 km² respectivamente.

Las pendientes medias son muy acusadas, con un 20,4% para el primero y 17,5 y 17,7% para el segundo y tercero. Los tiempos de concentración apenas llegan a las 0,35, 0,29 y 0,27 horas (21, 17 y 16 minutos) respectivamente.

Los perfiles son rectos y homogéneos, muestra de haber alcanzado un perfil de equilibrio sin motivos topográficos que justifiquen zonas de inundación o de mayor velocidad de flujo, salvo las irregularidades hidráulicas del tercero a su paso bajo la autovía A-7.



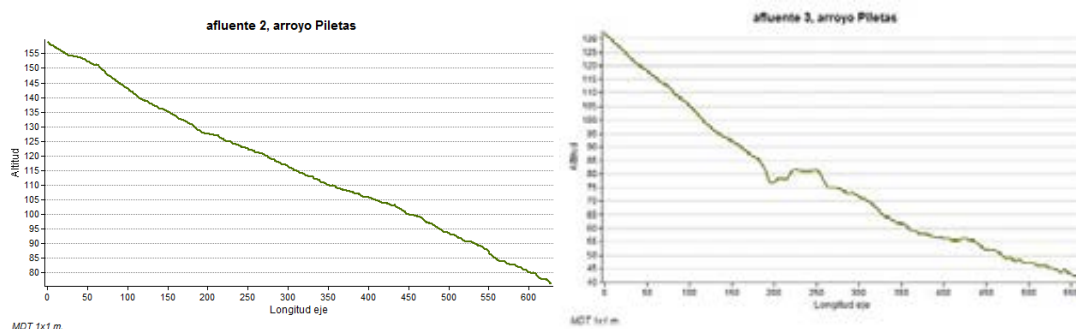


Figura 4. Perfiles topográficos del cauce principal y afluentes del Arroyo Piletas. Fuente: elaboración propia.

- **Arroyo Pollo Zamora (tramos p1 y p2):**

El desnivel del cauce principal del arroyo Pollo Zamora alcanza los 180 metros, para una longitud de 1.955 metros y una superficie de la cuenca de 74 has. Su pendiente media es del 12% y el tiempo de concentración, de 0,75 horas.

Tras su paso por la N-340, y a lo largo de los 200 metros que le separan de la costa, el arroyo aparece encauzado. Su perfil es recto o ligeramente cóncavo, con algunos tramos de dificultad orográfica, que pueden originar inundaciones al descender la velocidad del flujo y expandirse la lámina de agua, o bien, aumentar la velocidad y energía del flujo.

- **Afluente del arroyo Pollo Zamora (a1):**

Con una longitud de 740 metros, tiene una diferencia de cotas de 100 metros, una pendiente media del 13%, y en relación con la superficie de su subcuenca (13 has.) un tiempo de concentración de 0,35 horas.

El perfil topográfico muestra diferencias destacables únicamente en la intercepción con el vial A-7.

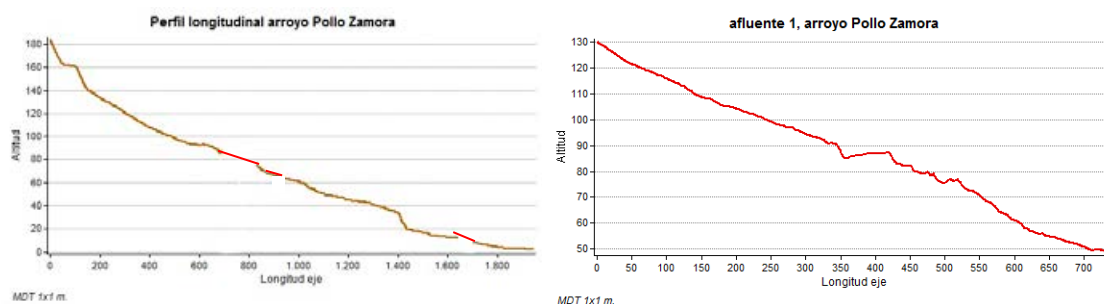


Figura 5. Perfiles topográficos del cauce principal y afluente del Arroyo Pollo Zamora. Fuente: elaboración propia.

2.1.6. Evolución histórica del cauce: morfología fluvial, comportamiento meandriforme y dinámica sedimentaria.

Para el análisis de la morfología fluvial se ha considerado tanto el cauce actual como el cauce histórico, lo que permite conocer su evolución morfológica, a la vez que tenerlo como referente de “estado idóneo” de adaptación al comportamiento fluvial natural. Este comportamiento engloba tanto las crecidas e inundaciones, como la ecología de riberas y cualquier otro aspecto que suma valor y resta peligrosidad al tramo fluvial.

El cauce histórico considerado ha sido el más antiguo del que se tiene información suficiente para la escala de trabajo que estamos usando. Esto es, las ortoimágenes del conocido como “vuelo americano”, de 1956/57. A partir de estas ortofotografías se ha digitalizado el eje histórico. No obstante, la calidad de estas fotos, y especialmente la ortorectificación en las zonas de mayor relieve recomiendan ser prudentes con las delineaciones obtenidas.

El canal sigue una geometría levemente sinuosa. Ésta se ha calculado mediante SIG a través de la siguiente formulación: $SI = \frac{\text{longitud del canal principal}}{\text{distancia en línea recta a lo largo del valle fluvial}}$, resultando para el arroyo Piletas una sinuosidad de 1,01 para el cauce actual y de 1,03 para el cauce histórico, y para el arroyo Pollo Zamora valores de 1,01 y 1,04 respectivamente, de lo que se desprende que los cauces han perdido cierto comportamiento meandriforme en los últimos decenios. En cualquier caso, al estar tan encajados y condicionados por el relieve, pueden considerarse rectos en cualquiera de los casos, dado que la clasificación de ‘SI’ responde a:

Valor de SI	Grado de sinuosidad
1,00 – 1,05	Recto
1,05 – 1,50	Sinuoso
> 1,50	Meandriforme

Tabla 4. Grado de sinuosidad según valor SI.

Junto a lo anterior, uno de los principales aspectos de la dinámica y geomorfología fluvial es la dinámica sedimentaria y de excavación del cauce actual, por la información que nos aporta sobre previsibles riesgos de inundación, erosión, deslizamientos o desprendimientos.

Además de la variación que produce en la geomorfología, se trata de los puntos de mayor energía del flujo. Todo río tiende siempre a la disipación de esta energía, ya sea disminuyendo la pendiente mediante la creación de meandros, o bien creando barras centrales de tierra, lo que no deja de ser también una forma de generar sinuosidad. Es en estos puntos de máxima energía donde, además de la intensa acción erosiva y de generar o activar movimientos de ladera, se da el mayor riesgo de inundación y la mayor velocidad de flujo.

Basándonos en las orillas de los cauces histórico y actual, y en la lógica de la dinámica fluvial y el comportamiento meandriforme de nuestros arroyos, se han delimitado áreas de sedimentación y áreas de erosión o excavación.

Dados los pocos cambios sufridos por las cuencas fluviales consideradas, y teniendo en cuenta su escasa sinuosidad, no existen grandes zonas significativas de erosión y sedimentación, si bien la dinámica sedimentaria/erosiva de su dinámica fluvial queda recogida en el mapa 18.

2.1.7. Usos del suelo.

Las cuencas que nos ocupan tienen un muy elevado porcentaje de superficie antropizada. Hasta el punto que tres cuartas partes del total superficial está urbanizado o en proceso de urbanización. Un 31,4% de la superficie es urbana, a lo que se suma un 7,5% de infraestructuras y equipamiento. Esto es la práctica totalidad del suelo que hay entre la autovía y la costa. Además, el 38,4% está en proceso de urbanización, habiéndose realizado importantes modificaciones de relieve. Este proceso urbanizador se corresponde con la urbanización Parque Victoria, situada entre la autovía A-7 y las cabeceras de cuenca, para la que se han llevado a cabo movimientos de tierra y ejecución de viales, si bien las parcelas residenciales construidas apenas lo han sido aún en un bajo porcentaje en la actualidad.

Con todo lo anterior, los usos no urbanos apenas alcanzan el 22,8%, tratándose fundamentalmente de monte bajo (14,9%) y aprovechamientos agrícolas en su mayor parte abandonados (7,1%), degradados y con escaso porte y porcentaje de cobertura.

2.1.8. Infraestructuras.

En el interior de las cuencas encontramos dos importantes ejes viales, que interrumpen transversalmente la estructura hidráulica de ambas cuencas: la autovía A-7, paralela a la costa, por el centro de las cuencas, y la nacional N-340, muy próxima al litoral. Otras infraestructuras son dos líneas de alta tensión que cruzan también paralelas a la costa, por el centro y norte de las cuencas.

2.2. Cuenca del río de la Cala.

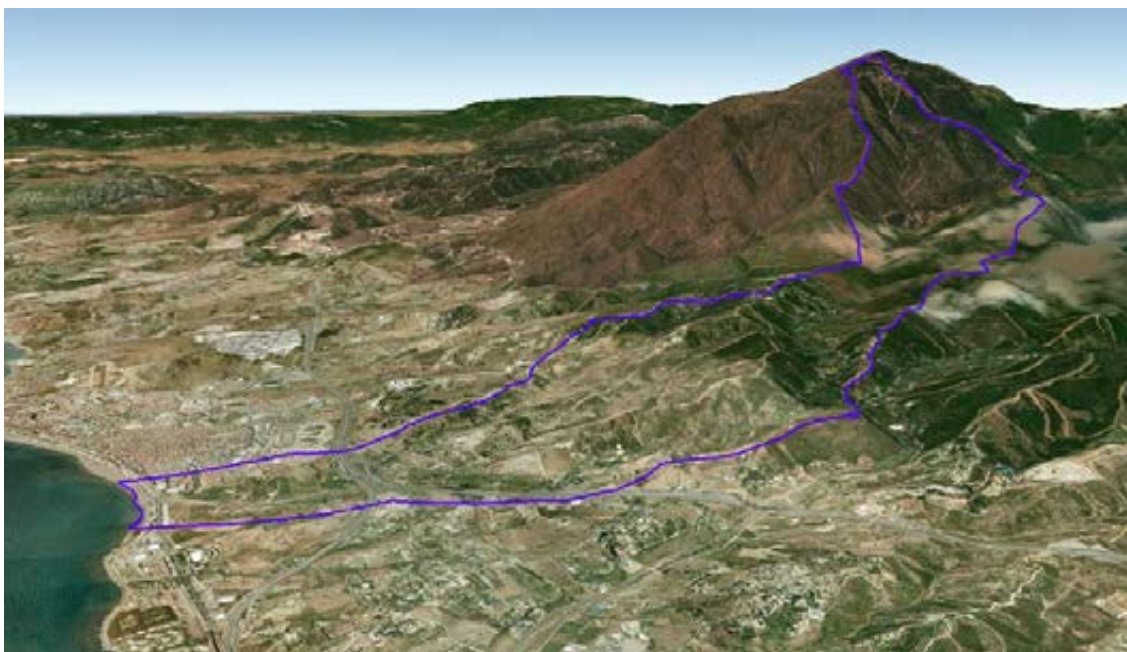


Figura 6. Representación tridimensional con ortofotografía de la cuenca del Río de la Cala. Imagen tomada desde el Este, con exageración de relieve 1,5. Fuente: Google Earth.

2.2.1. Introducción y encuadre geográfico.

La cuenca del río de la Cala, también denominado río Gala, se sitúa en el municipio de Estepona (hojas 1071 y 1072 del Mapa Topográfico Nacional 1:50.000), en el extremo occidental de la Costa del Sol. Nace en las cumbres de Los Reales de Sierra Bermeja, desde donde recoge las aguas de su vertiente sur, y desemboca junto al núcleo urbano, haciendo su eje de linde oriental de la expansión urbanística. Sus dos afluentes principales se localizan en su orilla derecha: el arroyo de la Victoria y el arroyo de Marimacho.

Con una superficie de apenas 11 km², atraviesa unidades muy contrastadas, que incluyen desde el agreste macizo peridotítico de su cabecera de cuenca hasta la llanura litoral, de aprovechamientos urbanos y agrícolas, incluyendo zonas de media montaña del Maláguide y del Alpujárride.

De igual modo, y aun tratándose de un río de corto recorrido, el desnivel entre la cota mayor de la cuenca y la línea de costa, es de 1.400 metros, lo que supone que el flujo alcanza una elevada velocidad y energía.

La proximidad del núcleo urbano de Estepona y los usos agrarios intensivos que se localizan en su tercio meridional configuran un espacio muy ligado al ser humano, del que ha resultado un paisaje peculiar y una forma de urbanización que ha dado nombre a los llamados ‘campitos’, pequeñas fincas formadas por sucesivas subparcelaciones familiares en el que se mezclan usos agrarios con segundas residencias normalmente precarias. No obstante de esto, y en contraste con otras de las cuencas estudiadas, la llanura de inundación del río se ha conservado con ocupaciones no excesivas, lo que

unido a su limitada superficie de escorrentía hace que no se hayan producido grandes afecciones por inundabilidad.

Con un significativo 43% de la superficie de la cuenca clasificada como 'monte alto', la superficie urbana apenas llega al 10% del total. En cualquier caso, esta cifra no refleja fielmente la realidad de la zona, dado que se localiza de modo muy extensivo, y a lo largo de la práctica totalidad de la cuenca, con la única excepción de la cabecera peridotítica.

El estudio hidráulico de la cuenca incorporará tanto el cauce principal del río de la Cala, con una longitud de 12,2 kilómetros, como 2 afluentes, localizados ambos en su orilla derecha, con superficies de 1,5 y 1,4 km². El cauce del río de la Cala se dividirá en 4 tramos o puntos de caudal, para los que se calcularán datos hidrológicos diferenciados. Ambos afluentes tendrán sendos puntos de caudal más, resultando un total de 6 subcuencas de estudio, con el esquema gráfico y los parámetros básicos que se reflejan en la *Tabla 5* y la *Figura 7*.

- Río de la Cala
 - o Eje principal – Río de la Cala (4 puntos de caudal)
 - o Afluente 1 – Arroyo de la Victoria (1 punto de caudal)
 - o Afluente 2 – Arroyo de Marimacho (1 punto de caudal)

Cuenca	RÍO DE LA CALA					
	Cauce principal				Afluente 1	Afluente 2
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 1	PC 1
Superficie (km ²)	3.37	5.69	7.65	11.3	1.54	1.41
Longitud cauce (m)	3692	5507	10736	12239	3446	3833
Cota cabecera (m)	1410	1410	1410	1410	290	310
Cota intersección (m)	240	150	20	0	20	30
Desnivel (m)	1170	1260	1390	1410	270	280
Pendiente media (%)	31.69	22.88	12.95	11.52	7.84	7.3
Tiempo de concentración (horas)	1.01	1.45	2.69	3.03	1.25	1.37

Tabla 5. Parámetros morfométricos con incidencia en la producción de caudal del cauce principal y afluentes del Río de la Cala. Fuente: elaboración propia.

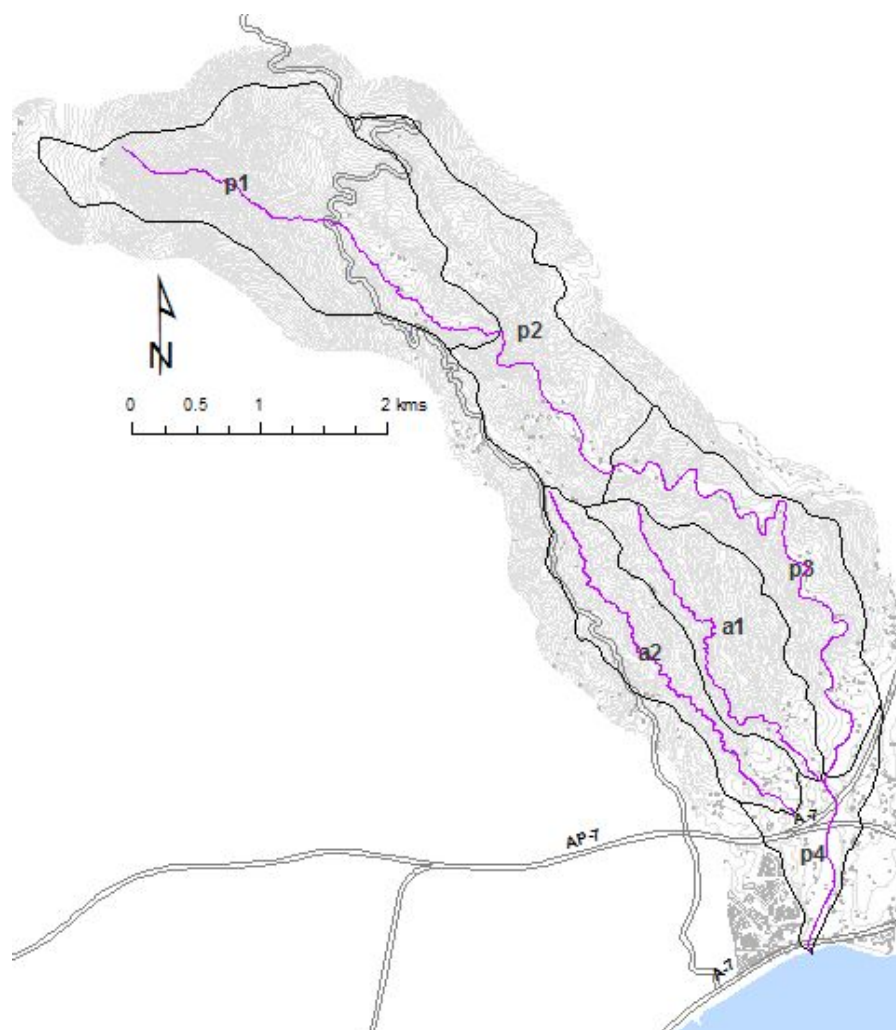


Figura 7. Esquema de cuencas y subcuencas del área de estudio del Río de la Cala, en Estepona. Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Caracterización general del entorno.

La cuenca que nos ocupa reúne buena parte de las unidades ambientales que estructuran la región, así como son los relieves de peridotitas, con los 1452 metros de la máxima cota municipal, las sierras medias, los pie de sierra, las vegas, las playas y los espacios urbanos.

Así, y simplificando esta estructura, podrían diferenciarse cuatro unidades:

- **La Sierra Bermeja**, en el extremo septentrional. Es un gran batolito magmático de peridotitas, que alcanza en muchas zonas pendientes del 50%. El uso casi exclusivo de esta unidad es el forestal.
- **Las Sierras Medias**. Tras la zona estrictamente serrana y en dirección hacia la costa, aparece una segunda zona donde el relieve es menos accidentado que en la anterior, aunque presenta todavía pendientes considerables, siempre superiores al 30%. Junto con los usos

forestales, mayoritarios, ya aparece también monte bajo y algunos aprovechamientos agrícolas.

- **El Pie de Sierra.** Las sierras medias dan lugar a esta unidad de formas más suaves, caracterizada por colinas y lomas, lo que, junto con la presencia de aguas subterráneas ha hecho posible una intensa ocupación y aprovechamiento antrópico. Es en el extremo meridional de esta unidad, en su contacto con el litoral, donde se ubican tanto el núcleo principal de Estepona, como sus urbanizaciones y núcleos secundarios y la gran mayoría de las infraestructuras de comunicación.

La calidad de los suelos de las márgenes de las ramblas y las terrazas, excelentes para el cultivo en regadío, han favorecido los cultivos tradicionales de almendros e higueras en las zonas más altas y los de horticultura, cítricos, vid y subtropicales, en las zonas más próximas al río. En la actualidad estos usos están siendo abandonados y como consecuencia el paisaje sufre una importante transformación.

- **La franja litoral:** se trata de una costa baja y generalmente sin acantilados. La fuerte intervención urbanística hace que no existan playas naturales en todo el entorno, y que la dinámica litoral se vea alterada por obstáculos artificiales.

La red hidrográfica de Estepona está marcada por la geomorfología del entorno: la existencia de un eje altitudinal norte-sur determina que la red fluvial tenga la misma dirección. Se trata de ríos de corto recorrido, que superan desniveles en muchos casos superiores a los 1.000 metros, generando flujos con mucha energía. Buena parte de este corto recorrido discurre por zonas serranas y de pie de sierra, lo que destaca el valor de estos cauces como corredores ecológicos con el litoral, tanto más en un municipio con tan fuerte alteración urbanística en su franja meridional.

De otro lado, algunos de los cauces principales tienen asociados lagunas y pozas que constituyen una importante reserva de fauna y vienen siendo usados por la población como espacios recreativos.

2.2.3. Factores climatológicos.

El tipo de clima que presenta la zona tiene una elevada incidencia mediterránea con temperaturas moderadas suaves a lo largo del año y baja humedad relativa del aire. No obstante, el gran contraste topográfico de la cuenca da lugar a distintos microclimas que pueden hacer oscilar notablemente las medias de temperatura y precipitaciones.

Las precipitaciones anuales se distribuyen en un número no muy elevado de días lluviosos, en torno a 40-60 días/año. Siendo la precipitación media anual de 730 mm/año. En los meses comprendidos entre junio y septiembre las precipitaciones son inferiores a 30 mm, recogándose valores de precipitaciones prácticamente nulos en el mes de julio. El período lluvioso abarca desde octubre a mayo, recogándose en el mes de enero las máximas precipitaciones, de hasta 113 mm de media mensual. Existen importantes oscilaciones interanuales de la precipitación, como corresponde a un clima mediterráneo afectado por ciclos más o menos periódicos de sequía.

Pese a la existencia de episodios extremos (han llegado a reflejarse valores nulos el mes más lluvioso), en general las variaciones se comprenden entre los 300 mm anuales en años secos y los 1600 mm anuales en los años más lluviosos.

En la zona de estudio el número de días de lluvia es inferior al 20% de todos los días del año, 45 días, lo que da una idea bastante aproximada de la torrencialidad de las precipitaciones existentes. Así, tanto las lluvias copiosas como su intensidad caracterizan la zona hidrológicamente.

Además, y en contraste con las otras cuencas consideradas, la masa vegetal que perdura en el sector montañoso juega un papel importante en la generación de humedad, posibilitando la aparición de fenómenos climáticos vinculados a la misma como nieblas de advección, o retención de nubes por el bosque (Gómez Zotano, 2003).

Para la cuenca del río de la Cala, el valor medio anual de la máxima lluvia diaria es de 85,03 mm.

Tan importantes como las precipitaciones verticales son las horizontales o criptoprecipitaciones, generalmente debidas al depósito de agua de las nubes sobre la vegetación, alcanzándose volúmenes similares a los de las precipitaciones verticales en el entorno serrano. La nieve resulta un meteoro cada vez más infrecuente, aunque se presenta esporádicamente por encima de los 1000 metros. El tiempo de innivación medio es menor a las 72 horas.

2.2.4. Caracterización geomorfológica y edafológica.

A pesar de la reducida superficie de la cuenca, se localizan en su interior cuatro de las grandes unidades geológicas de la provincia: complejo Alpujárride, complejo Maláguide, Peridotitas y formaciones post-orogénicas. La geología de la cuenca queda estructurada en bandas horizontales, que de norte a sur empieza con las peridotitas y dunitas (rocas ultrabásicas), seguidas de gneises y mármoles dolomíticos, del Triásico. El tramo central está conformado por filitas y esquistos, del Paleozoico-Precámbrico. Ya en el extremo meridional aparecen materiales indiferenciados, aluvial, calcofilitas y *flysch* margo-arenisco.

A excepción de la zona de Peridotitas, el resto de la cuenca se sitúa sobre un acuífero detrítico (060.040, Marbella-Estepona, según el Atlas Hidrogeológico de la Provincia de Málaga), de permeabilidad variable según litología, pero mayoritariamente baja-media, a excepción de las zonas aluviales y de mármoles, con permeabilidad alta.

Litología	Superficie (m2)	Superficie (%)
Filitas y esquistos	3 006 898	25.8
Peridotitas	2 634 336	22.6
Esquistos con andalucita	1 180 375	10.1
Indiferenciado	1 121 709	9.6
Gneises granitoides	888 590	7.6
Dunitas	735 731	6.3
Mármoles dolomíticos	663 309	5.7
Aluvial	461 484	4.0
Otras litologías	984 061	8.4
Total	11 676 493	100

Tabla 6. Litologías presentes en la cuenca del río de la Cala. Fuente: IGME.

El relieve aparece compartimentado y fuertemente condicionado por la abrupta presencia de la Sierra Crestellina, que supera los 1.400 metros en su cota máxima. Más allá de esta zona montañosa, el resto de la cuenca baja gradualmente sus pendientes, hasta llegar a la zona llana de la franja litoral.

Las pendientes mayores del 50% alcanzan prácticamente a una cuarta parte del total superficial, lo que presupone una mayor peligrosidad para los riesgos de inundabilidad, erosión y deslizamiento de laderas, si bien se ven atenuados por la importante cobertura forestal de la zona.

Las pendientes entre el 30 y el 50% son las más representativas de la cuenca, con un 37% de la superficie. Aparece en las zonas de sierras medias, y prevén una alta afección por erosión, conos de deyección, deslizamientos y mayor escorrentía y energía del flujo en las inundaciones.

Las pendientes entre el 10 y el 30% suponen un 24% del total, y aparecen conjuntamente con las zonas de mayor relieve anterior, o con la llanura litoral.

En último lugar, las pendientes menores del 10% aparecen claramente diferenciadas, en la franja litoral, cubriendo un 14% de la superficie de la cuenca. Es la zona susceptible de sufrir inundaciones, al cambiar bruscamente la energía de los flujos en los cauces.

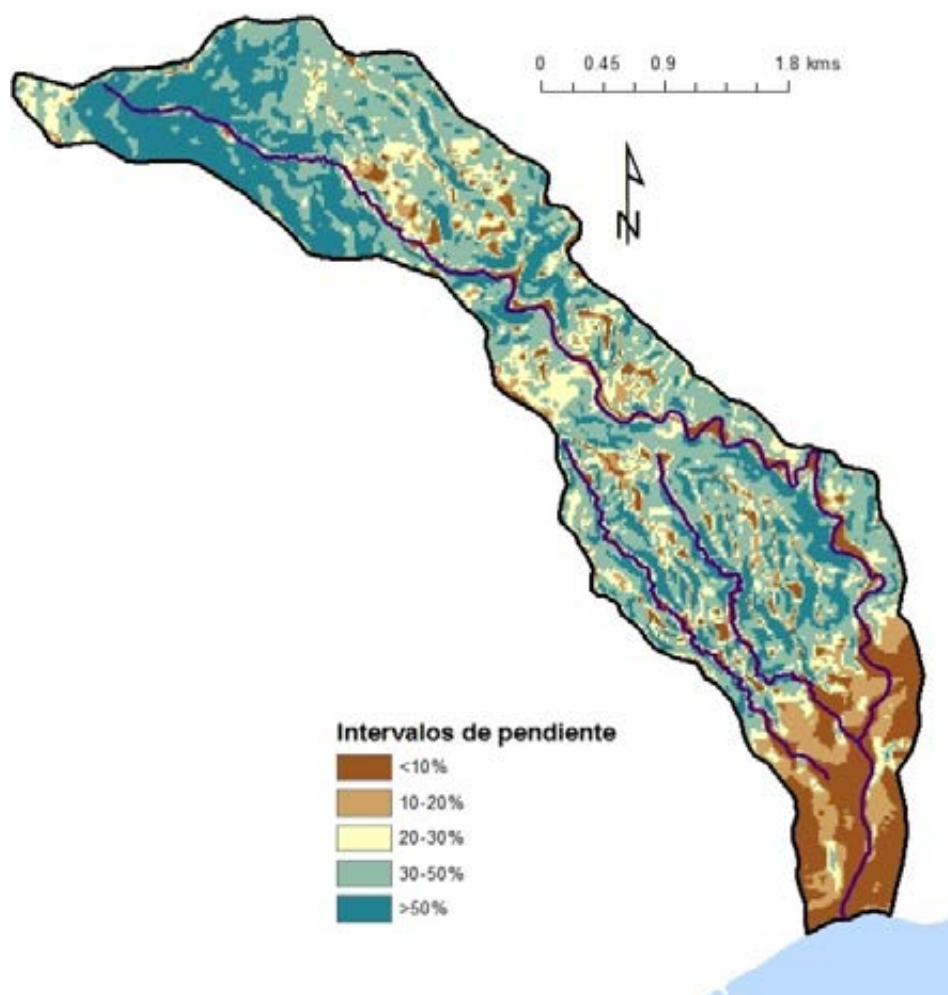


Figura 8. Distribución espacial de los intervalos de pendiente en la cuenca del río de la Cala. Fuente: elaboración propia.

La edafología se estructura en tres bandas horizontales, ocupada la más septentrional por leptosoles éutricos y luvisoles crómicos, la central por regosoles éutricos, y la meridional por una mezcla de cambisoles vérticos, fluvisoles éutricos, regosoles calcáricos y antrososoles úrbicos.

En la primera franja, los condicionantes son las propias de las pendientes escarpadas y la eventual toxicidad por elementos pesados. En la franja intermedia, las principales limitaciones se relacionan con las fuertes pendientes, la amplia sequía estival debida a la escasa retención de agua de los suelos y la falta de espesor del suelo. La franja meridional, por su parte, al ser muy variable edafológicamente, tiene comportamientos y condicionantes muy contrastados.

2.2.5. Caracterización hidráulica.

La superficie de la cuenca hidrográfica alcanza las 1.130 hectáreas, y el estudio hidráulico se hará para el eje principal y para los arroyos de la Victoria (A1), con una superficie de 154 hectáreas, y Marimacho (A2), de 141 hectáreas. Para el cauce del río de la Cala, con una longitud de 12.234 metros, se tomarán cuatro puntos de caudal y un punto más para cada uno de los afluentes, de 3.446 y 3.833 metros respectivamente. El esquema gráfico y los datos morfométricos de las cuencas pueden observarse en la Figura 7 y en la Tabla 5.

La orientación principal de los cauces es Norte-Sur, con flujo estacional y un patrón de cuenca dendrítico, con ramificación arborescente en la que los tributarios se unen a la corriente principal formando ángulos agudos. La densidad de drenaje, siguiendo la formulación de Horton anteriormente mencionada es de 3,3 km/km², de donde se desprende una crecida del hidrograma moderada a rápida tras la precipitación.

En atención a la forma de la cuenca, según el Coeficiente de Gravelius, igualmente citado en la cuenca anterior, y que pone en relación el perímetro de la cuenca con el perímetro de otra cuenca teórica circular de la misma superficie, resulta un coeficiente 1,89, que indica una forma claramente oblonga, lo que da lugar a que el agua discurra más frecuentemente por los cauces de escorrentía principal que por las laderas o cauces secundarios, con lo que el crecimiento del hidrograma resulta rápido y de notable peligrosidad.

La descripción de los distintos cauces es la siguiente:

- **Río de la Cala (tramos p1, p2, p3 y p4):**

El cauce principal del Río de la Cala alcanza una longitud de 12.239 metros, con un desnivel de 1.410 metros entre la cota máxima de Sierra Bermeja y el mar, y una superficie de cuenca de 11,3 km². La pendiente media es elevada, del 11,5% y resulta un tiempo de concentración de 3,03 horas.

Todo el cauce discurre libre, sin embovedamientos ni encauzamientos, si bien con diversas interrupciones transversales por infraestructuras viales. El perfil topográfico es claramente cóncavo, sin irregularidades destacables.

- **Afluentes del Río de la Cala (a1 y a2):**

Considerando los 2 afluentes ya citados, el arroyo de la Victoria al Norte y el arroyo de Marimacho al Sur, ambos se sitúan en la margen derecha del cauce principal, con longitudes de 3.446 y 3.833 metros, superficies de cuenca de 1,54, 1,41 km², y desniveles de 270 y 280 metros respectivamente.

Las pendientes medias son notablemente más moderadas que para el río principal, con un 7,8% para el primero y 7,3% para el segundo. Los tiempos de concentración son de 1,25 y 1,37 horas (75 y 82 minutos) respectivamente.

Los perfiles son recto y homogéneo para el primer caso, y ligeramente cóncavo para el arroyo de Marimacho, sin resaltos topográficos importantes.

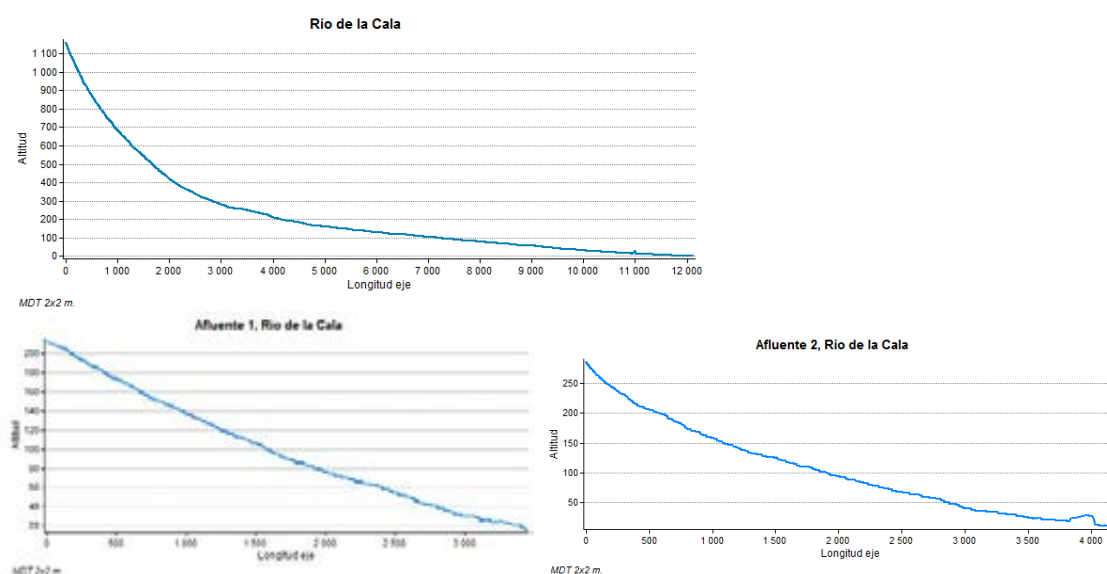


Figura 9. Perfiles topográficos del cauce principal y afluentes del Río de la Cala. Fuente: elaboración propia.

2.2.6. Evolución histórica del cauce: morfología fluvial, comportamiento meandriforme y dinámica sedimentaria.

Tal como ya se comentó en el apartado 2.1.6, el análisis de la morfología fluvial se ha hará previo estudio tanto del cauce actual como del cauce histórico, para conocer cuál ha sido su evolución morfológica, a la vez que nos permita tener el referente de un “estado idóneo” y más próximo al comportamiento fluvial natural.

El cauce histórico considerado ha sido el más antiguo del que se tiene información suficiente para la escala de trabajo que estamos usando, que al igual para las restantes cuencas es el conocido como “vuelo americano”, de 1956/57.

El canal sigue una geometría muy levemente sinuosa. Ésta se ha calculado mediante la formulación $SI = \frac{\text{longitud del canal principal}}{\text{distancia en línea recta a lo largo del valle fluvial}}$, resultando una sinuosidad de 1,01 para el cauce actual y

de 1,00 para el cauce histórico, con lo que el comportamiento meandriforme ha sufrido poco cambio en estos 55 años. En ambos casos, pueden considerarse rectos según la clasificación de la *Tabla 4*.

En relación, por último, a las dinámicas de sedimentación y erosión, y dado que son cauces preferentemente rectos y encajados, no existen demasiadas zonas destacables al respecto (ver mapa 14, del anexo cartográfico).

2.2.7. Usos del suelo.

A diferencia de las cuencas del Rincón de la Victoria, fuertemente condicionadas por el porcentaje de suelo urbano, la que nos ocupa en este apartado solo tiene un porcentaje de superficie urbana o con infraestructuras del 10% del total, si bien la cifra no refleja fielmente la realidad del lugar, dado que esta ocupación es muy extensiva, y salvo en el macizo peridotítico, aparece a lo largo de toda la cuenca, pero con ocupaciones pequeñas y espaciadas. De este porcentaje de superficie urbana, la residencial es un 6%, las infraestructuras un 3,5% y las zonas en construcción, equipamiento urbano y zona industrial bajan todas del 1%.

La mayor parte de la superficie es monte alto, con un 43% y cubriendo la práctica totalidad de la mitad septentrional, seguida de monte bajo, con un 35% y en las zonas central y meridional, y por último, un 7,7% de superficie agrícola, en la franja litoral y proximidades del cauce principal, fundamentalmente de cultivos arbóreos en regadío.

2.2.8. Infraestructuras.

De modo similar a las cuencas Piletas y Pollo Zamora, las principales infraestructuras que encontramos son la Autovía del Mediterráneo (AP-7, en Estepona) y la antigua N-340, hoy convertida en vía urbana. Ambas están próximas al litoral. En el caso de la autopista, coincide precisamente en la cuenca con un importante nudo de conexiones que da lugar a que se lleguen a superponer hasta cuatro ejes consecutivos interrumpiendo el flujo hidráulico.

2.3. Cuenca del arroyo Jaboneros.

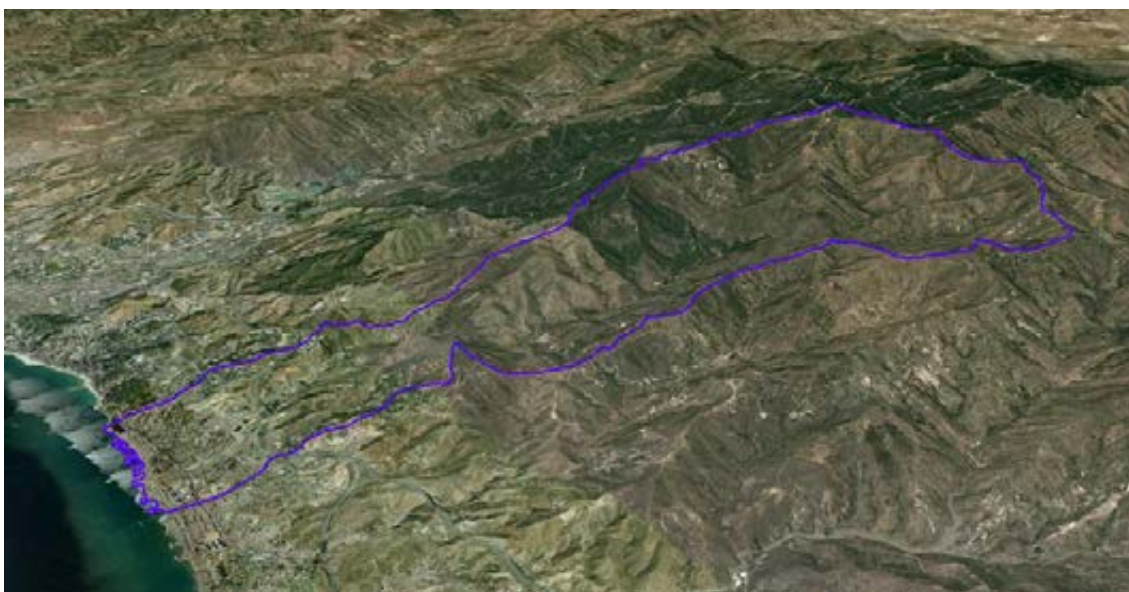


Figura 10. Representación tridimensional con ortofotografía de la cuenca del Arroyo Jaboneros. Imagen tomada desde el Este, con exageración del relieve 1,5. Fuente: Google Earth.

2.3.1. Introducción y encuadre geográfico.

La cuenca del arroyo de los Jaboneros (hoja 1053 del Mapa Topográfico Nacional 1:50.000) recoge algunas características que la particularizan con respecto a las otras recogidas en el estudio, especialmente por incluir en su interior desarrollos urbanísticos ya consolidados, tanto en la estrecha plataforma litoral como en barriadas residenciales sobre los relieves más acusados del Monte San Antón. Su cuenca, asimismo, es considerablemente más grande, al alcanzar los 29,98 km², y se localiza en el tercio oriental del término municipal de Málaga, al noreste de la ciudad, en una zona de media montaña, de origen metamórfico, y cuyas principales características son la presencia destacada del relieve del Monte San Antón, barriadas residenciales y el núcleo urbano de Málaga.

De modo similar a como ocurre en las cuencas del Rincón de la Victoria, y siendo una de las tipologías más repetidas en el litoral mediterráneo, aparecen relieves acusados muy próximos a la costa, con desarrollo periurbano, no obstante de las limitantes condiciones constructivas, y repetidos episodios de afecciones por inundaciones y otros riesgos naturales normalmente asociados a los primeros.

De otro lado, tenemos un régimen pluviométrico caracterizado por una acusada y prolongada sequía estival a la que le siguen lluvias de carácter torrencial en primavera y otoño, conformando con todo ello un escenario propicio para que concurren avenidas o inundaciones.

Un 10% de la superficie de la cuenca es urbana, concentrada en la práctica totalidad en el tercio meridional, entre la propia ciudad de Málaga y las barriadas residenciales periurbanas situadas al norte.

Para los estudios hidrológicos e hidráulicos de la cuenca, el cauce del arroyo Jaboneros se ha dividido en cuatro tramos, o puntos de caudal, y se han incorporado 5 afluentes, 3 por su orilla izquierda, otros 2 por su orilla derecha. El estudio hidráulico excluirá el extremo más septentrional de la cuenca, al ser una zona libre de desarrollo alguno más allá de algunos usos agrícolas, y al no disponerse de topografía con detalle suficiente para permitir un estudio riguroso de inundabilidad y otros riesgos asociados.

Con lo dicho, se estudiarán 9 subcuencas, tal como se representa en la Figura 11, y con los parámetros básicos que se exponen en la Tabla 7:

- Arroyo Jaboneros
 - o Eje principal (4 puntos de caudal)
 - o Afluente 1 (1 punto de caudal)
 - o Afluente 2 (1 punto de caudal)
 - o Afluente 3 (1 punto de caudal)
 - o Afluente 4 – Cañada de Granadino (1 punto de caudal)
 - o Afluente 5 – Arroyo de las Cuevas (1 punto de caudal)

Cuenca	ARROYO JABONEROS								
	Cauce principal				Afluente 1	Afluente 2	Afluente 3	Afluente 4	Afluente 5
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 1	PC 1	PC 1	PC 1	PC 1
Superficie (km ²)	11.08	18.4	24.76	29.98	1.26	0.74	0.88	0.68	0.85
Longitud cauce (m)	4927	6602	10350	14944	2301	1760	1678	2013	1827
Cota cabecera (m)	1020	1020	1020	1020	770	590	460	520	500
Cota intersección (m)	290	240	30	0	240	200	160	130	80
Desnivel (m)	730	780	990	1020	530	390	300	390	420
Pendiente media (%)	14.82	11.81	9.57	6.83	23.03	22.16	17.88	19.37	22.99
Tiempo de concentración (horas)	1.45	1.89	2.77	3.9	0.75	0.61	0.62	0.7	0.63

Tabla 7. Parámetros morfométricos con incidencia en la producción de caudal del cauce principal y afluentes del arroyo de los Jaboneros. Fuente: elaboración propia.

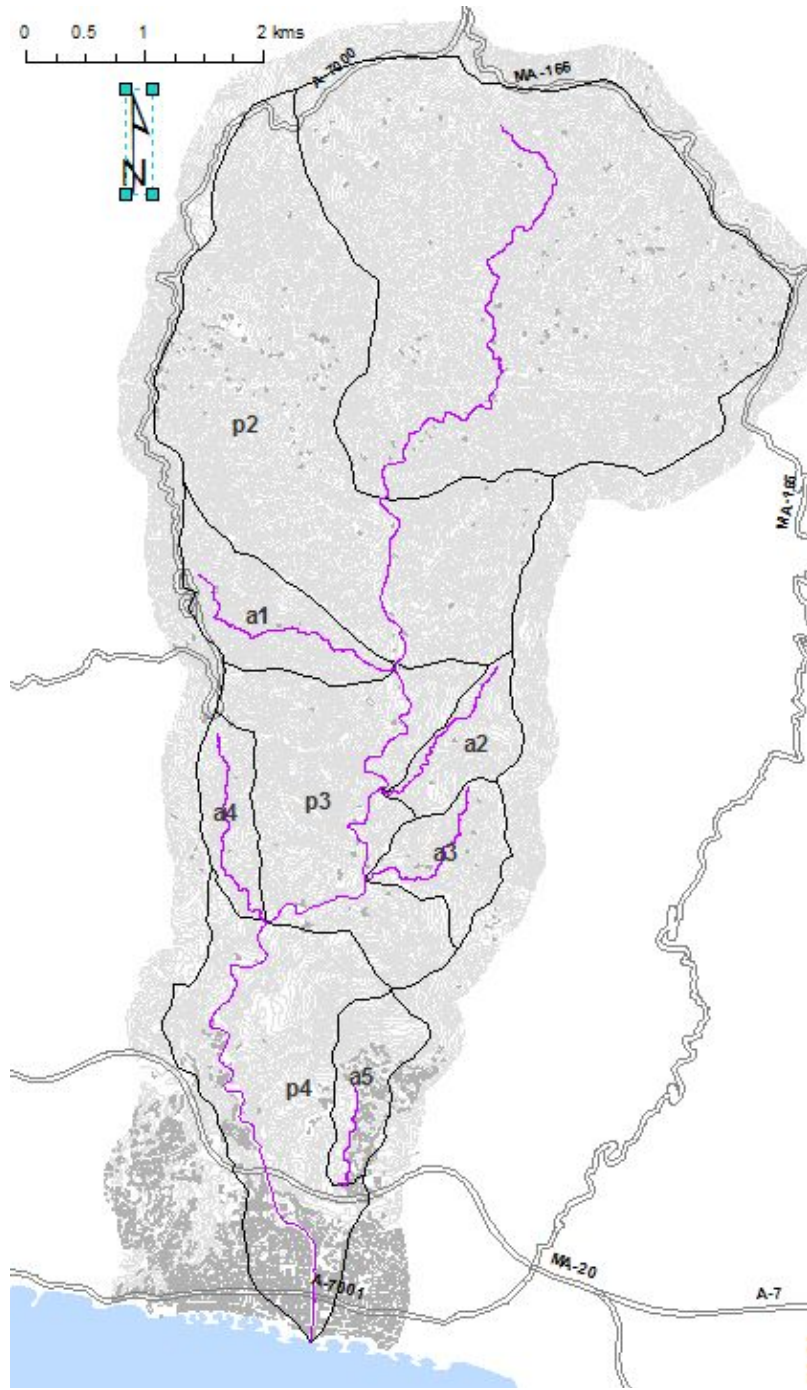


Figura 11. Esquema de cuencas y subcuencas del arroyo de los Jaboneros. Fuente: elaboración propia.

2.3.2. Caracterización general del entorno.

El municipio de Málaga, y más concretamente su aglomeración urbana, en la que se localiza la cuenca del Arroyo Jaboneros, se estructuran en una serie de unidades que básicamente son la franja litoral, los Montes de Málaga y la Hoya de Málaga, estando inmersa la cuenca que nos ocupa en las dos primeras.

- Franja litoral: el frente litoral del municipio de Málaga tiene una longitud de 20 kilómetros, con fisiografías diferentes según distintos tramos. De estos tramos, el oriental, en el que desemboca el arroyo de Jaboneros, es un estrecho cordón entre la costa y los relieves próximos de los Montes, algo ensanchado a partir del puerto deportivo del Candado por aportes de distintos arroyos.
- Montes de Málaga: zona montañosa, de relieves calizos y metamórficos, con frecuentes vaguadas y cumbres, mezclados con algunos valles principales.
- Hoya de Málaga: situada al oeste de nuestra cuenca, y en contrapunto morfológico con los Montes, tiene una topografía suave, propia de llanuras aluviales, estructurada por la desembocadura deltaica del Guadalhorce.

De éstas, las zonas que nos ocupan comparten alguna de las características principales del litoral mediterráneo, como son la existencia de sistemas montañosos potentes muy próximos al llano litoral, con fuertes pendientes y una divisoria de aguas de la red hidrológica cercana a la costa, con dirección Norte-Sur. Además, a ello se une la sistemática deforestación y consecuente erosión de los suelos, que se agrava porque como consecuencia de las pendientes se reduce drásticamente la permeabilidad de los suelos.

Esta orografía ha justificado que las áreas en las que las pendientes eran menores hayan sido intensamente ocupadas. Dichas áreas se concentran en el llano litoral y en las riberas de su red hidrográfica, especialmente del Guadalhorce y de algunos otros de los principales arroyos Norte-Sur.

La zona litoral y áreas montañosas próximas se han ido ocupando progresivamente por la urbanización residencial y turística desde las décadas de los 60 y 70. De igual modo, por aquí discurren gran parte de las infraestructuras que se trazaron paralelas a la costa, en dirección este-oeste, en muchos casos provocando precisamente la ruptura o interrupción de los cauces fluviales, y un fuerte efecto barrera.

Como consecuencia de estas dinámicas y actuaciones, la aglomeración urbana de Málaga es uno de los ámbitos de la región andaluza en los que con mayor probabilidad pueden sucederse avenidas e inundaciones, de los que existen ejemplos en tiempos muy recientes. Es por ello que en el Plan de Prevención de Avenidas e Inundaciones en Cauces Urbanos Andaluces existen en total 48 puntos de riesgo en la aglomeración, dándose además la circunstancia de que Málaga es la única capital provincial en la que el riesgo de inundación se ha definido como categoría A, esto es, máximo, según las cuatro categorías establecidas por el citado Plan.

2.3.3. Factores climatológicos.

La situación de la cuenca, al abrigo del conjunto montañoso de los Montes de Málaga, hace que éstos actúen de pantalla protectora frente a los vientos fríos del norte. Resulta un clima de tipo

mediterráneo templado-cálido, de carácter seco. La temperatura media anual es de 18°C, y la humedad media del 66%.

Las precipitaciones en la zona se definen principalmente por su irregularidad, siendo prácticamente nulas en los meses de julio y agosto, y frecuentemente torrenciales en los meses más lluviosos, entre noviembre y enero. La media es de 43 días de lluvia al año y 524 mm, con el 50% de la precipitación total entre los tres meses lluviosos citados. Las laderas orientadas a barlovento son las que reciben más precipitaciones.

En último lugar, y ya atendiendo al parámetro que más nos interesa, el valor medio anual de la máxima lluvia diaria en la cuenca es de 68,47 mm.

2.3.4. Caracterización geomorfológica y edafológica.

La cuenca de trabajo se enmarca en el Complejo Maláguide, perteneciente a las Zonas Internas de las Cordilleras Béticas. El tercio central y septentrional de la cuenca está compuesto por filitas y metaareniscas, del Precámbrico y Cámbrico, con la aparición puntual de conglomerados silíceos, y calizas del Silúrico. En el tercio meridional, no obstante, la complejidad litológica se acentúa bastante, encontrándose grauwacas y filitas de Carbonífero-Devónico, y areniscas y conglomerados del Triásico-Pérmico, junto con Calizas blancas del Jurásico en el Monte San Antón y conos de deyección cuaternarios en derredor de este relieve, producidos por la acción erosiva.

Esta zona, además de ser especialmente accidentada su topografía, tiene distintas permeabilidades, consistencias y modelados, y todo en un escenario desordenado, con frecuentes cabalgamientos y saltos estratigráficos. Resultado de todo esto, el riesgo de deslizamientos y otros riesgos naturales es sensiblemente superior (Mérida, Perles y Blanco, 1998).

En la franja litoral, por último, aparecen otros materiales cuaternarios indiferenciados, aluviales en el entorno del cauce, conglomerados en las áreas con cierta pendiente, y arcillas y margas en las zonas inferiores.

Litología	Superficie (m2)	Superficie (%)
Filitas y metaareniscas	17 190 838	42.7
Calizas	12 450 542	31.0
Grauwacas y filitas	4 613 033	11.5
Areniscas, conglomerados, yesos y arcillas	1 710 581	4.3
Conos	964 888	2.4
Calizas blancas	714 739	1.8
Otras litologías	2 577 148	6.4
Total	40 221 769	100

Tabla 8. Litologías presentes en la cuenca. Fuente: IGME.

La morfología del relieve, que varía entre los 0 y 1.020 metros, está muy compartimentada, con relieves y pendientes muy acusados, estructurados por una densa red fluvial que responde de

manera bastante regular al eje del arroyo Jaboneros, con la única salvedad topográfica del Monte San Antón, de 470 metros de altura, que no obstante de pertenecer al mismo complejo montañoso, aparece aislado y claramente destacado, del conjunto pese a estar próximo a la costa.

Al localizarse la cuenca, sin embargo, sobre litologías contrastadas, su red hidrográfica también revela estos cambios, no resultando tan densa al discurrir sobre litologías calizas, o encontrándonos situaciones diferentes a cada orilla, al transcurrir sobre discontinuidades litológicas entre pizarras y calizas.



De otro lado, la cuenca del arroyo Jaboneros es, con diferencia, la de mayor altitud media y pendientes de las estudiadas. Así, más de tres cuartas partes del total de su superficie tiene pendientes superiores al 30% (34,6% para las pendientes mayores del 50% y 41,6% para el intervalo entre 30 y 50%). Intercalados, en las divisorias y entre las laderas y los valles, aparece el conjunto de pendientes entre el 20 y el 30%, cubriendo un 10% de la cuenca. Apenas en la franja litoral, con un brusco cambio topográfico respecto al resto de la cuenca, y en el tramo bajo del cauce del Jaboneros, donde este gana anchura, se localizan pendientes inferiores al 20%, sumando un 13,2% de la superficie.

Figura 12. Distribución espacial de los intervalos de pendiente en la cuenca del arroyo de los Jaboneros. Fuente: elaboración propia.

Las características topográficas, junto al histórico aprovechamiento agrícola de parte de sus laderas y el posterior abandono son los causantes de que los suelos más extendidos sean los leptosoles éutricos. Estos suelos son propios de áreas montañosas y escarpadas, con vegetación natural de

monte bajo. Presentan una erosión hídrica de moderada a fuerte, y una importante cantidad de piedras y rocosidad. Su capacidad de retención de agua es relativamente alta, condicionada por la cantidad de arcilla existente en el suelo. Se dan principalmente en la zona central y septentrional de la cuenca.

Le siguen en importancia los regosoles éutricos, y en menor medida calcáricos, muy pedregosos y difícilmente cultivables. Sufren, de igual modo, procesos de erosión muy fuertes. Junto a los anteriores, cubren la práctica totalidad de la cuenca media y alta, aunque en este caso también se extienden por cotas más bajas. Junto a los anteriores, aparecen leptosoles líticos en los relieves más montañosos, principalmente en el Monte San Antón, y antrosoles úrbicos en la franja costera.

En su conjunto se trata de litologías y suelos con intensa tectonización, falta de coherencia y estado rexiástico, con un carácter impermeable que da lugar a una densa red hidrográfica, con notable incidencia de la erosión lineal, que ha generado gran compartimentación y laderas convexas denominadas “lomos de elefante” (Mérida, 1994). Especialmente sobre arcillas y areniscas, encontramos gran cantidad de cárcavas.

2.3.5. Caracterización hidráulica.

La cuenca del arroyo de Jaboneros abarca una superficie de 29,98 km², con una longitud máxima de cauce de 14.944 metros. Este eje se ha dividido en cuatro tramos para su estudio hidrológico y posterior estudio hidráulico, y tal como ya se ha citado, se excluirá parcialmente el recorrido más septentrional, al no disponerse de cartografía de detalle y ser una zona con pocos usos agrícolas o urbanísticos.

Además del cauce principal, se estudiarán 5 afluentes, localizados 2 de ellos en su orilla derecha, con superficies de cuenca de 0,74 y 0,68 km², y los 3 restantes en la izquierda, con superficies de 0,74, 0,88 y 0,85 km². Para el eje central se tomarán 4 puntos de caudal, y un punto más para cada afluente, resultando una división de 9 subcuencas.

Todos los cauces tienen caudal no permanente, y direcciones Norte-Sur, Noroeste-Sureste y Noreste-Suroeste, con un patrón de ramificación arborescente, dendrítico. El esquema gráfico y la información cuantitativa con incidencia en la producción de caudales puede observarse en la Figura 11 y la Tabla 7.

La densidad de drenaje, según la formulación de Horton ya aplicada en las anteriores cuencas, es de 4,6, resultando con ello una rápida crecida del hidrograma tras la tormenta. A estas condiciones de mayor peligrosidad se suma también la forma oblonga de la cuenca, que según el Coeficiente de Gravelius resulta con un coeficiente 1,68.

La descripción de los distintos cauces es la siguiente:

- **Arroyo Jaboneros (tramos p1, p2, p3 y p4):**

La longitud del cauce del arroyo de Jaboneros es de 14.944 metros, con un desnivel de 1.020 metros entre su cabecera y la desembocadura y una superficie de cuenca de 1,53 km². La pendiente media es del 6,8% y resulta un tiempo de concentración de 3,9 horas.

No existen embovedamientos en su cauce, pero sí un encauzamiento desde 100 metros aguas debajo de la autovía A-7 y hasta la desembocadura.

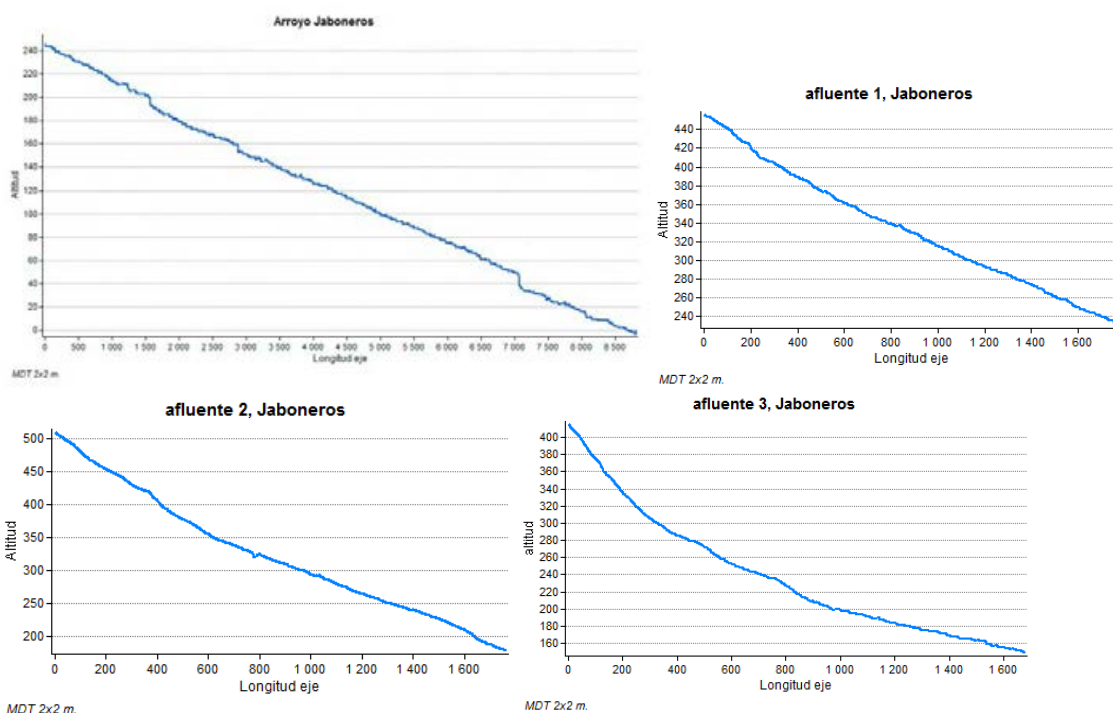
El perfil topográfico del cauce es recto y muy homogéneo, con la salvedad de algunos saltos, normalmente por la existencia de pequeñas presas.

- **Afluentes del arroyo Jaboneros (a1, a2, a3, a4 y a5):**

Se incorporarán al estudio 5 afluentes, con longitudes de 2.301, 1.760, 1.678, 2.013 y 1.827 metros, y superficies de cuenca respectivas de 1,26, 0,74, 0,88, 0,68 y 0,85 km². Los desniveles varían entre los 300 y 530 metros.

La pendientes medias de los cauces son muy altas, del 23, 22, 18, 19 y 23%, obteniéndose tiempos de concentración igualmente muy reducidos, de entre 36 y 45 minutos.

Sus perfiles son rectos o ligeramente cóncavos, con algunas irregularidades apenas destacables en el arroyo de las Cuevas (afluente quinto), que discurre por la falda sur del Monte San Antón.



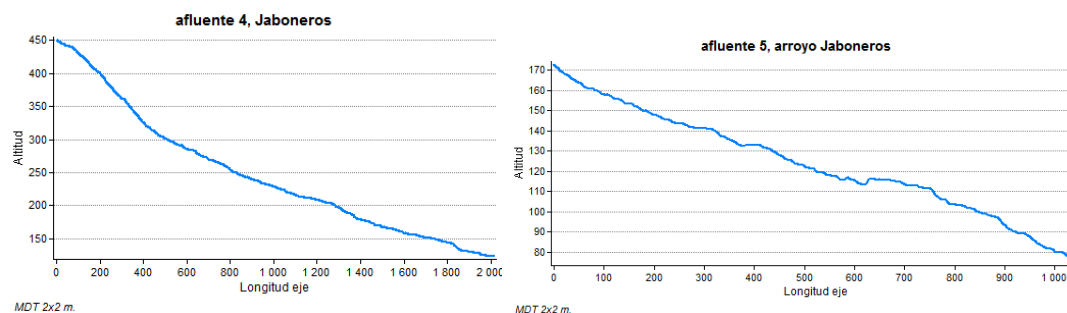


Figura 13. Perfiles topográficos del cauce principal y afluentes del Arroyo Jaboneros. Fuente: elaboración propia.

2.3.6. Evolución histórica del cauce: morfología fluvial, comportamiento meandriforme y dinámica sedimentaria.

Tanto el cauce actual del arroyo Jaboneros como el histórico, de 1956, son rectos, con valores de sinusoidad de 1,00 y 1,01.

Junto a lo anterior, y no obstante de tratarse de cauces muy encajados en el relieve, otro aspecto importante de la dinámica y geomorfología fluvial es la dinámica sedimentaria y de excavación, que aparece recogida en el mapa 16.

2.3.7. Usos del suelo.

El porcentaje de superficie antropizada de la cuenca del arroyo de Jaboneros alcanza un 10% del total superficial, concentrada en la práctica totalidad en el tercio meridional, entre la propia ciudad de Málaga y diversas barriadas residenciales periurbanas situadas al noreste y noroeste de la anterior. Tres cuartas partes de esta superficie es residencial urbano, y el resto son infraestructuras viarias, zonas en construcción y equipamiento urbano (educativo, sanitario, comercial y deportivo).

Sin embargo, los usos más representativos de la cuenca son el monte bajo (33%), monte alto (24,2%) y agrícola (19,8%), principalmente frutales y olivar. Más allá de lo anterior, resulta significativo que casi un 10% de la superficie de la cuenca responda a usos agrícolas abandonados.

2.3.8. Infraestructuras.

De manera coincidente con las restantes cuencas, ésta se ve interrumpida por el trazado de la autovía A-7, situada sobre las primeras estribaciones montañosas, y la antigua carretera de la costa, ya integrada en la trama urbana. Más allá de estas dos vías principales, existen muchas otras urbanas, propias de su localización en la ciudad de Málaga.

Índice Capítulo II

2.1. CUENCA DE LOS ARROYOS PILETAS Y POLLO ZAMORA.	38
2.1.1. Introducción y encuadre geográfico.....	38
2.1.2. Caracterización general del entorno.	40
2.1.3. Factores climatológicos.	41
2.1.4. Caracterización geomorfológica y edafológica.....	42
2.1.5. Caracterización hidráulica.	44
- Arroyo Piletas (tramos p1, p2, p3 y p4):.....	45
- Afluentes del arroyo Piletas (a1, a2 y a3):.....	45
- Arroyo Pollo Zamora (tramos p1 y p2):.....	46
- Afluente del arroyo Pollo Zamora (a1):.....	46
2.1.6. Evolución histórica del cauce: morfología fluvial, comportamiento meandriforme y dinámica sedimentaria.	47
2.1.7. Usos del suelo.....	48
2.1.8. Infraestructuras.	48
2.2. CUENCA DEL RÍO DE LA CALA.	49
2.2.1. Introducción y encuadre geográfico.....	49
2.2.2. Caracterización general del entorno.	51
2.2.3. Factores climatológicos.	52
2.2.4. Caracterización geomorfológica y edafológica.....	53
2.2.5. Caracterización hidráulica.	55
- Río de la Cala (tramos p1, p2, p3 y p4):.....	55
- Afluentes del Río de la Cala (a1 y a2):.....	56
2.2.6. Evolución histórica del cauce: morfología fluvial, comportamiento meandriforme y dinámica sedimentaria.	56
2.2.7. Usos del suelo.....	57
2.2.8. Infraestructuras.	57
2.3. CUENCA DEL ARROYO JABONEROS.	58
2.3.1. Introducción y encuadre geográfico.....	58
2.3.2. Caracterización general del entorno.	61
2.3.3. Factores climatológicos.	61
2.3.4. Caracterización geomorfológica y edafológica.....	62
2.3.5. Caracterización hidráulica.	64
- Arroyo Jaboneros (tramos p1, p2, p3 y p4):.....	65
- Afluentes del arroyo Jaboneros (a1, a2, a3, a4 y a5):.....	65

2.3.6.	Evolución histórica del cauce: morfología fluvial, comportamiento meandriforme y dinámica sedimentaria.	66
2.3.7.	Usos del suelo.	66
2.3.8.	Infraestructuras.	66

Capítulo III. Bases conceptuales y antecedentes teóricos, aplicados y normativos en la temática de estudio

3.1. Bases conceptuales y antecedentes teóricos.

El carácter necesariamente multidisciplinar de este trabajo se sitúa a su vez en el marco conceptual del espacio de riesgo, mediante el cual se justifica la necesidad de abordar la peligrosidad de inundación de una manera holística, en relación a la consideración de otras peligrosidades asociadas, y dependiente del territorio sobre el que acontece. Ello exige partir de consideraciones y estrategias muy diferentes, que poseen procesos metodológicos y antecedentes bibliográficos y aplicados muy diversos. Así, se incluye un análisis territorial y geográfico del ámbito espacial de análisis, las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz (bloque II), junto con la aplicación de técnicas de análisis hidrológico, hidráulico, de erosión de suelos o de susceptibilidad a los movimientos en masa, entre otras (bloque III).

Todo ello se basa en la evolución teórica y metodológica de tales materias, pero también en las nuevas exigencias legislativas, que están sufriendo importantes cambios en los últimos años, y en la experiencia acumulada en casos aplicados a nivel nacional e internacional.

Para tratar de recoger ordenadamente tal diversidad conceptual y técnica, se dividirá este capítulo en los siguientes apartados:

- *Antecedentes teóricos.*
 - *La peligrosidad natural en ámbitos mediterráneos.*
 - *El estudio asociado de las peligrosidades.*
 - *El estudio del riesgo como un hecho territorial, y el caso concreto de los espacios periurbanos.*
- *Antecedentes normativos.*
- *Antecedentes aplicados.*

3.1.1. La peligrosidad natural en ámbitos mediterráneos.

3.1.1.1. Antecedentes en relación a las inundaciones en el litoral mediterráneo.

Siguiendo la idea expresada por Del Moral y Pita (2002) sobre el riesgo como factor estimulante de la sociedad, abriéndonos a la innovación en lugar de plantearlo como algo negativo, podríamos llegar a interpretar que los riesgos naturales nos estimulan ciertamente para entender el funcionamiento de la naturaleza -los espacios fluviales, las laderas, la escorrentía- y nos permiten avanzar en la búsqueda del equilibrio de las sociedades con ella, o en ella. Pero el estudio de los riesgos naturales es mucho más que mero interés académico. Las sociedades mediterráneas siempre han tenido una relación intensa con su territorio, y hoy en día no lo es menos. Fueron y siguen siendo pueblos de alta densidad demográfica y muy dependientes del suelo, de siempre por necesidades agrarias, y ahora también por la explotación residencial y turística del territorio en sí. A ello se suma, además, que la región mediterránea no es precisamente un ecosistema resiliente (Olcina, 2008), sino que está sometido a rigores climáticos y geomorfoedáficos que favorecen una rápida ruptura de equilibrio si la intervención antrópica deja de ser exquisita. Obviamente, en el litoral mediterráneo andaluz no lo es.

La más clara expresión de dicha presión antrópica se encuentra en las áreas periurbanas. En las urbanas el ecosistema ya ha sido reemplazado, y en las rurales suele existir un equilibrio histórico hasta cierto punto estable. Por tanto, hablar del territorio periurbano es tanto como hablar precisamente de todo aquel territorio que reclama nuestra atención en el presente y para el futuro inmediato.

Las crecidas fluviales mediterráneas y sus peligros relacionados son un fenómeno recurrente que históricamente ha atraído la atención de numerosos investigadores. Las características interdisciplinares han hecho especialmente atractivo su estudio para geógrafos, que durante las últimas décadas han trabajado intensamente la temática. Autores como López Bermúdez (1979, 1993) comenzaron su análisis en los años 70, refiriéndose ya desde entonces a aspectos como las inundaciones catastróficas, la erosión hídrica, las precipitaciones torrenciales o la desertificación¹. Pero en los primeros años de desarrollo los enfoques eran más genéricos, combinando peligrosidad y vulnerabilidad y aportando caracterizaciones generales. En el ámbito que nos ocupa trabajaron, entre otros Mateu (1990), Rosselló (1989) o Gil Olcina (1983). Posteriormente se produjo una especialización en aspectos concretos, ligados a la vulnerabilidad o a análisis contextuales, en los que participaron, por ejemplo, Saurí (1995), Ayala (2000), Vallejo (2000), Ribas (2001), Calvo (2001) o Máyer (2006).

En relación a la peligrosidad también se introdujeron aspectos más sectoriales, especialmente tratando sus condicionantes. Así, en la interrelación entre torrencialidad e inundación en el ámbito mediterráneo destacan textos como los de Olcina y Rico (2000), Barriandos y Martín Vide (1998), Martín Vide (1989), López Bermúdez y Gutiérrez (1983), Senciales y Perles (1994), y desde la perspectiva geomorfológica los de Calvo y Fumanal (1983), La Roca y Carmona (1983), Carmona

¹ Incluso se incluyen referencias a la peligrosidad de las inundaciones por la expansión de contaminantes: “residuos orgánicos que transportan bacterias, virus y otros agentes patógenos, peligro de roedores, etc.” (López Bermúdez, 1979).

(1995), García Ruiz, Puigdefábregas y Creus (1980), Ollero (2005), Ollero *et al.* (2007, 2007b), Camarasa (1990) o Camarasa y Segura (2001). Otros autores trataron aspectos más técnicos o cuantitativos, relacionados directamente con el cálculo de la lámina inundable o los métodos usados. Tal es el caso de Díez y Pérez (2003), Etxeberría, Edeso y Brazaola (2005), García y Conesa (2011), Llorente, Díez y Laín (2006), Barnolas y Llasat (2007) o Camarasa y López (2004).

En cualquier caso, los estudios se han centrado principalmente en sucesos singulares sobre espacios específicos, causas desencadenantes, o repercusiones sobre poblamientos y poblaciones asentadas en las riberas fluviales. En todo caso se trata del análisis de episodios cortos durante los cuales la cuenca de drenaje experimenta un incremento y alteración crítica de los distintos procesos ambientales y geomorfológicos que termina afectando inevitablemente a un medio humano desbordado por los márgenes previstos e imprevistos del suceso (Mateu, 1990).

Rápidamente se convirtió en una línea de investigación asentada, alcanzando la categoría de disciplina científica propia (Olcina, 2008b), que no obstante conservó algunos de los problemas originales, como la excesiva incorporación acrítica de conceptos y definiciones provenientes del campo de las ingenierías o el citado predominio de los estudios de casos concretos. (Calvo, 2000).

Más recientemente se está renovando el enfoque, buscando potenciar su utilidad como herramienta para la predicción de áreas inundables, y buscando de igual modo dar soporte técnico y científico a las actualizaciones normativas y de gestión que incorpora la administración, que más allá de que nos parezcan insuficiente, siempre han sido permeables al creciente interés ciudadano por la ordenación y gestión territorial y ambiental. En este contexto destacan los avances realizados por el IGME y autores como Díez Herrero (2003, 2006, 2008, 2008b), Llorente (2006, 2008), Hernández *et al.* (2008) o Sánchez y Lastra (2011).

Un aspecto específico relacionado con el estudio de la inundabilidad, de reciente desarrollo, es la incorporación de los restos vegetales al flujo de inundación. El transporte masivo y depósito de este material durante avenidas e inundaciones puede incrementar las consecuencias negativas de las mismas, especialmente en secciones singulares, como puentes, entubamientos o estrechamientos del cauce (Comiti *et al.*, 2012), y provocar sobre elevación del caudal aguas arriba, anegando zonas que de otro modo no se verían afectadas, así como incrementando los procesos de erosión y sedimentación en esas zonas.

Si bien son frecuentes los trabajos existentes en la literatura científica sobre la generación de residuos vegetales, pocos han sido los que han evaluado la incorporación del fenómeno al análisis de la peligrosidad y, consecuentemente, al riesgo de inundaciones (Mazzorana y Fuchs, 2010; Ruíz Villanueva y Bodoque, 2012). Al respecto destacan experiencias previas de autores como Ruíz Villanueva *et al.* (2012, 2013, 2014, 2014b), May y Gresswell (2003), Mazzorana (2010, 2011), Swasson (2003) o Cantarero (2013). Su análisis podría dividirse en dos fases individualizadas. Una primera, de cuantificación de la producción de residuos vegetales en la cuenca, y otra posterior de evaluación de las probabilidades de incorporación de los restos vegetales al flujo. Para la primera se pueden tomar diversos trabajos aplicados, normalmente relacionados con la administración (Agencia andaluza de la energía, 2011; Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012; Cabildo de Tenerife, 2006), y para los procesos de incorporación, referencias como Ruíz Villanueva (2012), Ruíz Villanueva *et al.* (2014b), May and Gresswell (2003) o Swasson (2003).

En último lugar, y en referencia a otros de los aspectos que se tratarán en este trabajo, la comparativa de hipótesis metodológicas o de áreas inundables con eventos reales ha sido usada por autores como Camarasa (1990, 1995), Camarasa y Bescós (2004) o Perles, Gallegos y Cantarero (2006).

3.1.1.2. Otros peligros: bases conceptuales y antecedentes sobre hidrogeomorfología mediterránea.

Pero las crecidas mediterráneas, más que ninguna otra, son acontecimientos donde se relacionan los procesos hidrológico-hidráulicos con los geomorfológicos. Esta relación se enmarca en la rama interdisciplinar de la hidrogeomorfología, sobre la que vienen trabajando numerosos autores. Sidle y Onda (2004) definen la hidrogeomorfología como “una ciencia de carácter interdisciplinar dedicada al estudio espacio-temporal de las conexiones e interacciones, que se dan entre los procesos hidrológicos y las formas del terreno, así como al análisis de las interacciones existentes entre los procesos geomorfológicos activos y la escorrentía superficial y subsuperficial”.

Se han desarrollado numerosas líneas de investigación ligadas a problemáticas asociadas con la hidrogeomorfología (Bodoque, 2007). Así, se han llevado a cabo estudios orientados a evaluar la erosión y movilización de los deslizamientos, a establecer los mecanismos que determinan la generación de la escorrentía superficial, o a establecer las relaciones de causalidad existentes entre la escorrentía superficial, la topografía, la erosión hídrica y los movimientos en masa (Densmore et al., 2002; Suárez, 1998; Reid y Laronne, 1995; Hewlet y Hibbert, 1967; Dunne y Black, 1970; Rodríguez-Iturbe y Valdés, 1979; Kirkby y Chorley, 1967; Carson y Petley, 1970; Verdú, Batalla y Poch, 2011; Anderson y Burt, 1978; Willians, 1975; Wischmeier y Smith, 1958).

En relación a esto último, en este trabajo se hará uso de cartografías de susceptibilidad a los movimientos gravitatorios de laderas. En estos casos no se cartografía el movimiento en sí, el efecto, sino los factores causantes, obteniendo grados de probabilidad de deslizamiento. Son, por tanto, cartografías simplificadas y con un carácter meramente orientativo. En ellas la información de mayor fiabilidad son las zonas movidas. Permite, no obstante, una rápida evaluación del riesgo en grandes áreas (Segura Beltrán et al., 2002).

Estas cartografías tienen un largo desarrollo detrás, que se inició en los años 80 del pasado siglo. Más allá de que existan diversos documentos de referencia nacionales e internacionales (Fell et al., 2008) cuyo objetivo es estandarizar los muy diversos trabajos de evaluación y cartografía de susceptibilidad y peligrosidad por movimientos de ladera (Hernández et al., 2008), muchos otros autores han trabajado también con enfoques esta vez más científicos (Suárez, 1998; Fernández, 2008; Segura et al., 2002; Salazar y Martín, 2006; Narváez, 2007).

Frente a lo anterior, no obstante, el estudio de la cuantificación del volumen movilizable en dichos movimientos en masa y de los mecanismos de transporte y sedimentación están aun insuficientemente estudiados, debido a la complejidad de las interacciones que los condicionan o simplemente a la dificultad de medir sus parámetros principales (Berti y Simoni, 2014; Rickenmann et al., 2006; Puglisi, 2001). Diversos autores recomiendan por ello recurrir a métodos empíricos en lugar de usar modelos o métodos numéricos (Berti y Simoni, 2007; Densmore et al., 2011; Rickenmann, 1999).

Otro importante aspecto derivado de la relación entre la geomorfología y la hidrología, ligado en este caso a la ocupación antrópica, es la modificación de la respuesta hidrológica de una cuenca como resultado de dicha ocupación. El impacto que tienen los cambios en los usos del suelo en la respuesta hidrológica de una cuenca, se ha documentado abundantemente en la literatura científica, abordándose también desde distintas perspectivas. De entre éstas, destacan las que hacen referencia a las modificaciones en la escorrentía en respuesta a cambios en los usos del suelo, o el estudio de la variabilidad espacial de las áreas urbanas y su efecto en la generación de escorrentía (Batalla, 2013; Conesa *et al.*, 2011; Linares *et al.*, 2009; Liqueste *et al.*, 2008; Bari *et al.*, 2005; Landphair y Klat, 1998; Brown, 1988).

Trabajos especialmente interesantes en la materia son los aportados por Bodoque (Bodoque, 2006, 2007), en los que evalúa diferentes escenarios de relación entre geomorfología e hidrología, incluyendo distintos análisis metodológicos de la erosión hídrica, la estabilidad de laderas o la calidad edáfica.

3.1.1.3. *Otros peligros: bases conceptuales y antecedentes sobre erosión hídrica.*

En el ámbito mediterráneo, donde las condiciones climáticas favorecen la torrencialidad, la erosión hídrica y el aporte de material sólido a la red fluvial se sitúan entre los principales problemas ambientales y económicos, relacionándose estrechamente con el riesgo de inundabilidad.

La erosión es un proceso natural que mantiene el equilibrio entre la pérdida y la creación de suelo. No obstante, cuando este proceso se ve alterado o acelerado por razones antrópicas, se produce la ruptura de dicho equilibrio, lo que desemboca en la desestructuración y pérdida del suelo, además de la pérdida de capa orgánica y capacidad biológica.

A raíz de aquí, la erosión desencadena una serie de problemas ecológicos y económicos, que pueden llegar a favorecer inundaciones y/o agravar su peligrosidad, generando aterramientos y destruyendo infraestructuras.

En la cartografía de Naciones Unidas sobre la Desertificación, España es el único país de Europa Occidental con zonas gravemente afectadas, y éstas son principalmente el sureste de la península, o más concretamente, las provincias de Almería, Granada y Málaga, que son precisamente las que representan el ámbito de trabajo de este estudio. También aparecen, no obstante, el litoral levantino y parte de las provincias de Jaén y Sevilla. Con ello queda claro que el mapa de la erosión de suelos en España se suscribe fielmente al litoral mediterráneo.

Atendiendo al Programa de Acción Nacional contra la Desertificación (Ministerio de Medio Ambiente, 2008), los principales factores y procesos que influyen en el litoral mediterráneo, se basan en las siguientes condiciones particulares:

- Condiciones climáticas áridas o semiáridas que afectan a grandes zonas, sequías estacionales, extrema variabilidad de las lluvias y precipitaciones súbitas de gran intensidad.
- Suelos pobres con marcada tendencia a la erosión, propensos a la formación de cortezas superficiales.
- Relieve desigual, con laderas escarpadas y paisajes muy diversificados.
- Pérdidas de la cubierta forestal a causa de repetidos incendios naturales.

- Condiciones de crisis en la agricultura tradicional, con el consiguiente abandono de tierras y deterioro del suelo y de las estructuras de conservación de agua.
- Prácticas agrícolas inadecuadas que crean problemas de erosión y contaminación de los suelos y las aguas.
- Elevada concentración puntual de ganadería doméstica que genera elevados problemas de sobrepastoreo.
- Explotación insostenible de los recursos hídricos, que es causa de graves daños ambientales, incluidos la contaminación química, la salinización y el agotamiento de los acuíferos.
- Concentración de la actividad económica en las zonas costeras como resultado del crecimiento urbano, las actividades industriales, las infraestructuras, el turismo y la agricultura de regadío.

Más allá de los condicionantes naturales, tienen un peso notable en el ámbito mediterráneo los antrópicos, especialmente la pérdida de cubierta vegetal y los incendios forestales. El primero está relacionado fundamentalmente con la liberación de suelo para usos urbanísticos y agrícolas. En cuanto a los incendios forestales, son también muy frecuentes en la cuenca mediterránea, y pueden dar lugar a pérdida de suelos de manera muy acelerada.

A este respecto, el incendio que se produjo en la Costa del Sol en agosto de 2012, en el que se calcinaron 8.225 hectáreas, aumentó drásticamente el riesgo de erosión en las cuencas afectadas. Según un estudio realizado por *Ambienta Consultores*, se estimó un incremento de pérdida de suelos para los municipios de Ojén, Mijas y Marbella de 303.010, 198.855 y 183.560 toneladas respectivamente (Málaga Hoy, 21 octubre 2012).

Al perderse la capacidad de retener el suelo de las raíces de la vegetación, éste es muy vulnerable al arrastre por el viento, y muy especialmente, por la escorrentía. Si le sumamos que la región mediterránea es muy montañosa y con suelos potencialmente de escaso desarrollo, es fácil deducir el importante papel que juega la vegetación forestal, ya sea arbórea o arbustiva, en la contención de la erosión.

A raíz de todo lo anterior, el sobre-aporte de sólidos es arrastrado hasta el fondo de los *talwegs* y cauces, sedimentando, rellenando y sobre elevándolos, con lo que se reduce su sección hidráulica y la capacidad de evacuar crecidas. De igual modo, se acumula en embalses y pantanos.

En la región mediterránea tanto la producción como el transporte de estos sedimentos es muy superior a otras regiones. Al respecto, algunos autores han enfatizado las diferencias de comportamiento de los cursos efímeros respecto a los de régimen permanente, observando que, bajo las mismas condiciones de corriente, los primeros tienen tasas de transporte de fondo significativamente mayores que los otros tipos de cursos (Reid y Larronne, 1995). De igual modo, la afección sobre obras transversales de paso es muy destacada. Así, Conesa destaca que si bien el drenaje en los puentes puede no ser tan problemático, por el contrario, en badenes y tramos provistos de obras pequeñas de drenaje, como caños y alcantarillas, se generan niveles de peligrosidad asemejados a situaciones asociadas a altos grados de exposición, regímenes hidráulicos críticos y supercríticos, tasas acusadas de transporte y gran inestabilidad del lecho (Conesa y García, 2011).

Con todo lo comentado resulta fácil comprender que la erosión hídrica sea uno de los objetos de estudio más frecuentes en la región mediterránea, hasta el punto de identificarse, a fecha de 2013, un

total de 670 artículos sobre la materia en las bases *ISI* y *Scopus*, la mayoría de ellos por autores españoles (García Ruíz *et al.*, 2013). Los enfoques han ido tanto desde aspectos técnico-científicos, como históricos, sociales o económicos. En relación a los primeros, se pueden señalar nombres clásicos como Wischmeier (1958, 1971), Horton (1945), Kirkby y Chorley (1967) o Willians (1975), que sirven de muestra del pronto interés despertado por la materia. En el campo socio-económico, el interés es común no solo en los países que dependen estrechamente de su producción agraria, sino también de muchos países donde la sensibilización con la desertización es bastante evidente, tal como puede ser el caso del nuestro. Numerosos organismos internacionales se han hecho eco de la problemática, realizando especialmente significativo los esfuerzos realizados por la F.A.O., el P.N.U.M.A. o incluso la U.N.E.S.C.O (Robredo, 1993).

En España, donde el riesgo de pérdida de suelos por erosión es muy superior al resto de Europa, se han llevado a cabo proyectos como LUCDEME, de Lucha contra la desertificación en el área mediterránea (ICONA, 1982; Ministerio de Medio Ambiente, 1995), que en los años 80 sensibilizó a administraciones, universidades y centros de investigación sobre la problemática, aportando bastante información al respecto.

Con respecto a los métodos utilizados en el estudio de la erosión del suelo en la región mediterránea, dominan actualmente, y sigue creciendo su importancia, los artículos sobre modelización con formulaciones tipo USLE o MUSLE, seguidos por el uso de parcelas experimentales, simulaciones de lluvia o interacción entre análisis de campo y laboratorio. También existen frecuentes referencias al uso de teledetección o sistemas de información geográfica. En proporción menor aparecen otros artículos más experimentales, sobre dendrogeomorfología o isótopos.

Las temáticas derivadas tratan tanto la relación entre acarreo y escorrentía, con autores como Romero *et al.* (1995, 1998), Francés y Benito (1995), Linares *et al.* (2009), López Bermúdez (1979, 1982), Salas (1995), Ortega (2009) o Témez (1978); como las relaciones entre el caudal y la carga de fondo, vistas por Basile (1999), Batalla y Sala (1994), Densmore *et al.* (2011), y por Conesa, Arana y García (2009); la incidencia de la erosión hídrica en los procesos de inundación, tratada por Gallegos y Perles (2015), López Bermúdez y Gutiérrez (1982) o Romero Díaz *et al.* (1995, 1998); el análisis diacrónico en la evolución de la erosión (Abadín *et al.*, 2004); o la evaluación de metodologías de cálculo de la erosión hídrica (Camacho, 1992, 1996; Ferre y Senciales, 1991; Ferre, 1997b; Perles, 1994, 1995, 1997; Senciales y Ferre, 1993; Suárez, 1998; Gallegos, 2013; Verdú *et al.*, 2000).

Antes de cerrar las referencias a la erosión hídrica, cabe introducir aquí ciertas nociones conceptuales sobre la tensión cortante, que será usada en la propuesta metodológica por tratarse de una variable que relaciona de manera muy directa los procesos de inundación y el zapado o erosión de orillas e infraestructuras, con una doble consideración: de un lado, la propia afección, y de otro, la generación de más residuos sólidos incorporables al flujo. Podemos entender la tensión cortante como la fuerza desarrollada por el flujo de inundación, distribuido en el área mojada del canal, que actúa en dirección del flujo (Vivas y Matamoros, 2004). Si esta tensión cortante llega a superar el valor de tensión crítica del material natural o artificial que compone las orillas del río, se producirá un fenómeno de erosión. Dicha tensión crítica, o susceptibilidad del suelo a la socavación, indica el grado de erosión interna que tiene lugar cuando el agua atraviesa los poros o las grietas de dicho suelo. Los suelos muy susceptibles a la socavación son los que tienen grandes poros por los que el agua pasa rápidamente, pero cuyos granos son tan finos y faltos de cohesión como para desplazarse con facilidad por separado. Los materiales más susceptibles son las arenas finas y los limos con baja plasticidad. Aunque quizás las arenas gruesas y la grava también dejen pasar el agua rápidamente, ofrecen mayor resistencia a la erosión interna porque se componen de partículas grandes separadas.

Otros suelos de baja susceptibilidad a la socavación son los de grano fino, cohesivos y plásticos que dejan pasar el agua con mucha lentitud y resisten bien la erosión interna (FAO).

3.1.2. *El estudio de la peligrosidad asociada.*

Como ya se ha comentado en el capítulo primero, una de las hipótesis fundamentales de este trabajo es el comportamiento asociado y sinérgico de las peligrosidades en el ámbito espacial de estudio. Si bien dicho comportamiento es propio de cualquier cuenca fluvial, es mucho más frecuente en las cuencas consideradas, donde la abundancia de espacios de borde o interfaz aumenta las posibilidades de interconexión de fenómenos y procesos, potenciando sus dinámicas.

El esquema conceptual en el que se basa esta hipótesis fue planteado inicialmente por los autores Perles, Gallegos y Cantareros (2006, 2006b). Parte de dos planteamientos principales: la estrecha interdependencia entre la inundación y otras peligrosidades como la erosión hídrica o los movimientos gravitacionales, y de otro lado, el hecho de que la concurrencia de causas de peligrosidad en un punto no dan lugar necesariamente al aumento de la peligrosidad en ese mismo punto.

En relación a esto último, serán las dinámicas topológica y gravitacional las que condicionarán el lugar donde se produzca el aumento de la peligrosidad, siendo la lámina de inundación el principal factor de transferencia espacial entre las causas y las consecuencias de los distintos peligros.

Y respecto a la interdependencia de las distintas peligrosidades, argumenta el hecho de que el aporte de sólidos que provoca la erosión y/o los movimientos en masa repercute directamente en la inundación por medio de tres mecanismos (ver Figura 1):

- Se incrementa la energía erosiva del caudal y de la erosión lateral del cauce. Ésta afecta de manera especial en los márgenes convexos de los meandros, donde además aumenta el peligro de desbordamiento. A su vez, la erosión redundará en el aporte de material sólido al caudal, en un proceso de retroalimentación. Y de igual modo, la erosión del cauce puede llegar a originar el zapamiento de la base de las laderas y su movilización.
- Se incrementa el potencial de sedimentación en distintos puntos de la cuenca. Cuando estos detritos decantan en el mismo cauce, limitan la sección hidráulica y favorecen la posibilidad e intensidad de la inundación, pudiendo llegar incluso a colmatar la sección hidráulica y provocar la migración del cauce. Cuando la decantación se produce en la llanura de inundación, se incrementa la extensión de la lámina de inundación. Y cuando se produce en la desembocadura se favorece la generación de barras litorales y la posibilidad de obturación y represamiento del caudal en esta zona que además suele ser la más vulnerable.
- Se generan colapsos de drenaje en los puntos en que coinciden terrenos susceptibles de movilizarse y estrechamientos naturales o artificiales, generando picos de crecida muy destructivos, y que además retroalimentan el proceso, generando nuevas desestabilizaciones de ladera por zapamiento y humectación de su base.

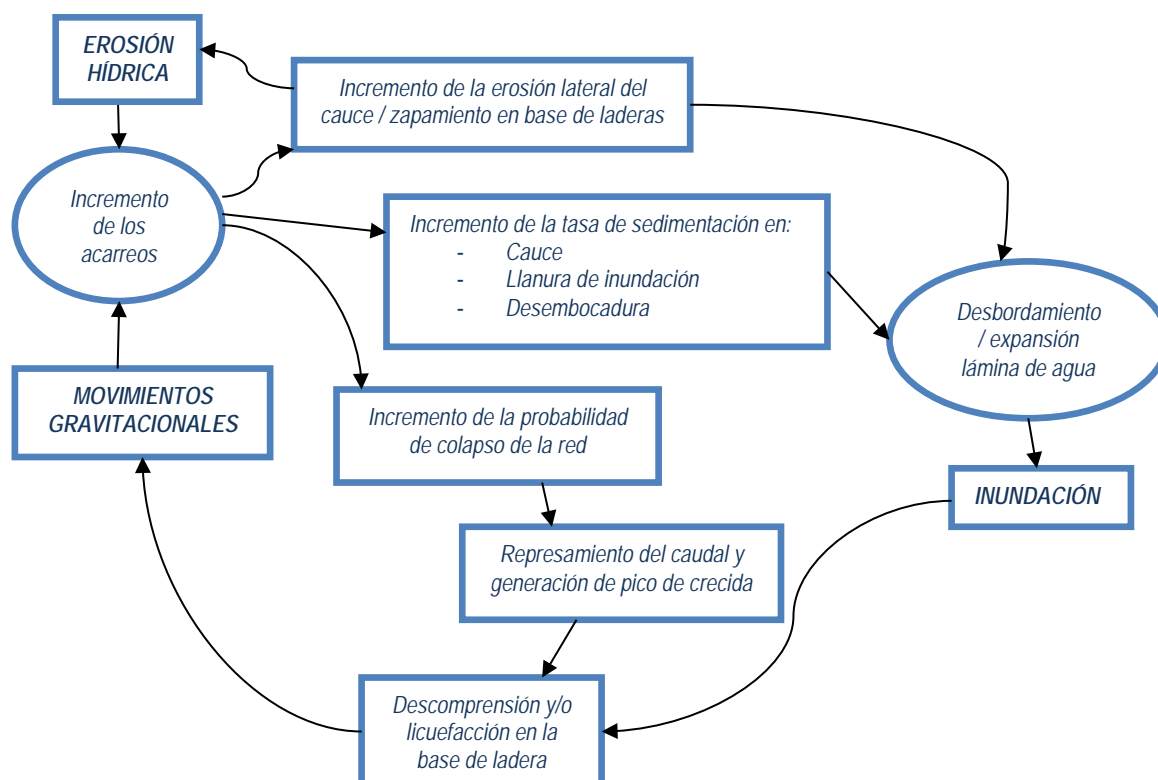


Figura 1. Esquema conceptual completo de las interrelaciones entre los peligros de erosión hídrica, movimientos gravitacionales e inundación. Fuente: Perles, Gallegos y Cantarero (2006).

A partir de dichas planteamientos han evolucionado las hipótesis y el esquema conceptual que da origen a este trabajo, si bien la necesidad de avanzar hacia enfoques integradores de los riesgos naturales entre sí (y con el patrón territorial, aunque tales antecedentes se reunirán en el próximo subapartado) no es algo excepcional, sino que la propia Comisión Europea viene apuntando en su necesidad desde algunos años atrás (Fleischhauer et al., 2007). A pesar de ello, el bagaje científico en la materia no es tan abundante como los otros temas considerados hasta el momento.

Al respecto, Perles (2004, 2006) apunta como la evaluación integrada de los riesgos de distinta etiología que concurren en un espacio pueden constituir una de las aportaciones singulares de la Geografía, como ciencia territorial y de síntesis, al análisis del riesgo, concluyendo que la necesaria vinculación del riesgo al territorio debe pasar por una evaluación integrada de la multi-peligrosidad. Los ejemplos, en cualquier caso, parten más de experiencias normativas o aplicadas, tal como se verá en apartados sucesivos, que de desarrollos conceptuales y teóricos. Cabe apuntar, en cualquier caso, algunos trabajos que tratan la temática directa o indirectamente, como los de Perles et al. (2006, 2006b), Cantarero (2013), Gallegos y Perles (2015), Greiving (2006), Marzocchi et al. (2009), Lahouse (1998), Ayala et al. (1988), Poesen y Hooke (1997), Costa y Matarredonda (1989), Prieto (1985) u Ortega et al. (2012). En todos los casos se tratan como peligrosidades asociadas la inundación y los movimientos en masa o la erosión hídrica, si bien los enfoques son dispares, y normalmente se relacionan más con la posibilidad de que se produzcan deslizamientos e incluso colapsos del flujo, que a la incorporación de caudales sólidos a la lámina de inundación.

3.1.3. **El estudio del riesgo como un hecho territorial, y el caso concreto de los espacios periurbanos.**

Una consideración paralela al estudio de la peligrosidad asociada, y eje central, junto con el anterior, de este trabajo, es la consideración de la peligrosidad como un hecho territorial, dependiente del territorio en el que se imbrica. Existe, en ámbitos científicos, una progresiva tendencia hacia la comprensión del riesgo como un fenómeno en el que se interrelacionan los factores naturales y humanos, lo que desemboca invariablemente en la aparición de conceptos como el lugar de riesgo (Cutter *et al.*, 2003; Hewitt, 1997), el territorio de riesgo (Calvo, 2001), la región-riesgo (Olcina, 2008, 2008b) o el riesgo territorial, en el que Veyret *et al.* (2005) vinculan el riesgo con el espacio mixto en el que se produce. Estas aportaciones nos llevan a comprender que los riesgos definen por sí mismo regiones homogéneas, y que individualizando el contexto se puede explicar con más certeza la producción tanto natural como social del riesgo.

Este planteamiento no es solo una aportación importante de la Geografía como ciencia territorial y de síntesis, sino también un enfoque de especial relevancia en el contexto de la planificación territorial en el que se enmarca este trabajo, y tanto más aún en el contexto de patrones urbanísticos conflictivos que se está estudiando. Es preciso conocer el funcionamiento de dichos patrones territoriales en su relación con la peligrosidad, para poder modelizarla adecuadamente.

La correlación existente entre el comportamiento de la inundación y el grado y tipo de transformación del medio, fundamentalmente por urbanización, ha sido estudiada por numerosos autores (Gallegos, 2006; Requejo y Sanchez Biec, 2006; Mayer y Pérez Chacón, 2006; Ortega Becerril, 2008; May *et al.*, Romero y Vidal, 2011; 1998; Vidal y Romero, 2010; Benarbé, 2003; Ruiz Sinoga y Romero Díaz, 2011; González, Lastra y Rodríguez, 2007), confirmándose que el comportamiento hidráulico y las peligrosidades asociadas a éste dependen estrechamente de variables de origen humano manifestadas en el patrón territorial en el que acontece el evento.

No obstante, y a pesar de importantes aportaciones conceptuales en el hilo de las ya citadas, o de numerosos estudios sobre la interacción entre patrón territorial y peligrosidad por inundación, no existe un desarrollo aplicado suficiente en el que se aborde la problemática de manera que pueda ser incorporada a la gestión territorial.

En el ámbito de la legislación, podría afirmarse que se ha avanzado con hitos como la Directiva 60/2007/CE y su transposición al cuerpo normativo andaluz mediante la evaluación preliminar del riesgo, donde se especifica la necesidad de incluir una “descripción de los planes sobre el territorio que pudieran provocar un cambio en los usos del suelo o la distribución de la población y las actividades económicas que pudieran hacer aumentar los riesgos de inundación”. Se trata, en cualquier caso, de un enfoque hacía la vulnerabilidad, que entiende que los patrones territoriales afectan en función del número de habitantes o las actividades económicas que se localizan en la zona, pero no considera la relación de dicho patrón o dichos usos del suelo con la peligrosidad (Cantarero, 2013).

Otros ejemplos, siempre indirectos, pueden encontrarse en la propia Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, donde además de considerarse factores naturales, se incorporan otros relacionados con el medio humano, como los usos del suelo (Factor C, de cultivo y ordenación) o las prácticas de conservación de suelos (Factor P).

Y en el ámbito científico, algunos autores han trabajado en la identificación de contextos territoriales específicos como punto de partida de la generación de procesos de riesgos múltiples, tal como es el caso de Calvo (2001), señalando la especificidad como territorio de riesgo de las grandes aglomeraciones urbanas, la montaña o las llanuras aluviales, entre otros. En la misma línea, Perles (2004, 2007, 2010) ha desarrollado diversos trabajos relacionados, proponiendo la caracterización de patrones y dinámicas territoriales de comportamiento equivalente, y en la medida de lo posible modelizables, frente al riesgo. De manera más concreta, Ferre (1997) y Rodrigo *et al.* (2014) hacen una evaluación de unidades territoriales útiles para la evaluación de la peligrosidad geomorfológica. En atención, por último, a la producción del riesgo en espacios turísticos, cabe citar trabajos como los de Máyer *et al.* (2006) u Olcina y Rico (2000), para Gran Canaria y el litoral alicantino, respectivamente.

En el caso específico del ámbito periurbano como espacio de riesgo, su interés nace en los años 70, pero en la actualidad dicho interés se está revitalizando a causa de la intensidad alcanzada por el fenómeno de la expansión urbana, los “espacios de borde” y los conflictos que se están generando (Galacho, 1999; Perles y Cantarero, 2007; Alberti *et al.*, 2006; Fragkias, 2006; González, 1987; Gozávez *et al.*, 1992). Estos espacios son citados tanto por su fragilidad ecológica como por su elevada susceptibilidad a los riesgos naturales (Schneider, 2006; Mérida, 1994; Mérida, Perles y Blanco, 1998), como escenarios de cambio y conflicto (Hugonnie, 2001; Entrena, 2005), o por ser los más necesitados de intervención (D’Ercole y Thouret, 1995). Pero también existen referencias en positivo, en relación a que presentan evidentes oportunidades para la gestión preventiva, pues más allá de su fragilidad también son un marco espacial idóneo para la gestión de soluciones (Perles y Mérida, 2010; Razkin, 2002; Verdaguer, 2010).

Aun así, y a pesar del creciente número de áreas metropolitanas que reconocen el fenómeno, todavía no han aparecido estudios en profundidad que cuantifiquen el impacto cuantitativo y cualitativo. Esta ausencia de bibliografía se traslada al insuficiente conocimiento y aplicación en los distintos eslabones del planeamiento o la gestión territorial, y de manera subsiguiente, a la falta de propuestas de regulación (Abadía, 2002).

3.2. *Antecedentes normativos relacionados con el análisis de las peligrosidades naturales y su gestión y ordenación territorial.*

En los últimos años, y especialmente a raíz de las directrices llegadas desde la Unión Europea, se está produciendo una profunda renovación legislativa en nuestro país y en la comunidad autónoma andaluza en relación al análisis preventivo de la peligrosidad de inundación y de los riesgos naturales en general. Y tal como ya se ha citado en el capítulo primero, de introducción, uno de los objetivos fundamentales de este trabajo es la adaptación de los estudios hidrológico-hidráulicos a este nuevo marco normativo. Es por ello que el análisis legislativo actual y sus antecedentes debe ser una tarea priorizada.

En este apartado se hace un repaso de dichos antecedentes, subdivididos del siguiente modo: una primera parte de directrices de organismos internacionales, seguidas de algunos ejemplos normativos concretos de países cuya legislación sobre la materia ha sido pionera. A continuación se exponen los reglamentos y directivas europeas y de la Unión Europea. En este caso, y aunque no sea directamente sino mediante transposiciones, ya comenzamos a tratar algunos aspectos vinculantes para nuestro cuerpo normativo. Seguidamente se hace un repaso histórico, desde las primeras referencias destacables, de la legislación estatal. Y por último se trata la legislación autonómica, con especial desarrollo de la andaluza.

Esta misma exposición normativa se adjunta, de manera esquematizada, en el anexo 1, de legislación relacionada con los riesgos naturales y su gestión y ordenación territorial.

3.2.1. *Directrices y normativas internacionales.*

A nivel internacional encontramos un primer antecedente en 1976, con las '**Directrices para la reducción de riesgos**'. Nueve años después, en 1987, se redactan las '**Directrices ambientales para la planificación y gestión de asentamientos**', orientadas a aquellos países con escasa cobertura legal en temas de suelo y Ordenación del Territorio, aunque también eran válidas para el resto. Puede considerarse el primer documento notable de un organismo internacional en el que se otorga importancia a la consideración de la peligrosidad natural en la Ordenación del Territorio (Ayala y Olcina, 2002). Documentos sucesivos que contemplan o amparan la realización de estudios de peligrosidad natural son las **Agendas 21**, en 1992, la '**Declaración de Estambul sobre los Asentamientos humanos y Programa de Hábitat**', en 1996, y la '**Estrategia internacional de reducción de desastres**', en 2001. Recientemente, en 2013, la UNESCO ha editado el documento '**Flood risk management: a strategic approach**', que recoge reglas esenciales en la gestión del riesgo de inundación que serán consideradas, en tanto en cuanto tengan que ver con el análisis de la peligrosidad, en este trabajo (Sayers et al., 2013):

1. Aceptar que la protección absoluta no es posible y planificar teniendo en cuenta los accidentes. Se ha de aceptar que un cierto grado de error es casi inevitable y esto hace que se enfatice en la mejora de la resiliencia.
2. Promover algunas inundaciones como algo deseable. Las inundaciones y las llanuras de inundación proporcionan terrenos agrícolas fértiles y de gran valor ambiental. Dar

espacio al río mantiene ecosistemas en buen estado y reduce la posibilidad de inundaciones en otras áreas.

3. Fundamentar las decisiones en la comprensión de los riesgos y las incertidumbres. Un equilibrio explícito entre los riesgos reducidos, las oportunidades promovidas y los recursos necesarios para lograrlos es fundamental para la gestión del riesgo de inundaciones. La incertidumbre dentro de los datos y los modelos debe ser reconocida de manera explícita.
4. Tener en cuenta que el futuro será diferente del pasado. Cambios futuros (clima, sociedad, condición estructural y de otras clases) pueden influir profundamente en el riesgo de inundación. El desarrollo de estrategias de adaptación permite a los gestores responder a la realidad del futuro a medida que este evoluciona.
5. Implementar un conjunto de respuestas y no apoyarse en una sola medida. La gestión integrada implica considerar la mayor cantidad posible de acciones. Esto incluye medidas para reducir la probabilidad y medidas para reducir las consecuencias (exposición y vulnerabilidad) de las inundaciones.
6. Emplear los recursos limitados de manera eficiente y apropiada para reducir el riesgo. Los recursos utilizados deben estar relacionados con la reducción del riesgo y con la promoción de oportunidades ambientales, económicas y sociales. No se deberían emplear estándares de protección generalizados y universales.
7. Ser claro con las responsabilidades de gobierno y acción. Los gobiernos, las empresas, las comunidades y los individuos deben ser participantes activos, todos compartiendo la responsabilidad y contribuyendo al sostén financiero en un marco claro de colaboración.
8. Comunicar el riesgo y la incertidumbre de manera amplia y eficaz. La comunicación efectiva de riesgos permite una mejor preparación y contribuye a garantizar el apoyo a las medidas de mitigación en caso necesario.
9. Reflejar el contexto local e integrar la planificación frente a inundaciones con otros procesos de planificación. La estrategia seleccionada para una determinada ubicación reflejará los riesgos específicos a los que se enfrenta.

En el caso concreto de Iberoamérica, se trata de uno de los dominios geográficos más castigados en el mundo por el desarrollo de episodios naturales en las últimas décadas, y ello ha motivado la organización de numerosos eventos internacionales y la puesta en marcha de programas interestatales de investigación del riesgo, así como una importante producción normativa y técnica al respecto. Bien es cierto, no obstante, que su orientación ha estado relacionada más frecuentemente con aspectos de vulnerabilidad ante el riesgo. Así, cabe destacar los siguientes documentos de la ONU: **‘Manuales sobre “Prevención y mitigación de desastres”**’, en 1981; la **‘Declaración de Guatemala: marco estratégico para la reducción de la vulnerabilidad y los desastres’**, en 1998; el **‘Manual “Fundamentos de planificación de sitios”**’, en el año 2000; el **‘Marco estratégico para la reducción de la vulnerabilidad y los desastres’**, el mismo año; y el **‘Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres’**, en 2002 (Olcina, 2004).

Todo lo anterior, no obstante, no dejan de ser directrices, manuales y recomendaciones, cuyo traspaso a las normativas nacionales es bastante menos frecuente de lo deseable. En cualquier caso, sí existen algunas normativas nacionales de temprana atención por los riesgos y las peligrosidades naturales. Así, en 1959, en Japón se lanzó la '**Ley básica de medidas ante desastres**'. En 1968, Estados Unidos desarrolló las '**Rivers flood acts**', y en 1995 Francia presentó la '**Ley 95/101, relativa al reforzamiento de la protección del medio ambiente**', también conocida como "Ley Barnier". Esta última supuso un hito en la normativa europea de protección ambiental, y más concretamente en el caso de la peligrosidad natural, incluyendo medidas específicas para la peligrosidad, como la expropiación por riesgo natural (art. 11 y 12), o los planes de prevención de riesgos naturales previsibles (PPR), en los que se establecía una zonificación con limitaciones y recomendaciones.

3.2.2. Reglamentos y directivas europeas.

En Europa es patente la preocupación por los riesgos naturales. Si bien las primeras referencias al análisis de la peligrosidad natural no llegan hasta 1993, en el presente siglo la temática se ha convertido en un objetivo prioritario de las políticas europeas, hasta el punto de convertirse en el auténtico motor del cambio legislativo que ha llegado hasta las normativas nacional y andaluza, y que está empujando la necesidad de adaptar las políticas de gestión territorial al nuevo contexto técnico y científico en el que se enmarca precisamente este trabajo.

Desde Europa también se incide, de manera especial, en la destacada afección de los riesgos naturales sobre el sudoeste europeo (Francia, España y Portugal), destacando que es necesario un mejor conocimiento de los riesgos para poder prevenirlos, con un refuerzo de los conocimientos en crecidas torrenciales e inundaciones (Hernández *et al.*, 2008).

La '**Carta europea de Ordenación del Territorio**', en 1983, establecía los objetivos fundamentales de la Ordenación del Territorio y la protección del Medio Ambiente, si bien aún no hacía mención alguna a la peligrosidad natural como condicionante de la planificación del territorio. El '**Reglamento UE 1836/93 de Gestión Medioambiental**', en 1993, introduce que en las normativas de carácter territorial debe incluirse un análisis de peligrosidad natural. La '**Estrategia Territorial Europea**', de 1999, es el primer documento oficial europeo donde se incluyen referencias específicas sobre los "riesgos para los recursos hídricos", citando la importancia de considerar las sequías e inundaciones en la planificación sostenible del territorio. La '**Directiva 2000/60/CE, por la que se establece un marco comunitario en política de Aguas**', del año 2000, contempla o ampara la realización de estudios de peligrosidad natural. Paralelamente, en el mismo año, los '**Principios directores para el desarrollo territorial sostenible del continente europeo**', establecen 10 principios generales para una política de ordenación sostenible en Europa, entre los que se incluye uno directamente relacionado con los riesgos naturales: "limitación preventiva de los efectos de las catástrofes naturales". Se indica que deberán adoptarse medidas preventivas en el marco de la Ordenación del Territorio para limitar el volumen de daños y hacer menos vulnerables los asentamientos humanos. Un año después, la '**Directiva 2001/42/CE, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente**', incluye la evaluación ambiental estratégica, que se incorpora al ordenamiento jurídico español con la ley 8/2007 de suelo.

Y llegamos a un salto cualitativo con la aparición, en 2007, de la '**Directiva 2007/60/CE, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación**'. Esta directiva tiene por objeto gestionar y

reducir el riesgo de inundaciones, especialmente en las riberas y en las zonas costeras. Dispone, así, que ese riesgo se evalúe en las cuencas hidrográficas y se cartografíe en todas las regiones donde sea importante, y que se elaboren para su gestión planes que sean fruto de la activa participación de los Estados miembros y de la cooperación entre ellos. En relación más directa con las hipótesis de partida de este trabajo, la directiva orienta de forma concreta sobre la necesidad de unificar riesgos que poseen funcionamientos y consecuencias asociadas, y en su artículo 6.5.d cita que se debe incorporar a la cartografía de inundabilidad la información disponible de aporte de sedimentos o flujos de derrubio:

“Los mapas de riesgo de inundación mostrarán las consecuencias adversas potenciales asociadas a la inundación en los escenarios indicados en el apartado 3, expresadas mediante los parámetros siguientes: [...] cualquier otra información que el Estado miembro considere útil, como la indicación de zonas en las que puedan producirse inundaciones con alto contenido de sedimentos transportados y flujos de derrubios e información sobre otras fuentes importantes de contaminación.”

Su transposición al derecho español es el RD 903/2010, y al cuerpo normativo andaluz es la ley 9/2010.

Tras esta ley, aparecen otros textos importantes como el documento de trabajo de la Comisión Europea **‘Risk assessment and mapping guidelines for disaster management’**, en 2010. Éste surgió tras la reunión del 23 de febrero de 2009, en la que se adoptó un enfoque comunitario para la prevención de catástrofes naturales y provocadas por el ser humano, para establecer un marco general de prevención de desastres y proponer medidas para reducir al mínimo los impactos de los desastres.

Por último, en relación a las políticas de planificación territorial vinculadas con los desastres naturales, y a raíz del proyecto ARMONIA² (European Commission, 2007), se han extraído conclusiones sobre cómo Europa está gestionando dichos riesgos, destacando algunos puntos especialmente significativos en relación al estudio de la peligrosidad y su integración con la ordenación territorial (Fleischhauer, Geiving y Wanczura, 2007):

- No se están considerando los enfoques de riesgos múltiples. La visión territorial de los peligros naturales debe abarcar todos los tipos de peligro a través de una aproximación de múltiple peligro o riesgo en todos los ámbitos territoriales. La planificación territorial no puede reducir su enfoque a uno o dos peligros porque es la responsable de un área territorial concreta y no de un objeto particular.
- Habitualmente los estudios sobre la temática existentes son estudios científicos desligados de su necesaria aplicación en la planificación. Los únicos ejemplos realmente aplicados a la planificación se encuentran en Francia, Grecia e Italia.
- Es necesario el desarrollo de directrices para el análisis de la peligrosidad y el riesgo en ámbitos regionales concretos, pues la disparidad geográfica y de contextos territoriales hace inútil el desarrollo de instrumentos y medidas genéricas de planificación.
- Se da más importancia a la planificación sectorial que a la territorial, y esto debe revertirse.

² *Assessing and mapping multiple risks for spatial planning. Approaches, methodologies and tools in Europe.*

- La planificación territorial necesita información representable territorial y cartográficamente, y es necesario además que esta información se ajuste a la escala territorial del ámbito local o regional.
- De los ámbitos regional y local, se considera que el regional es más válido que el local para la planificación territorial. Pero es necesario que la planificación regional tenga efectos vinculantes. De lo contrario, los agentes regionales y locales subordinan los riesgos naturales a otros factores sociales o económicos de más corto plazo.
- Ausencia de instrumentos de desarrollo en el ámbito regional, o en su caso, ausencia de coordinación regional, de modo que numerosas instituciones participan horizontalmente en la gestión de los riesgos, frenando con ello su eficacia.
- Es necesaria una mayor incorporación de la evaluación de riesgos y peligros en la planificación territorial. Hay que tener muy presente que un peligro llega o no a convertirse en un desastre según el territorio, de modo que la planificación territorial es fundamental.
- Deberían establecerse unos estándares mínimos para el trazado de mapas de peligros para que éstos puedan satisfacer a la planificación en todo caso.

3.2.3. Legislación estatal.

Para el análisis de la peligrosidad de inundabilidad en España existen distintas referencias sectoriales. A nivel nacional están las leyes de agua, protección civil y urbanismo, principalmente (Menéndez, 2015). A nivel autonómico, las leyes de suelo y Ordenación del Territorio; y a nivel local, el planeamiento municipal (Olcina, 2004). No obstante, y a pesar de la inabundante importancia territorial y socio-económica de los riesgos naturales, no ha sido hasta la obligada transposición de la Directiva Europea de Inundaciones que se ha comenzado a desarrollar legislación específica sobre el riesgo y la peligrosidad de inundación en España.

En cualquier caso, mediado el primer decenio del presente siglo ya empezaron a surgir normativas que mostraban el interés creciente de los legisladores por las inundaciones y los riesgos naturales en general. Así, el R.D. 606/2003, que modifica el reglamento de Dominio Público Hidráulico, aporta la necesidad de complementar el estudio hidrológico-hidráulico para la delimitación de áreas inundables con consideraciones geomorfológicas, ecológicas e históricas. En relación más directa a la ordenación territorial, la ley 8/2007 de Suelo incorporó la necesidad de los Mapas de Riesgos Naturales en el procedimiento de toma de decisiones del planeamiento, a través de los procedimientos de la Evaluación Ambiental Estratégica (Hernández *et al.*, 2008). De igual modo, el Real Decreto 9/2008, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, si bien no es una transposición de la citada directiva europea, sí que incorpora mucho de los criterios que ésta recoge. E igualmente cabe destacarse el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (S.N.C.Z.I.). Se trata de un elemento básico en la planificación territorial para ser usado por las administraciones que tengan la competencia en la materia, con el objetivo de identificar y gestionar las zonas inundables, además de preservar el espacio fluvial para lograr un buen estado ecológico (Yague, 2008).

Sin duda, la rápida ocupación del territorio en España por la urbanización desencadenada con la Ley 6/1998, y la creciente preocupación por los efectos del cambio climático en nuestro país ayudaron a impulsar este necesario cambio de paradigma.

Seguidamente se realiza un repaso de las principales leyes relacionadas con el análisis de la peligrosidad y riesgos naturales en España.

Puede encontrarse una primera y temprana referencia nacional en el '**Decreto 2508/75, sobre previsión de daños por avenidas**', de 1975, con la aparición de esta primera normativa específica para corregir los efectos de las inundaciones o sequías, que estuvo vigente durante más de 10 años, y que establecía la necesidad de fortalecer la intervención administrativa en las zonas que alcanzan la máxima avenida extraordinaria. En 1978, la '**Ley 87/1978, de Seguros Agrarios Combinados**' incluye la necesidad de realizar estudios de peligrosidad de episodios atmosféricos de rango extraordinario.

Otros hitos destacables en la década de los ochenta, todos ellos ya derogados por leyes posteriores, son la '**Ley 2/1985, sobre protección civil**', de 1985, la '**Ley 29/1985, de Aguas**', del mismo año, el '**Decreto 849/1986, de Dominio Público Hidráulico**', en 1986, la '**Orden de 12 de noviembre de 1987, que desarrolla el Reglamento de DPH (Decreto 849/1986)**' en 1987, y el '**RD 927/88, que aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica**', de 1988, encargado de la gestión de sequías e inundaciones.

En la siguiente década, de los años noventa, cabe destacar las siguientes normativas: la '**Instrucción de carreteras 5.2-1C de drenaje superficial**', de 1990. Ha sido una ley fundamental para la realización de estudios hidrológicos e hidráulicos a nivel nacional, pero sus 25 años de vida la han dejado obsoleta, haciendo necesaria, como así de hecho ocurrirá próximamente, su actualización. El '**R.D.L. 1/1992, del Texto Refundido de la Ley sobre el Régimen del Suelo y Ordenación Urbana**', en 1992, el '**Real Decreto 407/1992, Norma Básica de Protección Civil**', de 1992, desarrollado para inundaciones 3 años después en por la '**RESOLUCIÓN de 31 de enero de 1995, por la que se aprueba la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones**'. Esta directriz cita el caso concreto de la peligrosidad asociada, contemplando lo siguiente: "*el análisis de las zonas inundaciones potenciales o afectadas por fenómenos asociados [...] por su posible influencia en la generación de daños a personas, edificaciones o infraestructuras, el análisis deberá completarse con la catalogación de puntos conflictivos y la localización de las áreas potencialmente afectadas por fenómenos geológicos asociados a precipitaciones o avenidas*". La '**Ley 6/1998 sobre Régimen del Suelo y Valoraciones**', de 1998, que especificaba que las zonas con riesgo natural deben declararse SNU, y que ya ha sido derogada por la ley 8/2007. Y por último, el '**Real Decreto 1664/1998, por el que se aprueban los Planes Hidrológicos de Cuenca**', en el año 1998, que es una normativa que contempla o ampara la realización de estudios de peligrosidad natural.

A lo largo del primer decenio del presente siglo ha sido aún más abundante la legislación surgida en relación al análisis de la inundabilidad, destacando las siguientes: la '**Ley 10/2001 del Plan Hidrológico Nacional**' (2001) incorpora la directiva marco europea de aguas. En su artículo 28 dicta normas complementarias para la protección del DPH y actuaciones en zonas inundables, como "*promover convenios entre el Ministerio de Medio Ambiente y las administraciones autonómicas y locales que tengan por finalidad eliminar las construcciones y demás instalaciones situadas en DPH y en zonas inundables que pudieran implicar un grave riesgo para las personas y los bienes y la protección del mencionado dominio*" (apartado 28.3). El '**Real Decreto Legislativo 1/2001, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas**', en 2001, es una normativa que contempla o ampara la realización de estudios de peligrosidad natural. El mismo año, la '**Ley 6/2001, de modificación del Real Decreto legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental**' establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental para acciones relacionadas con la implantación de nuevos usos del suelo deben incluir un análisis de riesgos. La '**Ley 62/2003 de medidas fiscales, administrativas y de orden social**', de 2003, incorpora también la directiva marco europea de aguas.

El **‘Real Decreto 606/2003, por el que se modifica el Real Decreto 849/1986, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que se desarrolla los Títulos preliminar, I, IV, V, VI y VIII de la ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas’**, en 2003, aporta una nueva definición del cauce y de la zonificación de sus riberas y márgenes. Con esto, el D.P.H., la zona de flujo preferente o el área inundable se calcularán de modo diferente a como se venía haciendo históricamente. Más allá del estudio hidrológico-hidráulico, incorpora la necesidad de considerar la geomorfología de los cauces, las características ecológicas e incluso el estudio de las inundaciones históricas. El **‘Real Decreto Legislativo 7/2004, por el que se aprueba el texto refundido del Estatuto Legal del Consorcio de Compensación de Seguros’**, en 2004. El **texto refundido de la Ley de Aguas**, el mismo año, en su artículo 42.1 epígrafe n), cita *“la obligatoriedad de comprender los criterios sobre estudios, actuaciones y obras para prevenir y evitar los daños debidos a inundaciones, avenidas y otros fenómenos hidráulicos”*. La **‘Ley 8/2007, de Suelo’**, de 2007, contiene algunas referencias sobre los riesgos naturales en general, y las inundaciones en particular. Incorpora también la evaluación ambiental estratégica que nace con la directiva 2007/60/CE. De igual modo, establece que las zonas con riesgo natural deben declararse suelo rústico; e incorpora mapas de riesgo en documentos de planeamiento. El **‘RD 26/2007 de responsabilidad medioambiental’** (2007). El **‘RD 907/2007 del Reglamento de Planificación Hidrológica’**, el mismo año. La **‘Orden ARM/2656/2008, Instrucción de planificación hidrológica’**, en 2008. El mismo año, el **‘RDL 2/2008, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Suelo’**. En el artículo 15, de evaluación y seguimiento de la sostenibilidad del desarrollo urbano, establece que el informe de sostenibilidad ambiental de los instrumentos de ordenación de actuaciones de urbanización deberá incluir un mapa de riesgos naturales del ámbito objeto de ordenación. El **‘RD por el que se aprueba el reglamento de desarrollo de la ley de responsabilidad medioambiental’**, también en 2008. El **‘Real Decreto 9/2008, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986’**, en 2008, aunque no es una trasposición de la directiva europea 2007/60/CE, sí que incorpora los criterios que se establecen en esa directiva sobre zonas inundables, exigiendo una evaluación preliminar del riesgo de inundación, mapas de peligrosidad y mapas de riesgo de inundación, planes de gestión del riesgo y el informe de sostenibilidad ambiental de los instrumentos de ordenación de actuaciones de urbanización debe incluir un mapa de riesgos naturales del ámbito objeto de ordenación (artículo 15.2 LS).

Y ya en relación al cuerpo legislativo de más reciente aparición, en 2010 surge el **‘RD 903/2010, de evaluación y gestión de riesgos de inundación’**. El objeto de este Real Decreto es, ahora sí, incorporar la directiva europea 2007/60/CE. La **‘Ley 21/2013, de evaluación ambiental’**, en 2013, es una normativa que contempla o ampara la realización de estudios de peligrosidad natural.

3.2.4. *Legislación autonómica andaluza.*

El principal ámbito territorial para el análisis y gestión de la inundabilidad y los riesgos naturales, en nuestro país, es sin duda el autonómico, pues es aquí donde se encuentran las competencias en materia de Ordenación del Territorio y urbanismo (Olcina, 2010). En este último caso, está también compartido con los municipios. De tal modo, las aprobaciones iniciales y provisionales de los Planes Generales de Ordenación Urbana corresponden a los ayuntamientos, y la aprobación definitiva a la Comunidad Autónoma (al Consejo de Gobierno o a las Comisiones Provinciales de Urbanismo). Por otro lado, las CCAA tienen la competencia para legislar el procedimiento que regula la competencia compartida con los Ayuntamientos en la aprobación de los instrumentos de planeamiento.

En cualquier caso, aunque las competencias sean finalmente autonómicas, el modelo de desarrollo urbanístico en primera instancia corresponde a los ayuntamientos, lo que tal vez no resulta idóneo para el análisis y gestión de los riesgos, dado que la escala municipal puede en ocasiones fragmentar cuencas fluviales o llevar a análisis y gestiones dispares del riesgo. A ello debe sumarse también la mayor fragilidad política de los gobiernos locales y la posibilidad de que las medidas adoptadas no sean las del interés general, sino las impuestas por un determinado grupo de presión.

Más allá de lo anterior, es en este marco territorial donde se encuentran las principales normativas.

La **'Ley 1/1994, de Ordenación Territorial'** (1994) señala en su artículo 7 que el Plan de Ordenación Territorial de Andalucía debe incluir entre sus contenidos "la indicación de las zonas con riesgos catastróficos y la definición de los criterios territoriales de actuación a contemplar para la prevención de los mismos". Ello se plasmó en la elaboración del estudio "Riesgos catastróficos y Ordenación del Territorio en Andalucía, coordinado por Pita López, y que luego sirvió de base para la redacción del documento de directrices de Ordenación del Territorio de Andalucía.

El **'Decreto 189/2002, del plan de prevención de avenidas e inundaciones en cauces urbanos andaluces'**, de 2002, tiene como principal objetivo consiste en establecer las medidas necesarias para evitar o minimizar las inundaciones en los núcleos urbanos. Constituye el marco general de intervención en materia de prevención de avenidas e inundaciones en Andalucía.

La **'Ley 7/2002 de Ordenación Urbanística de Andalucía'**, del año 2002, cita que las determinaciones de los Planes de Ordenación del Territorio y los Planes Generales de Ordenación Urbanística deben optar por el modelo y soluciones de ordenación que mejor aseguren, entre otras cosas, la preservación del proceso de urbanización para el desarrollo urbano de los terrenos en los que se hagan presentes riesgos naturales. Posteriormente ha sido modificada por las leyes 13/2005 y 1/2006.

En 2004 se produce una modificación puntual de algunas actuaciones prioritarias y algunos puntos de riesgo del Decreto 189/2002: **'Orden de 22 de octubre de 2004, por la que se aprueba la modificación de los anexos I y IV del Plan de Prevención de avenidas e inundaciones en cauces urbanos andaluces'**.

En 2006 ya aparece el **'Decreto 206/2006, por el que se aprueba el Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía'** (POTA). El POTA trata los riesgos naturales en la sección I del Capítulo III del Título III (sistema de prevención de riesgos), marcándose 6 objetivos, entre los que se incluye 'el establecimiento de medidas para la prevención de riesgos' o 'impulsar el conocimiento de los procesos y riesgos con mayor incidencia en Andalucía'. Cita igualmente 8 líneas estratégicas, entre ellas 'incorporar a todos los niveles de la planificación la consideración de los riesgos como elemento necesario en la ordenación de usos', 'mejorar la calidad y eficacia de las determinaciones de la planificación urbanística y territorial en materia de prevención de riesgos', 'establecer criterios territoriales para la prevención de riesgos de inundaciones' o 'impulsar los trabajos dirigidos a un mejor conocimiento sobre riesgos naturales y tecnológicos en Andalucía y de sus factores de riesgo en Andalucía y, especialmente, a elaborar una cartografía de referencia con el detalle adecuado para la toma de decisiones de localización y ordenación de usos'. Y en relación a la cartografía de riesgos, apunta que 'el Plan prevé, en coordinación con los servicios de Protección Civil, un programa de cartografía temática a la escala adecuada y de estudios de referencia, que orienten el tratamiento y prevención de los distintos tipos de riesgos [SG-05]' y que 'los riesgos que deben considerarse prioritarios son los siguientes: inundaciones, sísmicos, otros geológicos (erosión costera, fallas activas, movimientos de laderas, suelos expansivos, subsidencias), incendios forestales y los tecnológicos'.

La ‘**Ley 7/2007, de 9 de Julio, de Gestión Integral de la Calidad Ambiental**’, en 2007, incorpora a la normativa andaluza la evaluación ambiental estratégica, que incluye el estudio de los riesgos naturales en el procedimiento de toma de decisiones del planeamiento, lo que supone una postura más preventiva al tratarse de una etapa previa del planeamiento.

Y por último, la ‘**Ley 9/2010, de 30 de julio, de Aguas para Andalucía**’, de 2010, incluye un título exclusivo para la prevención de efectos por fenómenos externos (título VII), tratando su primer capítulo de los ‘instrumentos de prevención del riesgo de inundación’, en el que destaca la incorporación de la evaluación preliminar del riesgo de inundación o de los planes de gestión del riesgo de inundación. También incluye un artículo de zonificación en el que cita la necesidad de incorporar, entre otros aspectos, los sedimentos transportados por el flujo, los flujos de derrubios o la posible extensión accidental de contaminación con el flujo.

3.2.4.1. *La evolución reciente del estudio de la peligrosidad de inundación en la comunidad autónoma andaluza.*

A la vista de lo anterior, cabría citar 2 períodos fundamentales en el desarrollo del estudio de la peligrosidad por inundación y otras peligrosidades en la comunidad autónoma andaluza. El primero se iniciaría con la aparición del Plan de Prevención de Avenidas e Inundaciones en Cauces Urbanos Andaluces en 2002, e incluiría la delimitación y ordenación de zonas inundables de Andalucía. El segundo estaría relacionada con el desarrollo de la directiva europea 60/2007/CE en Andalucía.

- **Plan de Prevención de Avenidas e Inundaciones en Cauces Urbanos Andaluces (2002).**

El Plan de Prevención de Avenidas e Inundaciones en Cauces Urbanos Andaluces tiene como principal objetivo establecer las medidas necesarias para evitar o minimizar las inundaciones en los núcleos urbanos. Constituye el marco general de intervención en la Comunidad Autónoma de Andalucía en materia de prevención de avenidas e inundaciones, desde su aprobación mediante el Decreto 189/2002, de 2 julio. El Plan aborda la coordinación administrativa como elemento esencial para su desarrollo, dada la complejidad e interacción de los títulos competenciales de las administraciones estatal, autonómica y local en materia de defensas e inundaciones, para lo cual prevé el establecimiento de convenios de colaboración entre las distintas Administraciones Públicas.

Entre los contenidos del Plan destaca su intervención a través del planeamiento urbanístico para aumentar la adaptación de los asentamientos a los cursos fluviales, evitando la ocupación de los cauces y limitando los usos en las zonas inundables. Complementariamente impulsa la realización de actuaciones sobre los cauces que reduzcan la magnitud de las avenidas en zonas urbanas y sobre las cuencas vertientes a través de medidas de corrección hidrológico-forestal, tratando de equilibrar las actuaciones hidrológicas y territoriales y urbanísticas mediante la coordinación interadministrativa. Establece, asimismo, una serie de limitaciones en las zonas inundables según periodo de retorno:

- *En los cauces de avenidas extraordinarias de 50 años de período de retorno no se permitirá edificación o instalación alguna, temporal o permanente. Excepcionalmente y por razones justificadas de interés público, se podrán autorizar instalaciones temporales.*
- *En los cauces de avenidas extraordinarias de períodos de retorno entre 50 y 100 años no se permitirá la instalación de industrias pesadas, contaminantes o con riesgo inherente de*

- *accidentes graves. Además, en aquellos terrenos en los que el calado del agua sea superior a 0,5 metros tampoco se permitirá edificación o instalación alguna, temporal o permanente.*
- *Asimismo, en los cauces de avenidas extraordinarias de 100 años de periodo de retorno y donde, además, la velocidad del agua para dicha avenida sea superior a 0,5 metros por segundo se prohíbe la construcción de edificaciones, instalaciones, obras lineales o cualesquiera otras que constituyan un obstáculo significativo al flujo del agua. A tal efecto, se entiende como obstáculo significativo el que presenta un frente en sentido perpendicular a la corriente de más de 10 metros de anchura o cuando la relación anchura del obstáculo/anchura del cauce de avenida extraordinaria de 100 años de periodo de retorno es mayor a 0,2.*
- *En los cauces de avenidas extraordinarias de períodos de retorno entre 100 y 500 años no se permitirá las industrias contaminantes según la legislación vigente o con riesgo inherente de accidentes graves.*
- *Las autorizaciones de uso que puedan otorgarse dentro de zonas inundables estarán condicionadas a la previa ejecución de las medidas específicas de defensa contra las inundaciones que correspondieren.*

- **Delimitación de zonas inundables (2004).**

A partir de 2004 la Agencia Andaluza del Agua inicia la redacción de una serie de estudios hidráulicos para la delimitación y ordenación de las zonas inundables del territorio andaluz.

Dada la prioridad regional en relación al riesgo de inundación de la franja litoral andaluza, es aquí donde se han desarrollado prioritariamente dichos estudios. Algunos de ellos servirán de base para testear los resultados obtenidos por la propuesta metodológica con la que concluya este trabajo. Concretamente se trata del ‘Estudio Hidráulico para la Ordenación de las Cuencas de la Costa del Sol Oriental’ y del ‘Estudio Hidráulico para la Ordenación de las Cuencas de la Costa del Sol Occidental’.

Las Zonas Inundables recogidas en el mapa corresponden a las definidas como tales en el Reglamento de Dominio Público Hidráulico (RD 9/2008 de 11 de enero): “*Se consideran zonas inundables las delimitadas por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo período estadístico de retorno sea de quinientos años [...]*”.

- **El desarrollo de la directiva europea 60/2007/CE en Andalucía: desde 2010 hasta la actualidad.**

Incluye 4 hitos que definen el inicio de 4 fases respectivas: la aparición de la directiva europea 2007/60/CE, la evaluación preliminar del riesgo de inundación (EPRI), el desarrollo de los Mapas de peligrosidad por inundaciones y de riesgo de inundación, y en último lugar los planes de gestión del riesgo de inundación (PGRI). A fecha de hoy nos encontramos con la reciente aparición del PGRI de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, paralelamente al Plan hidrológico para el periodo 2016-2021 y al estudio ambiental estratégico, o informe de sostenibilidad ambiental, de ambos planes. Todos ellos se encuentran en fase de consulta pública.

1. *Directiva 2007/60/CE.*

La directiva europea surge en 2007, se transpone al cuerpo normativo español en 2010, por medio del RD 903/2010 de 9 de julio, y a la legislación andaluza en el mismo año, por medio de la Ley 9/2010 de Aguas de Andalucía.

Esta directiva establece un marco europeo destinado a reducir las consecuencias negativas para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica, asociadas a las inundaciones. Para ello establece un ciclo de planificación de gestión de inundaciones durante el periodo 2016 a 2021.

Su desarrollo se articula en tres fases: la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación, los Mapas de Peligrosidad por inundaciones y de Riesgo de Inundación y los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación.

2. Evaluación preliminar del riesgo de inundación (EPRI).

Este es el primero de los trabajos que los estados deben realizar, en el que se establecen las zonas con riesgo potencial significativo de inundación, estableciéndose un total de 15 áreas para las cuencas mediterráneas andaluzas. Aparece para información pública en noviembre de 2011, y se aprueba en mayo de 2012.

3. Mapas de peligrosidad por inundaciones y de riesgo de inundación.

La Ley 9/2010 de Aguas de Andalucía establece, en su artículo 59, la zonificación del riesgo de inundación a través de los Mapas de Peligrosidad por Inundaciones y de los Mapas de Riesgo de Inundación. Éstos se han elaborado en el ámbito territorial de las Áreas con Riesgo Potencial Significativo de Inundaciones (ARPSIs), con el objeto que sirvan de punto de partida y que aporten la información fundamental para la posterior redacción de los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI), regulados en el artículo 60 de la misma ley.

Los mapas de peligrosidad por inundaciones, aparecidos para su información pública en agosto de 2014, tienen por objeto identificar las zonas del ámbito de las Áreas de Riesgo Potencial Significativo por Inundaciones con diferentes probabilidades de ocurrencia de inundaciones, constituyendo la base de partida para el análisis del riesgo.

Para su posterior aplicación en los PGRI, incluyen una estimación de los daños asociados a las inundaciones, mostrando las consecuencias adversas potenciales sobre habitantes, actividades económicas, instalaciones y zonas protegidas que pueden verse afectadas.

Los contenidos mínimos quedaban establecidos en los artículos 6 de la Directiva 2007/60/CE, 8 y 9 del Real Decreto 903/2010 y 59 de la Ley 9/2010. Así, esta última, la ley de Aguas de Andalucía, cita textualmente los siguientes:

- i. Los **Mapas de Peligrosidad** por Inundaciones incluirán las zonas geográficas que podrían inundarse según los escenarios siguientes:
 - a) Zonas de inundación frecuente, que comprenden los terrenos inundables por las avenidas de periodo de retorno de 50 años.
 - b) Zonas de inundación ocasional, que comprenden los terrenos inundables por las avenidas de periodo de retorno entre 50 y 100 años.
 - c) Zonas de inundación excepcional, que comprenden los terrenos inundables por las avenidas de periodo de retorno entre 100 y 500 años.
- ii. Respecto a cada uno de los escenarios enumerados se indicarán los elementos siguientes:
 - a) Extensión de la inundación.

- b) *Calados del agua o nivel del agua, según proceda.*
- c) *Cuando proceda, la velocidad de la corriente o el caudal de agua correspondiente.*
- iii. *En las inundaciones causadas por las aguas costeras y de transición se reflejará el régimen de oleaje y de mareas, así como las zonas sometidas a procesos erosivos y las tendencias en la subida del nivel del mar como consecuencia del cambio climático.*
- iv. Los **Mapas de Riesgo de Inundación** mostrarán las consecuencias adversas potenciales asociadas a la inundación en los escenarios indicados, expresadas mediante los parámetros siguientes:
 - a) *Número indicativo de los habitantes que pueden verse afectados.*
 - b) *Tipo de actividad económica de la zona que puede verse afectada.*
 - c) *Instalaciones que puedan ocasionar contaminación accidental en caso de inundación y zonas protegidas que pueden verse afectadas.*
 - d) *Cualquier otra información de interés, como la indicación de zonas en las que puedan producirse inundaciones con alto contenido de sedimentos transportados y flujos de derrubios e información sobre otras fuentes de contaminación.*

A la vista de los mapas de peligrosidad y riesgo de inundación ya publicados, y de los requisitos exigidos por la reciente ley de aguas, resulta destacable que los contenidos mínimos solo se han recogido parcialmente. Así, sí se han incluido los aspectos de exposición al riesgo de habitantes y actividades económicas, pero no se han tenido en cuenta otros aspectos como las instalaciones que puedan ocasionar contaminación accidental, más allá de las EDARs (art. 59, 4, c), ni las zonas en las que puedan producirse inundaciones con alto contenido de sedimentos transportados y flujos de derrubios (art. 59, 4, d).

4. Planes de gestión del riesgo de inundación (PGRI).

Sobre la base de los mapas de peligrosidad y de riesgo se desarrollan y establecen planes de gestión del riesgo de inundación coordinados por demarcación.

Para la Cuenca Mediterránea Andaluza, y en coordinación con el nuevo Plan Hidrológico, han aparecido en abril de 2015 los documentos de consulta pública.

El objetivo último del plan de gestión del riesgo de inundación es, para aquellas zonas determinadas en la evaluación preliminar del riesgo, conseguir que no se incremente el riesgo de inundación actualmente existente y que, en lo posible, se reduzca a través de los distintos programas de actuación, que deberán tener en cuenta todos los aspectos de la gestión del riesgo de inundación, centrándose en la prevención, protección y preparación, incluidos la previsión de inundaciones y los sistemas de alerta temprana, y teniendo en cuenta las características de la cuenca o subcuenca hidrográfica consideradas (art. 11.4. del RD 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación), lo cual adquiere más importancia al considerar los posibles efectos del cambio climático.

El plan de gestión del riesgo de inundación debe tener en cuenta, además, los objetivos medioambientales indicados en el artículo 92 bis del Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.

De este modo, los objetivos generales que recoge el plan gestión del riesgo de inundación de la Demarcación, en su anejo 2, de 'Descripción del programa de medidas' incluye 19 medidas, desglosadas en actividades específicas que ya cuentan con fecha de inicio y finalización, administración responsable y previsión de partida económica:

1. Medidas de prevención de inundaciones

1.1 Ordenación territorial y urbanismo. Limitaciones a los usos del suelo en la zona inundable. Criterios para considerar el territorio no urbanizable. Criterios constructivos para edificaciones en zona inundable. Medidas para adaptar el planeamiento urbanístico (13.01.01)

1.2 Elaboración de estudios de mejora del conocimiento sobre la gestión del riesgo de inundación (13.04.01)

1.3 Programa de mantenimiento y conservación de cauces (13.04.02)

2. Medidas de protección frente a inundaciones

2.1 Medidas en la cuenca: restauración hidrológico-forestal y ordenaciones agrohidrológicas (14.01.01)

2.2 Medidas en cauce y llanura de inundación: restauración fluvial, incluyendo medidas de retención natural de agua y reforestación de riberas (14.01.02)

2.3 Normas de gestión de la explotación de embalses durante las avenidas (14.02.01)

2.4. Medidas estructurales para regular los caudales, tales como la construcción y/o modificación de presas (14.02.02)

2.5 Mejora del drenaje de infraestructuras lineales: carreteras, ferrocarriles (14.03.01)

2.6 Medidas estructurales (encauzamientos, motas, diques, etc.) que implican intervenciones físicas en los cauces, aguas costeras y áreas propensas a inundaciones (14.03.02)

2.7 Medidas que implican intervenciones físicas para reducir las inundaciones por aguas superficiales, por lo general, en un entorno urbano, como la mejora de la capacidad de drenaje artificial o sistemas de drenaje sostenible (SuDS) (14.04.01)

3. Medidas de preparación ante inundaciones

3.1 Establecimiento y mejora de los sistemas de alerta meteorológica incluyendo los sistemas de medida y predicción de temporales marinos (15.01.01)

3.2 Establecimiento y mejora los sistemas de medida y alerta hidrológica (15.01.02)

3.3 Medidas para establecer o mejorar la planificación institucional de respuesta a emergencias de inundaciones a través de la coordinación con Planes de Protección Civil (15.02.01)

3.4 Mejora de los protocolos de actuación y comunicación de la información relativa a inundaciones (15.02.02)

3.5 Medidas para establecer o mejorar la conciencia pública en la preparación para las inundaciones, para incrementar la percepción del riesgo de inundación y de las estrategias de autoprotección en la población, los agentes sociales y económicos (15.03.01)

4. Medidas de recuperación y revisión tras inundaciones

4.1 Obras de emergencia para reparación de infraestructuras afectadas, incluyendo infraestructuras sanitarias y ambientales básicas (16.01.01)

4.2 Planes de Protección Civil: acciones de apoyo a la salud, asistencia financiera, incluida asistencia legal, así como reubicación temporal de la población afectada (16.01.02)

4.3 Promoción del seguro sobre personas y bienes, especialmente los seguros agrarios (16.03.01)

4.4 Evaluación, análisis y diagnóstico de las lecciones aprendidas en la gestión de los eventos de inundación (16.03.02)

Tabla 1: Programa de medidas y actividades específicas a desarrollar previstas por el Plan de Gestión de Riesgos de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas. Fuente: Anejo 2 del PGRI de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas (documento de consulta pública).

3.2.5. Otras legislaciones autonómicas.

En último lugar, se hará un repaso a otras legislaciones autonómicas que hayan realizado de manera temprana y comparativamente efectiva el tratamiento de la peligrosidad y los riesgos naturales en nuestro país.

No obstante, si bien, como se ha comentado la directiva europea 60/2007, está cambiando el panorama de los estudios de peligrosidad, cabe recordar que algunas comunidades hasta hace pocos años aún no habían desarrollado leyes de ordenación territorial que regulasen los riesgos naturales, recayendo en ocasiones tales competencias y responsabilidades directamente en el municipio (Olcina, 2004). En atención a esto, el mismo autor realizó una clasificación en función del origen de dichas normativas para las distintas regiones españolas:

Tipos de planes	Ámbitos	
De protección civil con repercusión en los procesos de Ordenación del Territorio (basados en la directriz básica de inundaciones de 1995)	Ámbito regional (planes de Emergencia de las CCAA): Navarra, Galicia, País Vasco, Comunidad Valenciana, Cataluña y Andalucía	
	Ámbito local: el 90% de los municipios españoles carece de planes municipales de emergencia para la prevención del riesgo de inundaciones	
De OT "sensu stricto" (basados en las legislaciones autonómicas de OT)	Específicos	Enfoque integral de cuenca: - País Vasco (Plan Territorial Sectorial de Ordenación de Márgenes de los Ríos y Arroyos de la Comunidad Autónoma del País Vasco, Vertiente Cantábrica, 1998, y Mediterránea, 1999) - Cataluña (Planes de Espacios Fluviales)
		Enfoque municipal - Andalucía (Plan de Prevención de Avenidas e Inundaciones en cauces urbanos andaluces, 2002)
		Enfoque mixto - Comunidad Valenciana (Plan de Acción Territorial para la Prevención del Riesgo de Inundaciones en la Comunidad Valenciana, 2003)
	Generales (contemplan de modo correcto el riesgo de inundaciones)	Planes territoriales generales o sectoriales de las CCAA que incluyen indicaciones sobre el riesgo de inundaciones: Andalucía, País Vasco, Canarias, Baleares, Aragón
Planificación urbana	Planes Generales de ordenación urbana que deben recoger apartados específicos para la reducción del riesgo de inundación: - Ley del suelo de 1998 - Leyes del suelo y OT de las Comunidades Autónomas	
	Planes específicos para la reducción de escorrentías urbanas: - Plan contra las inundaciones de la ciudad de Alicante - Plan de instalación de depósitos de agua pluvial de Barcelona	

Tabla 2. Clasificación y tipología de planes de reducción del riesgo de inundación en las regiones españolas. Fuente: Olcina, 2004.

Retomando el citado repaso de legislaciones autonómicas que incorporaron la consideración de los riesgos naturales a su ordenamiento normativo, y partiendo del trabajo de González García (2009), se han incluido las siguientes:

- Aragón: **Ley 5/1999, Urbanística**, de 1999. En ella se cita que tendrán la consideración de suelo no urbanizable los terrenos que, en razón de sus características, puedan presentar graves y justificados problemas de índole geotécnica, geomorfológico, morfológica o hidrológica o cualquier otro riesgo natural que desaconseje su destino a un aprovechamiento urbanístico por los riesgos para la seguridad de las personas o bienes. Fue derogada el 30 de septiembre de 2009.
- Asturias: **Decreto Legislativo 1/2004, por el que se aprueba el Texto Refundido de las disposiciones legales vigentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo**, de 2004. Según este D.L., constituirán suelo o urbanizable los terrenos que estén o deban estar sometidos a algún régimen especial de protección, fijado en planes o normas sectoriales, o en el planeamiento sectorial, que sea incompatible con su transformación urbanística. Esta protección podrá derivarse, entre otras posibilidades, de los valores paisajísticos, históricos, arqueológicos, científicos, ambientales o culturales de los citados terrenos, de los riesgos naturales que en ellos concurren, de su sujeción a limitaciones o servidumbres para la protección del dominio público.
- Canarias: **Decreto Legislativo 1/2000, por el que se aprueba el Texto Refundido de las Leyes de Ordenación del Territorio de Canarias y de Espacios Naturales de Canarias**, del año 2000. Según este Decreto, integrarán el suelo rústico los terrenos que el planeamiento adscriba a esta clase de suelo, mediante su clasificación por: [...] resultar inadecuado, conforme a los criterios establecidos por las correspondientes Normas Técnicas de Planeamiento Urbanístico, para servir de soporte a aprovechamientos urbanos, por los costes desproporcionados que requeriría su transformación o por los riesgos ciertos de erosión, desprendimientos, corrimientos o fenómenos análogos que comporten sus características geotécnicas o morfológicas.
- Cantabria: **Ley 2/2001, de Ordenación Territorial y Régimen Urbanístico del Suelo de Cantabria** (2001). Cita que tendrán la condición de suelo rústico de especial protección los terrenos en los que concurren algunas de las circunstancias siguientes: [...] que estén sometidos a un régimen especial de protección incompatible con su transformación urbana, conforme a los planes y normas de ordenación territorial o a la legislación sectorial pertinente en razón de sus valores paisajísticos, históricos, arqueológicos, científicos, ambientales, culturales, agrícolas, de riesgos naturales acreditados, o en función de su sujeción a limitaciones o servidumbres para la protección del dominio público.
- Cataluña: **Ley 2/2002 de Urbanismo de Cataluña** (2002). Las directrices definitorias de la estrategia de evolución urbana y ocupación del territorio fijarán criterios y objetivos que tengan por finalidad la consecución de la sostenibilidad del municipio y, en concreto y como mínimo, respecto de la prevención de riesgos naturales o inducidos, para lo cual se establecerán criterios de compatibilidad del territorio para el desarrollo urbano con los riesgos naturales o inducidos constatables en el término municipal. Posteriormente se desarrolla en el Decreto 305/2006.
- Comunidad Valenciana: La **Ley 6/1989 de Ordenación del Territorio** (1989). Cita la necesidad de localizar áreas y zonas inundables. La **Ley 4/2004 de la Comunidad Valenciana**,

Ordenación del Territorio y Protección del Paisaje (2004), concreta que el planeamiento urbanístico deberá orientar los futuros desarrollos urbanísticos hacia las zonas no inundables o, en el supuesto de que toda la superficie del municipio así lo fuera, hacia las áreas de menor riesgo, siempre que permita el asentamiento. Cualquier decisión de planeamiento que se aparte de este criterio deberá justificar su idoneidad en un estudio de inundabilidad más específico, realizado con motivo de la actuación que se pretende.

Y la **Ley 16/2005, de la Generalitat, Urbanística Valenciana**, de 2005, especifica que la Estrategia Territorial de la Comunidad Valenciana incorporará líneas de acción, iniciativas y orientaciones definidas de forma coherente para el desarrollo territorial de ámbito comunitario incluyendo, al menos, los criterios, directrices y acciones de carácter territorial a considerar en la prevención de los riesgos naturales.

- Murcia: **Ley 4/1992 de Ordenación y Protección del Territorio de la Región de Murcia** (1992). Se cita la necesidad de evaluar los riesgos actuales y futuros para los asentamientos humanos y actividades económicas, aunque no se concreta mucho más hasta la aparición del **Decreto 258/2007, por el que se establece el contenido y procedimiento de los estudios de inundabilidad en el ámbito del POT del Litoral de la Región de Murcia** (2007). Éste sí ha sido tomado de ejemplo para el desarrollo de muchos estudios de inundabilidad incluso en otras comunidades autónomas a partir de dicha fecha.
- País Vasco: **Directrices de Ordenación del Territorio del País Vasco** (1992). El tratamiento de los riesgos aparece transversalmente en determinadas políticas, estableciendo 3 categorías de ordenación relacionadas con ellos: áreas con riesgo de erosión, áreas inundables y áreas vulnerables a la contaminación de acuíferos. Se incluye también la elaboración de un Plan Territorial Sectorial de Prevención de Riesgos Naturales, centrado fundamentalmente en deslizamientos e inundaciones.

3.3. Antecedentes aplicados.

3.3.1. Antecedentes internacionales.

Más allá del avance científico y normativo en la materia, también se han llevado a cabo destacables propuestas aplicadas para el análisis de la peligrosidad de inundación, incluyéndose en algunas de ellas criterios muy similares a los que ahora han sido traídos a este trabajo y propuesta metodológica, como es el caso de los peligros múltiples, o la consideración de los sólidos en el flujo.

Centrándonos especialmente en los antecedentes aplicados cuyo enfoque vaya por dicha línea, es en el ámbito europeo donde encontramos el mayor número de iniciativas relacionadas. La más destacable es la denominada ARMONIA (*Applied multi Risk Mapping of Natural Hazards for Impact Assessment*). Se trata de un proyecto de investigación multidisciplinar sobre la relación entre riesgos naturales y ordenación del territorio que se desarrolla bajo los auspicios de la Comisión Europea en el marco del Sexto Programa Marco de Investigación y Desarrollo Tecnológico, en el área temática "Global Change and Ecosystems".

Entre sus principales conclusiones está la necesidad de evitar los enfoques individuales en el análisis del riesgo, y la de considerar de los efectos de encadenamiento entre las diferentes amenazas potenciales. Cita que solo existe algo similar en Francia, Grecia e Italia, si bien dichos ejemplos no han sido incorporados a la planificación territorial en sus correspondientes países o regiones (Fleischhauer, Geiving y Wanczura 2007).

Otra conclusión destacada es la relativización de la necesidad de generar mapas de riesgo y vulnerabilidad, asegurando que solo son necesarios en casos particulares, y destacando que debería centrarse el esfuerzo científico en la optimización y armonización de la evaluación de la peligrosidad, por su mayor aplicación en la planificación territorial (*ibídem*).

Incluye un sistema de soporte a decisiones (MURLUMSS DSS) que permite trazar y visualizar información de 5 diferentes peligros y riesgos, así como diferentes formas de vulnerabilidad, tanto a nivel local como regional. Trata, por tanto, aspectos de multi-escala, multi-riesgos y multi-vulnerabilidad. Otro aspecto interesante es la posibilidad de generar diferentes escenarios de comparación de riesgos en función de diferentes modelos de cambio climático (European comisión, 2007).

De igual modo, este proyecto también ha sido de gran utilidad para el estudio de la temática en Europa gracias a la inclusión de un detallado estado de la situación de las políticas de ordenación territorial y cartografía de peligrosidad, y a la propuesta de Directiva del Parlamento y Consejo Europeo.

Más allá del anterior, y tal como se ha introducido, existen muchos otros antecedentes relacionados, como son los proyectos 'Multi-Risk approach: Délégation aux Risques Majeurs' (DDRM)³, 'European Spatial Observation Network. Natural and technological hazards and risk in European Regions'

³ Desarrolla una metodología de multipeligros englobando todo el territorio Francés. En todo momento se hace referencia a los multiriesgos, si bien en la evaluación realizada no se tratan criterios de exposición ni vulnerabilidad.

(ESPO)⁴, ‘Generalization of Hazard/Risk predictive Mapping Standard for disaster management’ (GHRIMS), ‘JRC Multirisk Approach’, ‘Mediterranean Grid of Multi-Risk Data and Models’ (MEDGRID), ‘Open Architecture and Spatial Data Infraestructura for Risk Management’ (ORCHESTRA), ‘The European Multi-Risk Assessment Project’ (TEMRAP)⁵ o ‘Integrated Geological Risk Assessment’ (TIGRA)⁶. Tal producción técnica aplicada muestra el vivo interés de la materia desde las instituciones europeas, si bien existe en ella cierta dispersión y disparidad (Perles *et al.*, 2010b). Otra experiencia destacable en Europa, aunque no incorporen los otros criterios citados, es EXCIMAP (*European environment agency*, 2007), surgida a partir de las Directivas 2000/60/CE y 2007/60/CE, y que ha generado un importante volumen de informes de discusión, una guía de buenas prácticas con recomendaciones para la elaboración de mapas de inundabilidad y un atlas con ejemplos de dichos mapas.

Más allá de Europa, existen también otros ejemplos internacionales de cartografía en los que se tratan los peligros asociados (Dilley *et al.*, 2005), si bien la escala de trabajo los invalida para cualquier otro fin que no sea el meramente divulgativo (Kumpulainen, 2006).

3.3.2. Antecedentes nacionales.

Refiriéndonos ahora al ámbito nacional, cabe resaltar proyectos como el ‘Plan PRIGEO de cartografía de peligrosidad de avenidas e inundaciones’, el proyecto GEORIADA o determinados planes especiales de emergencias ante inundaciones, como los de Castilla La Mancha, Cataluña o Comunidad Valenciana.

En la mayor parte de las cartografías que consideran peligrosidades asociadas, normalmente se usan estrategias de superposición espacial, y solo ocasionalmente se desarrollan algoritmos de sumatoria o sumatoria comparada (Pita *et al.*, 1999). Destacan especialmente las metodologías cartográficas trabajadas por el IGME, en las que se incorporan indicadores de riesgos asociados a la erosión, movimientos en masa o movilización de depósitos no consolidados (Llorente, Díez y Laín, 2006; Perles, Gallegos y Cantarero, 2006).

El primero de los proyectos citados, el plan PRIGEO (PRIGEO-Avenidas), nació en 2005 dentro de un plan de homogeneización de cartografías de riesgos naturales, que pretendía de igual modo elaborar guías metodológicas y leyendas normalizadas. No obstante, por razones económicas, se interrumpió 3 años después. A pesar de ello, se ha llegado a desarrollar la guía “Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Guía metodológica para su elaboración” y se ha llegado a presentar una propuesta de leyenda unificada para mapas de peligrosidad sectoriales e integrados o de síntesis (ver Figura 2). Dicha leyenda combina criterios clásicos en la inundabilidad, como los periodos de retorno, calado o velocidad de la corriente; criterios derivados del impacto socioeconómico, como las zonas de inundación peligrosa para las personas; registro de inundaciones históricas; la estimación cualitativa de la carga sólida potencialmente transportada y otros elementos de peligrosidad

⁴ Muestra una cartografía espacial de multipeligros en todo el territorio Europeo. Posteriormente utiliza este análisis multipeligros para integrarlo con la vulnerabilidad y exposición de la población, llevando a cabo de esta manera también una evaluación multiriesgo.

⁵ Proponen la evaluación de multipeligros, insistiendo en la necesidad de un enfoque integrado entre los peligros, a la vez que plantea teóricamente la posibilidad de desarrollar una estrategia multiriesgo en la que se integren varios tipos de peligros con el sistema socioeconómico del área de estudio.

⁶ Su metodología intenta plasmar un enfoque multiriesgo uniendo diversos peligros con la exposición y vulnerabilidad.

asociados como las zonas susceptibles de sufrir zapado de márgenes o traslación de meandros, o las zonas susceptibles de sufrir movimientos de laderas.

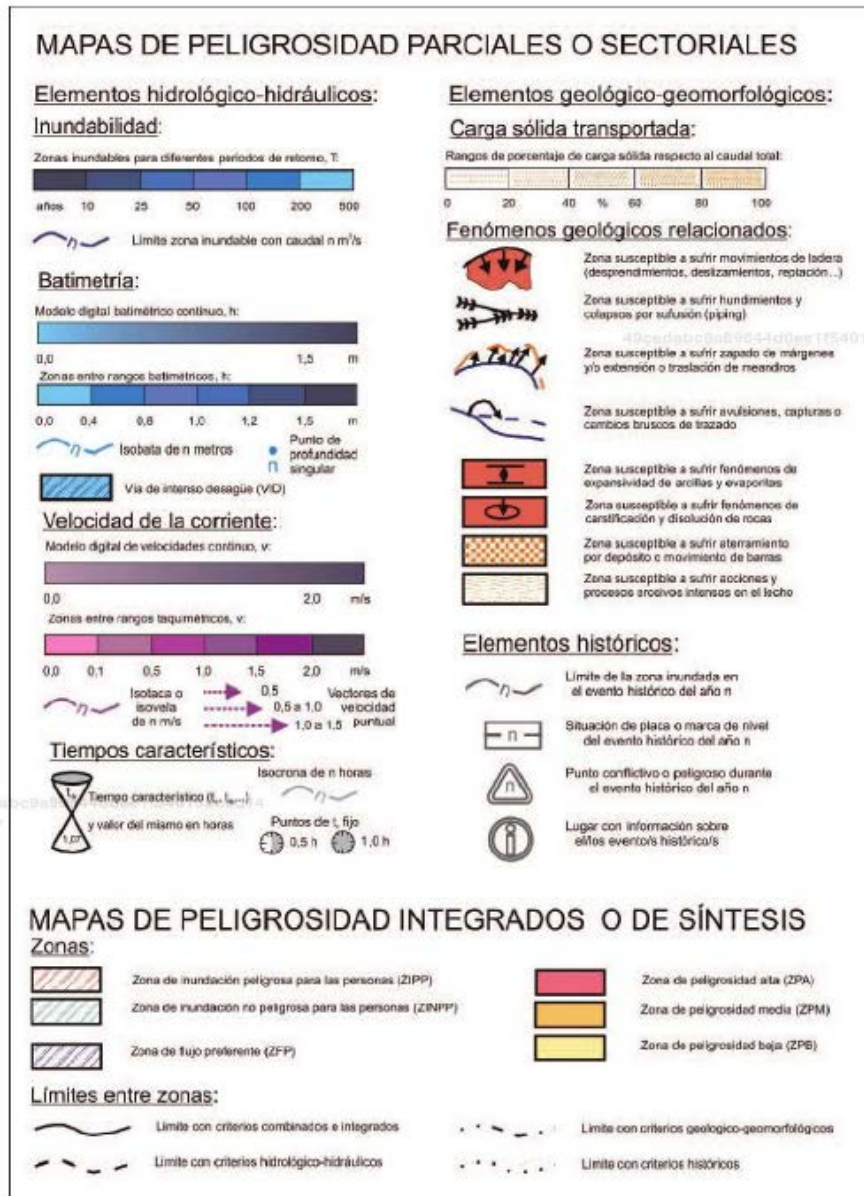


Figura 75. Propuesta de leyenda unificada para los mapas de peligrosidad parciales y de síntesis.

Figura 2. Propuesta de leyenda modificada para los mapas de peligrosidad parciales y de síntesis. Fuente: Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Guía metodológica para su elaboración (2008).

Otro proyecto similar del IGME es GEORIADA, que tiene por objeto investigar metodologías geológicas susceptibles de ser incorporadas al análisis de peligrosidad de avenidas, previniendo el riesgo por inundación asociado, y que ensaya 4 grupos de técnicas: métodos geomorfo-edáficos para el estudio de la génesis de la escorrentía superficial, métodos geomorfológicos para la modelación de la concentración y propagación del hidrograma de avenida, métodos geológico-geomorfológicos para el análisis de la frecuencia y magnitud de eventos de avenida y métodos geomorfo-edáficos para la estimación de la carga sólida transportada.

Una propuesta más relacionada con los trabajos anteriores, y desarrollada con bastante detalle, es la Guía metodológica para la elaboración de mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones del IGME (Díez Herrero *et al.*, 2008). En ella se establece una zonificación de la peligrosidad, en tres niveles, que incorpora la necesidad de cartografiar fenómenos asociados a la inundación, como la carga sólida transportada, los movimientos de ladera, la erosión, la sufusión, o los conos aluviales, entre otros⁷. No obstante, no llega a concretar el modo de calcular o incorporar algunos de estos

7

- I. **Zona de peligrosidad alta:** Sector del territorio donde frecuentemente existe grave peligro para la integridad de las personas por la profundidad de la lámina de agua (≥ 1 m), la velocidad de la corriente (≥ 1 m/s) o la combinación de ambas ($\text{calado} \cdot \text{velocidad} \geq 0,5 \text{ m}^2/\text{s}$). O bien donde otros fenómenos asociados a la inundación (carga sólida transportada, movimientos de ladera, sufusión, erosión, depósito) pueden producir efectos dañinos. Equivale a la zona inundable de alta probabilidad de la Directiva de Inundaciones y al DPH del SNCZI.
- Los principales criterios para su delimitación son:
- a. Ríos y arroyos aluviales:
 - a. Geomorfología. Equivale al cauce de bancos llenos (parte superior del escarpe de los bancos de las orillas).
 - b. DPH de la Ley de Aguas, aunque priorizando la geomorfología al criterio meramente hidrológico-hidráulico (en línea con la modificación del reglamento de DPH).
 - c. En aquellos lugares donde no sean reconocibles estos escarpes, por motivos naturales (por existencia de elementos como motas, diques naturales,...) o antrópicos (urbanización, canalizaciones, dragados,...) se puede hacer uso también de criterios históricos (registros documentales, encuestas,...), botánicos y/o hidrológico-hidráulicos (PR entre 2 y 9 según la zona del país).
 - d. Es importante tener en cuenta el carácter dinámico del cauce, considerando posibles avulsiones, capturas de canales, bifurcaciones en avenidas, modificaciones de meandros, migración de barras,...
 - b. Conos de deyección o abanicos aluviales recientes y activos:
 - a. Se delimitará el ápice de todos los canales, activos o abandonados, los lóbulos de derrame y las vaguadas conformadas por éstos entre sí o con las laderas colindantes, así como zonas deprimidas entre los mismos.
 - c. Zonas endorreicas y/o acclinales actuales:
 - a. Terrenos encharcables estacionalmente o con depósitos recientes (holocenos) característicos de depresiones inundables (lagunas, charcas, navas, tablas, pantanos).
- II. **Zona de peligrosidad media:** sector del territorio susceptible de ser anegado frecuentemente pero con calados y velocidades que no suponen peligro para la vida humana (< 1 m, < 1 m/s, $< 0,5 \text{ m}^2/\text{s}$) y sectores anegables con frecuencia (100 años) a escala de vida humana. Equivale a la zona inundable de probabilidad media de la Directiva de Inundaciones, a la zona de flujo preferente del SNCZI y a la envolvente de las áreas inundables frecuente y ocasional de la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil.
- Los principales criterios para su delimitación son:
- a. Ríos y arroyos aluviales:
 - a. Geomorfología, correspondiente a la parte más baja de la llanura de inundación, atendiendo a rasgos como depósitos o formas (lóbulos de derrame, cintas de derrame, anales secundarios de crecida, meandros abandonados, barras, terracetas,...). En caso de existir un tren de meandros, sería la envolvente de esos meandros.
 - b. Estudio hidrológico-hidráulico, equivalente al PR de 100 años. Aquí este estudio es más importante, pues las formas del terreno no son tan evidentes como para la anterior zona.
 - c. Estudios históricos (documentos, encuestas).
 - d. Se tendrá en cuenta también aquí el carácter dinámico de la cuenca y los cambios de usos del suelo previsibles en un futuro (desarrollo urbanístico, alteraciones de caudal,...) que puedan hacer variar la zonación.

fenómenos. Resultaría en cualquier caso de especial interés considerar estas indicaciones para, una vez calculada la peligrosidad, establecer en detalle su zonificación.

Entrando ahora en planes elaborados por comunidades autónomas, el INUNCAT incorpora similares directrices a las planteadas en PRIGEO. Se trata del Plan Especial de Emergencias para Inundaciones de Cataluña (2006), y lo realiza Protección Civil en colaboración con diversas administraciones, analizando la peligrosidad de inundación, pero también estableciendo las épocas de peligro, la zonificación del territorio o la localización de puntos negros o conflictivos. La Agencia Catalana del Agua ha realizado para ello más de 2.000 kilómetros de delimitaciones hidráulicas para diversos periodos de retorno, y zonas potencialmente inundables geomorfológicamente.

Siguiendo con el ámbito autonómico, en este caso castellano manchego, el Servicio de Protección Civil de dicha Comunidad Autónoma, tras la aprobación del Plan Territorial de Protección Civil (PLATECAM), consideró oportuno desarrollar un Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones (PRICAM), basado en la metodología RICAM. La propuesta metodológica se basa en la evaluación multicriterio, considerando cartografías de peligrosidad, exposición y vulnerabilidad, que se introducen como capas vectoriales o ráster, a una escala 1:200.000. El mapa de peligrosidad por inundación incluye aspectos como la probabilidad de desbordamiento (ratio QT / Qb), la carga sólida transportada por la corriente o el tiempo de concentración. Se relacionan también otros mapas como el de factores agravantes de la peligrosidad, que incluye la presencia de industrias con materiales tóxicos y/o peligrosos. Para la asignación de pesos a las variables incorporadas se usa una variante simplificada del método *Delphi* de consenso, mediante encuestas a 34 expertos.

Otro plan especial ante el riesgo de inundaciones destacable es el de la Comunidad Valenciana, PATRICOVA. Adaptando también su metodología general a la directiva 2007/60/CE, en sus últimas revisiones incorpora aspectos tales como la ampliación a nuevas variables para la definición de la peligrosidad de las inundaciones, como son el aporte de sedimentos y de contaminantes durante la inundación, la identificación de formas geomorfológicas como los abanicos aluviales o torrenciales, o

-
- b. Conos de deyección y abanicos fluviales:
 - a. Toda la superficie del cono de deyección.
 - c. Parte central de sectores del territorio acinales o endorreicos.

III. **Zona de peligrosidad baja:** sector del territorio en que solo se producirán inundaciones con carácter extraordinario, baja frecuencia (PR 500 o superior) y calados y velocidades muy bajos, no susceptibles de producir daño a la población.

Equivale a la zona inundable de baja probabilidad de la Directiva de inundaciones y la zona inundable excepcional del SNCZI y de la Directriz Básica de Protección Civil.

Los principales criterios para su delimitación son:

- a. Ríos y arroyos aluviales
 - 1. Geomorfología, comprendiendo todo el fondo de valle, bien sea la llanura de inundación o rellanos de fondo de vaguadas y terrazas inferiores.
 - 2. Estudio hidrológico-hidráulico.
 - 3. Estudios históricos y botánicos.
- b. Conos de deyección y abanicos aluviales.
 - 1. Zonas interabanico o interconos, en previsión de posibles cambios bruscos por mitigación o avulsión lateral, u obstrucción del canal alimentador en el ápice.
- c. Zonas con escasa pendiente (<2%).

la consideración del efecto del cambio climático o potenciales cambios futuros del uso del suelo. Y de igual modo, otros aspectos como (Olcina, 2010):

- El cambio de las condiciones hidrológicas en la cuenca vertiente, derivadas de circunstancias de fuerza mayor no previstas, como grandes incendios forestales o procesos de urbanización que pueden cambiar las condiciones de la escorrentía.
- La acumulación de efectos sinérgicos negativos por la interacción de numerosas actuaciones urbanísticas e infraestructurales dentro de las zonas inundables, las cuales pueden alterar significativamente los flujos del agua respecto de la situación anterior a su desarrollo.

Índice Capítulo III

3.1. BASES CONCEPTUALES Y ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	69
3.1.1. La peligrosidad natural en ámbitos mediterráneos.....	70
3.1.1.1. Antecedentes en relación a las inundaciones en el litoral mediterráneo.	70
3.1.1.2. Otros peligros: bases conceptuales y antecedentes sobre hidrogeomorfología mediterránea.....	72
3.1.1.3. Otros peligros: bases conceptuales y antecedentes sobre erosión hídrica.....	73
3.1.2. El estudio de la peligrosidad asociada.	76
3.1.3. El estudio del riesgo como un hecho territorial, y el caso concreto de los espacios periurbanos.	78
3.2. ANTECEDENTES NORMATIVOS RELACIONADOS CON EL ANÁLISIS DE LAS PELIGROSIDADES NATURALES Y SU GESTIÓN Y ORDENACIÓN TERRITORIAL.	80
3.2.1. Directrices y normativas internacionales.	80
3.2.2. Reglamentos y directivas europeas.	82
3.2.3. Legislación estatal.....	84
3.2.4. Legislación autonómica andaluza.....	86
3.2.4.1. La evolución reciente del estudio de la peligrosidad de inundación en la comunidad autónoma andaluza.....	88
3.2.5. Otras legislaciones autonómicas.	93
3.3. ANTECEDENTES APLICADOS.	96
3.3.1. Antecedentes internacionales.....	96
3.3.2. Antecedentes nacionales.....	97

**BLOQUE II. CARACTERIZACIÓN Y PARTICULARIDADES
DE LAS CUENCAS PERIURBANAS EN ÁMBITOS
MEDITERRÁNEOS. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS Y
DEBILIDADES FRENTE A LA INUNDACIÓN**

En el segundo bloque se caracterizan y particularizan las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz en relación a su producción del riesgo, incidiendo de manera especial en la inundación y los riesgos más directamente relacionados: erosión de suelos y movimientos gravitatorios. Se han tratado estos riesgos básicamente por el aporte de partículas sólidas al flujo que conllevan.

Se trabajará en dos escalas diferentes, de modo que se puedan complementar conclusiones genéricas, cualitativas, con otras más específicas, cuantitativas. De un lado, se considerará toda la región litoral mediterránea andaluza, analizando los principales factores condicionantes del riesgo de inundación y asociados, así como la complejidad del patrón territorial de sus espacios periurbanos (Capítulo IV).

Seguidamente, se trabajará a escala de cuenca, usando las cuatro áreas de estudio que ya se presentaron en el capítulo II. Aquí, y para identificar la influencia del patrón periurbano en la producción de los riesgos de inundación y erosión, se hará un análisis diacrónico con sendos estudios de inundabilidad y erosión de suelos antes y después de la aparición de dicho patrón, en las fechas de 1956 y 2003 (Capítulo V).

Por último se identifican los principales problemas y debilidades extraídos de los dos capítulos anteriores. En un último apartado, y ya concretando para el caso de la peligrosidad, se exponen los principales aspectos que deberían incorporarse a la propuesta metodológica de análisis cartográfico adaptado al objeto espacial de trabajo, relacionándolos con los problemas y debilidades con los que se relacionan y con las circunstancias que los originan (Capítulo VI).

Capítulo IV. Caracterización morfológica y funcional de las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz

El paso previo para poder identificar las debilidades y plantear las propuestas metodológicas que guían este estudio debe ser la caracterización de los distintos factores que actúan sobre las cuencas fluviales periurbanas del litoral mediterráneo andaluz, singularizándolas como un espacio de riesgo específico.

Dicha caracterización se divide en un primer capítulo, que aquí nos ocupa, referente a las áreas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz, como un espacio de riesgo abstracto y genérico, y otro posterior (capítulo V) en el que se concretará el análisis de forma específica sobre las cuatro cuencas de estudio consideradas.

El capítulo se estructura en razón a los factores del medio físico y humano de las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz que llevan tanto al riesgo de inundación como a aquellos otros riesgos asociados a éste, siguiendo las hipótesis de partida ya presentadas al inicio.

Los apartados 4.1.1 y 4.1.2 describen los factores del medio físico para el litoral mediterráneo andaluz. Los factores del medio humano se incluyen en el apartado 4.1.3, sobre usos agrarios y poblamiento, y en el 4.1.4, sobre el hecho de la periurbanización. Así:

- Climatología (4.1.1)
- Relieve y geomorfología fluvial (4.1.2)
- Usos agrarios (4.1.3.1)
- Población y poblamiento (4.1.3.2)
- Periurbanización (4.1.4)

Cierra el capítulo una breve síntesis sobre la complejidad y particularidades del objeto espacial de análisis considerado.

4.1. *Factores condicionantes del riesgo de inundación y riesgos asociados en las cuencas fluviales del litoral mediterráneo andaluz.*

4.1.1. *Características y consecuencias de un sistema hidrológico e hidráulico condicionado por la torrencialidad.*

4.1.1.1. *Factores y elementos del clima.*

El clima es uno de los principales condicionantes del comportamiento hidrológico e hidráulico de las cuencas y de la peligrosidad resultante, fundamentalmente por las características de su régimen pluviométrico.

No obstante, este régimen tiene sensibles diferencias entre el extremo occidental, en el que se enmarca la cuenca del río de la Cala y el extremo oriental, representado en nuestro caso por las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora.

Existe una estrecha relación entre los mares interiores cálidos, como es el caso del Mediterráneo, que aportan carga de vapor y calor latente a la atmósfera, con la génesis de crecidas fluviales e inundaciones súbitas, desencadenadas por intensas precipitaciones en situaciones atmosféricas de gran inestabilidad vertical, como lluvias de origen frontal o tormentas convectivas locales y regionales.

Es por ello que el propio mar Mediterráneo ya está condicionando y definiendo el comportamiento hidrológico de su vertiente, favoreciendo recurrentes riadas cuyos caudales extremos arrastrarán ingentes cargas sólidas, depositadas luego en llanuras y conos aluviales. Aquí, tanto más que en otras regiones, la componente territorial es fundamental para el análisis y gestión de las inundaciones.

Junto a las precipitaciones extremas, por intensidad o estructura horizontal de las tormentas convectivas, se suman otros factores fundamentales, como el proceso de transformación lluvia-caudal o el comportamiento de los hidrogramas de crecida, tal como se verá más detenidamente.

De los grandes tipos climáticos identificables en el litoral mediterráneo andaluz, buena parte de la franja costera puede definirse como ‘mediterráneo subtropical’, salvo el levante almeriense, perteneciente al ‘mediterráneo subdesértico’. La parte alta de las cuencas mayores se comportan como “mediterráneo subtropical de inviernos fríos”. En éste último llega a apreciarse el efecto de la continentalidad por el aislamiento impuesto por los relieves circundantes y la altitud, con veranos calurosos e inviernos fríos en los que las heladas son frecuentes.

Salvo puntuales excepciones, la evapotranspiración potencial supera a la precipitación en toda la cuenca mediterránea.

En relación a los distintos fenómenos meteorológicos en el mediterráneo, y atendiendo a la descripción incluida en el Libro Blanco del Agua (2000), podemos citar los siguientes tipos principales de fenómenos tormentosos:

- Temporales invernales de lluvias frontales. Tienen una duración de varios días, y afectan principalmente a grandes cuencas. Es frecuente que produzcan daños materiales, pero raramente daños personales. La razón de esto es que existe un tiempo suficiente de anticipación del fenómeno en el río, que permite alertar a la población y establecer los adecuados mecanismos de protección civil.
- Lluvias de tipo convectivo a media o gran escala. Son las denominadas ‘gotas frías’, frecuentes en el ámbito mediterráneo. Su desarrollo temporal no supera las 24 horas, pero su extensión puede llegar a cubrir grandes superficies. Se producen fundamentalmente en otoño y afectan sobre todo a las cuencas de tamaño medio, provocando daños materiales y, en ocasiones, víctimas mortales.
- Lluvias de tipo convectivo a pequeña escala. Son probablemente la situación atmosférica de nuestro ámbito más relacionada con las inundaciones. Se trata de las clásicas tormentas de verano, de alta intensidad, corta duración, apenas unas 2 o 3 horas, y extensión reducida. Se producen fundamentalmente en verano y provocan flash floods, crecidas relámpago, en pequeñas cuencas de montaña o en las cabeceras de los ríos. Estas crecidas son causantes, en ocasiones, de víctimas mortales, debido a su súbita presentación y al escaso o nulo tiempo de reacción disponible.

Para ilustrar de manera gráfica algunas de las situaciones descritas, en la figura siguiente se muestran conjuntamente: como ejemplo de situación de temporal invernal, la evolución de caudales del río Guadiana en Mérida en enero de 1970, con punta próxima a los 4.500 m³/s alcanzada en varios días, y como ejemplo de lluvias convectivas mediterráneas a media-gran escala la crecida del Almanzora en Cantoria el 19 de octubre de 1973, con punta superior a los 3.000 m³/s producida en apenas 3 horas, y en un cauce que, usualmente está seco todo el año. A la vista del gráfico resulta obvia la diferencia de comportamiento hidráulico y la capacidad o incapacidad de anticipación y respuesta.

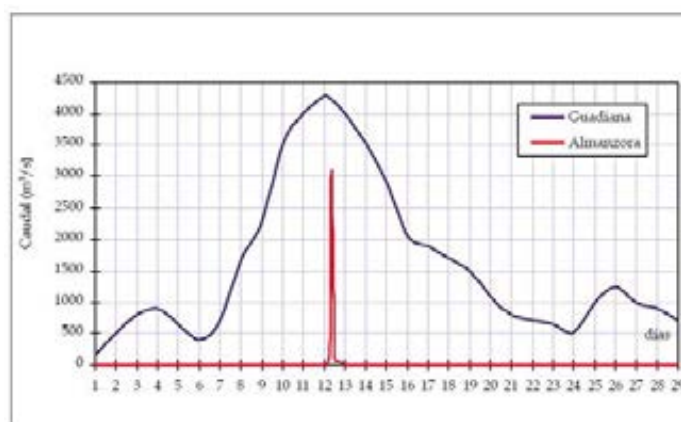


Figura 1. Ejemplos comparados de un hidrograma de temporal invernal en el Guadiana y otro de lluvias convectivas mediterráneas en el Almanzora. Fuente: Ministerio de Medio Ambiente.

El mismo año de 1973, por completar el ejemplo dado, los observatorios de Albuñol, en Granada, y Zurgena, en Almería, llegaron a registrar hasta 600 mm en solo 24 horas.

Otros factores a tener en cuenta en otras regiones, como son las crecidas nivales o las mareas vivas, si bien también existen en nuestro ámbito de estudio, no son tan significativos como para incorporarse a este análisis.

Con todo lo anterior, únicamente considerando la localización geográfica, y más allá de los agudos contrastes internos, la región mediterránea comienza definiéndose como un espacio de especial vulnerabilidad por fenómenos meteorológicos extremos, con intensos periodos de sequía en los que se puede llegar casi a la total ausencia de lluvias, y con episodios de aguaceros torrenciales en los que se concentra la baja pluviometría.

Esto, junto al accidentado relieve constituye un escenario de ocasionales y violentas avenidas, que luego se verán potenciados por la deforestación, la intervención urbanística o los intensos procesos erosivos. La red hidrográfica acogerá notables desproporciones entre caudales ordinarios y extraordinarios, y en muchos de los casos dará lugar a las ramblas, propias del mediterráneo más oriental.

Siguiendo con las referencias meramente climáticas del litoral mediterráneo andaluz, para tratar de homogeneizar en lo posible una caracterización cuantitativa, y tomando los datos ofrecidos por el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas (2016-2021), la precipitación se revela como uno de los principales exponentes de variabilidad, generosa en el extremo occidental, donde supera ampliamente los 1.000 mm de precipitación media anual, y con valores inferiores a los 200 mm en el litoral almeriense, en la zona de Cabo de Gata, donde la pluviometría anual resulta ser la más baja del continente europeo. La precipitación anual media se sitúa en torno a los 545 mm para el periodo 1.940 a 2.006, oscilando entre valores máximos de 923 mm en los años más húmedos y 247 mm en los más secos.

No obstante, si consideramos el periodo 1980 a 2006, y con el objetivo de cuantificar la progresión de cambio climático, la precipitación anual media baja a 502 mm, lo que es casi un 8% inferior al valor de la serie histórica, con valores máximos de 916 mm y mínimos de 247 mm.

La distribución mensual de estas precipitaciones se caracteriza también por la heterogeneidad, habiendo meses bastante lluviosos, en otoño e invierno, y meses secos, en verano. Esta coincidencia del periodo menos lluvioso con el verano es precisamente un rasgo diferencial del clima mediterráneo.

La evapotranspiración potencial (ETP) anual se estima en 1.067 mm, con máximos anuales de 1.139 mm y mínimos de 1.005 mm. La ETP sería la evapotranspiración que se produciría si la humedad del suelo y la cobertura vegetal estuvieran en condiciones óptimas.

La evapotranspiración real (ETR) media anual está en torno a los 372 mm, con un máximo de 483 mm/año y un mínimo de 230 mm/año. La ETR es la evapotranspiración que se produce en las condiciones reales existentes, dependiendo por tanto, de la precipitación, la temperatura, la humedad del suelo y del aire, del tipo de cobertura vegetal del suelo y del estado de desarrollo de la misma (Consejería de Agricultura, 2.013).

Según el índice de humedad o índice de aridez, definido como el cociente entre la precipitación y la evapotranspiración potencial anual según Penman (UNESCO, 1979), el litoral mediterráneo se situaría principalmente en zona semiárida y subhúmeda.

4.1.1.2. Características y consecuencias de la torrencialidad pluviométrica.

La torrencialidad pluviométrica, más allá de los caudales punta que originan, también dan lugar a otra serie de resultados en el sistema fluvial de especial relevancia para los estudios que nos ocupan, como son la erosión de suelos, el funcionamiento de los fenómenos de transporte y la producción de deslizamientos superficiales en las laderas de las cuencas y de flujos de derrubios en los canales torrenciales.

Al referirnos a los eventos pluviométricos torrenciales, hablamos de episodios de lluvia de corta duración y elevada intensidad, que aparecen tras los largos periodos de inactividad, y que más allá de la abundante escorrentía que generan, en apenas unas horas movilizan una gran cantidad de material, activando intensos mecanismos de erosión, transporte y sedimentación.

Estos episodios, atendiendo a la variable de precipitaciones máximas en 24 horas, suponen para la región andaluza un 10% del total de las lluvias anuales, mientras que en la provincia de Málaga se elevan al 13,4%. Por su parte, las máximas precipitaciones absolutas representan en Andalucía un 15 o 20% de la precipitación media anual, elevándose en Málaga al 36,6%. Un tercer indicador de la importancia de estas precipitaciones en la región andaluza, sin dejar de ser un contexto muy superior al litoral mediterráneo, y por lo tanto, que suaviza los resultados, puede ser el umbral de los 100 mm que se estima necesario como media para activar el funcionamiento de una rambla, y que supuestamente sucede una vez cada 10 años, mientras que en Andalucía se ha repetido 37 ocasiones en a lo largo de 75 años, esto es, 1 vez cada 2 años (Pita et al., 1999).

Tales eventos torrenciales están estrechamente relacionados con la peligrosidad, al tratarse de un importante sistema de transmisión de materia y energía en la cuenca, y definen un escenario hidrológico-hidráulico con una serie de características específicas. Éstas, siguiendo la descripción incluida en la Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (2011), son las siguientes:

- a. Impredecibilidad o dificultad de predicción: normalmente las avenidas torrenciales se generan por fenómenos convectivos o tormentas locales de difícil predicción. De igual modo, en otras ocasiones se relacionan con procesos de desestabilización de laderas y roturas de presas naturales o artificiales, igualmente difíciles de prever.
- b. Tiempos de respuesta pequeños: dado el pequeño tamaño de las cuencas mediterráneas y sus elevadas pendientes, los tiempos de concentración suelen ser muy bajos, del orden de unas pocas horas o incluso minutos.
- c. Alta capacidad erosiva y de transporte: la erosión de las cabeceras suele ser muy intensa, por las elevadas pendientes y la coexistencia de mecanismos de inestabilidad de laderas. Esta definición, no obstante, es aplicable a la práctica totalidad del cauce, riberas y laderas próximas.

Se evacuan grandes cantidades de sedimento en periodos de tiempo muy cortos, especialmente en cuencas con material no consolidado.

- d. Los mecanismos de transporte se caracterizan por una elevada proporción de carga sólida y una alta competencia. Esto agrava las consecuencias de las inundaciones torrenciales, atendiendo a dos variables principales: la proporción agua/sedimentos y la velocidad de la corriente.
- e. Formación y colapso de presas naturales y artificiales: la obstrucción de los cauces durante episodios de avenida es un fenómeno relativamente frecuente en los sistemas torrenciales, relacionado con los movimientos en masa y el taponamiento de tramos estrechos por acumulación de fragmentos vegetales o bloques rocosos. Son especialmente frecuentes y graves en las proximidades de puentes, entubaciones y cualquier otra infraestructura que interrumpa el funcionamiento natural del cauce. Al romperse estas presas, se generan caudales punta muy superiores a la avenida ordinaria, y con un poder destructivo mucho mayor por la numerosa carga que incorporan

Todos estos procesos multiplican ya no solo la peligrosidad, sino también la vulnerabilidad de las cuencas fluviales que los acogen, pues además, la espaciada diferencia temporal entre los eventos da lugar a que no resulten “esperables”, e incluso que sea difícilmente reconocible en el terreno la existencia de los cauces y las formas geomorfológicas resultantes.

Atendiendo a estas peculiaridades, y a la estrecha relación de la torrencialidad con los otros riesgos asociados que se citaban en el capítulo de introducción y objetivos, comienza a ser evidente la necesidad de aplicar en el ámbito torrencial mediterráneo métodos de análisis y propuestas de gestión diferentes a los habituales, adaptados a dichas particularidades.

4.1.1.2.1. El caso concreto de la producción de residuos sólidos por erosión de suelos.

La erosión de suelos, el consecuente aporte de sedimentación al flujo y en último lugar el nivel de aterramiento del lecho están regulados por la intensidad del aguacero, la estructura y textura edafológica, la protección del suelo frente a la erosión, la pendiente o los laboreos agrícolas realizados en las cabeceras. Se trata de una variable temporal con gran incidencia sobre la magnitud de las avenidas en las zonas medias y bajas y su potencialidad catastrófica.

El grado de aterramiento del cauce explica, en gran medida, el calado y extensión de la lámina de inundación y se convierte en un indicador del estado de salud del arroyo y su cuenca. Las avenidas de aguas limpias suelen evacuar sin excesivos problemas, en cambio, las catastróficas están frecuentemente relacionadas con importantes caudales sólidos.

En los tramos medios y bajos de los cauces, al sedimentar, este aporte eleva progresivamente el lecho, reduciendo la capacidad de la vía de desagüe. Además, el proceso se retroalimenta, y a su vez la inundación provoca más erosión en determinadas partes del llano de inundación y en el propio cauce. Su ensanchamiento, la socavación de las orillas o las acanaladuras son fenómenos frecuentes durante las avenidas e inundaciones, que se asocian también a una pérdida de productividad de los

suelos (Ayala-Carcedo y Olcina, 2002). Junto a ello, se favorecen colapsos del drenaje, zapamiento de laderas o inhabilitación de infraestructuras (Figura 2).



Figura 2. Imagen izquierda: acumulación de sedimentos heterométricos en una de las obras de paso de la cuenca del arroyo Piletas. Imagen derecha: aterramiento casi completo en entubamientos del cauce del arroyo Pollo Zamora. Fotos: autor.

4.1.2. Disposición y morfología del relieve del litoral mediterráneo andaluz: sistemas fluviales resultantes.

No solo por su régimen pluviométrico la cuenca mediterránea es lugar de extremos, sino también por los rasgos físicos del territorio. El relieve, en general muy montañoso y con una marcada orientación paralela a la costa, llega a presentar grandes desniveles, con un paisaje muy accidentado, interrumpido esporádicamente por valles aluviales y llanuras deltaicas litorales en donde se concentra la mayor parte de la población y la actividad económica. Con frecuencia, estos relieves finalizan directamente en formaciones acantiladas.

El litoral mediterráneo está configurado por el encuentro de las placas continentales europea y africana, presentando una plataforma continental estrecha, donde los relieves béticos hacen de telón de fondo próximo al litoral. En la estrecha franja litoral se suceden llanuras aluviales, con zonas húmedas, albuferas y deltas.

Se localiza este litoral sobre las Cordilleras Béticas, apareciendo representadas la mayor parte de las distintas unidades en que se subdividen las Zonas Internas de esta cordillera. En la zona que nos ocupan, están conformadas por el Alpujárride y Maláguide, con materiales de edad paleozoica que han sufrido procesos de metamorfismo. A continuación de éstos, se localizan una serie de unidades, en su mayor parte carbonatadas, que bordean por el norte en una franja discontinua a los materiales Maláguides y, más raramente, a los Alpujárrides.

Completan la cordillera los materiales neógenos que aparecen en el Valle del Guadalhorce y litoral almeriense, donde también encontramos manifestaciones volcánicas del Neógeno-Cuaternario, en la zona de Cabo de Gata.

Los ríos y arroyos mediterráneos, en sus cursos altos, aprovechan las líneas estructurales del relieve y los contactos litológicos con rocas más blandas y de inferior grado de compacidad, mientras que en

sus cursos medios y bajos se encajan sobre materiales de sedimentación neógena, tales como limos, margas y areniscas, generando frecuentes glacia. No obstante, en líneas generales se trata de cauces de escasa longitud y fuertes pendientes, que nacen ya próximos al mar. En el extremo oriental del litoral mediterráneo andaluz, donde se localizan las formaciones de ramblas, se favorece la formación de costas bajas en sus desembocaduras, por la enorme acumulación de materiales erosionados aquí depositados. Esto último es otra muestra muy expresiva del comportamiento y peligrosidad de la red fluvial desde el punto de vista de los riesgos naturales.

Centrando ahora el análisis en los distintos tipos de sistemas y redes fluviales que aparecen en el ámbito de estudio, debe partirse de la distinción entre dos tipos de sistemas fluviales principales (Segura Beltrán *et al.*, 2002):

- Autóctonos, con cuencas de escasa extensión superficial, que se desarrollan exclusivamente bajo características mediterráneas, con caudal efímero o directamente con comportamiento de rambla.
- Alóctonos, con caudal permanente y cuencas algo mayores, que nacen fuera del ámbito mediterráneo. Aquí existe cierta variabilidad climática.

Características comunes a ambos sistemas fluviales son la escasa cubierta vegetal, los suelos débilmente desarrollados, con importantes porcentajes de leptosoles, regosoles y antrososoles, la elevada permeabilidad de los materiales, principalmente calcáreos, y la densa ocupación antrópica de los llanos de los inundación.

El resultado de tales condicionantes es una rápida concentración del caudal, con hidrogramas bruscos, de súbita crecida, tipo *flash flood*, y tiempos de desfase de apenas unas pocas horas.

Los registros de caudales obtenidos en los ríos litorales mediterráneos arrojan resultados espectaculares. Entre los ríos alóctonos, el Turia en octubre de 1957 alcanzó un caudal instantáneo de 3.700 m³/s; el Júcar en 1982, más de 5.000 m³/s, con puntas de 15.000 m³/s; y el Segura en 1879 registró 1.980 m³/s. (Segura Beltrán *et al.*, 2002).

En cuanto a los ríos autóctonos, ramblas y torrentes, apenas vehiculan caudal después de las lluvias, y en estos casos la desproporción del hidrograma es aún más acusada. Las inundaciones provocadas por estas crecidas suelen ser, con mucho, más desastrosas, pues suelen coincidir con cauces ocupados debido a la falsa seguridad que provoca la ausencia de caudal.

En tales contextos, cabe distinguir tres tipos de redes, no necesariamente individualizadas en el territorio:

- Red de carácter dendrítico y jerarquizada en las cuencas más importantes.
- Red también dendrítica y con cierta jerarquización, cuyos cauces, frecuentemente de morfología “rambla” en los tramos medios y bajos, presentan un régimen de caudales caracterizado por su gran variabilidad.
- Red de arroyos cortos de corto recorrido, perpendiculares al litoral, con fuerte pendiente y aportes esporádicos.

En líneas generales, y es un factor notable para explicar las frecuentes inundaciones, se trata de redes de drenaje muy densas y a la vez poco jerarquizadas, con predominio de pequeñas cuencas que fragmentan el territorio en un minucioso y escasamente organizado mosaico fluvial.

Las cuencas extensas y jerarquizadas en torno a un río principal son las menos frecuentes, predominando las cuencas medias, de drenaje estacional, y aún más las cuencas pequeñas, con funcionamiento de rambla, solo tras lluvias muy intensas.

Son, además, cuencas con fuertes pendientes longitudinales, que en las cabeceras superan fácilmente el 40% de pendiente media, y que en pocos kilómetros desembocan en zonas llanas y deltaicas, con bruscas rupturas de pendiente que aportan una fuerte susceptibilidad frente a las inundaciones (Pita *et al.*, 1999).

Atendiendo ahora al trazado longitudinal del sistema fluvial, tomando la división básica de Schumm (1977), se pueden citar una serie de características geomorfológicas y de erosión/transporte/sedimentación según hablemos del tramo alto, medio o bajo del curso. Estas características dan lugar a contextos diferentes que influyen decididamente en la producción de avenidas.

Aunque los ríos mediterráneos son habitualmente de corto recorrido y en ocasiones carecen de alguno de estos tramos, pueden considerarse, precisamente por esa escasa superficie, sistemas casi “de libro” en la mayor parte de los casos.

En el **tramo alto** los cauces discurren encajados en los cordones montañosos litorales, sin llano de inundación, drenando torrentes y arroyos de lecho rocoso y tipo *braided*. El movimiento del agua es unidimensional y pueden alcanzarse calados y velocidades importantes. Existe predominio de los procesos de generación del flujo de escorrentía y producción de sedimentos, escaso desarrollo de la zona de transferencia y prácticamente ninguno de las áreas de depósito.

El **tramo medio** discurre normalmente por los mismos complejos montañosos del tramo anterior, aunque con relieves más moderados, o bien por valles interiores. Existe un predominio de la zona de transferencia, perdiendo influencia la producción de sedimentos a favor de la progresiva aparición de zonas de sedimentación.

Pueden aparecer ya terrazas, al menos en los cursos de mayor importancia. La pendiente disminuye, el río ocupa el fondo del valle con su cauce menor, e invade la primera terraza cuando éste es insuficiente. El movimiento del agua es también unidimensional, pero existe una importante diferencia en calados y niveles entre el cauce ordinario y el extraordinario.

Se pueden producir inundaciones en llanuras elongadas en las que se diferencia la vía de intenso desagüe y los márgenes de flujo inefectivo. En cualquier caso, este tramo es el menos representativo de los ríos que nos ocupan, y no es extraño que se pase directamente de tramos altos a desembocaduras, casi sin fase intermedia, y generando importantes abanicos aluviales.

El **tramo final** se suele desarrollar ya sobre llanuras litorales o piedemontes, con baja pendiente, y un comportamiento del flujo que puede llegar a ser bidimensional. El calado es escaso pero la velocidad es alta aún. Aquí, las zonas inundables pueden alcanzar amplias extensiones, de forma triangular. En el cambio brusco de pendiente al desembocar en el llano aluvial suelen producirse abanicos aluviales. Éstos consisten en depósitos fluviales con forma de conos que irradian pendiente desde el punto donde la corriente deja el área montañosa. Suelen estar relacionados con los ríos *braided*, y deben su formación a la migración lateral de los cauces, que a medida que colmatan una parte del cono se desplazan en busca de pendientes más favorables. El depósito se produce por el aumento de anchura del canal y la disminución de la profundidad del flujo, al pasar de una zona confinada a otra abierta, con la consiguiente disminución de velocidad y pérdida de la capacidad de transporte. En

ocasiones responde también a la pérdida de caudal por infiltración del agua al pasar de materiales impermeables a otros más permeables en una zona llana (Segura Beltrán *et al.*, 2002).

De igual modo, el tramo final es donde el sistema deposita su carga de sedimentos, con lo que el riesgo de inundación suma una de las características más notables de las redes fluviales mediterráneas: la carga sólida de su flujo.

Con todo lo anterior, y atendiendo fundamentalmente a las elevadas pendientes de las cuencas fluviales, debe concluirse que el modo en que se estructura el relieve del litoral mediterráneo andaluz es un importante condicionante del riesgo de inundación en la región. Paralelamente, es también un factor determinante para la erosión y producción de sedimentos, y para los movimientos en masa, todos ellos procesos asociados a la inundación.

4.1.3. Cambios funcionales y morfológicos en el uso humano del litoral mediterráneo andaluz.

La indudable importancia estratégica y económica del litoral mediterráneo ha supuesto que desde la década de los 50 haya experimentado una creciente complejidad en su estructura, ocupación y funciones, con cambios intensos y acelerados.

Su ubicación y características naturales y climáticas han actuado como imán turístico, residencial y económico. El proceso de litoralización que se ha dado en toda España, aquí ha tenido una relevancia aún mayor, y no solo relacionado con el turismo, sino también con la agricultura intensiva, las infraestructuras, las áreas comerciales y las deportivas (campos de golf, fundamentalmente). Así, en una muy estrecha franja de terreno, con evidentes limitaciones geomorfológicas y de capacidad de acogida, se ha producido una demanda de recursos territoriales difícilmente equiparable a otras regiones de Europa.

El sistema urbano que se ha generado cuenta con algunos de los principales centros regionales de Andalucía, y una densa red de ciudades medias, con fuerte ritmo de crecimiento urbano, y que muy frecuentemente llegan a contactar entre sí, conformando un continuo urbano metropolitano que ha colmatado territorialmente extensos frentes litorales.

Sin entrar en la afección que han sufrido los notables valores ambientales de la región mediterránea, se han producido muchas otras tensiones territoriales y ambientales, entre las que destacan los riesgos naturales, tanto desde el punto de vista de la peligrosidad como de la vulnerabilidad.

En la actualidad, el litoral mediterráneo no solo es el territorio con mayor inestabilidad y transformaciones territoriales de la península, sino también uno de los más dinámicos, estratégicos y productivos. En cualquier caso, la crisis inmobiliaria ha puesto en evidencia lo que era una realidad ya desde el principio de este proceso: la insostenibilidad de su desarrollo y lo irreal del crecimiento económico, basado fundamentalmente en la construcción y el turismo residencial.

La intensidad y rapidez de estos procesos ha generado patrones territoriales confusos, desorganizados y poco afines a la dinámica natural hidrológica e hidráulica de los espacios mediterráneos. La actividad humana ha actuado tanto induciendo el peligro, como generando exposición y vulnerabilidad frente a las crecidas e inundaciones (Gallegos, 2013).

4.1.3.1. *Condicionantes del riesgo asociados a los usos agrarios del litoral mediterráneo.*

El litoral mediterráneo andaluz durante la segunda mitad del siglo XX y los años que llevamos del siglo XXI se ha ido dibujando como un escenario de paisajes urbanos, turísticos y residenciales, pero más allá de éstos, históricamente siempre ha sufrido una fuerte presión demográfica, que con anterioridad a los años 50 estaba relacionada fundamentalmente con los aprovechamientos agrarios.

Tales aprovechamientos han quedado ahora relegados a los tramos medio o alto de las cuencas fluviales, apareciendo tres estadios diferentes:

- Espacios agrícolas tradicionales
- Espacios agrícolas tradicionales abandonados
- Nuevas agriculturas

Así, y ya sin tener la representatividad que ha tenido ancestralmente, siguen existiendo numerosos espacios agrícolas tradicionales. Pero también tienen un peso importante los terrenos agrícolas abandonados y las nuevas agriculturas, considerados en términos cuantitativos, por su extensión, los primeros, y cualitativos, por su localización, los segundos.

4.1.3.1.1. *Los espacios agrarios y el frágil equilibrio de la región: vegas y marismas, secanos en laderas y nuevas agriculturas.*

Para el análisis global de los grandes tipos de aprovechamientos agrarios en el litoral mediterráneo, se ha consultado el Mapa de Paisajes de Andalucía y su memoria (Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y Universidad de Sevilla, 2005).

Considerando en primer lugar los espacios cuya localización espacial está más directamente relacionada con los riesgos naturales, destacan los regadíos de valles y marismas, que se concentran principalmente en zonas llanas de vegas, donde los aluviales de los ríos permiten una fácil disposición de recursos, al mismo tiempo que presentan condiciones más favorables para los cultivos.

Su mayor desarrollo se encuentra en ejemplos como las vegas de los ríos Guadalhorce o Andarax, si bien son casos excepcionales, y mayoritariamente responde a estrechos valles de ríos con cuencas menores.

La existencia de agua y la calidad de los suelos han permitido una ocupación densa y prolongada del suelo que, a su vez, ha dado lugar a una trama parcelaria y una diversificación de usos compleja y rica. Como consecuencia, los componentes característicos del paisaje agrario dominante se entremezclan aquí con una densa presencia humana.

De igual modo, estas zonas, tanto cuando se localizan en la llanura litoral como en los valles de las cuencas medias, normalmente estrechos y con terrazas muy encajadas, tienen una elevada exposición a la inundabilidad.

A excepción de las vegas, el litoral mediterráneo había permanecido al margen de cualquier actividad productiva antrópica hasta la segunda mitad del siglo XX. Pero en esta fecha, y por una serie de avances técnicos en el campo de la agronomía, como el descubrimiento de la potencia de los freáticos litorales y las excelencias del clima para la propiciar la precocidad productiva, comienzan a desarrollarse agriculturas intensivas bajo plásticos y cultivos exóticos, muy competitivos en mercados exteriores. Así, desde los años 60 los invernaderos se han ido extendiendo hasta la actualidad por hoyas y llanuras mediterráneas, principalmente de los Campos de Dalías y Níjar, y en laderas y vertientes montañosas del mismo litoral de la Axarquía malagueña y costa granadina.

Estas agriculturas intensivas, que han podido competir con el proceso urbanizador y permanecer, se han tecnificado, obteniendo altos rendimientos en ámbitos donde la topografía y los recursos edáficos e hídricos deberían ser limitantes, llegando a extenderse incluso por laderas con pendientes progresivas y cotas elevadas. No obstante, más allá de la superficie directamente ocupada, precisa de importantes infraestructuras viales e industrias auxiliares, generando modelos territoriales complejos. Además, los invernaderos han producido dos efectos destacables para los riesgos naturales: la impermeabilización del suelo y los aterrazamientos bruscos.

Más allá de lo anterior, estos espacios han constituido otro de los factores explicativos del desarrollo productivo y territorial del litoral mediterráneo.

Paralelamente a las nuevas agriculturas, los aprovechamientos tradicionales, fundamentalmente cultivos de secano en laderas, comenzaba a abandonarse y dejar espacios yermos, si bien no deja de ser cierto que ocupan aún un destacado porcentaje de la región. Aunque aparezcan por todo el litoral, se concentran de manera más destacada en la costa malacitana.

En último lugar, los pastizales destinados a usos ganaderos están ubicados mayoritariamente en las cabeceras de cuencas, donde se propicia una ganadería extensiva de ganado caprino y ovino.

Ancestralmente, y tal como se ha comentado en la introducción a este apartado, el intenso aprovechamiento agrario en la montaña mediterránea ya la ha ido configurando como un espacio peculiar, pues otras regiones con relieves similares no han sufrido tales usos y transformaciones.

Una vez agotados los estrechos valles fluviales y vegas litorales, la agricultura se ha extendido por laderas con fuertes pendientes, o incluso ha usado terrenos mal drenados, con problemas, entre otros, de insalubridad. Se han usado por tanto, espacios de escasa aptitud agrícola y frecuentemente productores y/o receptores de riesgos naturales.

En los últimos años, en términos generales, la evolución ha sido hacia el abandono de buena parte de tales aprovechamientos, aunque no queda claro si este proceso ha supuesto un incremento o decremento en la producción de riesgos naturales, pues algunos autores citan, por ejemplo, que se origina un aumento de la pérdida de suelo, mientras que otro aseguran que la vegetación natural arbustiva o herbácea que ocupa los antiguos labrados le protege mejor que su uso anterior. En cualquier caso, la recolonización o no por parte de la vegetación y el modo en que evoluciona la erosión potencial y la producción de sedimentos está estrechamente relacionado con las condiciones climáticas, que sí es cierto que pueden considerarse escasamente favorables en nuestra región.

En resumen, el uso agrario en los tramos altos de las cuencas fluviales conlleva una frecuente ruptura del frágil equilibrio de los ecosistemas del monte mediterráneo, fundamentalmente relacionado con la erosión e incorporación de sólidos al caudal, tal como se explicará con más detenimiento en el próximo sub-apartado.

En tramos medios, se relaciona con la exposición a las inundaciones. Son altamente vulnerables a las crecidas por la pérdida de banales arrastrados por el agua, y altamente peligrosos por las rápidas modificaciones que introducen en la dinámica fluvial (en ocasiones basta un solo evento tormentoso para que se produzcan estas alteraciones de la dinámica fluvial y del comportamiento sistémico), así como por la incorporación al caudal de elementos procedentes de la actividad agraria, movilizados por la zapa de terrazas y márgenes cultivados. De igual modo, en tramos bajos dan lugar a una elevada exposición frente al riesgo de inundación.

4.1.3.1.2. Los procesos erosivos asociados a los usos agrarios y la producción de restos vegetales.

En las últimas décadas se han producido intensos cambios en la región mediterránea andaluza, y de manera más evidente, en sus áreas más montañosas. Estos cambios han estado relacionados frecuentemente con los aprovechamientos agrarios, ya sea por abandono, cambio de uso o entrada de nuevos aprovechamientos ligados a las nuevas agriculturas intensivas o alentados por políticas europeas. Si bien el cambio de paisaje ha sido un efecto inmediato y destacable, no es menos notable, aunque haya sido en un plazo más prolongado, la afección sobre los balances de agua y sedimentos (Abadín *et al.*, 2004). En el Informe de Sostenibilidad Ambiental del Plan hidrológico de la demarcación hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas (2010), se realiza el siguiente análisis de las parcelas más afectadas por la erosión en los distintos aprovechamientos agrícolas y eriales:

- Cultivos leñosos: este tipo de cultivos presenta unos valores de pérdidas de suelo entre altos y muy altos en la demarcación de la cuenca mediterránea andaluza. Normalmente se encuentran en zonas de elevada pendiente donde la densidad de la plantación es baja, generándose surcos, regatos y finalmente cárcavas, que son indicadores de la erosión hídrica que se produce en el terreno. Suelen ser suelos con cultivos leñosos como el almendro, la vid, frutales y el olivo.
- Cultivos extensivos de secano: normalmente los cultivos de secano situados en zonas de fuerte pendiente y que no son objeto de prácticas de conservación dan lugar a importantes pérdidas del suelo como consecuencia de la erosión. El laboreo llevado a cabo en máxima pendiente junto con la quema de rastrojeras o la utilización de maquinaria muy potente son prácticas que contribuyen al incremento de los procesos erosivos.
- Sistemas agrosilvopastorales afectados de sobrepastoreo: a la excesiva carga de ganado se le debe añadir el empleo de técnicas inadecuadas de manejo de tierras de pastos, como es el caso de la quema de matorral o la ausencia de rotaciones, todo ello en tierras con elevadas pendientes o tierras deleznable, que contribuyen a la degradación de las superficies.
- Sistemas agronómicos de regadío: los aspectos a tener en cuenta y que van a promover el proceso de la desertificación suelen ser la sobreexplotación de acuíferos, el deterioro de la calidad del agua, ya sea por intrusión salina o por polución con agroquímicos, y la salinización de los suelos. Es especialmente en las áreas costeras donde la sobreexplotación

abusiva origina la intrusión de agua de mar y el consiguiente empeoramiento de la calidad química de los acuíferos.

- Matorrales degradados y eriales: normalmente estas formaciones proceden de la degradación de formaciones vegetales más maduras, dotadas de mayor complejidad ecológica. En estos casos se alcanza su máxima gravedad cuando su intensidad es tal que se supera el umbral de reversibilidad, lo que impide la reconstrucción del terreno aunque cesen las causas que generaron dicha degradación. Resulta especialmente grave la desaparición de matorrales mediterráneos de gran valor protector y ecológico, que en muchas zonas es la única vegetación capaz de soportar las críticas condiciones ecológicas del entorno.
- Cultivos marginales abandonados: es muy frecuente en la cuenca mediterránea andaluza la presencia de terrazas de cultivo abandonadas debido a los cambios socioeconómicos producidos a partir de los años sesenta. Estas zonas generalmente dan lugar a la desertificación, aunque todo dependerá de las condiciones edáficas, geomorfológicas y climáticas.

En líneas generales los aprovechamientos agroganaderos en el litoral mediterráneo andaluz tienen escasas posibilidades de diversificación, con cultivos poco protectores del suelo, como el viñedo y el almendro, en zonas de pendiente y condiciones muy desfavorables, que impulsan el proceso erosivo, aumentado frecuentemente por el arado de terrenos en forma perpendicular a las curvas de nivel. Además, el sobrepastoreo genera un rápido deterioro del suelo a causa de su compactación, lo que hace disminuir la infiltración y aumentar la escorrentía superficial y la pérdida de suelo.

De otro lado, además de los condicionantes directamente ligados a los usos agrarios, también debe considerarse otros de gran relevancia como los incendios forestales, la pérdida de cubiertas vegetales protectoras o la urbanización de las cuencas medias o incluso de las cabeceras.

No obstante, al citarse el problema de la erosión no solo se quiere hacer referencia al riesgo natural en sí, sino también a la producción de sedimentos sólidos que conlleva y a su posterior arrastre por los caudales de escorrentía e incorporación al flujo de ríos y arroyos. La incorporación de tales sedimentos, junto con la incorporación de restos vegetales, incrementan notablemente la extensión y el daño potencial de las láminas de inundación.

4.1.3.2. *Celeridad e intensidad de los cambios en la morfología y dinámica funcional del litoral mediterráneo: evolución de la población y el poblamiento.*

Otros dos grupos de factores del medio humano directamente relacionados con la producción del riesgo de inundación y asociados son la población y el poblamiento, y para el caso que nos ocupa debe hacerse referencia al modo acelerado e intenso en que ha caracterizado y caracteriza su dinámica funcional e implantación en el territorio. Junto a esto, la morfología del patrón de poblamiento en el litoral mediterráneo andaluz tiene unas peculiaridades, igualmente condicionantes del riesgo, que serán descritas en este apartado.

4.1.3.2.1. Crecimiento poblacional intensivo.

El litoral mediterráneo andaluz se caracteriza por el intenso crecimiento poblacional que viene soportando desde hace varios decenios y de manera sostenida hasta 2008, cuando el estallido de la crisis inmobiliaria comenzó a moderar esta evolución.

Entre 2001 y 2011, para la totalidad del litoral andaluz (mediterráneo y atlántico), el crecimiento de la población ha sido del 22,5%, frente al 14,5% de la comunidad andaluza. Las mayores tasas de este crecimiento se han concentrado en el litoral almeriense y malagueño (34 y 28%), representando el litoral malagueño casi la mitad del aumento total de la población litoral.

Las regiones con una evolución más intensa han sido la Costa del Sol Occidental y Oriental, y los municipios de Almería y el levante y poniente almeriense. En este último decenio se ha sumado con fuerza también el municipio de Málaga.

Buena parte de este crecimiento se debe a los procesos migratorios. Así, en el periodo que venimos citando, 1.275.188 personas migraron a los municipios litorales andaluces, lo que supone el 43% del total de inmigrantes a nuestra comunidad. Nuevamente, el peso del litoral malagueño en esta variable supone casi el 50% del total (Plan de protección del corredor litoral de Andalucía, 2013).

En 2007, en cualquier caso, cesó esta tendencia migratoria, aunque el balance haya seguido aun siendo positivo. Si bien la inmigración extranjera se ha mantenido, el freno se debe en buena parte al brusco cese del desplazamiento de mano de obra para el sector de la construcción.

Más allá, en cualquier caso, de la población de derecho, el enorme crecimiento de la actividad turística durante los últimos 30 años ha supuesto incrementos aún más notables de población estacional, evaluados en 890.000 habitantes equivalentes en términos anuales (Plan hidrológico de las cuencas mediterráneas andaluzas, 2013). Esto conlleva, obviamente, un enorme aumento de infraestructuras, tanto de alojamiento (hoteles, apartamentos y alojamientos rurales) como de servicios.

4.1.3.2.2. El proceso de litoralización del poblamiento.

i. Litoralización y generación de áreas causales y receptoras del riesgo.

Paralelamente a la evolución poblacional, y en buena parte dependiente de ella, se ha ido configurando un patrón territorial con unas características muy definidas y estrecha relación con la producción de los riesgos naturales. Los tradicionales pueblos litorales, normalmente con modestas poblaciones asentadas a ambos márgenes de la carretera de la costa o bien pequeños asentamientos pesqueros, han sufrido una intensa transformación de orientación turística y residencial, o por simple inercia económica.

A efectos del análisis que interesa para este estudio, la descripción del poblamiento del litoral mediterráneo se centrará con mayor interés en el proceso de litoralización del último cuarto del siglo

XX. Es a raíz de aquí cuando comienza a cambiar de manera notable y acelerada el paisaje urbanístico e incluso geomorfológico del litoral mediterráneo andaluz.

Desde entonces han crecido y se han multiplicado los núcleos costeros, desligándose de sus funciones pesqueras o portuarias y acogiendo las funciones turísticas, de segunda residencia y de nuevas agriculturas.

La agricultura tradicional pasa a ser un uso residual, y con su abandono aparecen nuevos espacios degradados, en los que la periurbanización tendrá una primera puerta de entrada para su desarrollo paralelo a la litoralización.

Otro efecto de la litoralización es la aparición de nuevos núcleos costeros o el desarrollo desproporcionado de antiguas barriadas que terminan superando en población y poblamiento a sus núcleos de cabecera históricos, dispuestos algunos kilómetros al interior habitualmente por razones de protección frente a las inundaciones.

El desarrollo urbano no solo se extiende por la franja litoral, sino que en fases posteriores también lo hará laderas arriba, por las sierras litorales, una vez que se ha agotado el frente costero. Con ello ya no solo se está modificando la exposición y vulnerabilidad, esto es, las áreas receptoras, sino también se están creando nuevas áreas causales.

A la vez, se comienzan a ocupar los espacios intersticiales con poblamiento difuso y urbanizaciones turísticas o de segunda residencia, pero en cualquier caso, aislados y desvinculados de las infraestructuras de los núcleos cabecera.

Los únicos espacios que quedan libres de ocupación son los espacios agrícolas que mantienen su rentabilidad o las superficies que pertenecen a la red de espacios naturales protegidos de Andalucía, que no obstante, tiene escasa representación en la franja litoral mediterránea.

ii. Análisis de las distintas fases del proceso de litoralización.

Tomando como referencia inicial el denominado “vuelo americano” de 1956/57¹, la evolución del poblamiento en el litoral mediterráneo entre dicha fecha y la actualidad puede dividirse en cuatro fases diferenciadas:

Entre 1956 y 1977 comienza a definirse el modelo de desarrollo urbano. La Costa del Sol, empujada por políticas de fomento del turismo desde la administración central, inicia rápidamente su desarrollo urbano, con síntomas de conurbación entre Málaga y Estepona.

Entre 1977 y 2001 se intensifica la ocupación del litoral, manteniendo los focos de desarrollo territorial que ya se empezaban a dibujar en la anterior fase. Es ahora cuando la Costa del Sol ofrece los mayores crecimientos absolutos. Numerosos municipios explotan el valor paisajístico y la hasta la fecha baja densidad edificatoria, para incrementar notablemente su desarrollo urbanístico.

¹ Servicio cartográfico del ejército e Instituto geográfico nacional, serie “B”. 1956-57.

Otras zonas, como la Axarquía y la Costa Subtropical granadina, aún presentan valores de crecimiento muy bajos, con algunas excepciones como el municipio del Rincón de la Victoria. En la costa almeriense, el desarrollo de suelo urbano se traslada del Poniente al Levante.

A lo largo del presente siglo, la Costa del Sol Occidental sigue situada a la cabeza de los incrementos absolutos y relativos, colmatando los pocos espacios libres en la primera línea de costa y extendiéndose por laderas abruptas de las sierras litorales, todo ello con especial relevancia para el incremento de los riesgos naturales. La expansión urbanística llega más allá de Estepona, con importantes crecimientos de los municipios más occidentales de la provincia malagueña, y los más orientales de la gaditana.

El levante almeriense registra el incremento relativo más alto, con la creación de grandes complejos residenciales y turísticos en municipios como Vera o Mojácar. La costa granadina, más constreñida por las sierras litorales, ha sufrido una modificación urbanística del territorio más moderada, concentrándose principalmente en deltas y depósitos aluviales de ríos y ramblas, lo que ha conllevado ya importantes tragedias por inundaciones, como la acaecida en La Rábida en 1973.

En cualquier caso, la práctica totalidad del litoral mediterráneo ha crecido por encima del 10% en este periodo, y en la costa occidental malagueña y oriental almeriense se llega a duplicar la superficie urbanizada en muchos de sus municipios.

Finalmente, y desde 2007 hasta la actualidad, se produce una importante ralentización del crecimiento económico y el desarrollo urbanístico. Esta desaceleración no está directamente relacionada con el turismo, pues éste resiste aceptablemente a la situación de crisis, pero sí con el modelo de inversiones en segundas residencias y apartamentos, y con el fin de la fase expansiva económica en las administraciones locales. Las zonas con mayor dinámica urbanizadora, los litorales malagueño y almeriense, mantienen lentos crecimientos por la inercia de los desarrollos ya iniciados.

iii. La urbanización difusa y la alteración de los equilibrios del territorio.

Como se ha citado con anterioridad, ha sido el desarrollo turístico el principal impulsor del cambio de modelo de poblamiento en el litoral mediterráneo. Las primeras localizaciones turísticas surgen alrededor de algunos núcleos urbanos tradicionales, que rápidamente cambian su fisonomía, destacando la aparición las grandes urbanizaciones turísticas y residenciales, aupadas por el éxito de la “segunda residencia”, que en los municipios litorales de Andalucía han llegado a suponer más del 60% de las existentes en toda la comunidad.

Esta evolución ha sido especialmente intensa en el litoral de Málaga, seguido del almeriense y con el litoral granadino a cierta distancia. En cualquier caso, aunque los ritmos hayan sido diferentes, los patrones son muy similares.

Solo a raíz de la crisis, desde el año 2007, se modifica bruscamente esta evolución, bajando a cifras de urbanización de 1992.

De especial relevancia en todo este proceso ha sido el modelo de urbanización difusa, basado en urbanizaciones aisladas de difícil integración con la estructura urbanística municipal. Han requerido de grandes inversiones en infraestructuras, y han desestructurado los paisajes y sistemas naturales, fragmentando el territorio y haciendo aparecer la peligrosidad y vulnerabilidad donde antes existía

equilibrio entre los procesos naturales y antrópicos. Se han situado además frecuentemente en la orla cabecera del litoral, en una posición especialmente complicada en relación con los riesgos naturales, por tratarse de áreas causantes.



Figura 3. Imagen parcial de Santángelo Norte, una urbanización abandonada tras su finalización, con la práctica totalidad de sus viviendas sin ocupar, en las laderas de la Sierra de Mijas (Benalmádena). En estos espacios se suma la peligrosidad por los numerosos elementos de obra, residuos abandonados y suelos descompactados, que se incorporan a los flujos de inundación ya sea como áridos o como objetos de gran volumen. Foto: autor.

La paralización de esta dinámica con la crisis económica no ha supuesto aún una readaptación del modelo y una modificación de los PGOUs y POTs. Sí ha aparecido, por el contrario, alguna normativa que a modo de emergencia pretenden evitar la colmatación de todo el litoral andaluz, pero su efectividad no será real si no se acompaña de nuevos modelos en la ordenación técnica y gestión del territorio y de sus procesos naturales.

iv. Morfologías resultantes en las áreas rurales y en los núcleos urbanos.

Las morfologías resultantes de las anteriores dinámicas se expresan en las áreas rurales con campos frecuentemente tachonados de construcciones dispersas, muchas de ellas emplazadas en promontorios o en el centro de amplias parcelas cultivadas, lo que hace aún más notable su impacto sobre el paisaje.

Las afecciones territoriales por estas alteraciones en el interior de las cuencas mediterráneas se están dando actualmente, además, de manera bidireccional, pues a la par que siguen apareciendo estos usos urbanísticos aislados, también se está produciendo desde hace algunas décadas un abandono de las poblaciones diseminadas y núcleos rurales más pequeños. Las peores condiciones de vidas en el ámbito rural y su consecuente abandono han supuesto a su vez una pérdida

significativa del patrimonio rural que había acumulado, así como se convierte en un factor activador de la erosión y degradación de suelos y paisajes.

Los núcleos urbanos, por su parte, también han sufrido rápidas modificaciones en su morfología. No obstante, la debilidad de una economía poco dinámica, al menos en relación lo acelerado de su crecimiento, y con importantes insuficiencias estructurales, ha dado lugar a ensanches y espacios periurbanos fragmentarios y a tramas urbanas heterogéneas que mezclan barrios burgueses con sectores de viviendas de autoconstrucción y chabolas. Este último caso aparece representado en la cuenca del Arroyo Jaboneros, incorporada a la casuística de estudio de este trabajo.

Junto a este proceso ha existido una expansión más sistemática y regular de las áreas periurbanas de las ciudades a partir de los años 60, por las aportaciones de la política de viviendas sociales, con la aparición de los denominados barrios, barriadas y polígonos.

La aparición del planeamiento urbanístico, con su progresivo desarrollo normativo, ha sido tan bienintencionado como sistemáticamente incumplido, siendo ineficaz para lograr un crecimiento urbano ordenado y compacto. En los últimos años del siglo XX se avanza en la estructuración funcional de los entornos periurbanos, pero precisamente en estos años, y en los primeros del siglo XXI, el desarrollo urbanístico y turístico alcanza cotas tales que ni aún la profusa regulación normativa es capaz de hacer frente al nuevo fenómeno.

El entorno de la ciudad se transforma en un espacio de cambios dinámicos y morfológicos acelerados y desorganizados, con escasa o nula sintonía con las condiciones de riesgo subyacente al territorio que se ocupa.

v. Intensidad del proceso de urbanización: patrones dinámicos y morfológicos identificables y homogéneos para la región, y contrastes internos.

Concluyendo, el litoral mediterráneo ha sufrido una fuerte transformación o ruptura de equilibrios naturales y territoriales. Esta transformación ha sido rápida, desordenada e intensa, generando precisamente a causa de ello, patrones con una dinámica y morfología muy definidos y concretos para la región.

Especialmente existen lugares donde la desestructuración del patrón territorial se expresan con mayor intensidad. Así, y según criterios establecidos por el Informe de Sostenibilidad Ambiental del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, las regiones andaluzas mediterráneas con un nivel de naturalidad más bajo como resultado de los procesos mencionados (medido en términos de proporción territorial ocupada en cada ámbito por las unidades fisionómicas con predominio de cobertura forestal) son el Valle del Guadalhorce y la Costa del Sol. Y las más fragmentadas (estimadas mediante la aplicación de un indicador de densidad de polígonos o recintos por kilómetro cuadrado) son la Costa del Sol y la Costa de Granada.

Parece obvio por tanto que la Costa del Sol es donde la representación de los patrones citados es más evidente, apareciendo un modelo basado en la ocupación masiva del frente costero, con proliferación de urbanizaciones y áreas comerciales, y construcción de grandes infraestructuras, en especial viarias, que con frecuencia invaden e interrumpen el dominio público hidráulico y el marítimo terrestre. De igual modo, es aquí donde la ocupación urbanística de laderas con fuertes pendientes próximas al mar, unido a la creciente deforestación, ha acelerado en mayor grado los

procesos erosivos e incrementado más notablemente la vulnerabilidad y peligrosidad natural por inundación y deslizamientos.

Las áreas causantes de la peligrosidad se entremezclan así de forma desordenada con las áreas receptoras, dificultando la estructuración del modelo espacial de mitigación y gestión del riesgo.

4.1.3.2.3. Un ejemplo del modelo urbanístico: el área metropolitana de Málaga.

A modo de ejemplo, con idea de cuantificar los procesos y modelos citados en los anteriores apartados, se expone a continuación el actual planeamiento urbanístico del área urbana de Málaga, que incluye los municipios de Mijas, Fuengirola, Benalmádena, Torremolinos, Málaga y Rincón de la Victoria, abarcando con ello el ámbito de las cuencas de trabajo incorporadas a este estudio.

El primer aspecto que debe llamarnos la atención es la ausencia de un modelo de ciudad compacta. Esto puede verse mediante la siguiente figura (ver *Figura 4*), extraída del Informe de Sostenibilidad en España del año 2010, y que muestra el porcentaje de áreas transformadas de zonas no artificiales hacia diferentes clases de superficie artificial entre 1987 y 2006.



Figura 4. Porcentaje de áreas transformadas de zonas no artificiales hacia diferentes clases de superficie artificial entre 1987 y 2006. Fuente: Elaboración OSE a partir de datos de la base de datos de cambios de CLC-2006 (IGN, Ministerio de Fomento).

Se aprecia que solo el 7,25% de la superficie transformada desde zona no artificial ha sido tejido urbano continuo, mientras que el tejido urbano discontinuo representa un 23,13%. Esto supone que las áreas periurbanas tienen, y aún más en los próximos años, van a tener un peso destacable en el modelo urbanizador.

Este fenómeno es en el área urbana de Málaga donde alcanza su mayor intensidad, con una proporción de suelo urbano no consolidado y suelo urbanizable muy superior al resto de las áreas urbanas españolas, tal como cita el mismo informe.

Aquí, la proporción de áreas potenciales de desarrollo es mucho más elevada. En concreto, el suelo urbano no consolidado, el urbanizable delimitado y el no delimitado, son el doble que la media, así como los sistemas generales (ver *Figura 5*).

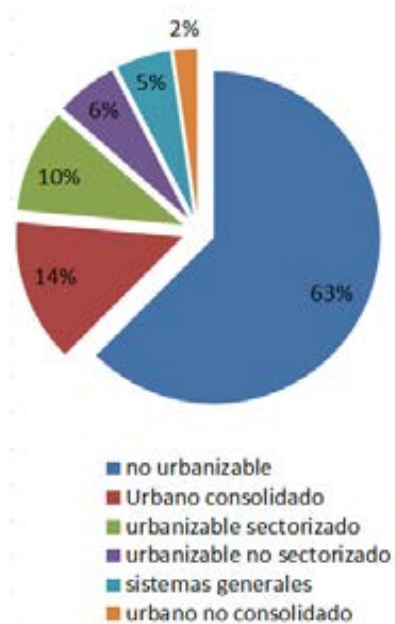


Figura 5. Distribución de las clases de suelo en el área urbana de Málaga. Fuente: OSE, a partir de datos del Sistema de Información Urbana del Ministerio de Vivienda.

Este fenómeno es extensible a toda la Costa del Sol, donde el porcentaje de suelo urbano no consolidado alcanza el 4,46% del total territorial, muy por encima de cualquier otra ciudad o región española, cuya media es del 1,14%.

Igualmente, el Área Urbana de Málaga presenta los mayores porcentajes de crecimiento de las principales áreas urbanas de España, alcanzando para las áreas de desarrollo -considerando el suelo urbano no consolidado y urbanizable delimitado- un 12,31% del total, cifra que alcanza un 18,28% cuando se contempla el suelo urbanizable no sectorizado. Esto supone que el desarrollo previsto aumentaría el tamaño del tejido urbano del área en un 88,54%, y en el caso de contabilizar el suelo urbanizable no delimitado, llegaría hasta el 131,49%, esto es, más del doble del área urbana actual.

En relación, por último, al uso previsto para tales superficies de desarrollo, y partiendo de que el área metropolitana cuenta con 99 millones de m² edificables, 62 millones de m² se encuentran en ámbitos o sectores con un uso predominante residencial (62,30%), 17 millones de m² sin uso predominante determinado (17,38%), 11 millones de uso predominante industrial (11,33%) y 9 millones de uso predominante terciario (8,99%).

4.1.4. La periurbanización del litoral mediterráneo como condicionante del riesgo.

Como se ha venido narrando, el litoral mediterráneo andaluz en la actualidad se presenta como un continuo urbano en la práctica totalidad de su territorio, resultando las áreas periurbanas un nexo de este continuo en los espacios intersticiales. Por ello, hasta ahora se ha descrito el litoral en su conjunto. No obstante, el propio hecho de la periurbanización, más allá de formar parte del propio objeto espacial de análisis, es uno de los factores más determinantes en relación al riesgo, por lo que este apartado se centrará en analizar sus particularidades.

Seguidamente a dicho análisis, se determinará la imbricación que existe entre las cuencas fluviales periurbanas y el espacio de riesgo.

Los espacios periurbanos tienen una importancia cuantitativa y cualitativa destacable en el ámbito litoral mediterráneo. La importancia cuantitativa ya ha quedado patente en apartados anteriores, cuando se ha descrito el elevado porcentaje de tejido urbano discontinuo (espacios de interfase) que lo caracteriza. La cualitativa también ha quedado reflejada por la complejidad e importancia territorial de los patrones territoriales y dinámicas que genera en nuestra región.

El desarrollismo urbanístico que se viene describiendo, y más aún, la modalidad específica de este desarrollismo en el litoral mediterráneo, ha configurado nuevos espacios con rasgos originales respecto a las tipologías existentes hasta entonces, ya sea rural o urbana, además de haber complicado notablemente los sistemas que se dan lugar en ellos por las propias particularidades físicas y geográficas de la región.

Ante esta situación, nos hemos encontrado con carencias en los métodos usados actualmente desde la geología, la ingeniería, o incluso desde la geografía, para hacer frente a su análisis e interpretación. Es necesario, pues, perfilar nuevos enfoques que permitan entender y actuar frente a estas nuevas realidades espaciales. En este sentido, Perles (2010), propone identificar unidades de terreno con comportamiento homogéneo e identificar los factores en su interior, partiendo de una concepción del riesgo como fenómeno territorial, en el que los impactos son consecuencias de las interrelaciones espaciales y temporales entre los distintos elementos y factores que componen el territorio, sean éstos de carácter natural o humano. Se plantea ahora la necesidad de dar el paso a la aplicación y concretarlo de manera práctica en un procedimiento ad hoc y en una metodología cartográfica.

Para abordar las particularidades de la generación del riesgo en espacios periurbanos es necesario un análisis previo de las características de estos espacios. Desde la Geografía se han realizado numerosas aportaciones al concepto de áreas periurbanas, con gran diversidad de enfoques y terminologías propuestas: *áreas de influencia*, *hinterland*, *umland*, *áreas periurbanas*, *rururbanas*, *banlieues*, *rural urbanizado*, etc (González, 1987).

4.1.4.1. *Las razones de la periurbanización.*

El proceso de periurbanización puede deberse tanto a que la ciudad, en su crecimiento, llega hasta un sitio determinado, por mera expansión urbanística no concentrada, o bien a que la ciudad aparece en ese sitio determinado. En este segundo caso se debe a la mejora de la imagen de las periferias urbanas, en las que surgen *ex profeso* en ese lugar nuevos desarrollos urbanísticos, al dejar de ser lugares de exclusión social y alcanzar dinamismo socioeconómico propio.

En relación a esto, y para el ejemplo de la cuenca del Arroyo Jaboneros, encontramos ambos modelos. En la mitad sudoccidental se asienta la barriada periférica, de autoconstrucción y urbanismo marginal, de “La Mosca”, mientras que en la mitad sudoriental se localiza la barriada de

“Pinares de San Antón”, en la que se pone en valor el hecho de la periurbanización, como lugar de contacto con la naturaleza y cierto aislamiento voluntario frente la ciudad (Mérida, 1994).

Esta revalorización de los espacios periurbanos, y el crecimiento disperso es común a mayor o menor intensidad en toda Europa. Poco a poco se está rompiendo la tradicional dicotomía entre el campo y la ciudad, con la creciente aparición y expansión de las áreas periurbanas y la urbanización dispersa. La razón principal debe estar en la desaparición de la concepción centralista de la ciudad en el presente contexto de globalización (Entrena, 2005).

Así, en el caso concreto del entorno metropolitano de Málaga, y aunque los nuevos espacios periurbanos mantienen lógicos vínculos socioeconómicos con la capital, en buena parte se han desarrollado de manera independiente a ésta, debido a los lazos funcionales internacionales que ha desarrollado la Costa del Sol, fundamentalmente desde el punto de vista turístico. El turismo y otros desarrollos económicos recientes han generado una red de relaciones y flujos de personas independientes de la cabecera, Málaga, y que se ligan al aeropuerto o a otras ciudades turísticas, como Torremolinos o Marbella.

Estos distintos tipos de formación de áreas periurbanas, pueden dividirse en los siguientes modelos (Zárate, 1984):

- a. Desarrollo discontinuo: la franja periurbana surge en torno a la ciudad central, de manera regular, dando origen a un área de baja densidad de población.
- b. Desarrollo radial: el crecimiento tiene lugar a lo largo de las principales vías de comunicación y de forma segmentada.
- c. Desarrollo a saltos: el espacio periurbano se compone de núcleos de usos de suelo urbano en medio de territorios cuya función era exclusivamente rural.

El desarrollo, en cualquiera de los tres tipos, raramente responde a modelos proyectados previamente. Las grandes actividades periurbanas planificadas apenas suponen un 2% en número y un 25% en superficie del total del fenómeno periurbano (Abadía, 2002), resultando el grueso de la ocupación de suelo por mero avance urbanístico y sin planificación o normativa adecuada, normalmente asimilándolo inadecuadamente a la ya existente.

Las causas de la expansión urbanística con el nuevo modelo desconcentrado pueden ser muy subjetivas, y variables según la región, pero para nuestro ámbito podrían responder a lo siguiente:

- i. El interés de la población por residir en un ambiente más tranquilo y con mayor calidad medioambiental.
- ii. La necesidad de acceder a viviendas más económicas.
- iii. El interés de las administraciones locales por rentabilizar económicamente el suelo periurbano, clasificándolo como urbano, en lugar de darle otro uso de mayor interés social o funcional, pero de menor valor económico.
- iv. El desarrollo de las infraestructuras en una región donde el turismo y el desarrollo residencial casi han fagocitado los sectores primario y secundario, y más concretamente el avance de las vías de comunicación y el transporte privado frente al transporte público.

- v. El desarrollo de internet, que posibilita romper la dependencia de los centros urbanos tanto en aspectos laborales como administrativos, y cada vez en muchos otros, como los comerciales o culturales.

4.1.4.2. Tensiones del proceso.

Con todo lo anterior, pasamos de la ciudad compacta a lo que algunos autores llaman “ciudad dispersa”, en la que las zonas rurales son ocupadas por población generalmente desligada de estas áreas, que desconocen su funcionamiento y sus valores reales. Con esta ciudad dispersa se aumenta la imbricación entre dos realidades antes claramente diferenciadas, y aparecen espacios multifuncionales sometidos a grandes y rápidas transformaciones. En estos espacios multifuncionales, además de mantenerse los usos agrarios y aparecer los residenciales, se suman muchos otros, como los de ocio, infraestructuras o industriales.

Con frecuencia, se producen tensiones a la hora de decidir estos usos, enfrentándose el interés de la población por disfrutar estos espacios de alto valor ambiental y el interés meramente económico, o incluso especulativo, de inversores, promotores y ayuntamientos.

Estos enfrentamientos son frecuentes en buena parte de los municipios del litoral malacitano, con ejemplos como ‘Arraijanal’ y ‘Campamento Benitez’, entre Málaga y Torremolinos, o el caso repetido en muchos otros municipios de la metrópolis malagueña, de los suelos declarados urbanizables al norte de la autovía A-7. Tal es el caso de las macro-urbanizaciones Parque Victoria, en Rincón de la Victoria, o Santángelo Norte, en Benalmádena.





Figura 6. Imágenes parciales de las urbanizaciones Parque Victoria (superior) y Santángelo Norte (inferior), en estado de semi-abandono y sin haberse finalizado el desarrollo previsto en sus correspondientes planes parciales. Fotos: autor.

Para superar estas tensiones, es importante tomar una actitud firmemente comprometida con la ordenación del territorio, basando la elección del aprovechamiento en función de las particularidades ambientales, históricas y culturales de cada espacio.

Algunos criterios a considerar podrían ser estos, tomados de la Comisión Europea (*The Study Programme on European Spatial Planning*, 2000):

- i. La posición geográfica (la localización espacial de una cierta zona periurbana).
- ii. La resistencia económica (la relativa relevancia económica de esa zona periurbana con respecto a otras).
- iii. Las ventajas naturales (la importancia, sensibilidad, extensión o peculiaridad de los ecosistemas y otras áreas naturales).
- iv. Las ventajas culturales (las características del paisaje y los bienes culturales antiguos y modernos).
- v. La integración social (el nivel de interacción entre los grupos sociales en cada zona y entre diferentes zonas).
- vi. La presión sobre el uso de la tierra (la probabilidad de conflictos de intereses entre diferentes tipos de usos del suelo).

4.1.4.3. Características y usos habituales de los espacios periurbanos.

La ocupación en los espacios periurbanos responde a una serie de características que no hacen sino abrir la definición de estas zonas, aumentando una complejidad que paralela y necesariamente hace más complicado su análisis y su gestión.

Esta complejidad dificulta la descripción desde sus particularidades funcionales o morfológicas, y nos lleva necesariamente a la necesidad de acudir a un marco teórico más amplio, que incluya otros aspectos, como las relaciones y dependencias que existen entre los espacios periurbanos y los ámbitos rural y urbano.

De igual modo, se deben tener en cuenta condicionantes económicos, como el modelo territorial impuesto por el capital. Lipietz ya citaba en los años setenta: *“el proceso de urbanización, tal y como se plantea en la actualidad, no es un proceso ineluctable, una ley de evolución necesaria ligada al desarrollo en abstracto, sino el modelo territorial impuesto por el capital”* (Lipietz, 1977). Pero esta realidad es ahora, coincidiendo con el mayor grado de desarrollo y atrofia del capitalismo, cuando más vigente se hace.

Partiendo de la ciudad, como foco económico, social y territorial, las áreas periurbanas son el inmediato exponente de la integración del espacio rural según el funcionamiento del sistema capitalista. Se trata de procesos rápidos y agresivos con el territorio, que responden a la eliminación y absorción de los modos de producción tradicionales por el sistema desarrollista, intenso consumidor de recursos y de suelo (González, 1987). Dentro de esta consideración, y tal como ya se ha comentado en el apartado anterior, se caracteriza también por la fuerte presencia de la edificación especulativa. Las expectativas de lucro los convierten también en suelo para especular, a la espera del desarrollo urbanístico o de la recalificación para dicho uso.

Se trata, por otro lado, de suelos en continuo cambio, con una población de baja o moderada densidad, pero con mucha movilidad, que requiere numerosas infraestructuras. Son áreas también con frecuentes espacios intersticiales, que van cayendo en el abandono, alterando la productividad de la región y desencadenando o favoreciendo procesos de pérdida de suelo, movimientos gravitatorios o inundaciones.

En relación a los usos, los más frecuentes son los residenciales y de infraestructuras viales. La rápida expansión de los primeros no siempre suele ir acompañada por la adecuada dotación de servicios, y muy frecuentemente incluso se realiza fuera de ordenamiento.

También suele acoger aquellas otras actividades cuyo encaje es más difícil, por impacto, espacio o coste del suelo, en áreas urbanas. En ocasiones se trata de industrias o infraestructuras energéticas o sanitarias, como estaciones eléctricas, depuradoras o vertederos, y otras veces son actividades de escaso valor añadido, como almacenes o chabolas (Verdaguer, 2010).

Respecto a los aprovechamientos agro-ganaderos, a la vez que perviven algunos espacios agrarios tradicionales y explotaciones agrarias de pequeño tamaño, van apareciendo también nuevas producciones agrícolas intensivas. En cualquier caso, lo normal es que la agricultura en estos espacios se presente como algo residual, en un estadio último previo a su sustitución por otros usos más lucrativos.



Figura 7. Imagen de un área periurbana anexa a la cuenca del arroyo de los Jaboneros, en la que puede apreciarse la compleja mezcla de aprovechamientos. Entre otros, encontramos una estación eléctrica, almacenes, depósitos, centros educativos, usos forestales y explotaciones agrícolas en uso y abandono. Fuente: *Google Earth*.

En resumen, los espacios periurbanos son espacios que están en continua crisis, que deben responder a numerosas funciones. Reciben todo lo que arroja la ciudad y absorben funciones que requieren condiciones de cierto alojamiento o tamaño suficiente o precio reducido de suelo (Entrena, 2005). Pero por otro lado, también responden al creciente desarrollo de las segundas residencias y el interés ciudadano por los espacios naturales y abiertos. Y a todo esto, se suma el desarrollo de las infraestructuras, especialmente las de transportes, y la alta capacidad ingenieril de transformación territorial (encauzamientos, grandes infraestructuras,...). Pero todas estas funcionalidades o usos han surgido de manera no planificada, dando lugar a espacios muy desarticulados, con respuestas urbanísticas arbitrarias, en el mejor de los casos, o que responden a intereses meramente económicos.

4.1.4.4. Las cuencas fluviales periurbanas como espacio de riesgo.

Aún con mayor importancia que en los ámbitos urbano y rural, es en la zona periurbana donde más hay que avanzar en la prevención de riesgos naturales y la gestión de la sostenibilidad, por sus mayores impactos y el valor estratégico de estos territorios. Es aquí donde se localizan los mayores conflictos y problemas de naturaleza física y de gestión urbanística y administrativa. Se trata sin duda de laboratorios donde aparecen la práctica totalidad de los procesos territoriales contemporáneos (González, 1987). Pero más allá de todo eso, son espacios donde la componente territorial alcanza un significado más evidente. Esto es una dificultad para su gestión, pues requiere una visión sistémica que dificulta su análisis, pero se convierte de igual modo en una oportunidad para introducir el análisis holístico y sintético frente al análisis sectorizado tradicional.

Al respecto, la Geografía viene trabajando en la importancia de adaptar las estrategias de análisis y gestión del riesgo a las particularidades del espacio en el que éste se produce. Esta perspectiva es recogida, entre otros autores, por trabajos recientes de Perles Roselló *et al.* (2006, 2007, 2010). En éstos se reflexiona sobre el hecho de que los impactos son consecuencia de las interrelaciones espaciales y temporales entre los distintos elementos y factores, naturales o antrópicos, que componen el territorio, y sobre la necesidad de adaptar las metodologías de análisis del riesgo en estos espacios singulares por su carácter complejo y dinámico. Su interés radica tanto en la importancia económica y estructural de estos suelos como en los cambios y conflictos que en ellos tienen lugar, y, en resumen, en la oportunidad que nos brindan para la gestión preventiva mediante la ordenación territorial.

Autores como Calvo García-Tornell y Perles Roselló inciden en que la existencia de peligrosidades naturales, y las interrelaciones entre ellos y con el patrón humano funcional en el que se desarrollan, particularizan espacios de sensibilidad específica frente al riesgo (Calvo, 2001), añadiendo que más allá del estudio individualizado del lugar de riesgo debemos aspirar a caracterizar y modelizar patrones y dinámicas territoriales de comportamiento equivalente frente al riesgo (Perles y Mérida, 2010).

Asumir esta fuerte componente territorial del riesgo implica reconocer la existencia de una serie de procesos subyacentes, frecuentemente no explícitos, dependientes del modelo urbanístico e incluso de los condicionantes de la gestión administrativa regional. Implica asimismo asumir una serie de relaciones entre las variables físicas y antrópicas complejas, que además son variables en el tiempo. Resulta obvio que esto difícilmente será una buena carta de presentación para que las administraciones competentes en el análisis y gestión del riesgo asuman los modelos que resulten de la línea de trabajo en que se enmarca este estudio, pero no por ello podrá obviarse que el riesgo en las áreas periurbanas mediterráneas tiene un comportamiento claramente sistémico y que precisa de un enfoque holístico y específico para este territorio.

4.2. *La complejidad del patrón territorial de los espacios fluviales periurbanos del litoral mediterráneo.*

A la vista de todo lo anterior, debe concluirse que las áreas periurbanas del frente litoral mediterráneo son espacios complejos, en los que los equilibrios naturales sufren sus primeras alteraciones en el proceso de antropización del territorio.

El comportamiento sistémico de la cuenca fluvial debe readaptarse a una serie de particularidades, que más allá de las propias de la cuenca fluvial responden también a su condición de litoral mediterráneo y de área periurbana.

Entre dichas particularidades, y tal como se han ido describiendo, destacan, en tanto que son espacios mediterráneos, la torrencialidad pluviométrica, la intensidad de los aprovechamientos agrarios históricos en laderas, la alta producción de residuos vegetales por esos mismos aprovechamientos o los exigentes requisitos de las nuevas agriculturas intensivas. Por su condición de litoral andaluz, la disposición geomorfológica de la franja montañosa muy próxima al mar, con bruscos desniveles, la alta susceptibilidad a los movimientos en masa, la alta producción de residuos sólidos por erosión y la elevada tasa de transformación de la pluviometría en esorrentía. Y por su condición de espacios periurbanos, la intensa, acelerada y desordenada evolución de población, poblamiento y usos del suelo.

La unión de los tres sistemas, cada uno con sus propias morfologías y dinámicas funcionales, generan un espacio problemático, pero del que igualmente pueden desprenderse unas características comunes que singularizan el comportamiento de los riesgos naturales. El objeto de análisis en el que se centra la memoria de este trabajo ha sido elegido tanto por dicha complejidad, como por la amplia representatividad espacial que tiene en la región andaluza.

Además, como espacio de riesgo, reúne coherencia en los patrones y comportamientos del medio físico, del medio humano y de la gestión del riesgo. Debe aclararse, en cualquier caso, respecto al tercer aspecto, que la gestión del riesgo en estos espacios es muy dispar, por duplicidad de competencias o vacíos normativos, aunque es justo esa disparidad la que individualiza el espacio en cuanto a su gestión con respecto a las zonas urbanas o rurales.

En resumen, el conocimiento de todas estas singularidades es fundamental para mejorar, por ejemplo, la predicción de áreas inundables, pero también debe considerarse el interés derivado de que sean espacios aún por definir normativa y administrativamente, sobre los que se puede legislar y ordenar, y con potencialidades que deben preservarse.

Índice Capítulo IV

4.1. FACTORES CONDICIONANTES DEL RIESGO DE INUNDACIÓN Y RIESGOS ASOCIADOS EN LAS CUENCAS FLUVIALES DEL LITORAL MEDITERRÁNEO ANDALUZ.	108
4.1.1. Características y consecuencias de un sistema hidrológico e hidráulico condicionado por la torrencialidad.	108
4.1.1.1. Factores y elementos del clima.	108
4.1.1.2. Características y consecuencias de la torrencialidad pluviométrica.	111
4.1.1.2.1. El caso concreto de la producción de residuos sólidos por erosión de suelos.....	112
4.1.2. Disposición y morfología del relieve del litoral mediterráneo andaluz: sistemas fluviales resultantes.	113
4.1.3. Cambios funcionales y morfológicos en el uso humano del litoral mediterráneo andaluz.	116
4.1.3.1. Condicionantes del riesgo asociados a los usos agrarios del litoral mediterráneo.	117
4.1.3.1.1. Los espacios agrarios y el frágil equilibrio de la región: vegas y marismas, secanos en laderas y nuevas agriculturas.	117
4.1.3.1.2. Los procesos erosivos asociados a los usos agrarios y la producción de restos vegetales.	119
4.1.3.2. Celeridad e intensidad de los cambios en la morfología y dinámica funcional del litoral mediterráneo: evolución de la población y el poblamiento.	120
4.1.3.2.1. Crecimiento poblacional intensivo.	121
4.1.3.2.2. El proceso de litoralización del poblamiento.	121
4.1.3.2.3. Un ejemplo del modelo urbanístico: el área metropolitana de Málaga.	126
4.1.4. La periurbanización del litoral mediterráneo como condicionante del riesgo.	127
4.1.4.1. Las razones de la periurbanización.	128
4.1.4.2. Tensiones del proceso.	130
4.1.4.3. Características y usos habituales de los espacios periurbanos.	132
4.1.4.4. Las cuencas fluviales periurbanas como espacio de riesgo.	134
4.2. LA COMPLEJIDAD DEL PATRÓN TERRITORIAL DE LOS ESPACIOS FLUVIALES PERIURBANOS DEL LITORAL MEDITERRÁNEO.	135

Capítulo V. Caracterización de aspectos condicionantes de la inundación en las cuencas de estudio

Este capítulo concreta en las cuencas de estudio el análisis general realizado en el capítulo anterior a nivel regional. Con el cambio de escala se pretende precisar de manera más empírica todas aquellas características de las que puedan extraerse, en el próximo capítulo, los problemas principales detectados en la generación del riesgo en cuencas periurbanas litorales mediterráneas. Así, tras la caracterización a nivel regional, se define ahora la estructura territorial que condiciona la producción del riesgo en las zonas de estudio seleccionadas.

En primer lugar, dados los intensos condicionantes antrópicos que definen tanto el objeto espacial de análisis como las propias cuencas de estudio, se realizará una descripción de la evolución de los usos del suelo y patrones urbanos en cada una de las cuencas. Tras ésta, se pasará a detallar los principales factores condicionantes de la inundación en las mismas áreas de estudio, seguidos de un análisis del planeamiento que ayude a entender la repercusión de la gestión de las cuencas en la producción del riesgo. El último apartado está orientado al patrón funcional y territorial de las cuencas en relación al riesgo de inundación.

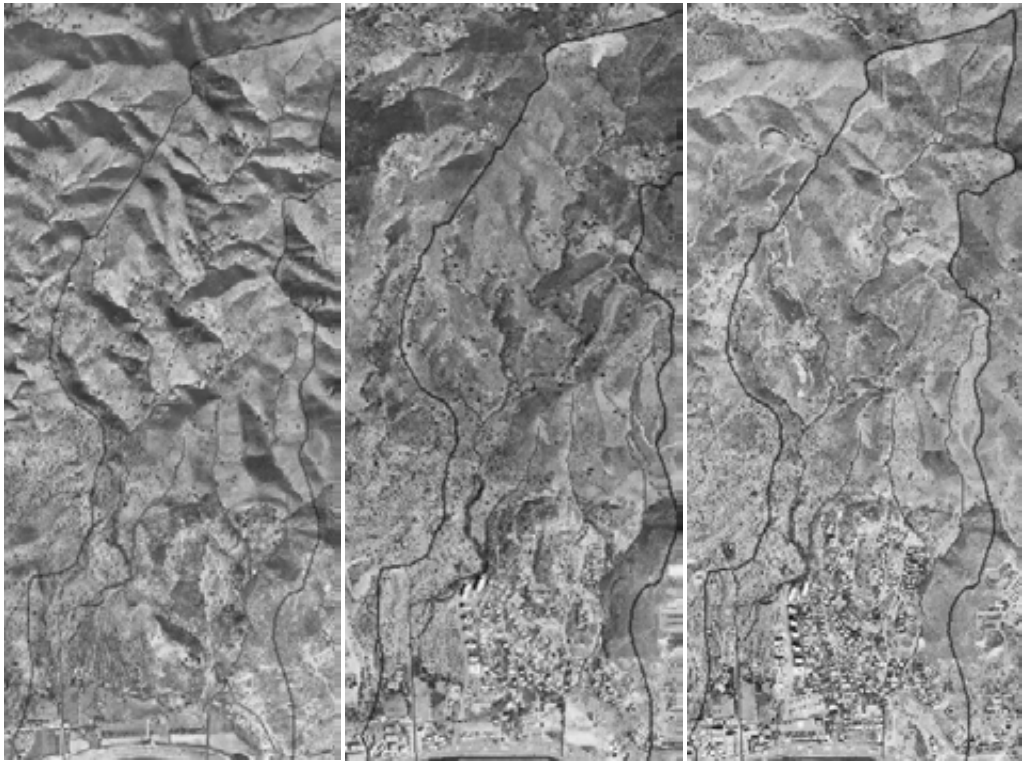
5.1. Evolución de los usos del suelo y patrón urbano.

En este apartado se ha realizado una descripción de la evolución territorial de las cuencas, a raíz de la cual se pueda reflexionar sobre como el medio humano ha incidido en los riesgos naturales de las cuencas de estudios. Se ha procedido para ello a realizar un análisis evolutivo de los usos del suelo entre los años 1956 y 2010.

Este análisis diacrónico se apoya en la información que nos aportan los diferentes vuelos fotogramétricos y las ortofotografías resultantes de que se disponen en la Consejería de Medio Ambiente (ver Figura 1). El primero de estos vuelos data de 1956/57¹, fecha que podemos considerar óptima para iniciar el análisis, dado que se sitúa pocos años antes del desarrollo urbanístico en nuestra comunidad. A partir de aquí, las otras fechas que se han tomado como referencia son 1977, 1999, 2003 y 2010². En todas ellas se han elaborado sendas cartografías de usos del suelo y aprovechamientos urbanos de las cuencas, a raíz de las cuales disponemos de información sobre las actividades antrópicas de intervención en el territorio.

¹ Servicio cartográfico del ejército e Instituto geográfico nacional, serie "B". 1956-57.

² Instituto de Estadística y Cartografía. Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo. Junta de Andalucía.



1956

1977

1984



1999

2001

2004

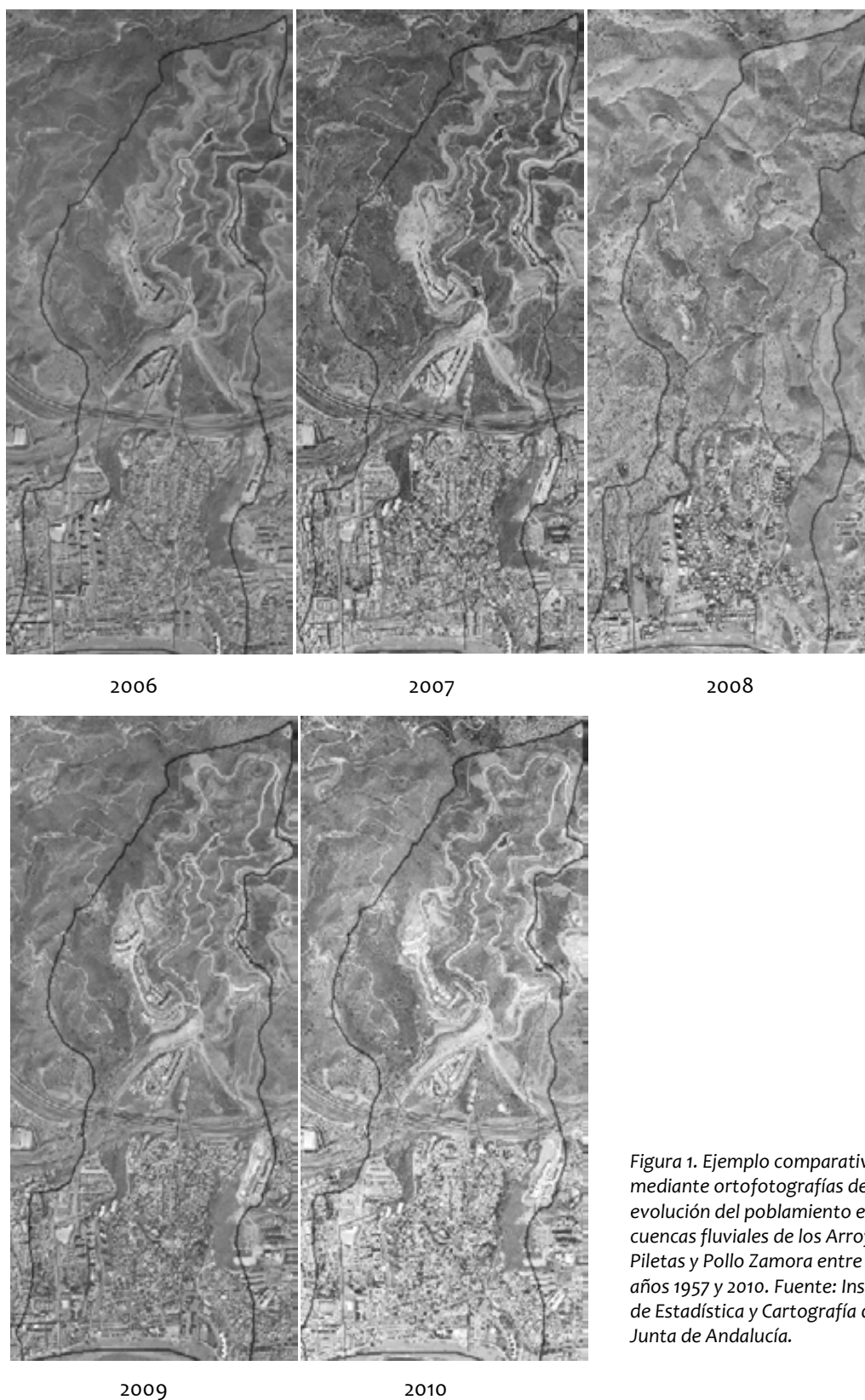


Figura 1. Ejemplo comparativo mediante ortofotografías de la evolución del poblamiento en las cuencas fluviales de los Arroyos Piletas y Pollo Zamora entre los años 1957 y 2010. Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de la Junta de Andalucía.

5.1.1. Cuenca del río de la Cala.

El sistema de poblamiento de esta cuenca ha seguido un modelo claramente dual, con una estrecha banda urbana junto a la costa y una extensa zona de desarrollo periurbano, en la que se mezclan por igual aspectos rurales, turísticos, agrícolas y de segunda residencia, todos con una fuerte personalidad regional.

En este modelo caben destacar dos elementos fundamentales: la influencia de la centralidad turística conformada por Marbella-San Pedro-Estepona, vertebrada a partir de un cordón litoral y la carretera N-340; y de otro lado, el histórico aprovechamiento agrícola por la presencia del río de la Cala, que hasta día de hoy se ha mantenido al margen del boom urbanístico y turístico gracias a la protección que le ha otorgado el planeamiento municipal. A pesar de esto último, las tensiones por incorporar este territorio al uso turístico intensivo no han sido pocas, y de hecho, si ahora se han disipado es únicamente por la actual situación económica.

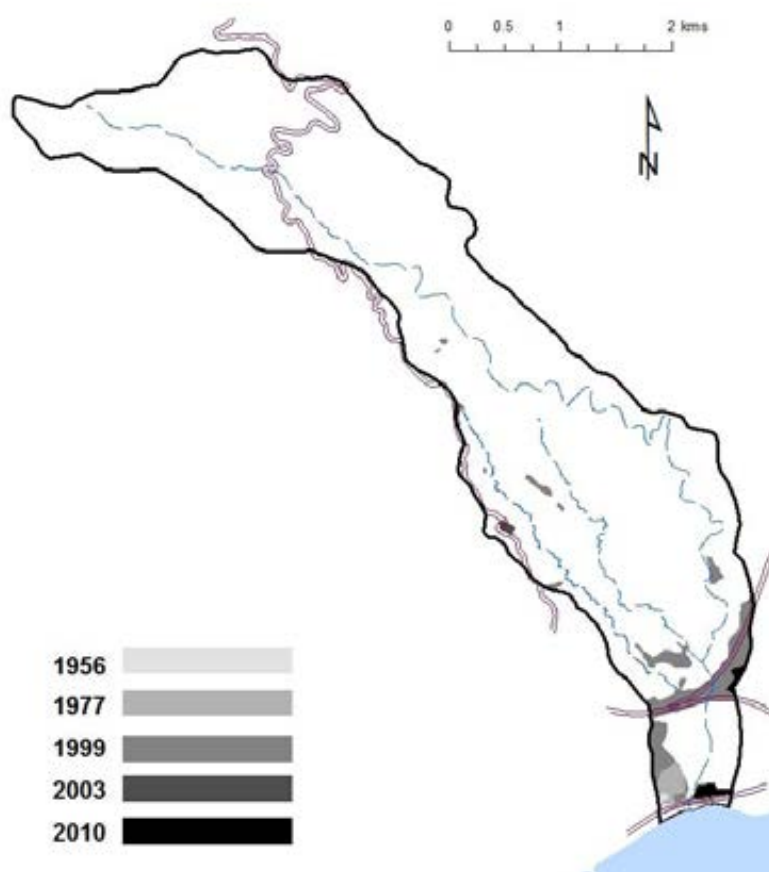


Figura 2. Evolución del suelo urbano en la cuenca del río de la Cala entre las fechas 1956, 1977, 1999, 2003 y 2010.
Fuente: elaboración propia.

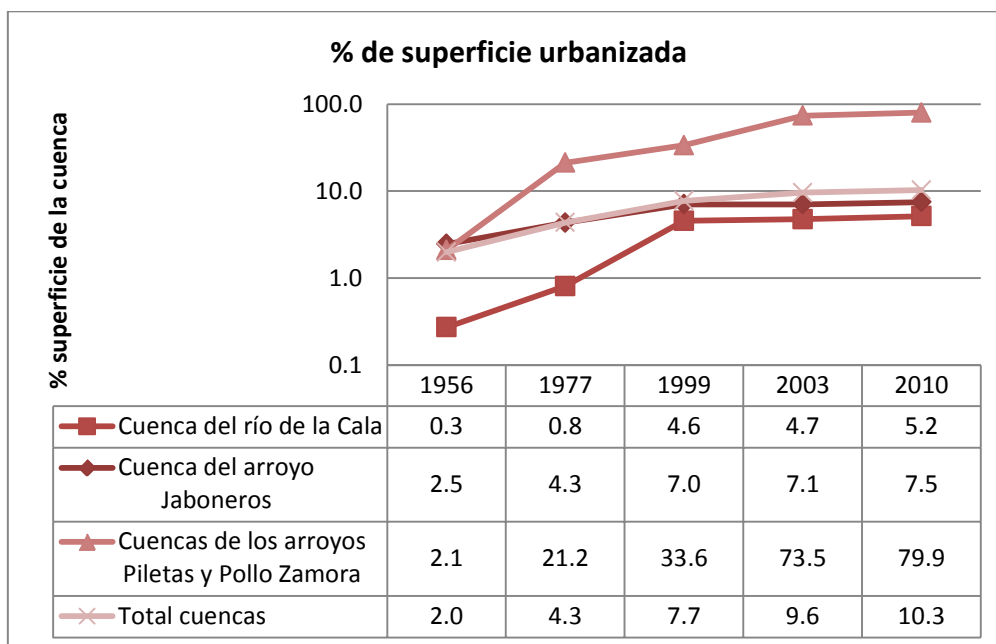


Figura 3. Evolución del suelo urbano en las cuencas de estudio entre 1956, 1977, 1999, 2003 y 2010. Fuente: elaboración propia.

Las zonas urbanas se localizan junto a la carretera nacional N-340 y en el fragmento del núcleo urbano que forma parte de la cuenca.

La población y el poblamiento mantuvieron una constante y moderada evolución durante la primera mitad del pasado siglo, llegando a 1956 con solo un 0,3% de la cuenca urbanizada. No sería hasta los años setenta cuando se inició el despegue real de la población, paralelamente al resto de municipios costasoleños. Así, entre 1977 y 2010 el porcentaje de suelo urbanizado ha pasado de 0,8 al 5,2%, si bien en buena parte se ha debido a la construcción de la autopista y autovía AP-7 y A-7, que confluyen en nuestra área de estudio.

Pero más allá de la franja urbana, en el resto de la cuenca se ha desarrollado un paisaje muy particular, denominado “los campitos” (Mérida *et al.*, 2010). Éstos responden a sucesivas divisiones y subdivisiones de parcelas familiares, al pasar de padres a hijos, y en los que no existen apenas arrendamientos. En ellos se mezclan los aprovechamientos agrarios, fundamentalmente huertas de regadío, y viviendas precarias de segunda residencia (Figura 5).

Apenas en zonas muy puntuales existe cierta agrupación de viviendas, manteniéndose en todo el territorio un carácter netamente rural, aunque esté salpicado de casas.

Según técnicos del ayuntamiento, el 70% de estas viviendas son ilegales, ya que solo disponen de permiso como almacén de aperos, de hasta 30 m². Esto supone ya no solo una inadaptación estructural a las distintas peligrosidades que confluyen en la cuenca, sino también una gran vulnerabilidad por la desconexión del patrón territorial y la falta de control por las distintas administraciones, y todo ello a pesar de que la exposición no es tan destacable como en otras áreas de ocupación más densa, que en este trabajo representan, por ejemplo, las cuencas del Rincón de la Vitoria.

Así, esta situación de ilegalidad, que puede considerarse extensible a todo el territorio andaluz, tiene en la zona connotaciones culturales o incluso etnográficas propias, y ya no solo con “los campitos” de Estepona, sino también con los “cortinales” de Casares o “las colonias” agrícolas en San Pedro de Alcántara. Ya en Marbella, el desarrollo turístico modifica este modelo.

En cualquier caso, desde la administración no existen herramientas ni voluntad para conservar y restaurar estos espacios rurales, y lo que en España es un paisaje de tensiones económicas y culturales, en Francia, por ejemplo, alcanza gran equilibrio, con políticas de revitalización del paisaje rural, tanto por su mantenimiento como por la actividad económica que genera o el interés ambiental y paisajístico que conservan.



Figura 4. Muestra del resultado territorial de la expansión del fenómeno periurbano en la cuenca del Río de la Cala. Junto con la expansión de la ciudad (esquina inferior izquierda) y el desarrollo de infraestructuras viarias (tercio inferior de la imagen), se pueden apreciar también los diseminados denominados “campitos” en la zona. Fuente: Google Earth.



Figura 5. Detalle de los citados diseminados, en los que puede observarse gran disparidad constructiva. Fuente: Goolzoom.

Más allá de los usos de segunda residencia, y en menor medida, de primera vivienda y alojamientos rurales, los aprovechamientos agrarios destacan por la abundancia de cítricos (limones) y frutales, tratándose básicamente de regadíos. Existen también explotaciones de diversos tipos, como almacenes, ranchos de caballos o plantaciones de aloe.

En la Figura 6 y la Tabla 1 se representa la evolución de los principales grupos de usos del suelo a lo largo de las diferentes fechas consideradas, destacando como durante el pasado siglo un sensible porcentaje del suelo agrícola (8,4% de la superficie total de la cuenca) pasó a convertirse, a partes iguales, en áreas naturales o infraestructuras; y como se pusieron en cultivo algunas riberas (0,4% del total superficial). De igual modo, un pequeño porcentaje de áreas naturales pasó a ser suelo urbano o sistemas generales (infraestructuras viales, fundamentalmente).

Durante el primer decenio del siglo XXI los cambios han sido poco significativos, destacando si acaso la conversión de áreas naturales a áreas agrícolas (0,4%).

En general, los usos agrarios en la región no respetan los márgenes fluviales, siguiendo la dinámica tan arraigada en el campo de aprovechar hasta el último metro de suelo disponible, sin tener en cuenta que, más allá del vivo riesgo de inundación, la eliminación de los bosques de ribera favorecen la erosión de las orillas, y con ello, la pérdida de ese suelo cultivable no tarda en llegar y superar incluso la superficie “ganada” anteriormente.

Tomando las referencias históricas de las crónicas de los viajeros en la región de los siglos XVIII al XX (Sánchez Bracho, 1984), los ríos bermejenses desbordan frecuente e intensamente, con importantes destrozos en vados, caminos y usos agrícolas, aumentando con ello aún más el secular aislamiento de la zona por la desestructuración vial y de poblamiento.

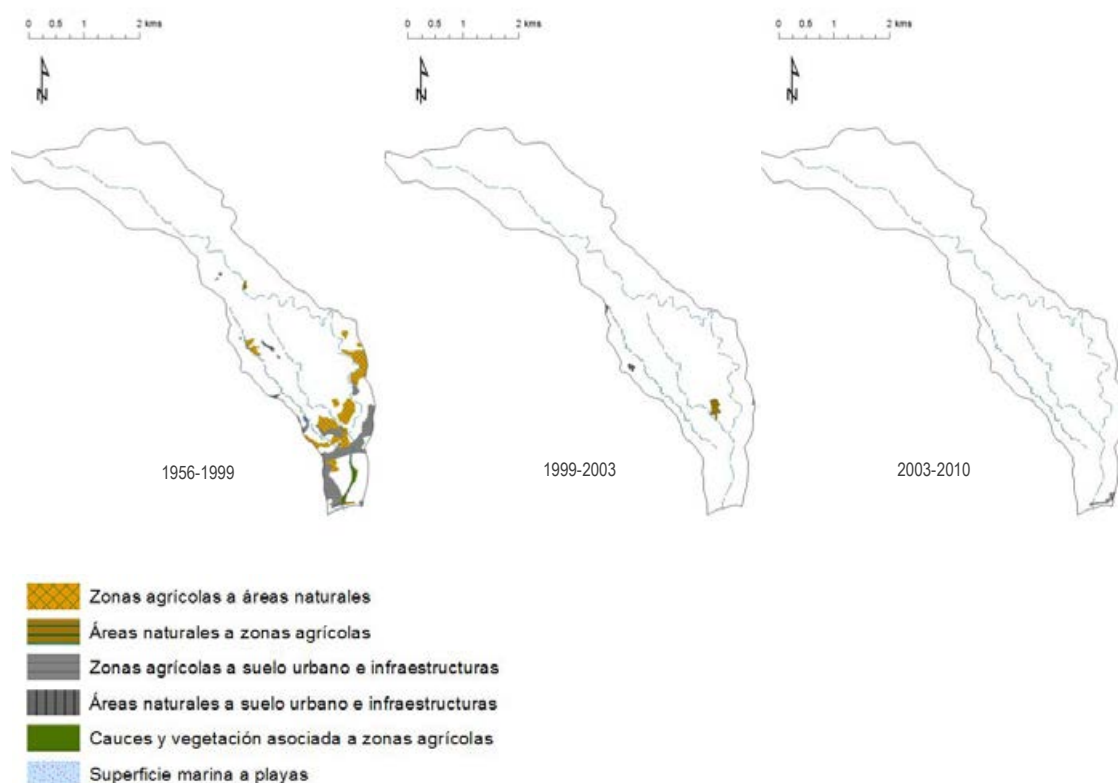


Figura 6. Distribución geográfica de los principales grupos de cambios de usos en la cuenca del río de la Cala entre las fechas 1956-1999 (imagen de la izquierda), 1999-2003 (central) y 2003-2010 (imagen derecha). Fuente: elaboración propia.

	La Cala				Todas las cuencas			
	56 > 99	99 > 03	03 > 10	56 > 10	56 > 99	99 > 03	03 > 10	56 > 10
No varía	90.5	99.4	99.7	90.1	76.4	97.3	99.4	73.4
Áreas naturales a agrícola	0.2	0.4	.	0.3	9.3	0.1	.	9.4
Agrícola a áreas naturales	4.2	.	.	4.1	7.0	.	0.1	7.0
Agrícola a suelo urbano e infraestructuras	4.2	.	0.2	4.4	4.5	0.6	0.4	5.5
Áreas naturales a suelo urbano e infraestructuras	0.3	0.1	.	0.6	2.4	1.8	.	4.3
Playas y mares a áreas naturales	0.1	.	.	0.1	0.2	.	.	0.2
Riberas a agrícola	0.4	.	.	0.4	0.1	.	.	0.1

Tabla 1. Porcentaje de superficie de la cuenca del río de la Cala que cambia de aprovechamiento del suelo entre las fechas 1956, 1999, 2003 y 2010. Fuente: elaboración propia.

5.1.2. Cuenca del arroyo Jaboneros.

Los aprovechamientos del suelo en la cuenca del arroyo de los Jaboneros responde al modelo agrícola tradicional de la región de los Montes de Málaga-Axarquía, si bien en los últimos decenios ha sufrido un progresivo abandono de estos usos, iniciado con la plaga de la filoxera a finales del siglo XIX y acentuado posteriormente con el cambio de modelo productivo en el entorno de la capital. Hoy en día, los usos agrícolas solo suponen una quinta parte de la superficie total, y el monte alto y monte bajo suman más de la mitad de la cuenca. Un destacable 10% de esta superficie son cultivos abandonados.

De otro lado, la evolución urbanística en la cuenca está ligada directamente al crecimiento de los patrones urbano y periurbano de la ciudad de Málaga, pudiéndose establecer el límite entre ambos en el eje transversal formado por la autovía A-7.



Figura 7. Diferentes desarrollos periurbanos en la cuenca del arroyo Jaboneros. Junto al terreno ocupado por infraestructuras viales, característica compartida por el resto de cuencas, aparecen desarrollos residenciales de contrastada tipología constructiva y nivel socio-económico de su población, observándose las barriadas de Cerrado de Calderón y Pinares de San Antón en los extremos occidental y oriental de la cuenca, y la barriada 'La Mosca' junto al cauce del arroyo. Las tres son tipologías residenciales compactas, pero en el caso de la tercera se caracteriza por la autoconstrucción y una ordenación y servicios urbanísticos deficientes. Algo más al norte de ésta, ya aparecen agrupaciones residenciales no compactas (La Cerrajerilla). Fuente: Google Earth.

El progresivo abandono agrícola que se acaba de citar llega hasta mitad del siglo pasado, iniciándose en los años 60 un cambio productivo por el cual se comienzan a poner en valor los espacios semi-naturales próximos a la capital (Perles y Mérida, 2010), coincidiendo con el importante incremento poblacional de ésta. Con la aparición de algunos de los valores ya comentados en el apartado 'Las razones de la periurbanización' (4.1.4.1.), como el interés de la población por residir en ambientes más tranquilos y de mayor calidad ambiental, estos espacios comienzan a ser poblados por nuevos grupos sociales de nivel adquisitivo medio-alto, con viviendas unifamiliares aisladas de carácter extensivo. Se trata de las urbanizaciones Pinares de San Antón y Cerrado de Calderón, situadas respectivamente en los límites oriental y occidental de la cuenca.

Junto a este desarrollo, aparecen otros de carácter marginal, como es el caso de las barriadas de La Mosca y La Cerrajerilla, con autoconstrucción sobre suelos rústicos. En estos casos, el origen de la

periurbanización se sitúa en el extremo contrario al anterior, en la necesidad de acceder a viviendas más económicas (Figura 7).

En uno y otro caso se urbanizan terrenos inadecuados para su aprovechamiento residencial, básicamente por el relieve y la existencia de distintas peligrosidades naturales. En el sentido contrario, la forestación del Monte San Antón decrementó el riesgo de erosión de suelos, de movimientos en masa y la formación de escorrentía, si bien generaría otros inexistentes hasta el momento como la posibilidad de incendios forestales. De otro lado, la población que se sitúa en estos espacios presenta una alta vulnerabilidad por su desconocimiento e inadaptación al nuevo medio semi-rural.

Desde esta fecha hasta finales de siglo, el poblamiento urbano sufre su mayor incremento histórico, desde el 2,5 al 7% de la superficie de la cuenca (Figura 8).

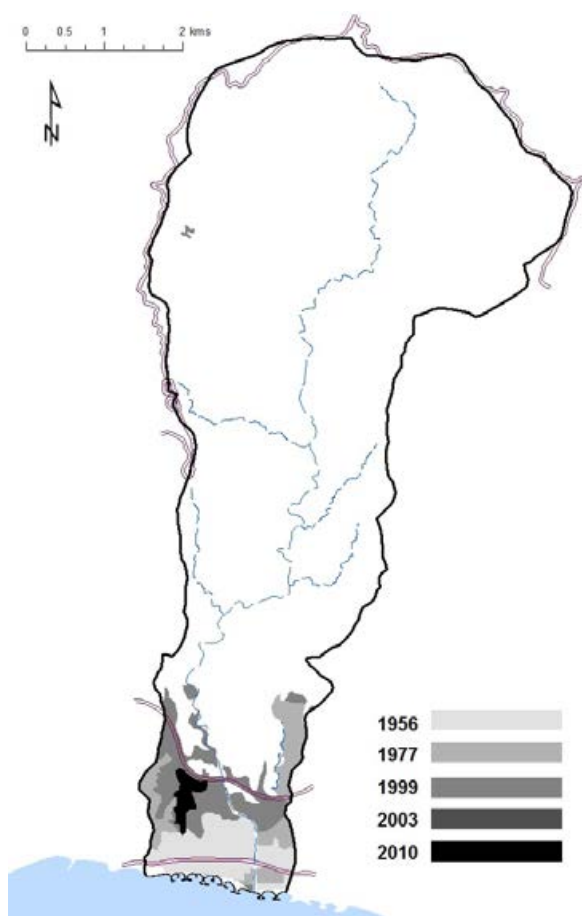


Figura 8. Evolución del suelo urbano en la cuenca del arroyo de los Jaboneros entre 1956 y 2010. Fuente: elaboración propia.

El periodo entre 2000 y 2010 responde al auge de la construcción, si bien en la cuenca que nos ocupa el crecimiento periurbano se ve limitado por el cumplimiento de los planes generales de ordenación urbana, y el crecimiento se limita a la urbanización (o pre-urbanización inacabada) de zonas intersticiales que quedaban sin construir al sur de la autovía. Por lo demás, tampoco cambian de manera significativa los restantes usos del suelo de la cuenca.

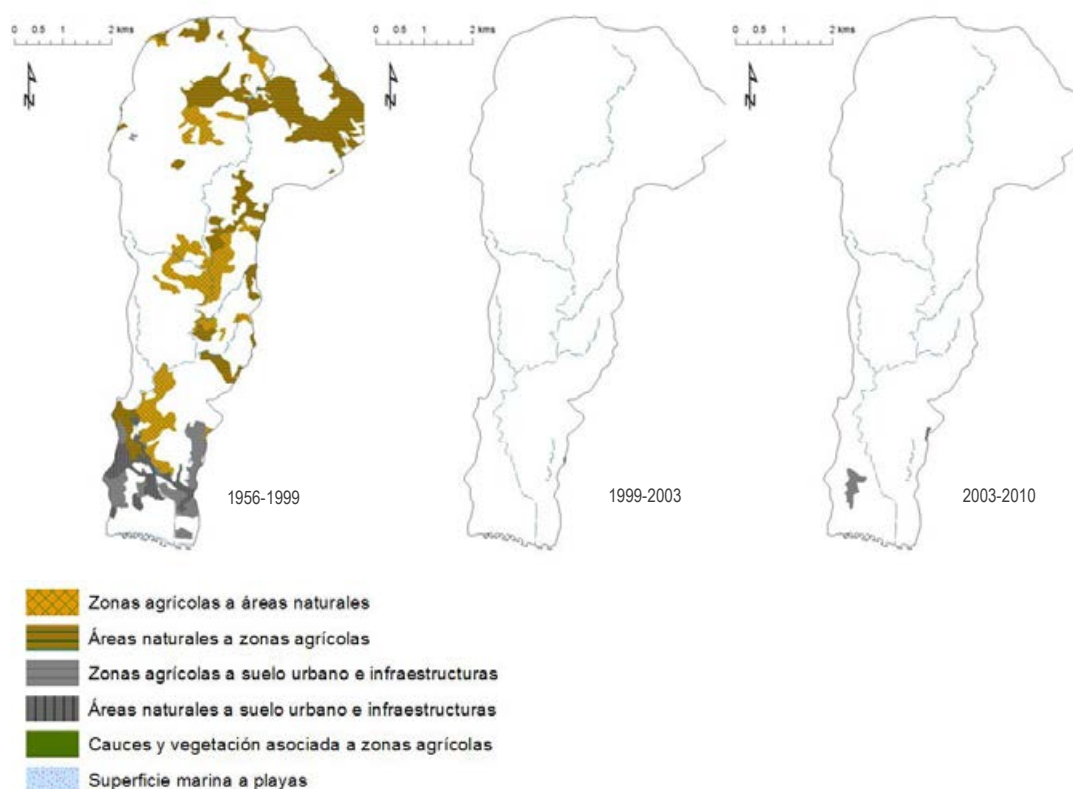


Figura 9. Distribución geográfica de los principales grupos de cambios de usos en la cuenca entre las fechas 1956-1999 (izquierda), 1999-2003 (central) y 2003-2010 (derecha). Fuente: elaboración propia.

	Jaboneros				Todas las cuencas			
	56 > 99	99 > 03	03 > 10	56 > 10	56 > 99	99 > 03	03 > 10	56 > 10
No varía	73.0	100	99.5	72.5	76.4	97.3	99.4	73.4
Áreas naturales a agrícola	13.1	.	.	13.1	9.3	0.1	.	9.4
Agrícola a áreas naturales	8.5	.	.	8.5	7.0	.	0.1	7.0
Agrícola a suelo urbano e infraestructuras	3.3	.	0.5	3.9	4.5	0.6	0.4	5.5
Áreas naturales a suelo urbano e infraestructuras	2.5	.	.	2.5	2.4	1.8	.	4.3
Playas y mares a áreas naturales	0.2	.	.	0.2	0.2	.	.	0.2
Riberas a agrícola	.	.	.	.	0.1	.	.	0.1

Tabla 2. Porcentaje de superficie de la cuenca del arroyo de los Jaboneros que cambia de aprovechamiento del suelo entre las fechas 1956, 1999, 2003 y 2010. Fuente: elaboración propia.

5.1.3. Cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora.

En términos globales, la configuración urbanística del municipio de Rincón de la Victoria tiene su origen en los desarrollos de los años sesenta y setenta. Con anterioridad a 1960, existía un cierto poblamiento de mucha menor entidad y vinculado a los aprovechamientos tradicionales. El desarrollo urbanístico de esas dos décadas está asociado al surgimiento de una nueva función para este territorio como lugar de segunda residencia y veraneo de familias de la capital. El crecimiento urbanístico se rigió por la ley urbanística de 1956, contando con los planes parciales de ordenación con aprobación de la Mancomunidad de Municipios y el Ministerio de Vivienda.

Las distintas urbanizaciones realizadas en esa época se localizan en la franja costera del municipio, separadas entre sí por la red de arroyos, los cuales comienzan a ser encauzados a cielo abierto.

Este crecimiento urbanístico ha respondido a una rururbanización por difusión urbana desde Málaga capital. Aunque también ha existido una urbanización endógena del propio municipio, el origen fundamental del crecimiento ha sido la descentralización urbana de la gran ciudad, que impulsa una urbanización de naturaleza exógena, configurándose en cualquier caso como un espacio de proximidad desprovisto de ninguna otra connotación de relación funcional (Ocaña, 2005; Perles, 2010). Tanto el desarrollo endógeno como el exógeno responde a un modelo de disociación entre el lugar de residencia y el lugar de trabajo o los lugares de ocio. En relación a este último aspecto, lo que en un principio eran segundas residencias, pasan a convertirse en residencias permanentes (Montosa, 1997).

Centrándonos en el área de estudio de las dos cuencas consideradas, el crecimiento de los años 60 y 70 multiplicó por 10 el suelo urbano, pasando de representar desde solo un 2,1% a un 21,2% del total superficial. En una segunda fase, en las décadas ochenta y noventa, se colmata la superficie entre el litoral y lo que más adelante será la autovía A-7³, llegando a cubrir un tercio de la superficie de las cuencas. Ya entre los años 2000 y 2010, se produce el salto al norte de la autovía, colmatando ahora también la práctica totalidad de la superficie montañosa de la cuenca, hasta alcanzar el 80% del total de las cuencas. En esta última fase es cuando se produce la conversión de las segundas residencias en permanentes, apoyado este proceso fundamentalmente en el boom urbanístico y la conexión entre el Rincón de la Victoria y Málaga mediante la autovía.

³ Esta autovía entra en servicio en 1996.

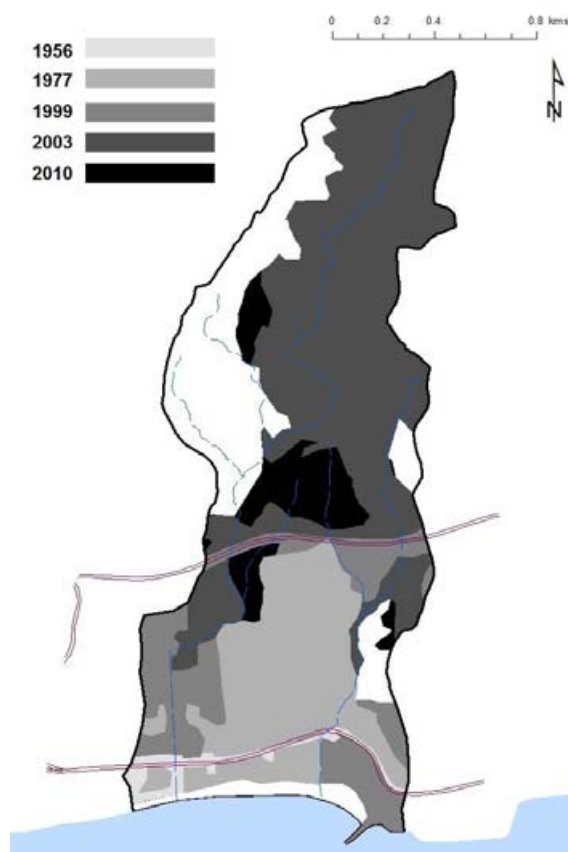


Figura 10. Evolución del suelo urbano en las cuencas de los arroyos Pileta y Pollo Zamora entre 1956 y 2010. Fuente: elaboración propia.

Al final del proceso de cambios que se han dado en las cuencas entre 1956 y 2010, un 45% de las áreas naturales y un 32% de las superficies agrícolas han pasado a ser suelo urbano. Sumándole otros cambios poco significativos, en estos cincuenta años, solo un 17% de la superficie ha conservado su aprovechamiento inicial.

Por citar el caso concreto del sistema de viales construido en la mitad septentrional de las cuencas, y tal como puede apreciarse en la Figura 11, éste ha supuesto unos 10 kilómetros de explanaciones, con 9 metros de anchura de calzada, y entre 25 y 50 si se añaden los desmontes (calzada más taludes). Además, se han creado diversas áreas de depósitos con los materiales extraídos, dando lugar a explanaciones de gran tamaño rematadas con importantes terraplenes. Dadas las características geológicas y geomorfológicas de las cuencas, así como los requerimientos de este tipo de infraestructuras, se requerirán importantes periodos de tiempo e inversiones económicas para lograr recuperar un equilibrio sistémico que compense en la medida de lo posible el incremento de peligrosidad por inundaciones y movimientos en masa.



Figura 11. Detalle de viales y desmontes en las cuencas altas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora (imagen de 2007). El desarrollo del suelo urbano se ha visto paralizado una vez construidas las infraestructuras viales y de distintos tipos recogidas en los planes parciales. Fuente: Google Earth.

El desarrollo urbanístico en estas cuencas es uno de los ejemplos más vivos del desarrollo periurbano en el litoral mediterráneo, y de sus pautas de población y poblamiento, resultando destacable que uno de los principales objetivos impulsores del fenómeno fuese el afán por encontrar espacios abiertos y ambientes más gratos que los de la capital, y que éstos a día de hoy, por la presión demográfica y urbanística, estén aún por debajo de aquellos en calidad de vida.

Por otro lado, la agricultura tradicional de secano ha dejado de ser el soporte de la región, y ha sido sustituida por una nueva economía basada en la construcción y los servicios.

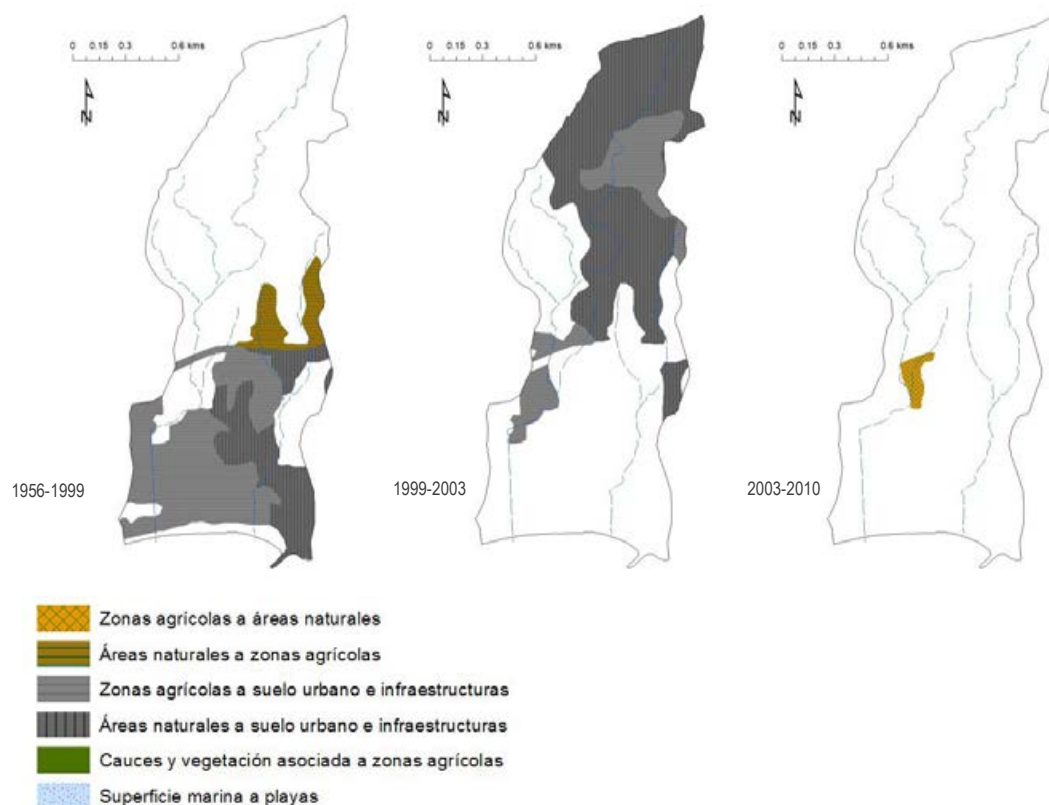


Figura 12. Distribución geográfica de los principales grupos de cambios de usos en la cuenca entre las fechas 1956-1999 (izquierda), 1999-2003 (central) y 2003-2010 (derecha). Fuente: elaboración propia.

	Piletas-Pollo Zamora				Todas las cuencas			
	56 > 99	99 > 03	03 > 10	56 > 10	56 > 99	99 > 03	03 > 10	56 > 10
No varía	63.1	55.7	98.8	17.5	76.4	97.3	99.4	73.4
Áreas naturales a agrícola	4.2	.	.	4.2	9.3	0.1	.	9.4
Agrícola a áreas naturales	.	.	1.2	1.2	7.0	.	0.1	7.0
Agrícola a suelo urbano e infraestructuras	21.4	11.0	.	32.4	4.5	0.6	0.4	5.5
Áreas naturales a suelo urbano e infraestructuras	11.5	33.4	.	44.8	2.4	1.8	.	4.3
Playas y mares a áreas naturales	.	.	.	.	0.2	.	.	0.2
Riberas a agrícola	.	.	.	.	0.1	.	.	0.1

Tabla 3. Porcentaje de superficie de las cuencas del Rincón de la Victoria que cambian de aprovechamiento del suelo entre las fechas 1956, 1999, 2003 y 2010. Fuente: elaboración propia.

En resumen, y en estrecha relación con los sistemas hidráulicos de la zona, el crecimiento urbanístico, desde un punto de vista físico, ha constreñido los arroyos y eliminado sus vías de flujo preferente y zonas de inundación; y desde un punto de vista humano, ha generado ya no solo exposición de bienes y personas, sino también una importante vulnerabilidad por traer población que desconoce el funcionamiento de estos sistemas fluviales. El patrón territorial que el

planeamiento ha diseñado para la zona, dejó de ser preventivo, enmascara, ignora e incluso propicia el riesgo de inundación.

De otro lado, el desarrollo se ha realizado siguiendo la lógica costera, y por tanto, transversalmente a los ejes fluviales, que se ven interrumpidos ya no solo por la disposición de las urbanizaciones, sino especialmente también por la de los ejes viales. Esto ha generado numerosos puntos de encuentros e interferencias con las direcciones de drenaje.

En último lugar, la colmatación de las cuencas hasta su misma cabecera ha implicado una permeabilización del territorio que altera notablemente los esquemas de producción de esorrentía con los que han sido calculadas las obras hidráulicas, inservibles desde el mismo momento en que se ejecutan los desarrollos urbanísticos para los que se diseñaron. Además, se han generado y descompactando grandes cantidades de sedimentos sólidos, que originarán importantes problemas de erosión y aterramiento de los flujos de inundación.

5.2. Factores condicionantes de la inundación en las cuencas de estudio.

En este apartado se analizan y aportan resultados de los distintos factores condicionantes de la inundación en cada una de las cuencas de estudio. El análisis cuantitativo de estos factores confirma las hipótesis de partida que se están considerando, fundamentalmente en relación a la importancia de la producción de residuos sólidos por erosión de suelos y a cómo la periurbanización ha afectado tanto a la producción de dichos residuos como a la de caudal. Pero más allá de datos cuantitativos, debemos tener presente que la mayoría de las zonas inundables lo son por su propia génesis, y por tanto dichas zonas se pueden identificar a partir del mero análisis geomorfológico de la cuenca y del cauce. Los procesos que intervinieron en su formación son también los mismos que actuarán cuando se active la avenida. Es por ello que la definición de estos procesos y formas, y la evaluación de su peligrosidad, nos permitirá precisar el comportamiento esperable por la inundación (Segura et al., 2002). Éstos se verán aquí atendiendo a la morfología fluvial o las formas aluviales.

5.2.1. Funcionamiento hidrológico e hidráulico de las cuencas. Análisis comparativo de la inundabilidad entre 1956 y 2003.

Concretando lo anterior para los aspectos directamente relacionados con la producción de caudales, aquí se avanzan algunos de los resultados más significativos de la hidrología e hidráulica de las cuencas de trabajo, si bien su estudio y resultados completos se desarrollan respectivamente en los capítulos 7 y 9.

Con el objetivo de conocer los cambios que la periurbanización ha generado en la respuesta de la inundabilidad, se han realizado sendos estudios hidrológico-hidráulicos en 1956 y 2003. Ambas fechas disponen tanto de ortofotografías de todo el territorio andaluz como de información de usos del suelo equivalente en escala y metodología. Dicho intervalo de tiempo nos permitirá obtener datos anteriores y posteriores al proceso de periurbanización que se ha producido en las cuencas de estudio, permitiendo con ello identificar el comportamiento de éstas siendo, o no, periurbanas. Si bien este proceso se ha iniciado en momentos diferentes en unas u otras cuencas, en cualquier caso nunca ha sido antes de 1956, con lo que las transformaciones que haya introducido en los datos de generación de escorrentía deben quedar recogidas en el intervalo temporal considerado.

El estudio hidrológico-hidráulico se ha realizado usando el método racional modificado para obtener los caudales, y el modelo HEC-RAS para los resultados hidráulicos. Tanto uno como otro se ha calculado, como se acaba de citar, en dos fechas diferentes: 1956 y 2003.

5.2.1.1. Pluviometría e hidrología en las cuencas de estudio.

Las precipitaciones en las distintas áreas de estudio se dan mayoritariamente asociadas a las lluvias de tipo convectivo, propias del clima mediterráneo, de lo que resultan eventos de difícil predicción.

Suelen afectar a áreas muy pequeñas, de apenas varios kilómetros, por lo que el aguacero puede ocurrir en una cuenca y no en su vecina.

Atendiendo a la información aportada por el Plan Hidrológico de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, y concretando en las subregiones que acogen las cuencas que nos ocupan, se aportarán a continuación datos estadísticos de precipitación media y coeficientes de variación para la serie histórica desde 1940, y para la serie más reciente desde 1980 (Tabla 4).

El Plan Hidrológico divide las Cuencas Mediterráneas Andaluzas en una serie de sistemas y subsistemas, cuyas estadísticas están recogidas en la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM). Así, la cuenca del Arroyo de la Cala pertenece al subsistema S I-3 (Cuenca vertientes al mar entre Guadiaro y Guadalhorce), la del arroyo Jaboneros al subsistema S I-4 (Cuencas de los ríos Guadalhorce y Guadalmedina) y la de los arroyos Piletas y Pollo Zamora al S II-1 (Cuenca del río Vélez)⁴.

Ámbito	Precipitación media anual (mm/año)									
	Serie 1940/1-2005/6					Serie 1980/1-2005/6				
	Media	Máximo	Mínimo	Dev. típica	Coef. variación	Media	Máximo	Mínimo	Dev. típica	Coef. variación
S I-3 (cuenca del arroyo de la Cala)	834,4	1.679,6	309,4	298,47	0,36	781,6	1.679,6	309,4	318,22	0,41
S I-4 (cuenca del arroyo de los Jaboneros)	588,1	1.107,0	234,5	188,16	0,32	546,3	1.107,0	234,5	213,36	0,39
S II-1 (cuenca de los arroyos Pileta y Pollo Zamora)	656,2	1.176,3	224,1	219,67	0,33	578,7	1.037,1	224,1	218,85	0,38

Tabla 4. Precipitación media anual de los subsistemas de la demarcación de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas en los que se localizan las distintas áreas de estudio. Fuente: Red de Información Ambiental de Andalucía.

De estos datos se desprenden una serie de conclusiones en relación a la pluviometría de las áreas de estudio, siendo las principales:

- Importantes contrastes de precipitación entre las diferentes cuencas dentro del litoral mediterráneo andaluz, con un incremento próximo al 42% entre las cuencas del Jaboneros y la Cala.
- Notables irregularidades anuales, con coeficientes de variación que llegan a superar el 0,4.

⁴ Con la finalidad de que estos datos sean extrapolables para las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo, podemos considerar que el subsistema I-3 es el más parecido, por el tipo de cuencas pequeñas y próximas al mar, a la casuística estudiada en este trabajo. No obstante, debe tenerse en cuenta que al localizarse próximo al extremo occidental de la región mediterránea, los datos pluviométricos serán sensiblemente superiores al resto del litoral mediterráneo.

- En la serie más reciente (1980-2006) se ha producido un importante descenso de precipitaciones con respecto a la serie histórica (1940-2006), a la par que, contradictoriamente, aumentan los coeficientes de variación, lo que nos habla de una evolución climatológica en la que cada vez existen menos precipitaciones, pero más extremas tanto en su exceso como en su defecto.

Los datos nos muestran, por tanto, que se está produciendo en las últimas décadas un mayor contraste entre la precipitación media y la precipitación máxima, lo que apunta a lluvias cada vez de mayor disparidad e intensidad. Si a estos condicionantes se le suma los valores medios para máximas lluvias diarias en las cuencas, que oscilan entre los 66,02 mm de las cuencas del Rincón de la Victoria y los 85,03 mm de la cuenca del río de la Cala, se compone un escenario de torrencialidad que influirá tanto en las inundaciones como en los procesos erosivos y de arrastres, y subsiguientemente, en movimientos en masa.

En referencia ahora al proceso de transformación de la lluvia en escorrentía, las características que definen las cuencas consideradas favorecen un elevado porcentaje de transformación de las lluvias en caudal.

El umbral de escorrentía se sitúa ligeramente por encima de los 50 litros/m² para las cuencas del río de la Cala y arroyo de los Jaboneros, y apenas en 25 y 6 l/m² respectivamente para las cuencas del Piletas y Pollo Zamora, habiéndose reducido entre 1956 y 2003 a la mitad para la cuenca esteponera (en 1956 era de 92 l/m²), y a la tercera o sexta parte para las cuencas del Rincón (65 y 46 l/m² en Piletas y Pollo Zamora respectivamente en 1956). En el caso de la cuenca malagueña, la evolución, contrariamente a las otras áreas de estudio, ha sido positiva, debido a la reforestación de determinadas zonas de la cuenca. El decremento de esta variable, con la excepción citada de la cuenca malagueña, significa que se favorece el escurrimiento sobre la infiltración, con lo que la escorrentía real aumenta y el almacenamiento máximo potencial de agua en el suelo disminuye⁵.

Los coeficientes de escorrentía resultantes, para 2003, se sitúan entre 0,14 en el arroyo Jaboneros y 0,52 en el arroyo Pollo Zamora. Este coeficiente básicamente hace referencia a los parámetros morfológicos de las cuencas y a la combinación entre clima, litología, edafología y cubierta vegetal. Son cuencas que nacen en altitudes considerables, entre 230 y 1.400 metros, con fuertes desniveles y pendientes medias, entre el 7 y el 12%. Las litologías son mayoritariamente materiales metamórficos (filitas, esquistos y en el caso concreto del río de la Cala, Peridotitas), de baja permeabilidad. De igual modo, la escasa potencia de los suelos, leptosoles en un alto porcentaje, tampoco favorece la infiltración. En último lugar, y como aspecto más importante, la falta de cubierta vegetal y la existencia de numerosas tierras agrícolas abandonadas o usos urbanos, completan un panorama de alta escorrentía. Además, cuando se produce ésta, el pequeño tamaño de las cuencas que nos ocupan supone que sus tiempos de concentración sean bajos, y con ello, la capacidad de respuesta ante la avenida es muy limitada⁶. Todo esto se complementa con los valores de precipitación, según la máxima lluvia diaria esperable estadísticamente, que para un periodo de retorno de 10 años se sitúan entre 105 y 127 l/m² para las distintas cuencas. Estos valores suponen aproximadamente una quinta parte del total de precipitaciones medias para todo el año, y dan muestra de la torrencialidad pluviométrica de la región.

⁵ En el capítulo 9 (apartado 9.5.2.) se detalla cuantitativamente el significado, a efecto de caudal, de estos cambios en el coeficiente de escorrentía.

⁶ Cuenca del río La Cala: 3h 2'; Cuenca del arroyo de los Jaboneros: 3h 54'; Cuenca del arroyo Piletas: 1h 15'; Cuenca del arroyo Pollo Zamora: 45'.

5.2.1.2. *Hidráulica y superficie inundable.*

El comportamiento hidráulico en las cuencas de estudio resulta efímero e intermitente, dependiente de que se produzcan episodios de alta intensidad de precipitación. Aunque en realidad ni tan siquiera todos los episodios de lluvias altas causan avenidas, pues una vez superado el umbral de escorrentía puede darse que el caudal pase a convertirse únicamente en flujo subterráneo en el cauce. En otras ocasiones, y en el lado contrario, puede ocurrir que la ausencia de caudal no se deba a razones exclusivamente hidrológicas o de sustrato, sino a la existencia de extracciones no reguladas de aguas subterráneas para el riego. Este es el caso del río de la Cala.

Retomando los datos del estudio hidráulico diacrónico de las distintas cuencas de trabajo, y considerando los datos finales de superficie inundada en 1956 y 2003, para un periodo de retorno de 500 años, se observará que entre 1956 y 2003, ésta aumenta un 17% para el río de la Cala y en torno a un 80% para los arroyos del Rincón. En el caso del arroyo Jaboneros, disminuye un 13%. La altura media del flujo aumenta igualmente entre un 10 y un 25% en todos los arroyos, salvo en el Jaboneros, donde disminuye un 9%.

5.2.2. *Patrón morfológico de cauces y formas aluviales.*

El patrón morfológico de las distintas cuencas de estudio, coincidente con la descripción ya hecha de forma general para las cuencas del litoral mediterráneo, está caracterizado por una accidentada topografía, con una tendencia al encajamiento de los cauces principales, así como un abarrancamiento de las laderas, favorecido por la situación de *rexistasia*, a causa de una intensa deforestación a lo largo de cientos de años. Otra característica importante es la proximidad de los relieves montañosos al mar, con una divisoria de aguas de la red hidrológica muy cercana a la costa, importantes pendientes y una muy estrecha llanura litoral. Elevadas precipitaciones, en buena parte ocasionadas por masas de aire frías que chocan con la barrera montañosa de la región, son desaguadas al mar en apenas unos pocos kilómetros. Se trata, pues, de vías de rápido desagüe, tal como indica no solo la geomorfología de los cauces, sino también la presencia de sedimentos heterométricos, en ocasiones dispuestos en conos de deyección.

Sus ejes principales responden, en su morfología y funcionamiento hidráulico, a estos comportamientos, pero los patrones varían según tramo y cuenca, localizándose entre las cuencas de estudio ríos de caudal intermitente, ramblas situadas en sustratos rocosos cerrados (cañones), ramblas situadas en sustratos rocosos abiertos y ramblas situadas en abanicos.

5.2.2.1. *Morfologías de los cauces.*

La morfología de los cauces estudiados en este trabajo tienen, una vez activado su funcionamiento tras un evento pluviométrico, un patrón en planta que puede ser asimilable a río entrelazado o *braided*.

Con aguas bajas o medias, su comportamiento es meandrizante (*Figura 13*), pero con aguas altas se corta el zigzagueo de su caudal, y éste pasa a ser más recto (*braided*), lo que supone un peligro añadido al no poder liberar la energía tan fácilmente.

Las características que conforman esta morfología nos hablan por sí solas del funcionamiento de los arroyos que nos ocupan. Suele responder a un cauce único en el que se distinguen diversas barras y canales entrelazados, y que tienen su origen en pendientes muy pronunciadas, importante carga de sedimentos, normalmente gruesos y poco seleccionados, importante erodabilidad en las orillas, caudales con fuertes fluctuaciones y una gradación rápida.

Todo ello conlleva la generación y/o deposición del material en el canal y la creación de las barras, que se encuentran sometidas a erosión y deposición durante las crecidas (*Figura 13*). Estas barras son un mecanismo natural de disipación de la energía del flujo. Cuando son colonizadas por la vegetación, se vuelven estables y permanentes.

Otra característica es la elevada pendiente, que facilita y permite el transporte de una carga elevada de materiales gruesos (Bravard y Petit, 1997; Segura *et al.*, 2002; Ollero *et al.*, 2005).



Figura 13. En la fotografía superior se aprecian las barras creadas por el río de la Cala, en este caso en un incipiente proceso de colonización por la vegetación. Abajo, imagen del comportamiento meandrante del arroyo Jaboneros con caudal bajo. Fotos: Google Earth (superior), autor (inferior).

Pero cuando los cauces discurren entre relieves cerrados, en los tramos altos y medios, su flujo pasa a incrementar la peligrosidad bruscamente al dejar de estar confinados, creando abanicos en este momento. Es esta una característica que debería ser tenida en consideración a la hora de analizar el comportamiento hidráulico de nuestros ríos, y que no está incorporada a los modelos clásicos.

En caso de avenidas, la respuesta de la morfología fluvial es variable según la avenida sea moderada o grande y prolongada. En el primer caso, el canal se encaja y estrecha, adquiriendo un carácter meandriforme, con recrecimiento de la llanura de inundación. Pero en el segundo caso, el cauce se ensancha propiciando, como se acaba de comentar, la corta de meandros y destruyendo la efímera llanura generada.

En cualquier caso, la fragilidad de los espacios periurbanos en la región mediterránea los hace muy sensibles a que se produzcan cambios importantes en la geomorfología fluvial incluso en episodios tormentosos de magnitud baja, al existir normalmente modificaciones antrópicas recientes, ocupación de zonas inundables, cambios en los usos del suelo, incendios o deforestaciones.

En último lugar, debe tenerse presente que los cauces no siempre responden a perfiles uniformes, existiendo puntos de desbordamiento allí donde existen secciones transversales disimétricas, en las que una de las márgenes tiene una menor altura que la otra, y por donde el río desborda con cierta facilidad. Estas disimetrías permiten conocer el punto de arranque de posibles inundaciones a partir de determinado caudal. Responden al relieve por el que discurre el cauce, o incluso a infraestructuras que atraviesan o interfieren con el cauce y la zona inundable. En nuestros arroyos aparecen, por ejemplo, en la orilla derecha de la llanura litoral del arroyo Pollo Zamora, a causa de la cercanía del promontorio calizo del Cantal en la orilla contraria.

5.2.2.2. Formas aluviales.

Algunas de las formas aluviales más representativas identificables en las cuatro cuencas de estudio son las llanuras de inundación, las terrazas aluviales y los abanicos aluviales.

Las llanuras de inundación normalmente responden al proceso de migración lateral de los cauces (el río va dejando islas en los laterales, a la vez que va abriendo canales nuevos). Las terrazas, por su lado, son los antiguos llanos de inundación ya abandonados por el río. Su origen está en los sucesivos episodios de relleno e incisión que se han producido a lo largo del cuaternario.

Los tramos altos de los cauces estudiados suelen presentar importantes pendientes y encajamiento, con estrechos valles en “V”. No existe prácticamente llano de inundación, y aunque lo haya su dinámica es irrelevante. En estos tramos es importante considerar la imprevisibilidad que pueden introducir los afluentes laterales.

Ya en el tramo medio, aparece cierta llanura de inundación, pero sigue siendo muy estrecha e inclinada, coincidiendo con la concavidad basal de la pendiente.

En la escasa superficie de la plataforma costera, y allí donde no están modificados o integrados en la trama urbana (caso solo aplicable a la cuenca del Río de la Cala), el cauce se hace recto, con menor pendiente y existencia de corredor ribereño (Figura 14 izda.), llanuras de inundación e incluso algunas terrazas aluviales. Estas últimas, por el contrario, solo se pueden apreciar en la cuenca del Jaboneros, que es la que tiene una extensión algo mayor (Figura 14 dcha.).



Figura 14. En la imagen superior, detalle de un tramo de cauce recto y de baja pendiente, con corredor ribereño en el río de la Cala, próximo a su desembocadura. En la imagen inferior, terraza aluvial del arroyo de los Jaboneros. Fotos: autor.

Las llanuras de inundación son indicadores geomorfológicos de las zonas activas de inundación. Pero también las terrazas aluviales pueden serlo, en casos en los que una modificación antrópica importante del equilibrio natural de la cuenca, como puede ser la impermeabilización de parte de ésta, provoquen importantes aumentos de caudal. Así, viejas terrazas abandonadas por el río históricamente, han pasado a recuperar el flujo en inundaciones recientes, a causa de importantes cambios que se han producido en la cuenca por alteraciones urbanísticas aguas arriba de éstas.

Los abanicos aluviales, característicos de las ramblas mediterráneas, también aparecen representados en las cuencas del Rincón de la Victoria, en el punto de ruptura de pendiente entre la

montaña y la llanura aluvial (Yus Ramos *et al.*, 2004). Tal como se ha comentado previamente, los abanicos suelen indicar puntos de mayor peligrosidad, previendo cambios bruscos y complejos de predecir en el comportamiento hidráulico del río.

5.2.3. Erosión hídrica, movimientos gravitatorios de laderas y aporte de sólidos al flujo en las cuencas de estudio.

El cálculo de la producción de sedimentos sólidos por erosión de suelos se ha realizado aplicando las formulaciones RUSLE (ecuación universal de suelos revisada) y MUSLE (ecuación universal de suelos modificada), que calculan ambas la erosión potencial. En el primer caso obtiene un valor de toneladas anuales de pérdida estimada de suelo, y en el segundo, el mismo valor de toneladas para un episodio pluviométrico concreto.

Los resultados obtenidos con la RUSLE revelan importantes contrastes entre las distintas cuencas y las dos fechas consideradas (1956 y 2003). Así, en la actualidad las cuencas de La Cala y Jaboneros dan un valor potencial de pérdida de suelo de 37 y 46 toneladas por hectárea y año respectivamente, mientras que las cuencas de Pollo Zamora y Piletas alcanzan 59 y 101 toneladas por hectárea. En 1.956 la erosión resultante era muy diferente: las cuencas de Rincón de la Victoria y Estepona daban valores medios en torno a las 20 toneladas, y la de Málaga en torno a 45. Con ello, en estas cinco décadas las cuencas de La Cala y Pollo Zamora han duplicado su pérdida de suelo, y la del Piletas ha multiplicado su erosión potencial por 4. Frente a estas cifras, contrasta el hecho de que en este mismo periodo de tiempo la erosión potencial de la provincia de Málaga apenas haya aumentado en un 8% (desde 52 a 56 toneladas por hectárea y año), lo que deja en evidencia la muy diferente evolución seguida por las cuencas periurbanas litorales frente a la media provincial.

Atendiendo, por último a los valores obtenidos mediante la aplicación de la MUSLE para un evento tormentoso con periodo de retorno de 500 años, la cuenca de Estepona produce 461.000 toneladas de sedimentos, las del Rincón 149.000 y 89.000 toneladas (Pollo Zamora y Piletas respectivamente), y la del arroyo Jaboneros 2.155.000 toneladas. Para excluir el condicionante de extensión superficial y llegar a comprender la importancia de esta carga sedimentaria en el flujo, resulta más expresivo conocer que esto supone un porcentaje de sedimentos sólidos en el flujo de hasta el 19,1% (en la cuenca del Pollo Zamora). En el arroyo Piletas es del 18,0%, y en cuencas del Jaboneros y río de la Cala es del 15,8 y 8,0% respectivamente.



Figura 15. Fotografía del arroyo de los Jaboneros, en uno de los puentes próximos a su desembocadura, tras un evento tormentoso, el 7 de Enero de 2010. Apréciase que el flujo es barro líquido. Foto: Diario Sur.

De estos datos se puede concluir la importante cantidad de sedimentos que se incorporan al flujo en las cuencas (ver Figura 15). Esta particularidad es especialmente destacable en los episodios pluviométricos más intensos, acercándose en su comportamiento, como se puede observar para el caso de la cuenca del Rincón, a un flujo hiperconcentrado, esto es, con un porcentaje de carga sólida superior al 25% (Costa, 1984). En determinados casos, no es difícil tampoco que llegue a superarse el 50% de carga sólida, alcanzándose un flujo monofásico de lava fangosa-rocosa con suficiente fluidez para permitir su desplazamiento hacia la desembocadura.

Junto a lo anterior, en las cuencas de estudio se pueden identificar numerosos deslizamientos de laderas anexas a los cauces, normalmente por descalce o socavación de estas. Allá donde se producen estos movimientos se incrementa también notablemente el aporte de sólidos al flujo, pero en esta ocasión con una movilización de suelo mayor y un carácter más heterométrico, lo que aumenta la probabilidad de colapso (Figura 16).



Figura 16. Ejemplos del aporte de sedimentos heterométricos al cauce desde las laderas en la cuenca del río de la Cala. En la fotografía de la izquierda se aprecian los bloques que han caído directamente sobre el cauce, y en la fotografía de la derecha se observa el problema que llegan a general al ser arrastrados hasta una infraestructura de paso sobre el río de la Cala. Fotos: autor.

En general, en las distintas zonas de trabajo los procesos de erosión-transporte-sedimentación presentan una estrecha dependencia de la situación de los usos y aprovechamientos del territorio, y en particular, de la adecuación del uso y de la eficacia de las cubiertas en su función de protección de los suelos frente a la erosión (Gallegos, 2006). Este es el factor fundamental que explica la importante generación de sedimentos en las cuencas del Rincón de la Victoria, donde el suelo urbano, tal como se ha detallado en el primer apartado de este capítulo, alcanza un 76% del total de la superficie, y lo que es aún más relevante, más de la mitad de ésta, el 39%, es suelo urbano no consolidado, en proceso de transformación y con movimientos de tierra.

También en las cuencas de Málaga y Estepona los usos del suelo son la variable principal que condiciona la generación de sólidos, aunque en estos casos están más relacionados con las diferencias entre zonas agrícolas y forestales (arbustivas o arbóreas).

En relación igualmente a los usos del suelo, un caso particular de aporte de sedimentos en las cuencas estudiadas es la frecuencia de depósitos, excavaciones, rellenos y vertidos de depósitos de

inertes. Proviene frecuentemente de la actividad urbanística, y al no contar con medidas de compactación o sellado, son movilizados fácilmente, sin necesidad de esperar a un evento tormentoso (Figura 17 e Figura 18 izda.).



Figura 17. Imagen parcial del tercio septentrional de las cuencas Piletas-Pollo Zamora, en la que se aprecian suelos urbanizados, suelos en proceso de urbanización, zonas con movimientos de tierras e incluso acumulación de depósitos de ésta. Estos depósitos se incorporan a los flujos de escorrentía ya no solo en procesos tormentosos, sino incluso en las lluvias de menor magnitud. Fuente: Google Earth.

No obstante, más allá de los usos del suelo, la importante generación de detritos se debe también en buena parte a los materiales que conforman las cuencas, principalmente metamórficos. Éstos se forman en condiciones termodinámicas muy diferentes a las atmosféricas, de lo que resulta una mineralogía altamente sensible a los procesos de meteorización (Figura 18 dcha.). En su alteración, producen un sustrato terroso de naturaleza areno-limosa, con gran facilidad de desagregación, a lo que ayuda además la escasa cobertura vegetal. Esto favorece los procesos de erosión superficial en régimen laminar, y en determinados puntos en régimen lineal, produciendo surcos, barrancos y cárcavas (Yus Ramos et al., 2004).



Figura 18. Imagen izda.: fotografía área del cauce del arroyo Piletas antes de embocar bajo la autovía. Se pueden apreciar los importantes depósitos de acumulación de sedimentos y la gran explanada artificial de movilización de suelo en la proximidad del estrechamiento. Imagen dcha.: erosión hídrica lineal sobre filitas, en la cuenca del arroyo Jaboneros. Fotos: Google Earth (dcha.), autor (izda.).

5.2.4. Bloqueos en la desembocadura.

Un último aspecto a destacar en las cuencas estudiadas, por su influencia en episodios recientes, es la posibilidad de bloqueos en la desembocadura. El estado de la climatología marítima y de las playas puede fomentar la sedimentación en el lecho del cauce y condicionar así la capacidad de desagüe de la red de drenaje y el resultado final de las riadas. El modo de interacción entre arroyos y mar se encuadran en tres tipos básicos. En primer lugar, la acumulación de áridos de playa en la desembocadura por acción de la dinámica costera. En segundo lugar, la sedimentación de los caudales sólidos y acreción de acarreo en la desembocadura del arroyo, que actúan elevando el nivel de base, promoviendo el aterramiento progresivo del cauce y, al mismo tiempo, provocando la reducción de la capacidad de la infraestructura hidráulica, todo ello en relación directa al volumen de sólidos transportados. Y por último, la marea alta y el temporal en la mar coincidente con la punta de la avenida, cuya reducción de la capacidad de desagüe está en relación directa a la altura y modelo de rotura del oleaje en la playa y paseo marítimo (Figura 19).



Figura 19. Imagen de un barrio de la capital malacitana, próximo a la cuenca de Jaboneros, tras las intensas lluvias que se produjeron en enero de 2010. Inundación en el paseo marítimo, coincidente con un temporal en el mar. Foto: Diario Sur.

5.3. *Análisis del planeamiento en las áreas de estudio.*

Siguiendo lo ya comentado en la introducción del capítulo, en este apartado se abordará el análisis de los patrones urbanos y funcionales de las cuencas de estudio en relación al riesgo de inundación y asociados. Se estructurará en una primera parte con sendos subapartados de análisis del planeamiento y caracterización funcional, y una segunda parte que ya se adentra en la incidencia de estos patrones en la peligrosidad y vulnerabilidad de las cuencas de estudio.

5.3.1. *Análisis del planeamiento en las cuencas de estudio.*

Los distintos ámbitos de planeamiento que afectan a las cuencas de estudio son:

- Planeamiento regional: Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía (en adelante, POTA)
- Planeamiento subregional: planes de ordenación del territorio subregionales (en adelante, POT)
- Planeamiento municipal: planes generales de ordenación urbanística (en adelante, PGOU)

En líneas generales, se observará que los tres niveles del planeamiento abordan los riesgos naturales desde la protección territorial, sin adentrarse, salvo puntuales excepciones en los PGOUs, en otras propuestas de análisis o gestión.

5.3.1.1. *Planeamiento regional.*

Aunque el Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía solo plantea las líneas generales de la ordenación que luego deberán plasmarse en los planeamientos subregionales y municipales, y por lo tanto no tiene relación directa con las cuencas de estudio consideradas, sí se incorporará aquí este apartado para dar coherencia estructural al análisis del planeamiento.

El POTA, en relación a los riesgos naturales, en la sección I (sistemas de prevención de riesgos) del capítulo III (sistema regional de protección del territorio) del Título III (estrategias de desarrollo territorial), cita básicamente dos: las inundaciones y el riesgo de erosión. Presenta una serie de objetivos al respecto, sobre la seguridad integral o la calidad de vida de la población, y la necesidad de impulsar el conocimiento de los procesos y riesgos con mayor incidencia en Andalucía; y unas líneas estratégicas de actuación, entre las que destacan el uso de la planificación urbanística y territorial como herramienta fundamental, el establecimiento de criterios territoriales, y el impulso de los trabajos dirigidos al mejor conocimiento de los principales riesgos naturales de la comunidad

autónoma, incluyendo la necesidad de crear un sistema de cartografías de referencia que pueda ser usado en dicha planificación urbanística y territorial⁷.

Seguidamente, indica una serie de criterios territoriales ante el riesgo de inundaciones, que concluyen en la aplicación territorial y urbanística mediante POTs y PGOUs de los estudios previos realizados sobre el riesgo de inundación, y su reflejo, también detallado en este documento, de los cambios que deben producirse en la normativa y clasificación del suelo resultante con riesgos de algún tipo.

5.3.1.2. *Planeamiento subregional.*

Atendiendo al planeamiento subregional, la cuenca del río de la Cala forma parte del Plan de Ordenación del Territorio de la Costa del Sol Occidental, y las cuencas de los arroyos Jaboneros, Piletas y Pollo Zamora forman parte del Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración Urbana de Málaga.

- **POT de la Costa del Sol Occidental**

a. *Descripción del plan y su ámbito regional*

Atendiendo a las descripciones del propio Plan, el litoral de la Costa del Sol Occidental de Málaga representa uno de los escenarios más tensionados del litoral andaluz, pues el desarrollo turístico-residencial ha propiciado un continuo urbano de más de 14 kilómetros, aunque estructural y funcionalmente fraccionado.

Este territorio se encuentra en un importante proceso de transformación, ya que de ser un espacio predominantemente turístico y vacacional, cada vez más representa el destino temporal de residentes nacionales y extranjeros. Ello hace que las demandas de dotaciones propias de la ciudad residencial se sumen a las necesarias para el funcionamiento de la ciudad turística.

Así mismo, el Plan pone de manifiesto que la capacidad de carga de este territorio es limitada y que las características paisajísticas y ambientales presentan una fragilidad manifiesta, más cuando son cualidades y condicionantes intrínsecos al propio modelo turístico-residencial. De igual modo entiende que los espacios libres de edificación del frente litoral y los cauces de los ríos y arroyos que conectan la sierra con el litoral constituyen el sistema verde de carácter estructural que cualifica el entramado urbanístico.

A tal efecto, el Plan establece cautelas y protege espacios cuyo interés es más posicional que ambiental y que han de ser incorporados al sistema de espacios libres mediante su acondicionamiento y regeneración, este es el caso de Las Vegas del Río Manilva y los 18 parques fluviales propuestos, de los cuales integran la Red Natura 2000 como Lugares de Importancia Comunitaria los siguientes: Manilva, De La Cala, Padrón, Castor, Guadalmanza, Guadalmina, Guadaiza, Verde, Real y Fuengirola.

⁷ Programa de actuación del Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía. Línea de actuación SG-05: “El Plan prevé un programa de cartografía temática a la escala adecuada y de estudios de referencia, que orienten el tratamiento y prevención de los distintos tipos de riesgos”.

b. Protecciones ambientales y territoriales de la cuenca

Para la cuenca del río de la Cala, encontramos que de las propuestas del Plan, incluye entre las zonas de máxima protección ambiental (Ambiental 1) el espacio de los Reales de Sierra Bermeja y el propio tramo medio del cauce del río de la Cala. En el nivel de protección 3 (Interés territorial) encontramos igualmente el resto de la cuenca media, más allá del cauce. De igual modo, aparece todo el tramo restante (tramo bajo), junto al afluente ‘arroyo Marimacho’, dentro de la figura ‘Parque fluvial’ de la Red de espacios libres del Plan (E4, Parque Cala).

De este modo, la totalidad del cauce principal está protegido ambiental o territorialmente por el POTCSO, así como el afluente ‘arroyo Marimacho’ y los tercios septentrional y medio de la cuenca.

- POT de la Aglomeración Urbana de Málaga

a. Descripción del plan y su ámbito regional

La franja litoral de este ámbito, que se corresponde con una de las principales áreas urbanas a nivel nacional, está prácticamente colmatada por los procesos urbanísticos, conviviendo en una superficie relativamente reducida una gran variedad de usos del suelo.

Sólo una mínima parte de esta costa se encuentra protegida y se corresponde con los dos grandes vacíos de esta franja litoral. Uno está situado al este del núcleo urbano de Málaga, en el eje del río Guadalhorce, cuya desembocadura está protegida por la legislación ambiental, con la figura de Paraje Natural, íntegramente dominio público marítimo-terrestre. Además, en ese entorno se localizan dos Parques Metropolitanos propuestos por el Plan de Ordenación del Territorio, destinados al ocio y al esparcimiento de la población.

El otro gran vacío litoral se encuentra en el sector oriental, entre los núcleos urbanos de Málaga y Rincón de la Victoria, protegido por el Plan por sus valores ambientales y territoriales.

Por otro lado, el Plan establece un corredor de uso público en los primeros 500 metros desde el dominio público en los escasos suelos no urbanizables o urbanizables no sectorizados, con el fin de fomentar actividades de ocio y recreativas; así como seis itinerarios recreativos planteados como corredores destinados a espacios libres entre la sierra y el litoral (Benalmádena Occidental-Sierra de Mijas, Benalmádena Torrequebrada, Arroyo Cañada de Ceuta, Arroyo de Granadilla, Arroyo de Benagalbón y Arroyo de Santillán).

b. Protecciones ambientales y territoriales de las cuencas

En relación a las protecciones territoriales que establece el plan, buena parte de la superficie de la cuenca del arroyo de los Jaboneros, fundamentalmente al norte de la autovía A-7, está recogida en el POTAUM como zona de protección territorial (“Montes de Málaga”). De igual modo, para la misma cuenca, y considerando el sistema de espacios libres de carácter metropolitano del Plan, se localiza en su interior el Parque Metropolitano Monte de San Antón (P.M. 6).

No existe protección alguna, por su parte, para las cuencas de los arroyos de la Pileta y Pollo Zamora.

5.3.1.3. *Planeamiento municipal.*

El análisis del planeamiento municipal se centrará en la clasificación y categorías del suelo en las cuencas de estudio, por tratarse de un fiel y sintético reflejo de los patrones funcionales proyectados en dichas superficies. También se citarán, cuando existan, otras consideraciones directamente relacionadas con el riesgo de inundación en los distintos documentos para las áreas de trabajo.

La cuenca del arroyo de los Jaboneros responde al PGOU de Málaga del año 2011. La cuenca del río de la Cala se incluye en el PGOU de Estepona del año 1994. Las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora están insertas en el PGOU de Rincón de la Victoria de 1992⁸.

- **Plan General de Ordenación Urbana de Estepona**

El planeamiento usado para la Cuenca del Río de la Cala pertenece al PGOU de 1994 adaptado a la LOUA en 2010. Aunque se llegó a hacer un avance para revisar el PGOU, no llegó a tener aprobación inicial. Por otro lado, la adaptación a la LOUA no es una adaptación real, sino prácticamente de nomenclatura.

Desde el punto de vista del planeamiento, la cuenca del Río de la Cala conserva en la actualidad, a pesar de las presiones existentes, un importante grado de protección, de modo que el 95,9% de su extensión es suelo no urbanizable, repartido prácticamente a partes iguales entre suelo no urbanizable de carácter natural o rural y suelo no urbanizable de especial protección, tanto por planificación territorial o urbanística (con protecciones agrícolas o de complejo serrano) como por legislación específica, por la presencia del Paraje Natural Los Reales de Sierra Bermeja.

El 4,1% restante se divide entre sistemas generales, correspondientes a las redes viarias que cruzan la cuenca, y los suelos urbanos, consolidados o no. El suelo urbanizable proyectado, localizado en su totalidad al sur de la autovía, apenas llega al 0,7%, lo que supone una buena muestra de la muy limitada proyección urbanística de la cuenca.

Entre los motivos de esta realidad cabe considerar en primer lugar, que su forma muy estrecha, y tanto más en el extremo sur, supone que el porcentaje de superficie costera sea muy reducido. De otro lado, también hay que considerar lo agreste de su relieve y la protección agrícola de buena parte de la cuenca.

De otro lado, existe el proyecto de creación de un parque fluvial en la cuenca, que incluso se recogía en el Plan de Ordenación del Territorio de la Costa del Sol. No obstante, ni la administración regional ni la local han avanzado en ello, y lo único que se ha planteado ha sido apenas una restauración del cauce. Esta inacción se debe en parte al fuerte rechazo por parte de los propietarios de las parcelas

⁸ Salvo en el planeamiento de Málaga, ya finalizada su revisión y adaptación a la LOUA y al POTA, Rincón de la Victoria y Estepona aún se encuentra en proceso de revisión, adaptados a la LOUA, pero no al POTA. No obstante, los análisis que se realizarán en este apartado estarán actualizados al estado en que se encuentra la revisión del planeamiento en 2012.

de la cuenca, que contaminados por la fiebre urbanística pretenden la recalificación de sus terrenos para cesar sus aprovechamientos agrícolas y vender a precio de suelo urbano.

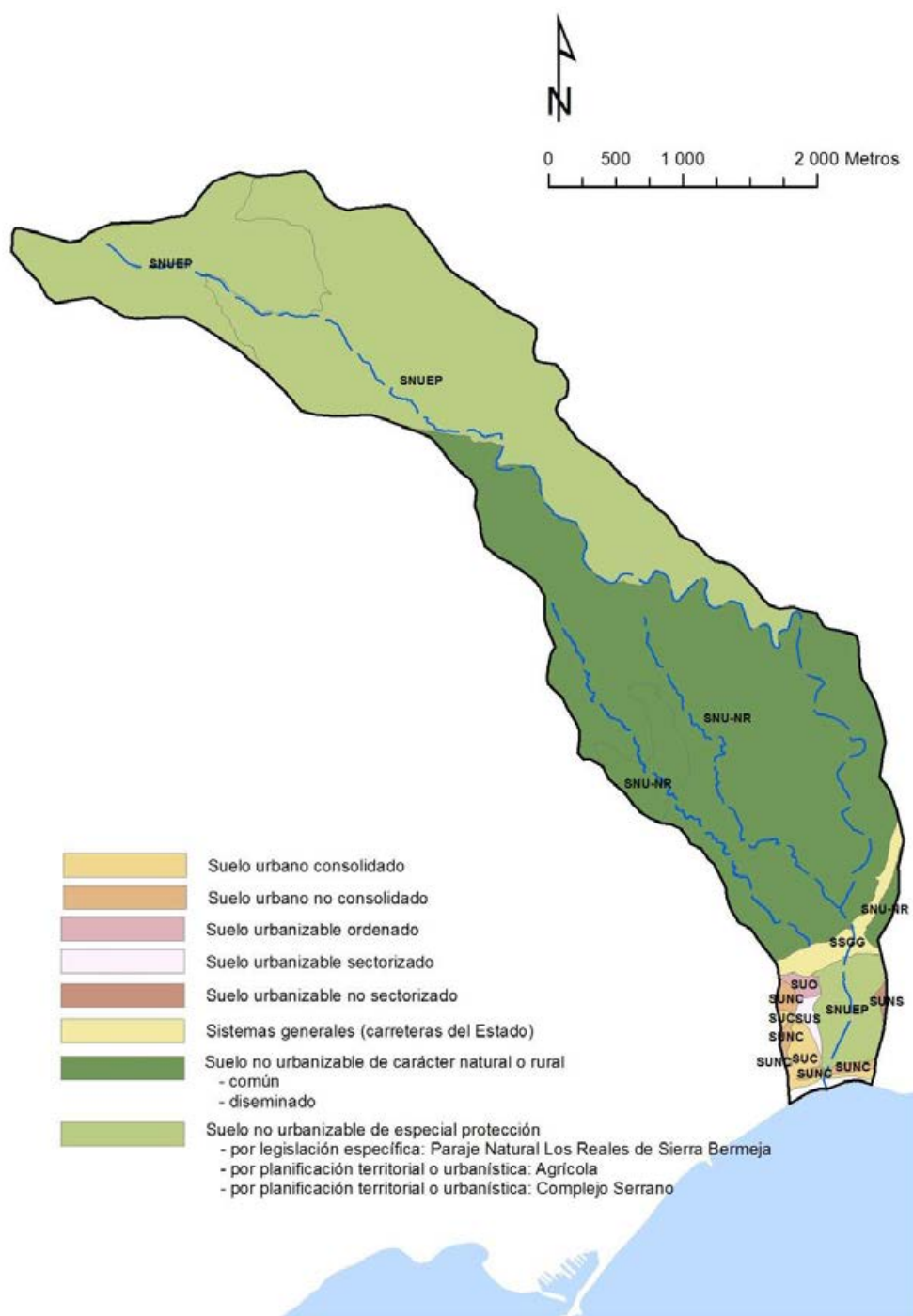


Figura 20. Clasificación y categorías del suelo del Plan General de Ordenación Urbanística de Estepona. Fuente: elaboración propia.

	Tipo de suelo	% de la cuenca
SNU-NR	Suelo no urbanizable de carácter natural o rural	48.0
SNU-EP	Suelo no urbanizable de especial protección	47.9

SSGG	Sistemas generales	1.7
SUC	Suelo urbano consolidado	1.0
SUNC	Suelo urbano no consolidado	0.7
SUNS	Suelo urbanizable sectorizado	0.1
SUO	Suelo urbanizable ordenado	0.3
SUS	Suelo urbanizable sectorizado	0.3

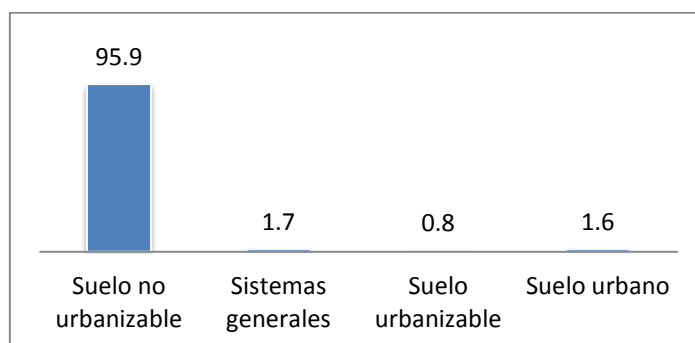


Tabla 5 e Figura 21. Distribución porcentual de los distintos tipos de suelo en la cuenca. Fuente: PGOU.

- Plan General de Ordenación Urbana de Málaga

Atendiendo al PGOU de Málaga de 2011, adaptado a la LOUA y al POTA, la cuenca del arroyo de los Jaboneros responde a un modelo urbano en la franja litoral, con un 8,4% de suelo urbano consolidado y un 2,5% de sistemas generales (infraestructuras, redes viarias, espacios libres y equipamientos). El suelo urbano no consolidado ocupa el 1,4% y el suelo urbanizable el 1,5%.

El 86% restante es suelo no urbanizable por planificación territorial y urbanística, aglutinando áreas de sensibilidad acústica, áreas de interés forestal, áreas de interés florístico, elevaciones topográficas de interés y suelos con pendientes superiores al 30%.

En relación directa con el cauce y su franja más inmediata, el Plan cita en su memoria propositiva la necesidad de crear una serie de parques en la zona Este, entre los que se incluye el arroyo Jaboneros, incorporando la implantación de equipamientos singulares y de actividades y usos urbanos en muy baja densidad y exteriores al continuo urbano. El rol de estos parques consiste, según los redactores, en aportar a la ciudad, en posición exterior al espacio articulado, oportunidades para el disfrute de la naturaleza, consolidar paisajes que definen y perpetúan los rasgos geográficos básicos del lugar de la ciudad, y asegurar la restauración natural de estas áreas periféricas.

Más allá de lo anterior, en el documento de impacto ambiental del planeamiento, se menciona la subunidad ambiental 'Jaboneros', destacando su función como corredor ecológico y su valor paisajístico, así como la recomendación de no realizar otras actuaciones más allá de la mejora ambiental o reforestación de márgenes para evitar la erosión. Entre los impactos actuales, cita la ocupación del dominio público hidráulico por diseminados, la realización de vertidos de aguas fecales, la contaminación con nitratos procedentes de los fertilizantes usados en los cultivos

próximos, la colmatación del lecho por los numerosos sedimentos que se producen en la cuenca y la sustitución de su bosque de ribera por especies agrícolas. Seguidamente presenta una serie de medidas en relación directa con los impactos citados. No obstante de este análisis, la unidad hace referencia únicamente a la franja fluvial.

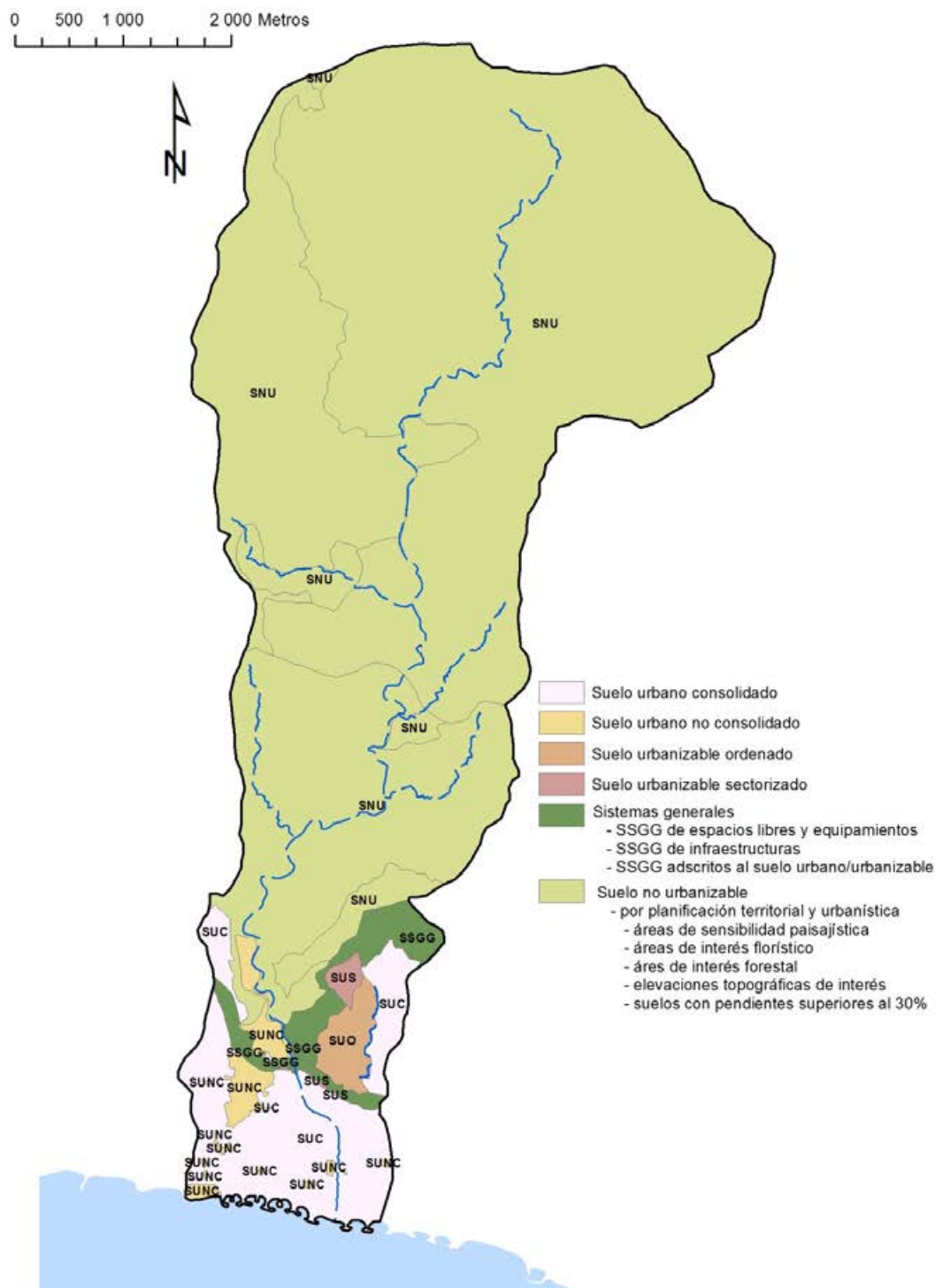


Figura 22. Clasificación y categorías del suelo del Plan General de Ordenación Urbanística de Málaga. Fuente: elaboración propia.

	Tipo de suelo	% de la cuenca
SNU	SNU por planificación territorial y urbanística	86.1
SUC	Suelo urbano consolidado	8.4
SSGG	Sistemas generales	2.5
SUO	Suelo urbanizable ordenado	1.2
SUS	Suelo urbanizable sectorizado	0.3
SUNC	Suelo urbano no consolidado	1.4

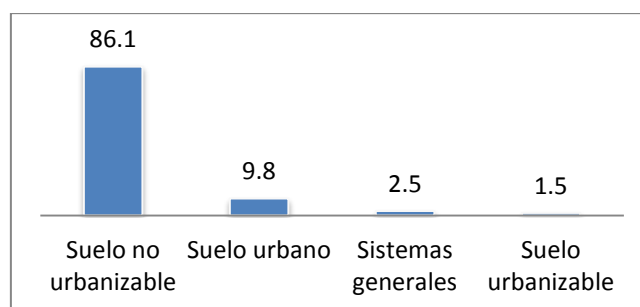


Tabla 6 e Figura 23. Distribución porcentual de los distintos tipos de suelo en la cuenca. Fuente: PGOU.

- **Plan General de Ordenación Urbana del Rincón de la Victoria**

El PGOU vigente en el municipio del Rincón de la Victoria es de 1992, si bien en la actualidad, y desde hace ya no pocos años, se encuentra en proceso de revisión. En 1999 fue adaptado a la LOUA.

La distribución de suelos en el planeamiento para las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora contrasta profundamente con las anteriores cuencas consideradas, estando próximas a su “colmatación” urbanística, al menos en cuanto a la clasificación de sus suelos. Así, el suelo urbano supone el 76,8% del total superficial, repartido de modo similar entre suelo urbano consolidado y no consolidado. El suelo urbanizable alcanza el 10% y los sistemas generales el 1%, con lo que apenas queda un 12% de suelo no urbanizable en el cómputo total de ambas cuencas.

En 1974 se elaboró el "Proyecto de Urbanización Parcial de los Núcleos de Rincón y Cala del Moral en Rincón de la Victoria (Málaga)", planteando la necesidad de adecuar el saneamiento a un sistema separativo, con lo que la red de pluviales quedaría a partir de su aplicación independizada de la de saneamiento. Este documento pone de manifiesto una insuficiente consideración de los aspectos hídricos relacionados con la red fluvial, ya que no se señalan problemáticas en relación con la evacuación de avenidas extraordinarias, y tampoco se plantea la pertinencia y eficacia de la modificación de los encauzamientos existentes. Tan sólo se recogen medidas encaminadas a la ampliación de zonas peatonales y a la mejora de la seguridad de los viandantes en los espacios encauzados, lo que conllevó la realización de algunos tramos embovedados y el reforzamiento de muros de encauzamientos preexistentes (Junta de Andalucía, 2004).

En el PGOU vigente, aunque se analiza la realidad territorial del municipio, no establece determinaciones específicas para el drenaje desde la consideración de su funcionamiento sistémico. Los terrenos adscritos a la red hidrográfica se clasifican y califican de igual manera que los suelos por los que discurren, posponiendo su adecuación al momento en que se realicen los planes de desarrollo. Estos, posteriormente, proponen soluciones puntuales y aisladas sin criterios uniformes de intervención, y sin contemplar los efectos acumulativos o las repercusiones sobre el régimen hídrico de los cauces (Junta de Andalucía, 2004).

El planeamiento que está en redacción ya sí precisa algo más en relación a la red hidráulica del municipio, mejorando la identificación y delimitación de los cauces, así como el diagnóstico del estado de las infraestructuras hidráulicas y sus puntos críticos, pero como soluciones plantea medidas de tipo estructural, como trasvases de cuenca y ampliación de canalizaciones, de lo que se desprende que la mayor preocupación no va ligada desde luego a un mejor conocimiento sistémico de la red fluvial. Además, en cuanto al modelo urbanístico, se opta por un desarrollo extensivo al norte de la autovía, consolidando de tal modo la trayectoria del PGOU anterior, que ha sido causante de graves inundaciones y daños económicos.

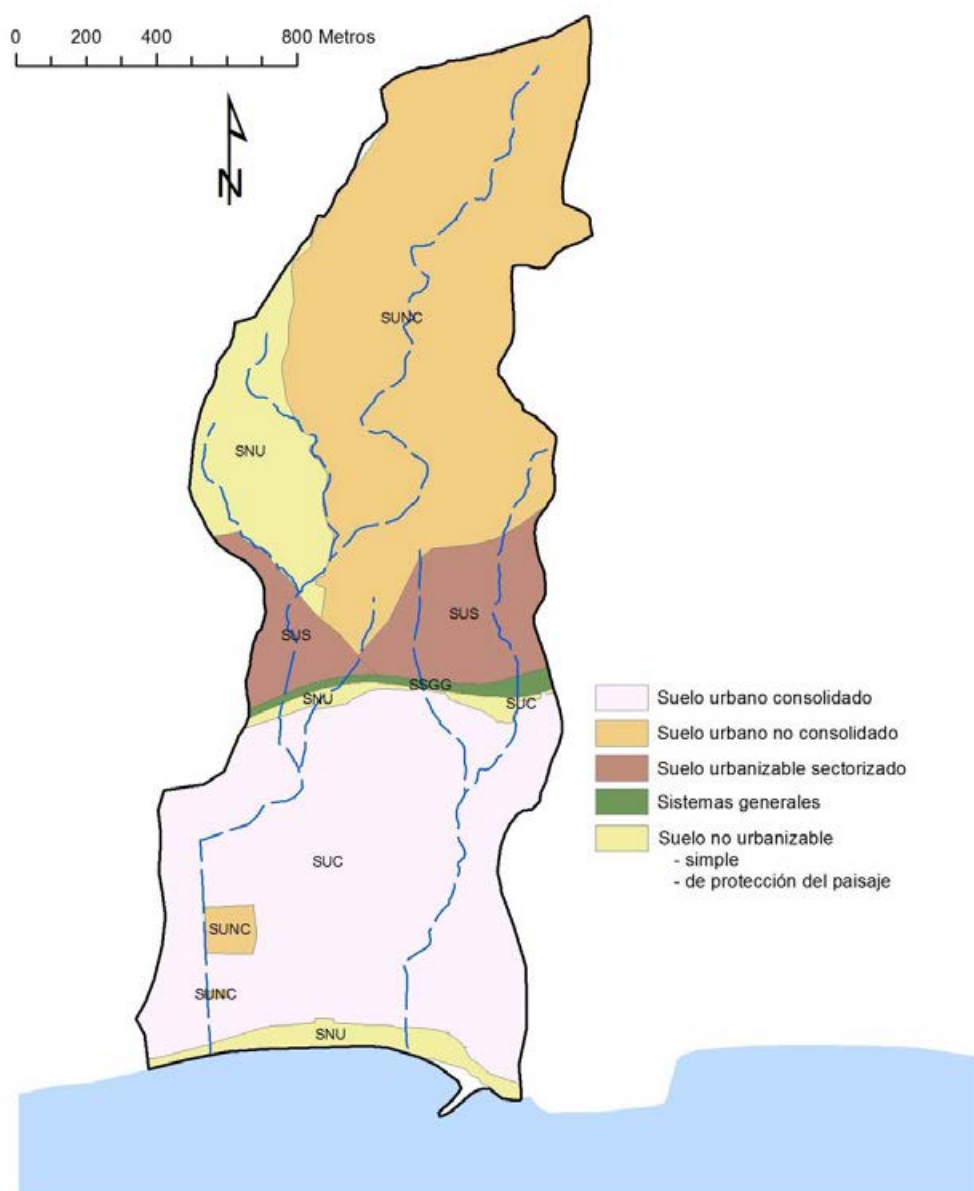


Figura 24. Clasificación y categorías del suelo del Plan General de Ordenación Urbanística de Rincón de la Victoria. Fuente: elaboración propia.

	Tipo de suelo	% de la cuenca
SUNC	Suelo urbano no consolidado	39.2
SUC	Suelo urbano consolidado	37.6
SNU	Suelo no urbanizable	12.1
SSGG	Sistemas generales	1.1
SUS	Suelo urbanizable sectorizado	10.0

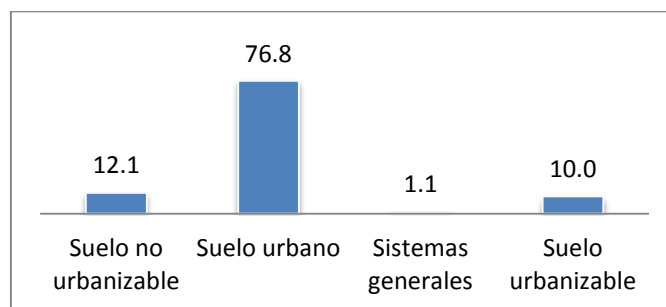


Tabla 7 e Figura 25. Distribución porcentual de los distintos tipos de suelo en la cuenca. Fuente: PGOU.

5.3.1.4. *Legislación sectorial con incidencia en la temática de riesgo.*

Más allá del planeamiento vigente, también existe legislación sectorial que afecta, condiciona y configura el modelo territorial y natural de las cuencas consideradas. Ésta se va a centrar en los espacios protegidos que concurren en las cuencas.

De tal modo, la cuenca con mayor porcentaje superficial de espacios protegidos es la del Río de la Cala, donde la totalidad del cauce está protegido por el LIC Arroyo de la Cala (ES 6170027) y en el tercio septentrional se superponen, con diferentes extensiones, el Paraje Natural ‘Los Reales de Sierra Bermeja’ y el LIC ‘Sierras Bermeja y Real’ (ES 6170010).

Por el contrario, las cuencas de los arroyos Jaboneros, Piletas y Pollo Zamora no tienen en su interior ningún espacio protegido por legislación autonómica ni europea.

En relación a las vías pecuarias y montes públicos, una vez más, es la cuenca del arroyo de la Cala la que aparece con mayores afecciones: monte público de Sierra Bermeja, colada de Reinoso y veredas del camino de Genalguacil, de la Lobilla, de los Frailes, del camino de Jubrique y del camino de Igualeja. En la cuenca del arroyo de los Jaboneros, y coincidiendo con sus límites, se localizan las veredas de Cárdenas y de Olías, y en su interior, el monte público de El Pastor, El Cerrado y Lo Mota.

De otro lado, y en relación a las afecciones por infraestructuras viales, en todas las cuencas se repite el mismo patrón, con la autovía y/o autopista del Mediterráneo, A-7, cruzando transversalmente, en el contacto entre la llanura litoral y las laderas pre-serranas, y con uno o varios viales urbanos paralelos a la anterior, próximos a la costa.

Junto a estos viales, se superpone una densa red de carreteras perpendiculares a la costa, que comunican ésta con el interior, y que en el caso de la cuenca del río de la Cala es la provincial MA-557, y en la cuenca del arroyo de los Jaboneros es la autonómica A-7000, conocida como carretera ‘de la Reina’.

En el primero de los casos, los espacios protegidos garantizan un mejor equilibrio de los procesos y sistemas naturales, mientras que en el segundo, la red viaria intercepta la red de drenaje, al localizarse transversal a ésta o incluso por el mismo valle del río o arroyo, provocando efectos locales en la dinámica fluvial y en el régimen hidráulico. La magnitud de estos fenómenos vendrá condicionada por la entidad de cada cauce y el tipo de obras de drenaje existentes. Tal como se ha

citado, la red viaria en el ámbito de estudio está compuesta fundamentalmente por la autovía y autopista A-7, y la carretera nacional N-340, junto a una densa red transversal entre la costa y el interior, formada por carreteras autonómicas y provinciales.

5.4. Caracterización del patrón funcional y territorial de las cuencas de estudio desde su consideración como espacio de riesgo.

En este último apartado se concretan, a raíz del análisis funcional y territorial de las cuencas, algunas de las principales características que las configuran como un espacio de riesgo.

En el próximo capítulo se desarrollarán y ampliarán incluyendo las conclusiones sobre el análisis morfológico, y haciéndolo todo extensible al conjunto de cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz.

Las distintas cuencas consideradas coinciden en la existencia de patrones territoriales mixtos, de crecimiento acelerado y desordenado, impulsado por desarrollos residenciales que se mezclan con usos agrarios tradicionales en distinto grado de aprovechamiento. Los factores humanos interfieren con los naturales y viceversa, desdibujando la dualidad natural/artificial e intensificando la inducción humana del proceso natural (Perles y Mérida, 2010). Y todo ello en un escenario de topografía abrupta, que hubiera sido limitante para buena parte de los aprovechamientos que se han ido desarrollando de no ser por la aplicación de soluciones de ingeniería que en ocasiones han inducido problemas de inundabilidad y movimientos en masa, y que en el mejor de los casos han generado una falsa sensación de seguridad a los vecinos de la zona que desarma la necesaria prevención y capacidad de reacción ante los desastres.

Se trata, pues, de cuencas donde más allá de los múltiples condicionantes naturales directamente ligados con la peligrosidad, el patrón territorial se suma para configurar un claro ejemplo de espacios de riesgo, con procesos interrelacionados y sinérgicos.

Junto a los patrones heterogéneos, se aprecian densidades contrastadas y numerosos espacios intersticiales, en una concentración espacial y temporal de los procesos de cambio. Coexisten antiguos espacios agrícolas abandonados, con otros aún en uso. Los principales usos agrícolas que han desaparecido son los secanos, reconvertidos por abandono en nuevos espacios forestales, fragmentados e irregulares, en distinto grado de regeneración, y habitualmente con problemas acentuados de erosión. En el nuevo puzzle, los bordes de contacto entre zonas forestales, agrícolas y urbanas son frecuentes. Además, y no solo en referencia a los terrenos agrícolas abandonados, se generan frecuentes espacios de “barbecho social”, indefinidos, durante el periodo de tiempo en que estos lugares se readaptan a los nuevos usos que origina su condición periurbana (Perles y Mérida, 2010).

Pero no en todos los casos se abandonan o sustituyen los patrones tradicionales. En ocasiones, éstos alteran su uso mediante una intensificación, tal como es el caso de numerosos espacios agrarios de secano que pasan a ser de regadío, dado que la revalorización económica del terreno y la mejora de la accesibilidad favorece y exige que los rendimientos de estos aprovechamientos sean mayores. Y en otros casos, se producen fenómenos de reutilización del paisaje rural para su uso recreativo o turístico (Figura 26).



Figura 26. Imagen área de una antigua casa-cortijo reconvertida en hotel rural, en la cuenca del Río de la Cala, en Estepona. Fuente: Goolzoom.

Más allá de la heterogeneidad de usos en las cuencas, incluso cuando el aprovechamiento es más homogéneo, como los residenciales en algunas de las cuencas, frecuentemente éstos aparecen como células residenciales desagregadas, no coordinadas entre sí (*Ibid.*).

También desde el punto de vista residencial, y tal como ya se ha comentado con anterioridad, resulta llamativo el hecho de que confluyan en espacios muy próximos dinámicas urbanísticas muy contrastadas. Así, en la cuenca del Jaboneros, aparecen las barriadas Pinares de San Antón o Cerrado de Calderón, que son modelos de preferencia residencial, para población con un nivel socioeconómico medio-alto, y la barriada de La Mosca, suburbio residencial, de origen marginal, cuya localización periurbana no es por preferencial sino debida a condicionamientos sociales y económicos que obligaron a su población a situarse fuera de la estructura urbana.

Respecto al caso de localización preferencial comentado, se trata igualmente ésta de una característica repetida en las distintas cuencas, al revalorizarse terrenos que antes no tenían interés antrópico alguno, como las cimas de los montes o colinas, y que ahora, por su potencial paisajístico se sitúan como lugar preferente para el aprovechamiento residencial.

Un aspecto destacable de las cuencas es la implantación de importantes infraestructuras viales y equipamientos urbanos, tanto locales como metropolitanos. Se trata fundamentalmente de la autovía y autopista A-7 y AP-7, aunque también existen otros equipamientos como es el caso del depósito de agua situado inmediatamente al norte de la A-7 en la cuenca del Arroyo Jaboneros. Este tipo de infraestructuras y equipamientos surgen tanto para descongestionar las áreas urbanas de las dotaciones que más suelo consumen, como por su localización estratégica de funcionalidad metropolitana.

Ahora bien, si la accesibilidad regional ha sido una de las características más notable de la conformación de los espacios periurbanos, no siempre esto coincide con una buena accesibilidad interna. En casos como la cuenca de Estepona, no existe una red viaria estructurada, sino que siguen usándose los antiguos caminos, terrizos o asfaltados. En la cuenca del arroyo de los Jaboneros, coexisten viarios aptos para el poblamiento interior existente (zona de Pinares de San Antón), y otros enrevesados y forzados por el relieve y la autoconstrucción anárquica (en el caso de las

barriada de La Mosca y La Cerrajerilla). Y en las cuencas del Rincón, sí se ha desarrollado un viario interno, que en este caso es desproporcionado e innecesario para el poblamiento y población que alberga (Figura 27).



Figura 27. Estructura viaria interna en las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora. Fuente: Google Earth.

De igual modo, en las cuencas destacan frecuentes alteraciones de la geomorfología por la intervención antrópica. Tanto el relieve de las laderas como el propio perfil longitudinal de la red fluvial muestran constantes transformaciones en cada una de las cuencas consideradas, si bien son especialmente notables en las áreas de estudio del Rincón de la Victoria, donde se han producido neorelieves para el desarrollo de la urbanización ‘Parque Victoria’, frecuentemente por proliferación de vertidos y rellenos (Figura 28). Aquí la superficie total afectada por movimientos del terreno es de 1.600.000 m² desde finales de 2002, y la superficie de suelo removido, entre viales, taludes, terraplenes y acopios de tierra, con suelo desnudo y alto grado de disgregación es de 300.000 m² (Yus Ramos *et al.*, 2004). En las cuencas del arroyo Jaboneros y río de la Cala, aunque a menor nivel, también existen estas alteraciones, tanto por razones urbanísticas como por adaptación de terrenos agrícolas. Asimismo, la dinámica erosiva produce importantes cambios, esta vez fundamentalmente en las zonas de sedimentación, por acumulación de detritos, y en el propio perfil longitudinal de los ejes fluviales, que ve alterado con ello su dinámica hidráulica. Junto a todo esto, se acentúan los problemas de erosión y bajo umbral de escorrentía, incidiendo con ello en algunos de los principales condicionantes del litoral mediterráneo, tal como ya han sido citados en los apartados del medio físico.

De otro lado, el conflicto generado por la aparición de diferencias entre el comportamiento diverso y sistémico de las redes fluviales y el rígido y fragmentado de las áreas antrópicas, se resuelve normalmente con la incorporación de los ejes fluviales a la geometría ortogonal de las segundas. Así ocurre en las cuencas de los municipios de Málaga y Rincón de la Victoria, si bien no tanto en la cuenca del río de la Cala, donde los usos que aparecen son menos intensivos.



Figura 28. Depósitos de materiales sobrantes de obras para la urbanización de Parque Victoria, en las cuencas Piletas y Pollo Zamora. Fuente: Asistencias Técnicas Clave.

Más allá de todo esto, las cuencas también se caracterizan por el laxo control existente en ellas por parte de las administraciones, a lo que se unen frecuentes conflictos competenciales, superposición de normativas diferentes, ausencia de una ordenación parcial del sector y autoconstrucción. El caso más evidente lo encontramos en la cuenca del río de la Cala, donde como ya se ha citado, tres cuartas partes de las viviendas denominadas comúnmente como “los campitos” están fuera de ordenación. También se hace patente en las barriadas de la Mosca y la Cerrajerilla, en la cuenca del arroyo de los Jaboneros. La diversidad de administraciones implicadas y de normativas y actores dispares no facilitan la ya de por sí insuficiente atención de dichas administraciones hacia estos espacios.

También deben mencionarse los cambios sociológicos y culturales que inciden en la población que reside o usa estos nuevos espacios. Se produce una aculturación por parte de dicha población, que por un lado, y tal como ya se ha avanzado, es desconocedora de las características del medio físico que está ocupando, y por otro lado se despreocupa de mantener sus huellas culturales, históricas o patrimoniales. De este modo, a los cambios físicos y funcionales, se suman también cambios sociales que completan la redefinición del lugar.

En resumen, las cuencas reúnen una amalgama de aprovechamientos y comportamientos dispares, en los que coinciden actividades desde el sector primario al terciario, con contrastes ya no solo de usos, sino también de intensidades, extensivos o intensivos, y vitalidad, en abandono o en desarrollo, de los que resultan patrones territoriales heterogéneos y poco coherentes entre sí. Esta disparidad que representa a las zonas periurbanas estudiadas es un inconveniente en sí para la caracterización de estos espacios. Pero más allá de esta dificultad de caracterización y de todas las dificultades de gestión mencionadas en el capítulo, el interés de su análisis no puede ser ignorado, pues presentan potencialidades por su localización y la proximidad temporal y espacial de su desarrollo que los sitúan como lugares que requieren la máxima atención dentro del esquema de la ordenación territorial y urbanística.

Índice Capítulo V

5.1. EVOLUCIÓN DE LOS USOS DEL SUELO Y PATRÓN URBANO.	137
5.1.1. Cuenca del río de la Cala.....	140
5.1.2. Cuenca del arroyo Jaboneros.	145
5.1.3. Cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora.....	148
5.2. FACTORES CONDICIONANTES DE LA INUNDACIÓN EN LAS CUENCAS DE ESTUDIO.	153
5.2.1. Funcionamiento hidrológico e hidráulico de las cuencas. Análisis comparativo de la inundabilidad entre 1956 y 2003.....	153
5.2.1.1. Pluviometría e hidrología en las cuencas de estudio.....	153
5.2.1.2. Hidráulica y superficie inundable.	156
5.2.2. Patrón morfológico de cauces y formas aluviales.	156
5.2.2.1. Morfologías de los cauces.	156
5.2.2.2. Formas aluviales.	158
5.2.3. Erosión hídrica, movimientos gravitatorios de laderas y aporte de sólidos al flujo en las cuencas de estudio.	160
5.2.4. Bloqueos en la desembocadura.	163
5.3. ANÁLISIS DEL PLANEAMIENTO EN LAS ÁREAS DE ESTUDIO.	165
5.3.1. Análisis del planeamiento en las cuencas de estudio.....	165
5.3.1.1. Planeamiento regional.....	165
5.3.1.2. Planeamiento subregional.....	166
5.3.1.3. Planeamiento municipal.....	168
5.3.1.4. Legislación sectorial con incidencia en la temática de riesgo.....	175
5.4. CARACTERIZACIÓN DEL PATRÓN FUNCIONAL Y TERRITORIAL DE LAS CUENCAS DE ESTUDIO DESDE SU CONSIDERACIÓN COMO ESPACIO DE RIESGO.	177

Capítulo VI. Particularidades de la producción del riesgo en cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz con riesgo de inundación: identificación de problemas y debilidades

En los capítulos 4 y 5 se han caracterizado, en una doble escala de aproximación, las particularidades morfológicas y funcionales del patrón territorial de las cuencas litorales periurbanas en un contexto mediterráneo, en relación al riesgo por inundación. Ahora, en este capítulo, se deducen y sistematizan, como fase siguiente, las principales problemáticas y debilidades derivadas de lo anterior. El modo de hacer frente a estas problemáticas que caracterizan la producción del riesgo de inundación en el ámbito espacial de trabajo nos puede llevar a actuar desde dos frentes diferentes pero complementarios:

1. Desde el análisis de la peligrosidad: cartografía de la peligrosidad.
2. Desde el análisis de la vulnerabilidad y la gestión del riesgo: cartografía de la vulnerabilidad y medidas de gestión y adaptación normativas.

Es el primero de ellos, el análisis de la peligrosidad, el que se ha abordado en este trabajo, al haberse considerado como un aspecto prioritario y necesario antes de poder realizar cualquier otra propuesta de análisis o gestión del riesgo. No obstante, de la caracterización que compone el Bloque II se podrían derivar, en una segunda fase, igualmente una serie de propuestas de gestión del riesgo en las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo.

Retomando el hilo de este trabajo, al final del capítulo se exponen una serie de potenciales soluciones de necesaria incorporación en una propuesta de modificación del análisis de la cartografía de peligrosidad por inundación, tal como la que se realiza en el próximo capítulo (capítulo VII).

En resumen, tras sintetizar las principales problemáticas y debilidades relacionadas con la producción del riesgo de inundación en las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo (*apartados 6.1 y 6.2*), se extraen los requerimientos necesarios (*apartado 6.3*) que deben contemplar los procedimientos de análisis y evaluación de la peligrosidad, con metodologías más adaptadas a su particular casuística.

6.1. Identificación de problemas y debilidades derivados de los condicionantes del medio físico y de los patrones y dinámicas del medio humano.

Partiendo del análisis morfológico y funcional que diversos autores realizan de la caracterización y conformación del riesgo en los espacios periurbanos, con especial interés en los trabajos de Perles y Mérida (2010), Perles y Cantarero (2007) y Mérida *et al.* (1998), se ha desarrollado el siguiente listado de problemas y debilidades para nuestro ámbito espacial de análisis.

a) Impredecibilidad del evento tormentoso.

Tomando como punto de partida la particularidad climática del litoral mediterráneo ya se manifiestan algunos de los principales condicionantes en relación a peligrosidad y vulnerabilidad. El primero de ellos es la impredecibilidad del evento tormentoso (Sánchez y Lastra, 2011), lo que afecta por igual a ambas variables del riesgo.

El clima mediterráneo, fuertemente contrastado con los restantes ámbitos climáticos, cuenta con notables particularidades, como la sequía estival (García Ruíz *et al.*, 2013). Configura, asimismo, territorios con eventos pluviométricos intensos, pero muy espaciados temporalmente. Éstos con frecuencia se originan en fenómenos convectivos o tormentas locales de difícil predicción. Frente a ellos, durante buena parte del año las precipitaciones son escasas¹. Ello genera una falsa sensación de seguridad de la población (ver Figura 13), además de una baja capacidad de reacción. En ocasiones esta falsa seguridad se justifica incluso por la dificultad de reconocer la forma geomorfológica propia del cauce.

b) Inundaciones relámpago.

De otro lado, los eventos tormentosos responden frecuentemente a inundaciones relámpago, de alta intensidad pluviométrica en muy corto periodo de tiempo, lo que se une a otros condicionantes como el pequeño tamaño de las cuencas, los bajos umbrales de escorrentía de sus suelos², su proximidad al mar y los relieves montañosos de elevada pendiente (Olcina, 2004; Salazar y Martín, 2006). Con todo ello resultan tiempos de concentración muy bajos, del orden de unas pocas horas o incluso minutos³, y nula capacidad de respuesta ante el evento (ver Figura 1 del capítulo 4). Más allá de los daños materiales, esta situación de alta vulnerabilidad genera víctimas mortales con cierta asiduidad.

La desproporción resultante entre los escasos o nulos caudales ordinarios y los elevados caudales extraordinarios también tiene su expresión territorial en la aparición de las ramblas, que dan fe de las magnitudes del flujo que caben esperar en puntuales ocasiones (ver Figura 1).

¹ Entre 35 y 45 días de lluvia al año en las áreas de estudio consideradas.

² Coeficientes de escorrentía entre 0,14 del arroyo Jaboneros y 0,52 del arroyo Pollo Zamora.

³ Para las zonas de estudio, los tiempos de concentración varían entre las 3h 54' del arroyo de los Jaboneros y los 45' del arroyo Pollo Zamora.



Figura 1. Rambla del arroyo Totalán, en la provincia de Málaga. La sección hidráulica del cauce alcanza los 98 metros en el fondo del valle, a pesar de tratarse del tramo medio de una cuenca de moderada extensión. Foto: autor.

Antes de concluir los condicionantes climáticos, debería mencionarse el previsible incremento de los factores citados a causa del cambio climático. Tal como ya se ha desprendido de las conclusiones relacionadas al análisis pluviométrico del apartado 5.2.1.1., de funcionamiento hidrológico e hidráulico de las cuencas, tomando la serie estadística entre 1980 y 2005 resultaban precipitaciones medias más bajas y coeficientes de variación más altos que considerando la serie estadística entre 1940 y 2005. Esta aparente contradicción habla de un aumento de los desequilibrios y torrencialidad pluviométricos.

c) Agravamiento de las inundaciones por acción de la pleamar.

Las inundaciones en los valles litorales deben tener también presente el condicionante impuesto por la posibilidad del efecto combinado de las crecidas fluviales con otros fenómenos naturales, como la pleamar, las mareas vivas o los fuertes vientos perpendiculares a la costa, que reducen significativamente el gradiente hidráulico, dificultando la evacuación de las aguas y aumentando el riesgo de desbordamiento los cursos fluviales en su tramo último.

No es menos cierto, en cualquier caso, que en el litoral mediterráneo este riesgo se vincula principalmente a resguardo de promontorios o puntas, o de infraestructuras portuarias o de protección de la costa, que aíslan determinados tramos de los aportes sedimentarios de la deriva litoral de levante dominante. Debido a ello, las zonas afectadas son numerosas pero de poca longitud, y coinciden generalmente con tramos de zonas urbanas ubicadas colindantes al dominio público marítimo terrestre y a poniente de elementos sobresalientes de la línea de costa, tanto naturales como artificiales (Junta de Andalucía, 2013).

Cambiando a escenarios a medio y largo plazo, y retomando el calentamiento global, la acción del mar tiende a incrementarse con su previsible y progresiva subida. Ésta, además de agravar el efecto de las inundaciones, también lleva aparejados otros problemas como el aumento del riesgo de

erosión costera, la salinización de acuíferos, la pérdida de playas o la alteración de los equilibrios sedimentarios.

De acuerdo con los modelos de simulación manejados para el próximo siglo, las tasas de incremento del nivel medio del mar continuarán y, dependiendo del escenario al que se evolucione, podrían tener valores que duplicarían las tasas registradas durante el siglo XX (Plan de protección del corredor litoral de Andalucía, 2013). Las estimaciones del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, 2007) contemplan para finales del siglo XXI ascensos comprendidos entre 18 centímetros, para escenarios con mayor reducción de la emisión de gases invernadero, y 59 centímetros en escenarios más pesimistas o con menor nivel de reducción en la emisión de gases invernadero.



Figura 2. Detalle de una calle próxima a la desembocadura del arroyo Jaboneros, tras un evento de inundaciones el día 17 de noviembre de 2011. Foto: Diario Sur.

d) *Cambios bruscos en la dinámica hidráulica del flujo.*

Otra característica de las cuencas del litoral mediterráneo que debe tenerse presente por su estrecha relación con la peligrosidad es la existencia de cambios bruscos en la dinámica hidráulica del flujo (Ortega, 2008). El complejo relieve por el que circula genera habituales contrastes geomorfológicos entre relieves confinados y pequeños valles o la llanura litoral. A ello se suman las frecuentes alteraciones antrópicas en la geomorfología. Como resultado de todo lo anterior, se producen cambios inesperados del comportamiento del flujo, con distintas velocidades y consecuentemente distintos calados. Pero más allá de esto, y tratándose de una figura de especial incidencia en la peligrosidad, se generan también abanicos fluviales al pasar de relieves confinados a lugares abiertos, tal como suele pasar cuando los cursos abandonan las sierras por las que discurrieron su cabecera y tramo medio, para desembocar en la pequeña llanura litoral. En estos abanicos, que además suelen estar urbanizados, se generan un patrón de riesgo mixto, donde el comportamiento hidráulico del río o arroyo puede ser imprevisto.

Dos aspectos más a tener en consideración son, en primer lugar, la facilidad con la que los estrechamientos del relieve hidráulico dan lugar a la formación de puntos de colapso, y por otro lado, el ya comentado comportamiento de la dinámica fluvial al producirse una crecida, pasando de ser meandrizante a ser recta, lo que supone un importante incremento de la energía del flujo, más allá de la propia crecida de caudal, pues al abandonar el comportamiento zigzagueante deja de liberar energía y el flujo aumenta de manera importante su competencia. A ello se suma un aumento de la capacidad erosiva y de arrastre.

Estos cambios de la dinámica hidráulica no solo incrementan la peligrosidad por inundación, sino que debe considerarse también su importancia de cara a la vulnerabilidad, al no prever la población un comportamiento diferente del flujo en dicho punto. De igual modo, afectan a los riesgos de movimientos en masa y erosión de suelos, modificando los comportamientos erosivos y sedimentarios.



Figura 3. Detalle de un estrechamiento puntual del cauce del río de la Cala. La angostura se sitúa unos metros antes del cruce con un vial asfaltado, que se convierte con ello en un punto donde confluyen una alta vulnerabilidad y alta peligrosidad por la posible formación de colapsos. Foto: autor.

e) *Alta capacidad de la erosión hídrica y de producción de sedimentos sólidos.*

Tal como ya se ha comentado extensamente en capítulos anteriores, uno de los grandes condicionantes de las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz es la alta capacidad de erosión hídrica y producción de sedimentos sólidos. Se trata no solo de un incremento de la peligrosidad de la inundación, sino que esta capacidad erosiva es un riesgo de erosión potencial de suelos en sí mismo.

Según los cálculos realizados usando la USLE, las cuencas del río de la Cala y del arroyo Jaboneros producen 37 y 46 toneladas por hectárea y año respectivamente, y las cuencas del Rincón de la Victoria llegan a superar las 100 toneladas. Para una lluvia concreta, con un periodo de retorno de 500 años, el aporte de detritos sólidos al flujo en ese único evento es de 208.000 toneladas en la cuenca del río de la Cala, 2.155.000 en la cuenca del arroyo Jaboneros, y de 238.000 para las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora. Resulta obvio que son resultados destacables en proporción al

tamaño de las cuencas, pero esto se observa más claramente cuando se compara con el caudal líquido en dicho evento, y se obtienen porcentajes de material sólido en el flujo de 8,0% para la cuenca del río de la Cala, del 15,8% para el arroyo Jaboneros, del 18,0% para el arroyo Piletas y del 19,1% para el arroyo Pollo Zamora.

A la vista de estos datos, parece claro que la carga de sedimentos sólidos que viajan en flotación tienen gran potencial para obstruir o represar la corriente, así como las altas concentraciones de sólidos en suspensión pueden modificar las propiedades del fluido (Díez Herrero *et al.*, 2008). A pesar de ello, la interrelación agua-sedimento solo se tiene en consideración muy ocasionalmente, y esto es una limitación importante para los casos que nos ocupan, pues en la dinámica torrencial mediterránea no es infrecuente que se produzcan flujos de lodos y detritos, también llamados flujos hiperconcentrados, en los que predomina la fase sólida.

Las variables que originan este problema en el litoral periurbano mediterráneo son las siguientes:

- Elevada torrencialidad de las precipitaciones, con lluvias de corta duración pero alta intensidad.
- Condiciones climáticas áridas o semiáridas, con escasa cubierta vegetal que pueda retener la pérdida de suelos.
- Coincidencia de las lluvias de mayor intensidad horaria y la estación seca.
- Efecto de retroalimentación producido por la gran capacidad erosiva del caudal, que socaba las orillas fácilmente.
- Relieves muy abruptos, con altas pendientes tanto de las laderas como del perfil longitudinal del cauce⁴.
- Suelos con escaso desarrollo, frecuentemente leptosoles, cambisoles y antrosoles.
- Alta recurrencia de los incendios forestales.
- Abandono de las parcelas de agricultura tradicional, quedando desprotegidos sus suelos durante la lenta transición a espacio forestal.
- Alto porcentaje de suelo urbanizable no consolidado, con frecuentes movimientos de tierras, depósitos no consolidados, excavaciones o rellenos, y con encauzamientos o asfaltados que transforman arroyadas difusas en concentradas.

Y las consecuencias resultantes son:

- En relación a la capacidad erosiva del flujo:
 - o Pérdida de suelos y terrenos productivos.
 - o Alta capacidad erosiva del flujo, e incremento de su peligrosidad.
 - o Socavación de infraestructuras.
 - o Procesos de inestabilidad de laderas por zapa de la base, que pueden desencadenar movimientos en masa.

⁴ Ver perfiles longitudinales para los ejes de las distintas cuencas estudiadas en el anexo 2, de perfiles longitudinales.

- En relación a la carga sólida arrastrada por el agua, ya sea en flotación, suspensión o como carga de fondo:
 - o Reducción de la sección hidráulica del cauce, e incluso en determinados casos, aterramiento completo y migración del cauce.
 - o Colapso y aterramiento de infraestructuras y otros bienes materiales.
 - o Formación de presas naturales que generan inundaciones locales, y la rotura de dichas presas y la punta de crecida asociada.
 - o Disminución de la velocidad del flujo, lo que incrementa la altura de la lámina de agua.

La inundación producida en el Rincón de la Victoria en los días 27 y 28 de marzo de 2004 fue un ejemplo destacado de la interrelación entre la precipitación y la producción de sedimentos sólidos en una cuenca periurbana mediterránea. En aquella ocasión se generaron flujos muy concentrados, que dotaron de una capacidad catastrófica a pequeñas cuencas, entre las que se encuentran la de los arroyos Piletas y Pollo Zamora, que por su limitada capacidad de producción de caudal no deberían haber tenido (ver *Figura 4*). La práctica totalidad de las consecuencias citadas en el párrafo anterior se presentaron en aquella ocasión, generando pérdidas económicas valoradas en 30 millones de euros (Diario 'El País', 15 de mayo de 2004).

Según el informe realizado por la Junta de Andalucía a raíz de dicho evento (Junta de Andalucía, 2004), “las intervenciones sobre la red de drenaje se han centrado exclusivamente en actuaciones de carácter estructural, fundamentalmente canalizaciones que facilitan el tránsito de las avenidas en sus correspondientes travesías urbanas, sin tener presente el carácter de cuencas torrenciales que hubieran requerido otros mecanismos destinados a disminuir o laminar el caudal de avenida y a frenar la erosión y mitigar los acarrees”.





Figura 4. Detalles de los procesos de sedimentación producidos en el tramo bajo de los arroyos Piletas (superior) y Estanco (inferior) en las inundaciones de marzo de 2004 en Rincón de la Victoria. Fuente: Junta de Andalucía.

f) Elevada susceptibilidad a los movimientos gravitacionales.

Otro importante condicionante del medio físico en la región de análisis es la elevada susceptibilidad inducida a los movimientos gravitacionales, tanto en laderas en estado natural como en los frecuentes neo-relieves. Al igual que se ha comentado para el caso de la erosión, estos movimientos en masa suponen un incremento de peligrosidad de la inundación, pero también un riesgo natural en sí mismo.

Su origen, más allá de la compleja estructura geológica de las cuencas, con frecuentes buzamientos, discontinuidades y cambios litológicos, está también en los relieves abruptos, de fuerte pendiente, la torrencialidad de las precipitaciones, las condiciones climáticas semi-áridas, los numerosos canchales, los habituales procesos de erosión hídrica, tales como acarreamientos o abarrancamientos, y los igualmente habituales descalces basales de laderas o escarpes, normalmente por socavación lateral de los cauces.

Desde el lado de la intervención antrópica, son comunes en las cuencas periurbanas las alteraciones geomorfológicas (formación de neo-relieves), críticas en relación a los movimientos en masa, especialmente en el momento transitorio de generación de esos neo-relieves. También lo son la sobrecarga de laderas por construcción, que puede ser un factor desestabilizador del equilibrio, y la apertura de viales y caminos (desmontes), que provocan rupturas del perfil de equilibrio de la ladera y la posibilidad de que se produzcan desprendimientos y deslizamientos.

En último lugar, la ausencia de vegetación, ya sea por barbecho social periurbano o por las propias condiciones bioclimáticas de las laderas mediterráneas, favorece de igual modo los flujos del suelo y material meteorizado por encima de la roca madre, disminuyendo la resistencia del material a su movilización.

Los resultados, desde el punto de vista de la peligrosidad, son el propio movimiento en masa, el aporte de sólidos al flujo y la posibilidad de colapsos o represamientos temporales del sistema hidráulico (Díez Herrero, 2008; Pita *et al.*, 1999).

En las cuencas de estudio se han localizado abundantes procesos activos de movimientos en masa, frecuentemente con afectaciones directas a los aprovechamientos periurbanos, como viales o lugares de ocio (ver Figura 5).



Figura 5. Detalles de movimientos en masa afectando usos periurbanos en las cuencas del arroyo Piletas (superior) y de los Jaboneros (inferior). Fotos: autor.

g) *Alta interferencia de restos vegetales con el flujo de inundación.*

Este factor, insuficientemente estudiado hasta la fecha, es uno de los principales condicionantes de las inundaciones en los ámbitos periurbanos mediterráneos. Diversos factores coincidentes en las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo favorecen una alta producción de restos vegetales fácilmente desprendidos de sus matrices. Estos son los frecuentes cambios y abandonos de usos agrícolas, la severidad de los meses estivales para la vegetación o la torrencialidad pluviométrica y la fuerte capacidad de arrastre hídrico. Con todo ello, es común que se produzca una alta producción de fragmentos vegetales desprendidos y detritos leñosos que al acumularse o incorporarse al flujo de los cauces ejercen una notable influencia sobre diversos aspectos de la dinámica fluvial (Montgomery, 2003; Langford y Hawkins, 2012; Díez Herrero, 2008).

Un caso concreto de material vegetal frecuentemente incorporado a las avenidas y relacionado con las inundaciones son las cañas. Se trata de una planta procedente de Asia que fue introducida en algunos de nuestros ríos para ser usada en construcción y agricultura, hasta su abandono a finales de los años 70 del siglo pasado. No obstante, desde dicha fecha sigue presente e incluso se ha extendido en muchos otros ríos e incluso barrancos afluentes.

La incorporación del material vegetal al cauce se produce principalmente debido a procesos como erosión de orillas, deslizamientos de laderas adyacentes, transporte fluvial o arrastre hídrico en superficie (May y Gresswell, 2003; Ruíz Villanueva *et al.*, 2014), y puede causar disminución de la sección hidráulica, colapso del cauce en estrechamientos naturales o antrópicos, como puentes o entubamientos, o inesperados procesos de represamiento y retención de sedimentos.

Resulta importante, por ello, considerar y cuantificar el material leñoso como un componente más del sistema fluvial (Ruíz Villanueva *et al.*, 2013).

h) *Comportamiento sinérgico y sistémico: peligrosidades asociadas.*

Otro de los aspectos que identifican la generación de riesgos en las áreas periurbanas del litoral mediterráneo tiene relación con el comportamiento sistémico y sinérgico que rige estas cuencas, y que las conforman como lo que podríamos denominar peligrosidades asociadas.

Si bien este comportamiento sistémico es una definición propia de cualquier cuenca fluvial, tanto más evidente se hace su funcionamiento en aquellas otras, como las que nos ocupan, en las que existe una elevada susceptibilidad a riesgos naturales tan próximos, concatenados y *retroalimentables* como son la inundación, la erosión de suelos y los movimientos en masa. Junto a ello, el carácter marcadamente mixto del patrón territorial y la intensa y particular forma de intervención antrópica da lugar a interacciones y a la necesidad de soluciones más complejas que las sectoriales con las que se afronta el análisis del riesgo en los espacios netamente naturales o los urbanos.

La inundación, más allá de la mera circulación del agua, se convierte en un flujo o vector de energía y materia conformado por las distintas peligrosidades que inciden en ella, con la existencia de una serie de procesos que actúan como conectores entre tales peligrosidades, dándole el citado carácter sinérgico y retroalimentándolas.

Junto a la interdependencia citada, se da igualmente el hecho de que la concurrencia de éstas causas de peligrosidad en un punto no dan lugar necesariamente a su manifestación en ese mismo punto, siendo las dinámicas topológicas y gravitacionales las que condicionan el lugar de aparición de la peligrosidad y la lámina de inundación el principal factor de transferencia espacial entre las causas y las consecuencias de los distintos peligros (Perles *et al.*, 2006b). Esta hipótesis se ha manifestado, una vez más y con especial evidencia, en el caso de las inundaciones de marzo de 2004 en las cuencas del Rincón de la Victoria, donde las alteraciones que se produjeron en las cabeceras y tramos medios de las cuencas se manifestaron de manera catastrófica en la desembocadura, donde se encuentra asentado el poblamiento de la Cala del Moral (ver *Figura 4*).

Algunos de los aspectos fundamentales de la interrelación entre la inundación, el aporte de sólidos que provoca la erosión y los movimientos en masa son el incremento de la energía erosiva del caudal y de la erosión lateral del cauce, el incremento del potencial de sedimentación en distintos puntos de la cuenca y la generación de colapsos de drenaje en los puntos en que coinciden terrenos susceptibles de movilizarse y estrechamientos naturales o artificiales (Perles, 2010).

En todo ello, el carácter dinámico y la perspectiva temporal se convierten en factores fundamentales de análisis a tener en consideración.

- i) *Acelerado proceso de concentración espacial y temporal de población, poblamiento y actividad económica.*

Centrando ahora el análisis de problemas y debilidades en los aspectos relacionados con los patrones y dinámicas del medio humano y los espacios de fricción que caracterizan las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo, el primer aspecto a considerar deba ser tal vez el acelerado proceso de concentración espacial y temporal de población, poblamiento y actividad económica, respondiendo a las dinámicas desarrollistas ya analizadas en el anterior capítulo. Estas intervenciones sobre el territorio se producen de manera simultánea y con elevadas interferencias entre los distintos procesos de peligrosidad que se generan.

Se trata además de una concentración en lugares de alto riesgo, tal como son los ceñidos valles prelitorales o en la estrecha plataforma litoral. En los valles de mayor entidad la presión se limita a la ocupación de los espacios colindantes al cauce, pero son más comunes los arroyos y ramblas de menor importancia, y en estos, que además tienen comportamiento más brusco e imprevisible, se suele ocupar directamente el cauce, transformándolo en auténticas redes de alcantarillado o incluso urbanizando sobre ellos.

En ocasiones, cuando se han colmatado el limitado espacio de estos valles y plataforma, la concentración se extiende por las laderas, donde la peligrosidad de inundación cede su protagonismo a las peligrosidades por erosión o movimientos en masa. Todo ello conlleva una alta vulnerabilidad por exposición de población y bienes, así como un incremento de la peligrosidad por alteraciones en la dinámica del flujo.



Figura 6. Imagen panorámica de la concentración de poblamiento, infraestructuras y otras actividades periurbanas en la aglomeración conformada por los municipios de Torremolinos, Benalmádena y Fuengirola, en la plataforma litoral existente entre la Sierra de Mijas y el mar (Costa del Sol Occidental, Málaga). Foto: autor.

j) *Modelo de ocupación del territorio inconexo, caracterizado por la imprevisión en la urbanización.*

Igualmente, deben tenerse en cuenta los problemas derivados de un modelo de ocupación del territorio difuso, caracterizado por la urbanización inconexa y desestructurada de las cuencas, con frecuente generación de riesgos sobrevenidos. Su desarrollo se realiza normalmente mediante actuaciones autónomas, configuradas para prevenir el impacto de un evento extremo atendiendo a su propia configuración territorial, pero sin tener en cuenta los efectos derivados de su interrelación topológica con otras células territoriales de la misma cuenca (Perles, 2010). Se hace referencia con ello al desequilibrio entre patrones desagregados frente al efecto concatenado de las peligrosidades asociadas ya comentadas en el anterior subapartado.

Esto conlleva un aumento de los riesgos por peligrosidades indirectas, sobrevenidas, y por vulnerabilidad. El primer caso respondería, por ejemplo, a una impermeabilización de una nueva zona residencial o la canalización de un tramo de arroyo aguas arribas. Seguramente una y otra acción reduzcan la peligrosidad allá donde se aplican, pero incrementan el caudal y/o la velocidad del flujo aguas abajo, afectando con ello alguna otra de las citadas células urbanas de la cuenca. El segundo caso, el incremento de la vulnerabilidad, hace referencia a aspectos como la falta de previsión y medidas estructurales conjuntas o a la dificultad de acceso de las emergencias en urbanizaciones que aun disponiendo de una densa red de viales y pudiendo ser muy próximas, están desconectadas entre sí, lo que entorpece en ambos casos la reacción o rescate en el momento en que se produzca el evento.

k) *Frecuentes espacios intersticiales y en proceso de cambio.*

Tanto la densidad de ocupación como la variabilidad temporal que caracterizan el patrón territorial de las cuencas estudiadas, dan lugar a numerosos espacios intersticiales, con numerosas líneas de contacto y fricción. Estos espacios además varían su funcionalidad territorial en ciclos temporales muy cortos, ya no solo en relación a la evolución urbanística normal, sino tanto más en comparación con los procesos de reestructuración de los equilibrios naturales.

Estas dos particularidades, que definen el concepto de espacio periurbano en sí por su carácter cambiante y de indefinición territorial, tienen una importante repercusión sobre la generación del riesgo, tanto por aumentar los espacios de fricción como por conllevar un vacío de atención administrativa y social, y una desatención de su gestión.



Figura 7. Urbanización Parque Victoria, con parcelas de terreno urbanizadas, pre-urbanizadas y naturales, generando numerosos espacios de fricción y con alta variabilidad temporal. Foto: autor.

l) *Procesos de modificación y reajuste de los equilibrios anteriores de la cuenca.*

El proceso de cambio conlleva en realidad una redefinición de equilibrios territoriales y naturales. Se producen readaptaciones del equilibrio de la cuenca a los nuevos usos. Pero a su vez, y sumándose a lo anterior, la cercanía espacial y temporal de los numerosos cambios independientes que tienen lugar sobre el territorio dan lugar a peligrosidades asociadas e incremento sinérgico de éstas.

El equilibrio de la cuenca, previo a su proceso de periurbanización, se ha conformado en base a numerosos y lentos ajustes naturales durante decenas o cientos de años, tanto de erosión/sedimentación, como de asentamiento de laderas o modificaciones del perfil longitudinal y transversal del cauce con las avenidas ordinarias y extraordinarias que se han ido produciendo históricamente. No obstante, ahora en el plazo de tiempo de pocos años, se modifican estos equilibrios, y ya no solo los naturales, sino también los semi-naturales, pues algunos sistemas agrarios que han funcionado de manera estable durante mucho tiempo sufren cambios de uso o intensidad. Con todo ello, se generan nuevas peligrosidades o comportamientos inesperados de ésta, así como nuevas vulnerabilidades donde antes no existían.

Tal vez pueda considerarse una cuestión transversal a todas las demás, pero en el caso concreto de la red fluvial, las nuevas estructuras urbanísticas, así como toda las infraestructuras que las acompañan (viarias, hidráulicas o energéticas), optan frecuentemente por incorporar la red fluvial a su geometría funcional en lugar de integrar ambas. Así, se toman diversas soluciones, normalmente ingenieriles, como el encauzamiento, el embovedado o el entubado, atendiendo a los criterios del Plan Parcial que lo desarrolla, sin considerar los efectos o repercusiones sobre el resto del sistema. No se realiza ningún estudio, ni previo ni de evaluación ambiental posterior, de eficacia o pertinencia de las soluciones proyectadas. En otros casos, siquiera existe ese Plan Parcial, tal como ocurre en la cuenca de Estepona.

Algunas de las alteraciones más frecuentes en las cuencas litorales periurbanas del litoral mediterráneo relacionadas con el riesgo de inundación son:

- Modificaciones del coeficiente de escorrentía y tiempo de concentración de la cuenca, por impermeabilización de suelos, eliminación de zonas de laminación de avenidas,

deforestación, creación de redes de alcantarillado o derivaciones de cauces (Segura Beltrán *et al.*, 2002; Borrás *et al.*, 2006).

- Alteración directa de la sección transversal y longitudinal de los cauces, por adaptación a las tramas urbanísticas, construcción de infraestructuras y medidas de defensa longitudinales o transversales, o extracción de áridos. Frecuentemente se incorporan cambios de sección, rasante o sinuosidad, y en ocasiones, para los arroyos secundarios, directamente se sotierren o incluso se entierran y nivelan (Vidal y Romero, 2010; May *et al.*, 1998; Stone, 2004).
- Alteraciones indirectas de las secciones transversal y longitudinal de los cauces, por cambios en los caudales de escurrimiento de las cuencas, modificaciones en los procesos de sedimentación y erosión, o la eliminación de la vegetación de ribera de los cauces (Suarez, 1998).
- Incorporación de elementos antrópicos al flujo, que son arrastrados hasta llegar a obturar puentes o entubamientos y que en otros casos extienden la contaminación por cauces y riberas (Ollero, 2007; Yagüe, 2008).

Resultado de lo anterior, no solo se tienen caudales punta mayores y con tiempos de concentración más bajos, sino que también se limita la disipación de energía y se incrementa la velocidad y densidad del flujo, aumentando con ello la peligrosidad y activando peligrosidades asociadas como la zapa de márgenes o los deslizamientos de laderas adyacentes al cauce. De igual modo, se cambian el lugar en que actúa la peligrosidad, frecuentemente desplazándola aguas abajo del lugar donde se han modificado los sistemas anteriores de equilibrio.

m) *Espacios multifuncionales, con usos y dinámicas territoriales contrastadas.*

El espacio de análisis se caracteriza por ser zona de contacto entre zonas naturales y antrópicas o semi-naturales, y por tanto, entre escenarios de peligrosidad contrastados. Este carácter de borde significa que los flujos de transmisión de materia y energía sufren constantes alteraciones y reajustes (Perles, 2010). Puede citarse como ejemplo el tránsito del flujo de inundación intermitentemente por cauces naturales, cauces artificiales o entubamientos, en cualquier orden según el caso considerado, lo que supone que la velocidad y energía sufran notables variaciones que puedan hacer hasta cierto punto imprevisible su comportamiento.

Lo natural y lo humano aparece imbricado, y con frecuentes procesos inducidos. A ello se suma que dentro de los escenarios antrópicos suele darse una amalgama de usos y dinámicas territoriales fuertemente contrastada, apareciendo por igual aprovechamientos residenciales, agrícolas, industriales, de ocio o infraestructuras. De igual modo, las intensidades de aprovechamiento son muy dispares, resultando un patrón territorial heterogéneo, con frecuencia incoherente y en ocasiones incluso incompatible entre usos adyacentes. Esto conlleva un aumento de las probabilidades de activación de la peligrosidad por fricción, conflicto o incompatibilidad entre actividades (*ibíd.*).



Figura 8. En la imagen se aprecia la zona conocida como “La Pontezuela” (Cuenca de la Cala, Estepona). En este punto, meandros del río de la Cala y del vecino río del Padrón aparecen apenas separados por un estrecho dique natural, que además es usado como camino rural de acceso para las viviendas de la zona. A la peligrosidad natural por un posible desmoronamiento del dique en una crecida de alguno de los ríos, se une la posible inducción por el uso antrópico del mismo, así como la vulnerabilidad generada por los aprovechamientos localizados en el entorno. Foto: Goolzoom.

n) *Ocupación de territorios con escasa capacidad de acogida.*

Las razones que condicionan y estructuran el modelo territorial resultante en las áreas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz frecuentemente responden a procesos económicos, de acelerado incremento del valor del suelo, o de sinergias urbanísticas, que no se ajustan a la aptitud del suelo donde se implantan. Ello, unido a los condicionantes geomorfológicos y del medio físico ya descritos, supone que normalmente se ocupen territorios poco adecuados para cualquier otro uso que no sea el forestal, lo que conlleva la rápida aparición de distintas peligrosidades.

Esta característica, que se ha visto acentuada con la litoralización del poblamiento, ya venía produciéndose históricamente en el litoral mediterráneo por los intensos aprovechamientos agrícolas ancestrales, lo que ha venido provocando importantes procesos de erosión e inundaciones.

o) *Escenario de actividades contaminantes.*

Las áreas periurbanas suelen convertirse en un escenario residual de actividades que no encuentran acomodo en zonas urbanas, ya sea por su impacto, por su carácter irregular o por su insuficiente valor añadido en términos económicos (Verdaguer, 2010), pero que deben localizarse próximas. Estas actividades pueden ser almacenes, chabolas, industrias o grandes equipamientos de servicios urbanos, como estaciones eléctricas, depuradoras, vertederos o instalaciones de tratamiento de residuos sólidos. De igual modo, y dado el aprovechamiento agrícola intensivo que caracteriza estas áreas como ya se ha comentado con anterioridad, también es frecuente la presencia de contaminantes por nitratos de origen agrario o productos fitosanitarios.

En caso de situarse cualquiera de estas actividades en área inundable, el propio flujo de inundación puede convertirse en un foco de dispersión y emisión de la contaminación por toda la cuenca e incluso por los acuíferos a los que ésta estuviera conectada (Díez Herrero *et al.*, 2008b).

p) *Localización preferente de viales y otras grandes infraestructuras.*

Otra de las problemáticas a considerar es la abundante presencia de infraestructuras lineales⁵ y su disposición transversal a los cauces. Éstas son frecuentes tanto en la estrecha llanura litoral como en los valles transversales que desembocan en ella. Las infraestructuras no son proporcionales al nivel de poblamiento existente en estas cuencas, pues además del uso de sus propios vecinos, tiene también una finalidad de uso regional. Por otro lado, las necesidades de movilidad locales son mucho más elevadas que en las zonas urbanas o rurales.

Estas infraestructuras fundamentalmente modifican los caudales y su comportamiento hidráulico y sedimentario, pero implican algunos otros condicionantes más.

La disposición transversal de los viales costeros a los ejes fluviales y a las dinámicas naturales y antrópicas tradicionales suponen una importante interferencia de estos procesos. Además, directamente asociado a estas infraestructuras, se genera o acelera el desarrollo de nuevos espacios urbanos, acentuando con ello la alteración de los flujos funcionales.

Desde el punto de vista de la peligrosidad tienen una afección dispar, pues en el caso de los principales ejes, suelen disponer de obras de paso, cuando no viaductos, suficientes para no interrumpir el paso de caudales extraordinarios⁶. No obstante, en los cauces de menor importancia, con frecuencia no es así. Estos son, además, los de mayor peligrosidad dadas las condiciones torrenciales de las pequeñas cuencas litorales que nos ocupan.

De otro lado, con frecuencia modifican el trazado normal de los cauces, además de abrir numerosos taludes que desestabilizan las laderas y generan un importante incremento del aporte de sólidos. También actúan, en sentido inverso, reteniéndolos y modificando el sistema de sedimentación de éstos.

Junto a esto, generan algunas otras alteraciones, como la aceleración de caudales mediante los encauzamientos y cunetas, formando caudales súbitos, más voluminosos y críticos, y la reducción de la superficie de inundación, alterando los procesos de disipación de energía y aumentando con ello la peligrosidad del flujo y la erosión de márgenes.

Más allá de los grandes ejes viarios, en las cuencas se concentra una red viaria desproporcionada para la población residente que las usa. Este caso es especialmente notable en las cuencas del Rincón de la Victoria (ver ilustraciones 11 y 27 del capítulo 5), aunque caracteriza por igual a las restantes

⁵ Aunque el análisis de las infraestructuras lineales se centrará en las viales, también son destacables algunas otras, como las tuberías de saneamiento o abastecimiento. Tanto unas como otras se han situado normalmente en los márgenes de los ejes viarios, suponiendo importantes reducciones de la sección libre de paso para los arroyos.

⁶ Cabe citar, no obstante, que en el caso de la N-340, carretera que recorre la totalidad del ámbito de trabajo, las obras de fábrica en los cruces con ríos y arroyos fueron proyectadas para caudales con periodo de retorno de 100 años (Agencia Andaluza del Agua, 2005), lo que supone un criterio menos conservador que el actual, y que explica que en no pocos casos sí se vea inundada. La Instrucción de la Dirección General de Carreteras (MOPU-DGC, 1990) ya supuso un importante avance en estos aspectos, pues desde entonces los tramos de carretera que se construyen tienen una seguridad muy superior a los anteriores, donde se concentra la mayor parte de los puntos conflictivos (Ministerio de Medio Ambiente, 2000).

cuencas, ya sea con viales con acerado e iluminación, o simplemente con carriles asfaltados. Las intercepciones con la red fluvial y con las pendientes de equilibrio de las laderas son abundantes.

Junto a lo anterior, el propio valor estratégico y económico por la exposición de infraestructuras de elevado coste económico, generan un importante incremento de la vulnerabilidad. Los puentes son especialmente vulnerables por la socavación de los cimientos y la interrupción de las vías de comunicación puede magnificar los daños por falta de acceso post-desastre (Perles, 2010; Ayala y Olcina, 2002).

q) *Cambios en los aprovechamientos agrícolas.*

El denso aprovechamiento agrícola que caracterizó el litoral mediterráneo desde el siglo XV sigue manteniéndose como un factor importante en la actualidad (García Ruíz *et al.*, 2013). De un lado, por la transformación que ha supuesto para los montes mediterráneos, fundamentalmente en cuanto a la deforestación⁷. Pero también hoy en día por las consecuencias de su abandono o sustitución por nuevos usos agrícolas más intensivos (destacando los subtropicales y los invernaderos).

Son estos dos últimos aspectos, el abandono y la reconversión hacia agriculturas intensivas, los que caracterizan y condicionan las cuencas periurbanas.

En relación al abandono de parcelas agrícolas tradicionales, ya se ha planteado la duda de si éste ha supuesto un incremento o decremento real de los riesgos naturales (ver apartado 4.1.3.1.1.), pero no por ello deja de ser cierto que el proceso, antes de ser completo y dar paso a la regeneración forestal de la parcela, pasa por diferentes fases, propias de las cuencas periurbanas y se caracterizan por el descuido o relajación en el mantenimiento de las estructuras agrarias de control del drenaje y la erosión, y por la dejación de las prácticas culturales de viñedos y arbolados. Seguidamente, la recolonización herbácea y matorral es también una fase lenta en nuestro ámbito de estudio, por razones climatológicas y por los propios condicionantes introducidos por la agricultura mediterránea, que puede llegar a tardar 20 ó 30 años hasta que se empieza a lograr una recuperación y función protectora suficiente para los suelos.

Por último, los nuevos aprovechamientos agrícolas intensivos, como cultivos bajo plásticos o subtropicales, si bien suelen situarse en lugares de menor peligrosidad y cuentan con unos condicionantes de sostenibilidad antes desconocidos, sí que llevan aparejados una red de infraestructuras y una revalorización económica del suelo que genera modelos territoriales más complejos y de mayor vulnerabilidad. En ocasiones, estos desarrollos favorecen el nacimiento de nuevas potencialidades y sinergias urbanísticas.

⁷ Fundamentalmente a causa de la tala para la explotación de la madera, o para el cultivo de leñosos de seco (olivos, viñas y almendros).

- r) *Intensificación del aprovechamiento o reactivación de los patrones tradicionales asignándoles un nuevo uso.*

Junto con la aparición y sustitución de nuevos usos, en las áreas periurbanas del litoral mediterráneo son también frecuentes la intensificación del aprovechamiento anterior y la utilización de patrones heredados para usos renovados. Esto, además del aumento de exposición, en ocasiones implica un desajuste entre los objetivos originarios que definieron su localización y la nueva función. Ésta puede crear desajustes territoriales o conllevar unas nuevas necesidades incompatibles con dicha localización, dando lugar a un incremento de la peligrosidad inducida (Perles, 2010). Tal es el caso de algunos alojamientos rurales en la Cuenca del Río de la Cala, cuya accesibilidad es insuficiente y genera situaciones de alta vulnerabilidad en caso de inundación (ver *Figura 9*).



Figura 9. En una de las visitas de campo a la cuenca del Río de la Cala, el 8 de marzo de 2013, el hotel rural que se citó en el último apartado del capítulo anterior, y que aparece a la derecha de la imagen, estaba incomunicado por la crecida del río, al existir una única vía de salida. Según testimonio de los vecinos, en tales casos –pues se repite con cierta frecuencia- los clientes llegan a permanecer uno o dos días aislados sin poder salir, o bien deben hacerlo con un todoterreno y el lógico riesgo de arrastre del vehículo. Foto: autor.

- s) *Existencia de viviendas y otras edificaciones precarias en zona de peligro.*

Entre los diferentes aprovechamientos que caracterizan las cuencas periurbanas del mediterráneo andaluz, destacan por su alto grado de vulnerabilidad la existencia de viviendas y edificaciones precarias (ver *Figura 10*).

Debido al menor control por parte de las administraciones, es aquí donde se sitúan mayoritariamente las infraviviendas y edificaciones ilegales. De las cuencas de estudio, aparecen frecuentemente en la Cala (los denominados “campitos”) y en la del arroyo Jaboneros, a modo de barriadas: La Mosca y La Cerrajerilla.

Estas situaciones no solo desestructuran el territorio, sino que también limitan la adopción de controles y medidas preventivas ante los riesgos, así como los mecanismos de gestión de la catástrofe (*Ibíd.*).

En el caso concreto del cauce, la tradicional concepción de los cauces mediterráneos como “espacio de nadie”, hace frecuente su aprovechamiento para usos privados, residenciales o incluso comerciales (ver Figura 101), o bien su uso como escombrera.

Cuando estos usos aparecen dentro de la zona de peligro por inundación, se convierten en potenciales productores de restos y elementos de gran volumen que, siempre que se superen determinados umbrales de velocidad y calado, pueden terminar incorporándose al flujo.



Figura 10 (izda.): Detalle de la barriada La Mosca, en la cuenca del arroyo de los Jaboneros, de autoconstrucción y alta vulnerabilidad frente a los distintos riesgos naturales que aparecen en la cuenca. Figura 11 (dcha.): imagen del conocido “chiringuito Puente Romano”, situado en el mismo cauce del arroyo Granadillo (Rincón de la Victoria).
Fotos: autor.



Figura 12. Muestra de una edificación precaria en la llanura de inundación del arroyo Jaboneros. Foto: Francisco Cantarero Prados.

t) *Población altamente vulnerable por desconocimiento del medio.*

El suburbano residencial es el tipo de desarrollo más frecuente en las áreas naturales de los ámbitos periurbanos. Esta tipología, que se desarrolló en Estados Unidos en los años 50 y llegó a España una década después, está ligada al desarrollo económico. Originalmente puede entenderse como una vuelta de la población a la naturaleza, pero en realidad se convierte en una alternativa muy transformada, en la que no existe prácticamente conexión con aquella (Mérida, 1994). La nueva población que habita estas áreas trae una ruptura cultural y social que tiene su reflejo en los riesgos naturales tanto por la vulnerabilidad derivada del desconocimiento del nuevo territorio, como por la propia exposición en espacios de peligro (ver Figura 13). Además, se venden como espacios seguros, falseando la realidad y desarmando aún más la prevención y las necesarias medidas de autoprotección que deberían tener presentes. En ocasiones, esa seguridad se justifica con medidas estructurales, que en caso de resultar colapsadas llegan a multiplicar los efectos catastróficos del riesgo (Perles, 2010).



Figura 13. Desembocadura de una rambla en la zona de la Axarquía malagueña. La falsa seguridad favorece la ocupación de cauces: una pintada en la pared pide que no se aparquen coches en el cauce, pero no precisamente para evitar accidentes en caso de crecida, sino por tratarse de la entrada a la casa. Foto: autor.

u) *Alteraciones geomorfológicas y creación de neorelieves.*

Más allá de ser necesarias por la estructura montañosa de las cuencas estudiadas, en los últimos años se han establecido con normalidad los acondicionamientos del terreno que varían sustancialmente la topografía del lugar. Las readaptaciones artificiales de las laderas se producen tanto por el depósito de inertes y sobrantes de obra, como por el acondicionamiento del relieve para rentabilizar las implantaciones urbanísticas o incluso agrícolas.

Ello conlleva la ruptura del equilibrio de las laderas y la necesidad de depositar el suelo sobrante, en ocasiones en grandes acumulaciones insuficientemente compactadas y otras tantas veces de manera incontrolada en laderas y vertederos. Tanto unas como otras, por simple gravedad o por arrastre hídrico, terminan incorporándose a la red fluvial y sedimentando en los lugares de menor energía o acumulándose en los estrechamientos y obras de paso del cauce.

Además del incremento de peligrosidad ya suficientemente comentado por incorporación de sedimentos a la red hídrica, también se producen otras afecciones en la peligrosidad, como la

variación del equilibrio hidráulico y el necesario reajuste mediante la inducción de nuevos arrastres y procesos gravitacionales. Otros efectos importantes son la sobreelevación del cauce por sedimentación y la creación de barras litorales que pueden llegar a dificultar la evacuación del agua en grandes crecidas.



Figura 14. Detalle de la urbanización Parque Victoria, en la cabecera de las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora. Dado lo inadecuado del relieve para tales usos urbanísticos, son necesarias importantes adaptaciones del terreno, tanto con desmontes como con nuevos relieves en explanaciones. Foto: autor.

6.2. *Identificación de problemas y debilidades derivados de las particularidades normativas y de planeamiento.*

En último lugar, se debe tener presente la estrecha relación entre las peculiaridades de la regulación normativa, urbanística y territorial de las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz y la producción del riesgo.

En el ámbito periurbano dista mucho de haberse conseguido el consenso en objetivos y herramientas de actuación y de compromiso con la sostenibilidad que sí se ha alcanzado en el ámbito meramente urbano, ya materializado en la legislación y gestión local (Verdaguer, 2010). Contrastando con esto, es precisamente en las zonas periurbanas donde existe un mayor margen de acción, pudiendo optarse aún por la ordenación del territorio, sin tener que recurrir a las medidas estructurales.

Desde el punto de vista del planeamiento, las actuaciones preventivas frente a los riesgos naturales en las cuencas se dividen básicamente en dos herramientas: el deslinde de Dominio Público Hidráulico y zona inundable exigido por la agencia competente en aguas de la Junta de Andalucía, y la evaluación de impacto ambiental de las figuras de planeamiento general municipal (PGOUs) y de desarrollo (Plan Parcial de Ordenación y Proyecto de Urbanización, principalmente).

La primera se ciñe a la mera definición de una serie de límites de protección en base a los resultados de un estudio hidrológico-hidráulico con el modelo HEC-RAS, quedando el resto de criterios de ordenación relegados a los planeamientos general y de desarrollo, esto es, a criterio de las administraciones locales y los promotores de cada sector urbanístico (González, 2007).

Respecto al modelo hidrológico-hidráulico, su mostrada ineficacia en las cuencas mediterráneas se ha venido revisando con el sobredimensionado de los caudales. Así, además de considerarse un periodo de retorno de 500 años, frente a los 50-200 años habituales en otros países, se incorporan una serie de condicionantes en el análisis del umbral de escorrentía⁸.

El Real Decreto 9/2008, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico de 1986, y la transposición de las directivas europeas a la ley 9/2010 de Aguas para Andalucía vienen a corregir parcialmente dicha falta de ajuste a nuestra realidad y a los aspectos relacionados con la vulnerabilidad. No obstante, además de incompletos, su aplicación no es efectiva aún desde las administraciones regional y local (Ollero, 2010). Más allá de estas nuevas directrices, sigue siendo la presión social post-catástrofe la que condiciona más frecuentemente el modo de acción, recurriéndose a infraestructuras de defensa de gran coste económico e impacto ambiental (González, Lastra y Rodríguez, 2007).

Aparte de los citados estudios, dado que las competencias urbanísticas están en los ayuntamientos a raíz de la Ley de Bases de Régimen Local de 1985, es aquí donde más directamente se puede actuar contra los riesgos naturales. Los procedimientos principales para analizarlos son la Evaluación de impacto ambiental de los Planes Generales de Ordenación Urbana y del planeamiento de desarrollo.

⁸ Siguiendo recomendaciones del organismo competente en materia de aguas en la Junta de Andalucía, en los estudios hidrológicos en ningún caso se deben utilizar valores del umbral de escorrentía ya corregidos superiores a 25 mm, y para el periodo de retorno de 500 años, no se usarán valores del coeficiente de escorrentía inferiores a 0,65 mm.

No obstante, suelen quedarse en mero trámite administrativo, manteniéndose distantes las materias de medio ambiente y los procesos de ordenación (Pérez, 2011).

Normalmente, el planeamiento general reconoce la importancia del riesgo por inundación, pero más allá de su imprecisa delineación, no se aportan medidas en dicha fase. De igual modo, no se suelen analizar las repercusiones del modelo de crecimiento sobre la red de drenaje y sus riesgos asociados, ni se incorporan medidas correctoras ni preventivas. Estas medidas sí se incluyen, de manera parcial en el territorio, en el planeamiento de desarrollo. Pero éste no tiene en cuenta las repercusiones de los cambios introducidos sobre los sectores vecinos, trasladando frecuentemente la peligrosidad a otras zonas, normalmente urbanas, aguas abajo. En estas fases posteriores se van produciendo transformaciones en las condiciones hidrológicas e hidráulicas de la cuenca, como la impermeabilización o el desarrollo de la red de pluviales, que va invalidando progresivamente los análisis y propuestas de los restantes planes parciales o proyectos de urbanización.

Además, en los espacios periurbanos considerados, las actuaciones sobre la red y territorio fluvial suelen ser muy variables espacial y temporalmente, según el momento en que se va desarrollando cada parcela concreta, sin considerar los efectos acumulativos ni los efectos sobre espacios colindantes.

De igual modo, se le da más importancia a la planificación sectorial que a la territorial, si bien esto es una problemática compartida a nivel europeo, tal como ha quedado reflejado en las conclusiones del proyecto ARMONIA, de identificación de aspectos en la gestión de desastres y planificación territorial de los estados miembros de la UE (Fleischhauer, Geiving y Wanczura, 2007). Uno de los resultados derivados de esto es que no se considere la asociación entre riesgos, pues el objeto de análisis no es el territorio, sino un aspecto concreto.

Desde el punto de vista normativo, existe un desarrollo insuficiente y ambiguo de las previsiones legales sobre prevención del riesgo de inundaciones, tanto desde la competencia en materia de aguas como desde la ordenación del territorio, urbanismo y protección civil. Además, se detecta una baja coordinación interadministrativa. Ésta ha favorecido, por acumulación de decisiones parciales desde el punto de vista competencial y territorial, la generación de espacios y situaciones potenciales de riesgo (Junta de Andalucía, 2004).

Junto a esto, debe destacarse que el entramado normativo tiene mayor complejidad que en las zonas urbanas, al confluir competencias de distintos municipios, o normativas y planes provinciales y regionales. Al mismo tiempo, se alternan territorios de titularidad pública y privada. Una de las consecuencias de esta peculiaridad es que los criterios y usos contrastan fuertemente en tramos consecutivos o incluso en ambas orillas. También se dan conflictos normativos y cierta complejidad que frena la puesta en marcha de medidas preventivas antes los riesgos (Ureña y Ollero, 2000; Ollero, 2007; Perles, 2010).

En general se observa una ausencia de regulación que trate el fenómeno de las inundaciones desde un punto de vista territorial y considerando causas y efectos, esto es, lugares de origen y aparición de la peligrosidad. Las referencias legislativas se ciñen a aspectos parciales, como la delimitación del Dominio Público Hidráulico, sin que existan referencias expresas al funcionamiento sistémico de la red fluvial, obviando, entre otros aspectos, la continuidad longitudinal o las áreas de laminación (Pita *et al.*, 1999; Fernández, 2004), y obviando igualmente la interrelación con otros riesgos naturales que funcionan de manera asociada.

Además, la insuficiente regulación normativa y de control urbanístico y territorial por la administración supone la aparición de aprovechamientos no regulados ni por la normativa urbana ni por la del suelo no urbanizable, así como procesos de especulación económica.

También ocurre que, por las características propias de los patrones territoriales considerados, ocasionalmente se da lugar a la aparición de nuevas casuísticas de peligrosidad y de incremento de la vulnerabilidad que no habían sido regulados legal ni normativamente aún.

6.3. Identificación de soluciones de análisis de la peligrosidad frente a la inundación en cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz.

Llegados a este punto, una vez conocidas tanto las particularidades de la producción del riesgo como los problemas y debilidades derivados, se identifican en este apartado una serie de posibles soluciones de las que se extraerán las propuestas de análisis de la peligrosidad que, junto a su posterior desarrollo y discusión, guían el objetivo principal de este trabajo.

Tal como ya se ha citado en la introducción de este capítulo, este trabajo se va a centrar en el grupo de soluciones relacionadas con el análisis y cartografía de la peligrosidad. Éstas deben incluir los siguientes aspectos para responder a las debilidades citadas de las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz:

Aspectos a incorporar en la propuesta metodológica de análisis cartográfico adaptado al objeto espacial de análisis:	Problemas y debilidades con los que se relacionan:	Circunstancias que originan dichos problemas y debilidades:
<p>Cuantificar e incorporar al comportamiento sistémico del flujo la producción de residuos sólidos por erosión de suelos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Abundante pérdida de suelos e incorporación al caudal de residuos sólidos. - Alta peligrosidad sobre personas y bienes por la carga sólida que transporta. - Colapso y socavación de infraestructuras. - Formación de presas naturales que generan inundaciones locales. - Rotura de presas naturales que provocan puntas de crecida. - Reducción de la sección hidráulica y aumento de la lámina de inundación. - Procesos de inestabilidad de las laderas del cauce por la alta capacidad erosiva del flujo (posibilidad de movimientos en masa). - Disminución de la velocidad del flujo, y su consecuente aumento de altura de la lámina. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada torrencialidad (precipitaciones de corta duración pero muy intensas). - Condiciones climáticas áridas o semiáridas (escasa cubierta vegetal). - Coincidencia de la estación seca con lluvias torrenciales. - Escasa precipitación anual (alta evapotranspiración, ausencia de cubierta vegetal y frecuentes incendios forestales). - Elevada proporción de carga sólida del flujo y socavación de orillas (retroalimentación). - Pendientes muy elevadas. - Suelos poco desarrollados. - Crisis de la agricultura tradicional (abandono de tierras) y prácticas agrícolas inadecuadas. - Neorelieves con baja compacidad y alto porcentaje de suelo urbanizable no consolidado (movimientos de tierras o existencia de depósitos, excavaciones y rellenos). - Frecuentes rupturas de equilibrio de laderas (por ejemplo, por alteraciones geomorfológicas para

		localizar viales).
Cuantificar el arrastre e incorporación de restos vegetales al flujo.	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución de la sección hidráulica y aumento de la lámina de inundación. - Alta peligrosidad sobre personas y bienes por la carga de restos sólidos que transporta. - Colapso en estrechamientos naturales y antrópicos (puentes y entubamientos). - Retención y represamiento de sedimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Frecuentes cambios y abandono de usos agrícolas y forestales - Severidad climática en los meses estivales. - Torrencialidad pluviométrica. - Fuerte capacidad de arrastre hídrico.
Identificación de la susceptibilidad a los movimientos en masa en laderas adyacentes al cauce y evaluación de su interacción con la inundación.	<ul style="list-style-type: none"> - Aporte de sólidos al flujo (alta peligrosidad del flujo por presencia de residuos sólidos y posibilidad de formación de flujos hiperconcentrados). - Colapsos del sistema hidráulico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada torrencialidad (precipitaciones de corta duración pero muy intensas). - Condiciones climáticas áridas o semiáridas (escasa cubierta vegetal). - Frecuentes procesos de erosión hídrica (acarcavamientos y abarrancamientos). - Compleja estructura geológica de las cuencas (numerosos buzamientos, discontinuidades y cambios litológicos) - Relieve abrupto, con fuertes pendientes. - Abundantes descalces de laderas o escarpes (socavación lateral de cauces). - Frecuencia de canchales. - Numerosas rupturas de equilibrio de laderas por acciones antrópicas.
Incorporar a la metodología cartográfica el funcionamiento sistémico de las cuencas, con frecuentes procesos sinérgicos y de retroalimentación.	<ul style="list-style-type: none"> - Agravamiento o modificación, por retroalimentación, sinergia o interferencia, de las peligrosidades individuales. - Reactivación de peligrosidades y procesos de inducción. - Traslado de las áreas receptoras del riesgo a lugares distintos a los emisores del riesgo. - Alteración de los equilibrios naturales y el funcionamiento esperable (por ejemplo, alteraciones del comportamiento hidráulico de la cuenca). 	<ul style="list-style-type: none"> - Proximidad o simultaneidad espacial de las áreas de producción de peligrosidades. - Proximidad o simultaneidad temporal en la activación de las distintas peligrosidades. - Funcionamiento de la inundación como flujo de transferencia de materia y energía. - Patrones urbanísticos y territoriales con numerosas líneas de contacto y fricción, y con aprovechamientos frecuentemente incoherentes o incompatibles. - Cercanía espacial y temporal de

		<p>intervenciones contrastadas sobre el territorio.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Constantes alteraciones y reajustes antrópicos de los flujos de transmisión de materia y energía (uso frecuente de medidas correctoras de peligrosidades que las trasladan a zonas distintas). - Alteraciones antrópicas en los parámetros hidráulicos de la cuenca (tiempo de concentración, sección del cauce o procesos de sedimentación y erosión).
<p>Identificación de otras áreas causantes de peligrosidad propias de las cuencas periurbanas litorales del mediterráneo andaluz.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Formación de abanicos fluviales al pasar de relieves confinados a lugares abiertos. - Frecuente formación de puntos de colapso por estrechamientos. - Cambios bruscos y usuales de la energía, caudal, velocidad y comportamiento del flujo (y consecuentemente, modificaciones de los comportamiento erosivos y sedimentarios). - Abundancia de infraestructuras con posibilidad de colapso o socavación de su base. - Alta probabilidad de incorporación de elementos de gran volumen al flujo. - Posibilidad de extensión de focos de contaminación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Relieves complejos, con fuertes contrastes geomorfológicos (frecuente presencia de estrechamientos de relieves). - Contraste entre relieves confinados y valles litorales. - Importantes alteraciones antrópicas de la hidráulica fluvial (encauzamientos y asfaltados que transforman arroyadas difusas en concentradas). - Densa red de infraestructuras, longitudinales y transversales al flujo. - Existencia de edificaciones precarias. - Existencia de industrias y elementos contaminantes.

Tabla 1. Soluciones o aspectos a incorporar en relación al análisis de la peligrosidad por inundación en cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz. Fuente: elaboración propia.

Atendiendo a estos aspectos, debe estructurarse una metodología cartográfica que recoja las peligrosidades asociadas a la inundación, fundamentalmente erosión de suelos, residuos vegetales y movimientos en masa, que se condicionan bidireccional y sinérgicamente entre sí, retroalimentándose y produciendo previsiblemente importantes diferencias en la extensión, velocidad y calado de la inundación con respecto a las láminas resultantes mediante el estudio hidrológico-hidráulico tradicional. Debe incorporar también otras áreas emisoras o causantes de peligrosidad, como pueden ser zonas de cambio brusco en la dinámica del flujo, infraestructuras con posibilidad de socavación o colapso, edificaciones precarias en zonas inundables o posibles focos de contaminación. Y debe asimismo considerar el funcionamiento sistémico y asociado de todos estos procesos, tanto desde un punto de vista espacial como temporal.

Todos estos elementos se recogen en el próximo capítulo, mediante una propuesta cartográfica que incorpora junto al estudio hidrológico e hidráulico, estudios de erosión potencial de suelos y de

producción de residuos vegetales, cuantificando los residuos, sedimentarios o leñosos, que se incorporan al flujo. Incorporará, de igual modo, un estudio de las áreas con mayor susceptibilidad a los movimientos gravitatorios de laderas, y cuantificará el terreno potencialmente movilizable e igualmente incorporable al caudal. En último lugar, identificará aquellas otras áreas emisoras y receptoras de peligrosidad características de las cuencas periurbanas litorales del Mediterráneo andaluz.

Índice Capítulo VI

6.1. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS Y DEBILIDADES DERIVADOS DE LOS CONDICIONANTES DEL MEDIO FÍSICO Y DE LOS PATRONES Y DINÁMICAS DEL MEDIO HUMANO.....	184
6.2. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS Y DEBILIDADES DERIVADOS DE LAS PARTICULARIDADES NORMATIVAS Y DE PLANEAMIENTO.	204
6.3. IDENTIFICACIÓN DE SOLUCIONES DE ANÁLISIS DE LA PELIGROSIDAD FRENTE A LA INUNDACIÓN EN CUENCAS PERIURBANAS DEL LITORAL MEDITERRÁNEO ANDALUZ.	207

BLOQUE III. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA
ADAPTACIÓN DEL ANÁLISIS DE INUNDACIÓN EN
CUENCAS PERIURBANAS DEL LITORAL MEDITERRÁNEO
ANDALUZ

En el bloque anterior, habiendo trabajado a distintas escalas de análisis, se ha realizado una caracterización de las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz, se han definido sus particularidades específicas, y se han identificado sus problemas y debilidades. A partir de lo anterior, se han avanzado los principales aspectos necesarios de incorporar para realizar una propuesta metodológica de cartografía de la peligrosidad de inundación adaptada al ámbito espacial de trabajo.

En este bloque se presenta dicha propuesta metodológica (capítulo 7), así como la necesaria calibración de la propuesta, usando para ello casos reales de inundaciones recientes en las cuencas de estudio (capítulo 8).

La propuesta para la adaptación de la metodología de análisis de la peligrosidad de inundación a las características de las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz persigue ajustar con mayor precisión la delimitación del área inundable, mediante la cuantificación e incorporación al comportamiento sistémico del flujo de los residuos sólidos por erosión de suelos, arrastre de restos vegetales y movimientos gravitatorios de laderas adyacentes al cauce. Pero también incorporar, complementando lo anterior, el análisis de la peligrosidad mediante la identificación de todos aquellos lugares que puedan provocar comportamientos inesperados o de mayor peligrosidad del flujo (Gallegos, 2015). No se trata por tanto sólo de representar las áreas receptoras, sino también las causantes de peligrosidad. La necesidad y conveniencia de completar los mapas de peligrosidad con esta información agregada, normalmente de peligrosidades asociadas, ha sido una cuestión ya tratada por otros autores previamente, como Perles, Gallegos y Cantarero (2006) o Díez Herrero, Laín y Llorente (2008).

El cambio de perspectiva, poniendo el acento a la vez sobre causas y consecuencias, es una necesidad específica de las cuencas periurbanas mediterráneas, y pretende ampliar el análisis preventivo mediante una gestión territorial que vaya más allá de la mera delimitación de áreas excluyentes para la urbanización.

Más allá de lo anterior, y como se ha citado, se hace imprescindible también una calibración de los resultados obtenidos con la propuesta de ajuste cartográfico de la peligrosidad. Para ello, se ha trabajado con tres modelos de análisis distintos: el estudio hidrológico-hidráulico convencional, la propuesta metodológica y un modelo unievento (caso real). Mediante la comparación de los dos primeros con el tercero, puede deducirse el mayor o menor acierto de la propuesta. Para ello, en el capítulo 8, y previa presentación de los diferentes modelos de representación cartográfica de la inundabilidad, se detalla el proceso de elaboración de las cartografías unievento que han sido usadas para la calibración.

Capítulo VII. Propuestas para la adaptación de la metodología de análisis de la peligrosidad de inundación a las características de las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz

7.1. Descripción metodológica previa.

7.1.1. Introducción.

Una vez analizado el objeto espacial de análisis en relación a los riesgos de inundación y asociados, tanto en su conjunto –capítulo 4- como en las cuencas de estudio –capítulo 5-, e identificados sus problemas y debilidades –capítulo 6-, en este capítulo se presenta una propuesta metodológica de análisis de la peligrosidad adaptada a las características de las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz.

Esta propuesta nace con las hipótesis de partida expuestas al principio de este trabajo y recoge las soluciones con las que se concluye el bloque II, tratando de mejorar las metodologías actuales de estudio de la inundabilidad, adaptándose a la realidad particular que representa el ámbito espacial considerado e incidiendo en la adaptación al concepto holístico del “espacio de riesgo”.

El capítulo se ha dividido en tres partes o subapartados. En primer lugar se describe la metodología de análisis de las distintas peligrosidades individuales, siendo estas la generación de sedimentos por erosión de suelos y movimientos gravitatorios de laderas, la producción de residuos vegetales y el propio estudio hidrológico-hidráulico (subapartado 7.2.1). En los casos en que existen metodologías de cálculo de uso normalizado, se tomarán estas, y cuando no sea así, se harán propuestas específicas. En cada uno de los análisis se detallarán las variables de salida y la asignación de intervalos de peligrosidad.

Seguidamente se desarrolla la propuesta de evaluación integrada de las anteriores peligrosidades, de la que resultará una lámina de inundación que responda a las citadas características del espacio de riesgo (subapartado 7.2.2). En este segundo subapartado es donde se resume y discute el proceso secuencial seguido para la obtención de los mapas finales 1a y 1b, en los que se representa la lámina inundable modificada por la incorporación de los residuos sólidos.

En último lugar, se complementa dicha lámina inundable con la identificación de otros puntos y áreas causantes o emisoras de peligrosidad. Esto es el mapa final 2. Estas zonas responden a aspectos relevantes para el riesgo de inundación que, sin llegar a ser recogidos en el área inundable, sí que deben ser considerados e incorporados al planeamiento o gestión territorial por parte de la administración competente (subapartado 7.2.3). Con ello cercamos la complejidad que las áreas

mediterráneas periurbanas tienen para su caracterización y análisis, restándole incertidumbre al análisis de las inundaciones en estos espacios cuyo comportamiento es a priori menos previsible que en otras cuencas.

7.1.2. Flujo de trabajo del proceso metodológico

El flujo de trabajo, con el objetivo de incorporar el comportamiento sistémico y las sinergias de unas peligrosidades sobre otras, responderá a los siguientes pasos, también expresados de forma gráfica en los diagramas de las ilustraciones 1 (flujo de trabajo simplificado) y 2 (flujo de trabajo detallado):

1. Análisis de la generación de sedimentos por erosión de suelos.
2. Análisis de la generación de carga sólida por movimientos gravitatorios de laderas.
3. Análisis de la generación de residuos vegetales.
4. Estudio hidrológico.
5. Estudio hidráulico modificado, incorporando como caudal punta la suma de los resultados de los cuatro pasos anteriores, y reflejando la carga sólida del flujo. → mapas 1a y 1b
6. Delimitación de áreas causantes de peligrosidad de inundación y peligrosidades asociadas. → mapa 2
7. Superposición de los mapas 1a, 1b y 2 en una cartografía de síntesis de inundación y peligrosidades asociadas.

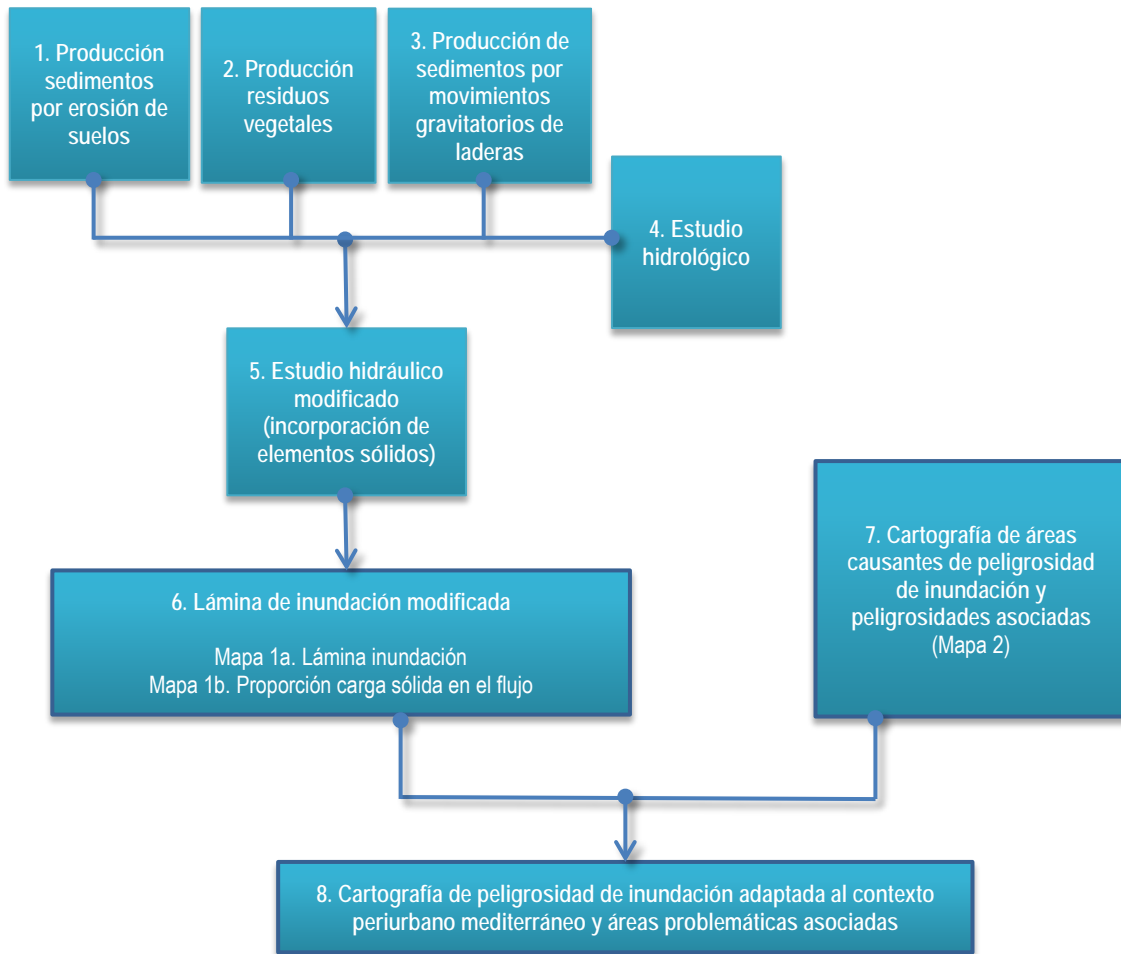


Figura 1. Flujo de trabajo simplificado del proceso metodológico propuesto. Fuente: elaboración propia.

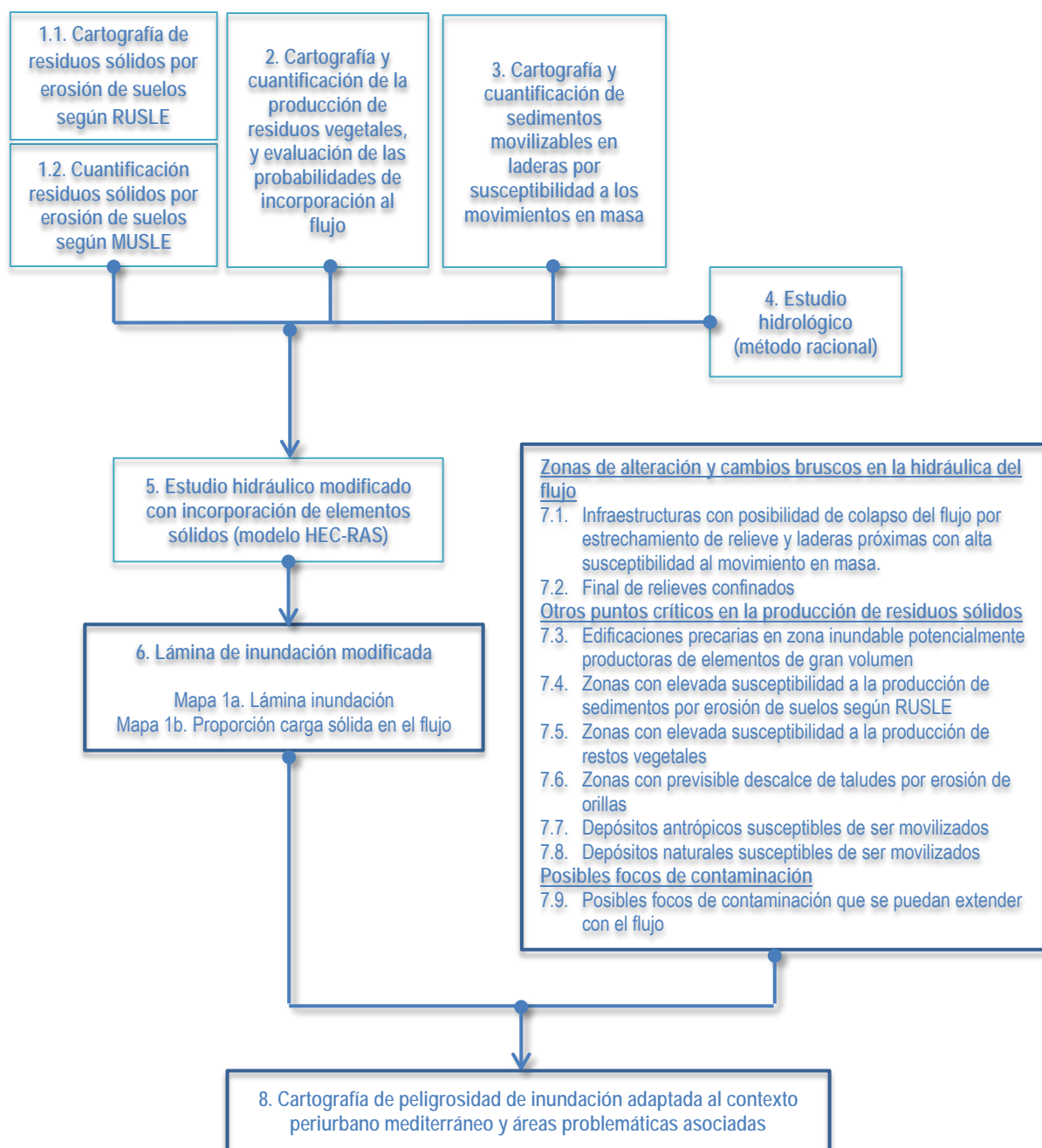


Figura 2. Flujo de trabajo detallado del proceso metodológico propuesto. Fuente: elaboración propia.

Cada uno de los análisis de peligrosidad individuales se ha estructurado en los siguientes subapartados:

- Consideraciones iniciales, donde se apuntan algunos aspectos importantes a la hora de optar por las distintas metodologías parciales finalmente propuestas.
- Análisis cartográfico. En este subapartado se describe el proceso cartográfico seguido. En las peligrosidades más complejas, de erosión y estudio hidrológico-hidráulico, aparece subdividido en las distintas fases de modelización.

- Variables de salida y asignación de intervalos de peligrosidad. Recoge tanto variables cuya salida es un valor numérico absoluto, como otras clasificadas según unos intervalos de peligrosidad. Se incluye la justificación de dichos intervalos.

Al final de los tres análisis parciales se incluirá un resumen esquemático y un diagrama del proceso y salidas resultantes.

De otro lado, el listado de los aspectos que se persigue reunir en cada uno de los mapas individuales de peligrosidad es el siguiente:

- 1. Producción de sedimentos por erosión de suelos**
 - 1.1. Erosión potencial anual del suelo, para definir áreas con elevado riesgo de producción de sedimentos edafológicos (mapa 2).
 - 1.2. Erosión potencial para un evento concreto, para cuantificar el volumen de sedimentos por erosión en cada subcuenca y la posterior incorporación al caudal y lámina de inundación (mapas 1a y 1b).
- 2. Producción de residuos sólidos por arrastre de material vegetal**
 - 2.1. Áreas con elevado riesgo de producción de restos vegetales incorporables al flujo (mapa 2).
 - 2.2. Volumen de sólidos vegetales incorporables al caudal, para evaluar la modificación del área inundable (mapas 1a y 1b) y para definir áreas con elevado riesgo de producción de restos vegetales incorporables al flujo (mapa 2).
- 3. Zonas de especial susceptibilidad a movimientos gravitatorios de laderas**
 - 3.1. Laderas anexas al cauce con alta susceptibilidad a movimientos gravitatorios, para evaluar la posibilidad de colapsos del flujo (mapa 2).
 - 3.2. Volumen de suelo movilizable en sucesos gravitatorios de laderas anexas al cauce, para la modificación del área inundable por incorporación de sólidos (mapas 1a y 1b).
- 4. Estudio hidrológico-hidráulico**
 - 4.1. Superficie inundable (mapas 1a y 1b)
 - 4.2. Velocidad de la corriente, calado y tensión cortante del flujo, para los distintos procesos de evaluación de áreas causantes de peligrosidad (mapa 2).

Finalmente, el resultado cartográfico del proceso son distintos mapas que recogen valoraciones tanto cuantitativas como cualitativas. Con las cartografías 1a y 1b se realiza un análisis integrado de peligros asociados o mapa integrado de peligrosidades, según respectivas denominaciones de Perles *et al.* (2006b) y Pujadas (1997). Con el mapa 2 se seguirán de igual modo ejemplos anteriores de cartografías que solo reflejan áreas causantes de peligrosidad, como los puntos de riesgo (DGPC y DGOH, 1985), los puntos conflictivos (MJI, 1995) vinculados a la inundación (Barettino, 1990; Díez,

1999; Perles, Gallegos y Cantarero, 2006; Cantarero, 2013) y los puntos problemáticos (Pujadas, 1997).

7.2. Proceso metodológico.

7.2.1. Análisis de peligrosidades individuales.

7.2.1.1. Análisis de la generación de sedimentos por erosión de suelos.

La cartografía de producción de sedimentos sólidos por erosión de suelos nos llevará, de un lado, a delimitar las áreas con mayor peligrosidad de erosión de suelos, y de otro, a cuantificar la producción de sedimentos sólidos incorporables al flujo de inundación en cada subcuenca. El resumen gráfico del proceso se puede observar en la Figura 3.

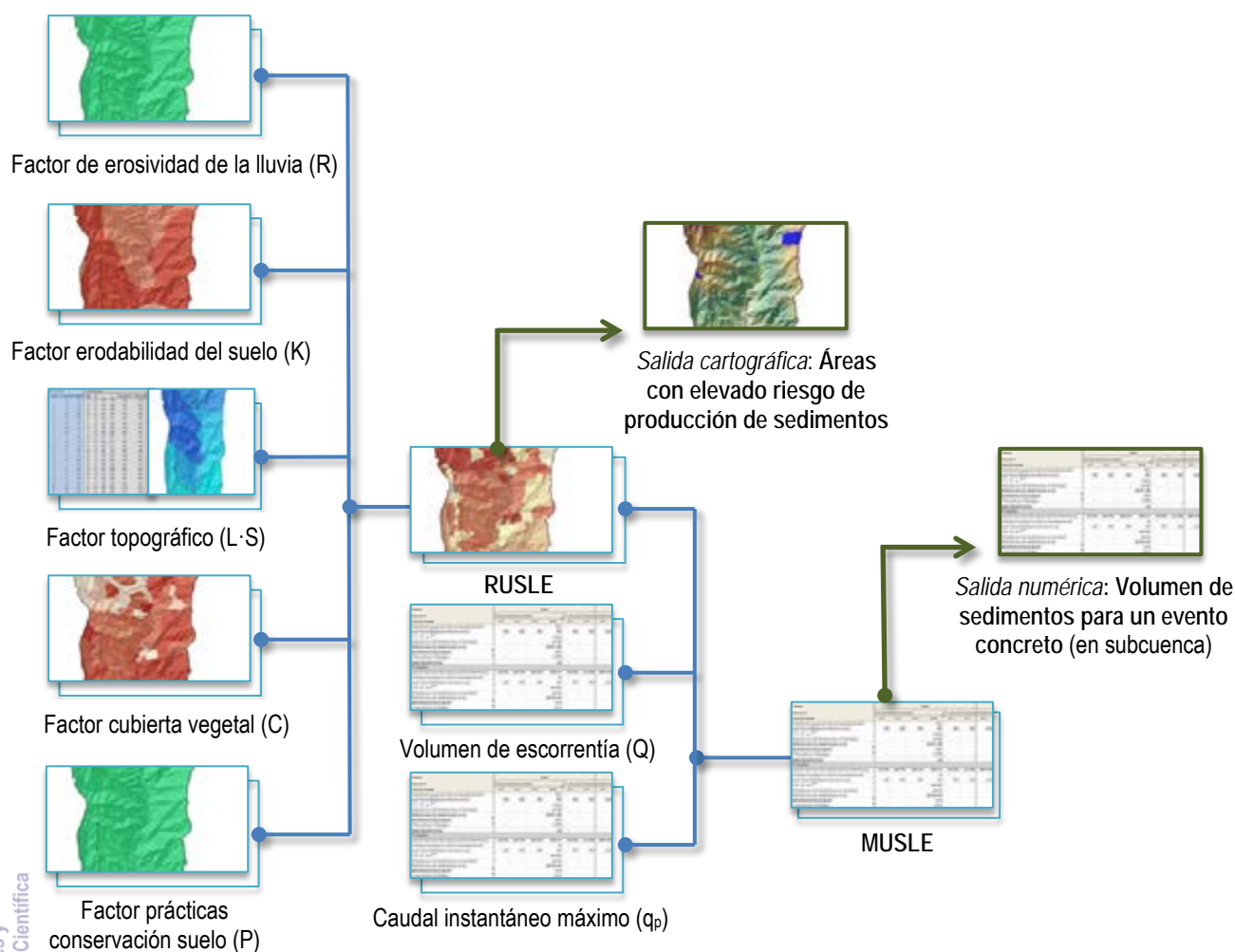


Figura 3. Esquema visual del análisis de la producción de sedimentos por erosión de suelos y variables de salida.
Fuente: elaboración propia.

Los sólidos generados por la erosión permitirán definir algunos de los aspectos perseguidos, como la alta peligrosidad por carga sólida del caudal (destacando las zonas con riesgo de producción de flujos hiperconcentrados), el posible colapso y socavación de infraestructuras, la formación y rotura de presas naturales que puedan provocar puntas de crecida e inundaciones locales, la reducción de la sección hidráulica o la disminución de la velocidad del flujo.

7.2.1.1.1. Consideraciones iniciales.

Antes de iniciar este análisis, cabe distinguir la diferencia entre erosión actual y erosión potencial, pues ambas aluden a dos enfoques diferentes, que pueden ser estudiados, clasificados y cartografiados por separado.

La erosión actual se refiere a aquella que existe en un determinado lugar en el momento presente, sin perjuicio de que no pueda seguir manifestándose al mismo ritmo y de la misma forma en el futuro. Pero es la erosión potencial la que realmente nos interesa, ya que ésta nos permite caracterizar un tipo de cuenca y ecosistema, y no una situación particular válida únicamente para su exclusivo estudio.

La erosión potencial o erosionabilidad hace referencia a la susceptibilidad a la erosión que se prevé va a tener lugar en el futuro bajo unas características físicas y antrópicas determinadas. No se mide directamente, sino que se obtiene a partir de las variables que van a condicionar el proceso erosivo, lo que es precisamente el objetivo de este trabajo.

Será ésta última la que se aplique. En cualquier caso, la evaluación de la erosión hídrica realizada mediante métodos indirectos tipo RUSLE o MUSLE ofrece resultados aceptablemente similares a los obtenidos mediante métodos directos (Bodoque, 2007).

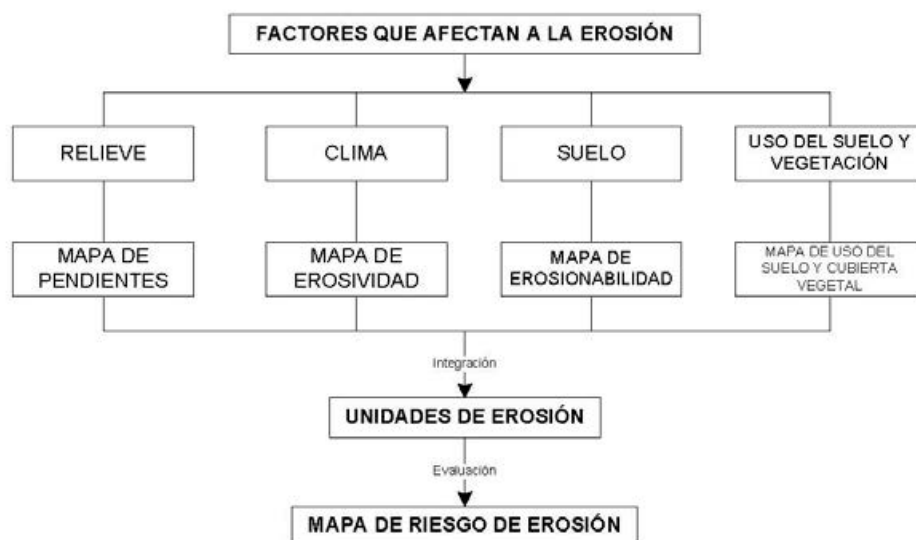


Figura 4. Esquema metodológico para la definición de paisajes erosivos. Fuente: ICONA.

Las áreas de mayor erosión potencial se obtendrán aplicando cartográficamente el algoritmo de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos Revisada (RUSLE), lo que nos dará una distribución espacial de valores medios de toneladas de suelo perdido por hectárea y año. A pesar de las distintas discusiones respecto al carácter universal de sus estimaciones (Perles 1995), se trata de la metodología más extendida desde un punto de vista técnico y científico.

Seguidamente, y aprovechando buena parte de las variables usadas en la RUSLE, se aplicará también la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos Modificada (MUSLE), que consiste en una variación de la USLE para conocer la cantidad estimada de sedimentos producidos por evento pluviométrico concreto. Este evento será la máxima lluvia esperada para el periodo de retorno considerado.

Aunque existen otros modelos para el cálculo del aporte de sedimentos en cuencas, como el de Meyer-Peter, Guy-Norman o Fournier (Senciales, 1999), se ha considerado la MUSLE el más apropiado por su uso extendido y normalizado, además de su orientación a cuencas pequeñas como las del ámbito espacial que nos ocupa.

7.2.1.1.2. **Aplicación de la RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation).**

Para la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos se presentó en un inicio la disyuntiva entre usar la formulación clásica, USLE (Wischmeier y Smith, 1958), o bien el algoritmo revisado, RUSLE (Mannaerts, 1999). Este último, más preciso, tiene sin embargo unos requisitos más complejos y difíciles de obtener, lo que se enfrenta a la idea original de este trabajo de buscar metodologías que más allá de la mera investigación, puedan ser viables técnica y económicamente en el ámbito profesional y/o administrativo. Por ello, se ha optado por usar la RUSLE, pero mediante agrupaciones simplificadas, tal como podrá observarse en los siguientes subapartados.

Cabe tener presente, por otro lado, que la calibración de esta ecuación para el área mediterránea podría tener sensibles inadaptaciones, a pesar de lo cual se tomará por su valor comparativo y estimativo. Si bien los valores cuantitativos obtenidos podrían ser discutibles, su valor cualitativo y la posibilidad de comparar regiones o fechas, sin embargo, no lo es.

▪ **Formulación RUSLE**

La expresión matemática de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos Revisada es:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Ecuación 1. Pérdida de suelo promedio anual según USLE revisada (RUSLE)

A = pérdida de suelo media anual por unidad de superficie ($T \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)

R = factor de erosividad de las lluvias ($KJ \cdot mm \cdot m^{-2} \cdot hora^{-1} \cdot año^{-1}$)

K = factor de erodabilidad del suelo ($T \cdot m^2 \cdot hora \cdot ha^{-1} \cdot KJ^{-1} \cdot mm^{-1}$)

L = factor longitud de pendiente (adimensional)

S = pendiente (%) (adimensional)

C = factor de cubierta vegetal (adimensional, tabulado según las características de la vegetación)

P = factor de prácticas de conservación de cultivo

Cada factor responde a lo siguiente:

- **Erosividad de la lluvia (Factor R)**

El factor R se define como el índice medio anual de la erosividad de la lluvia. Existen diversos métodos de cálculo, bien estudiando las estaciones meteorológicas una por una y haciendo una media, o mediante el análisis de las precipitaciones medias mensuales máximas y medias anuales.

El cálculo de “R” se efectúa mediante la ecuación de Lombardi Neto y Moldenhauer (1980):

$$R = 6,866 \times \left(\frac{p^2}{P}\right)^{0,85}$$

Ecuación 2. Índice medio de erosividad anual de la lluvia (Lombardi Nieto y Moldenhauer, 1980)

R : es el índice medio de erosividad anual

p : precipitación media mensual máxima

P : precipitación media anual

Para calcular el valor de ‘R’ se tomarán datos de sendos mapas de precipitación media anual y precipitación media mensual máxima de la provincia de Málaga.

- **Erodabilidad del suelo (factor K)**

Este factor expresa la influencia de las propiedades químicas y físicas del suelo en la erosión, a través de la infiltración, permeabilidad, capacidad de retención de agua, resistencia a la dispersión, aplastamiento, abrasión y fuerzas de transporte. Indica, en resumen, la susceptibilidad de un suelo para ser erosionado.

El resultado es un valor de cantidad de suelo perdido, asumiendo unas condiciones estándar de pendiente del 9%, longitud de 22,13 m y en barbecho continuo.

Generalmente son menos erosionables los suelos profundos permeables de arenas gruesas. Los más erosionables serán los suelos arenosos y poco profundos sobre subsuelo impermeable.

Para facilitar el cálculo de K, Wischmeier, Jhonson y Cross (1971) han elaborado un nomograma que resuelve gráficamente la ecuación que liga las variables del proceso de erosión (Figura 5). A partir de la relación porcentaje de limo y arcillas, materia orgánica y permeabilidad podemos extraer el valor de K.

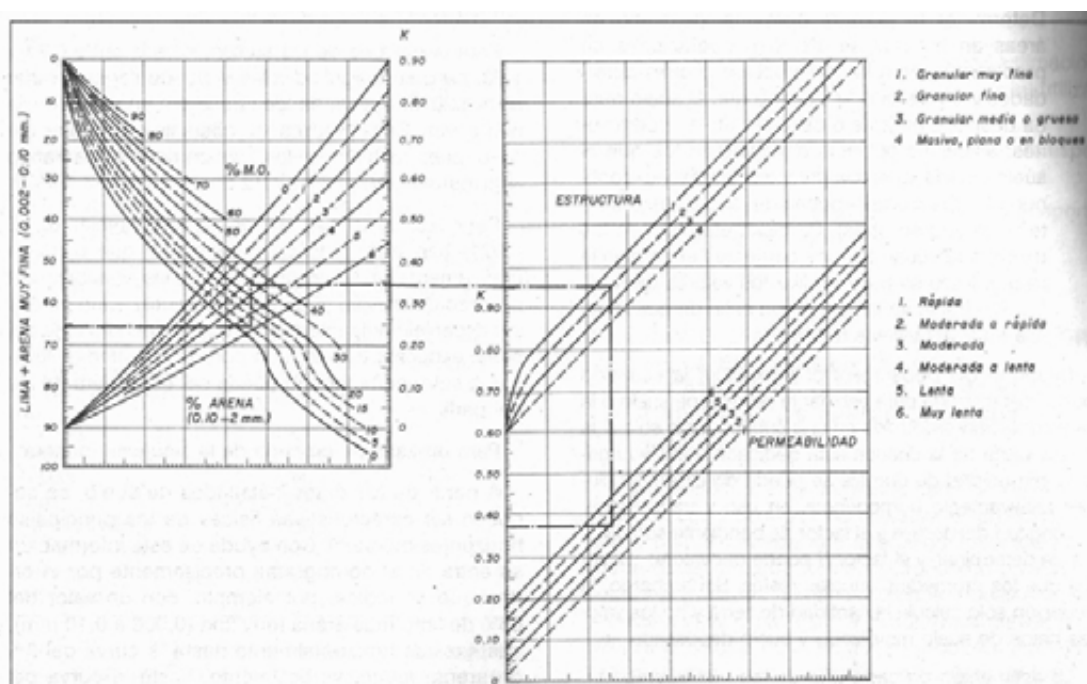


Figura 5. Nomograma de Wischmeier para el cálculo de erosionabilidad del suelo (K). Fuente: Ministerio de Fomento.

Los siguientes coeficientes se basan en los intervalos de los coeficientes de Wischmeier y la jerarquización de tipos de litofacies en función de su erodabilidad, según Moreira Madueño, J.M.

Tipos de litofacies	K
Cuaternario indiferenciado	0,35
Aluviales y terrazas	0,40
Piedemonte y conos de deyección	0,28
Travertinos	0,32
Arcillas y margas	0,18
Conglomerados y brechas	0,31
Areniscas	0,25
Margocalizas	0,22
Calizas y dolomías	0,30
Grauwacas, pizarras, esquistos y filitas	0,23
Gneises	0,25
Peridotitas	0,20

Tabla 1. Erodabilidad según tipos de litofacies. Fuente: Moreira Madueño.

- **Factor topográfico (L·S)**

El factor L, o longitud de del declive, viene definido por:

$$L = (\gamma/22,1)^m$$

Ecuación 3. Longitud del declive (factor L).

Donde γ es la longitud del declive en metros, y m un exponente influenciado principalmente por la interacción entre la longitud del declive y la pendiente.

La longitud se define como la distancia desde el *talweg* al interfluvio.

El exponente m es función de la pendiente del terreno, y adopta valores según el siguiente orden:

Pendiente (%)	m
< 1	0.2
1 - 3	0.3
3 - 5	0.4
> 5	0.5

Tabla 2. Valores del exponente m.

El factor S, o factor de inclinación de la pendiente, se expresa por

$$S = (0,43 + 0,3s + 0,043s^2)/6,613$$

Ecuación 4. Inclinación de la pendiente (factor S).

Donde s es la pendiente en %.

Suelen agruparse bajo la denominación de factor topográfico L·S, como factor que integra el efecto del relieve, longitud del declive o ladera y pendiente. Se utiliza para pendientes inferiores al 20% y longitudes de declive menores de 350 m, la siguiente ecuación:

$$LS = \gamma^{0,5} (0,0138 + 0,00965s + 0,00138s^2)$$

Ecuación 5. Factor topográfico para pendientes inferiores al 20%.

Y para pendientes mayores del 20%:

$$LS = (\gamma/22,1)^{0,6} \times (s / 9)^{1,4}$$

Ecuación 6. Factor topográfico para pendientes superiores al 20%.

- **Factor cubierta vegetal (C)**

Este factor incluirá la influencia de la cobertura vegetal sobre el terreno, lo que resulta especialmente relevante al ser el medio más eficaz para que la erosión disminuya. El factor C está basado en el concepto de desviación *standard*, siendo el *standard* un área bajo condiciones de barbecho con cultivo limpio en cuyo caso su valor es 1.

Inicialmente con este factor se consideró el manejo del cultivo, pero por extensión, para suelos no agrícolas, se ha asimilado al valor de protección ejercido por la cubierta vegetal, con cuyo porcentaje de cobertura del suelo se relaciona de manera inversa la tasa de erosión.

Su valor varía entre 0 y 1 y disminuye a medida que aumenta la cobertura vegetal.

Este factor es determinante en el flujo de retención del suelo, y su valor aparece en el modelo como constante, introducido manualmente a partir de una tabla propuesta por el ICONA. Esto llevó a que, en el planteamiento de los estudios del proyecto LUCDEME, cuyos resultados fueron publicados por ICONA en 1.982, el factor C fuese analizado igualmente de forma simplificada. De este modo, los diferentes tipos de vegetación cartografiados en el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos, realizado por el Ministerio de Agricultura, fueron agrupados y valorados en las clases que aparecen a continuación:

Tipo de cubierta	Factor "C"
Arbolado forestal denso	0,01
Arbolado forestal claro	0,03
Matorral con buena cobertura	0,08
Matorral ralo y eriales	0,2
Cultivos arbóreos y viñedos	0,4
Cultivos anuales y herbáceos	0,25
Cultivos en regadío	0,04

Tabla 3. Valores medios del factor C. Fuente: ICONA, 1982.

Y a partir de las tablas publicadas por Wischmeier (1978) se definen los valores de C para dos áreas concretas:

Zonas afectadas por incendios	0,45
Suelo desnudo	1,00

Tabla 4. Valores medios del factor C para determinadas áreas. Fuente: Wischmeier, 1978.

De este modo se refleja como las zonas de vegetación natural, en la cual existe una cierta potencia en el desarrollo de la misma, los suelos están bastante protegidos porque suelen tener una densa vegetación en la parte aérea (copas) y en el suelo parte subterránea (raíces).

La vegetación disminuye la energía cinética de la lluvia y protege el suelo.

- **Factor de prácticas de conservación de suelo (P)**

El factor de prácticas de conservación de suelos expresa la influencia que ejercen las prácticas de cultivo, corrección y conservación de la erosión hídrica. La función de este valor es disminuir el valor de pérdida de suelo obtenido, suponiendo que existen o van a llevarse a cabo prácticas de conservación, tales como cultivos en fajas, aterrazados, etc. en el área de estudio.

Se denominan también prácticas de contorno, e incluye cualquier tipo de obra, barrera vegetal o incluso la propia disposición de las especies vegetales plantadas o repobladas.

Algunas de estas prácticas de conservación de suelos pueden ser:

- Aterrazamientos en zonas de montaña, buscando disminuir la pendiente, favorecer la infiltración y reducir la velocidad de la escorrentía.
- Alternar especies poco densas con especies más densas en laderas de gran longitud.

Cuando no existen ninguna medida de protección el valor Standard de P es igual a 1. A medida que se practican medidas de contorno el valor de P actúa como un atenuador del valor final de la erosión.

La guía del usuario del Departamento de Agricultura de Estados Unidos para el uso y aplicación de la RUSLE (USDA, 1993) sugiere realizar prácticas mínimas de conservación de suelos, e incluye los siguientes valores para P:

Distancia entre surcos	P
Muy baja	0.5
Baja	0.3
Moderado	0.15
Alto	0.08
Muy alto	0.05

Tabla 5. Valores mínimos de P para prácticas de contorno. Fuente: USDA.

▪ **Elaboración cartográfica**

Una vez calculadas y cartografiadas las variables anteriores, homogeneizando a escala 1/10.000, se han rasterizado los mapas resultantes, con tamaño de celda de 5x5 metros. Para el factor LS, por su complejidad matemática, ha sido necesario obtener los valores mediante hoja de cálculo, exportando los resultados a la cartografía en polígonos (subcuencas) de valores homogéneos.

El valor resultante final para cada celda indica la erosión potencial estimada en toneladas por hectárea y año. Al tratarse de un resultado rasterizado es fácil la obtención posterior de estadísticas zonales (ver apartado 9.5.3. del capítulo 9).

7.2.1.1.3. Aplicación de la MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation).

A partir de la década de los setenta, la extensión del modelo U.S.L.E. a pequeñas cuencas hidrográficas dio lugar al modelo M.U.S.L.E. (Modified Universal Soil Loss Equation), a fin de predecir los sedimentos aportados por las mismas para un aguacero concreto (Robredo, 1993).

Después de una serie de tanteos, tratando de centrar el nuevo modelo, J.R. Williams (1975) lo concreta en la siguiente expresión:

$$Y = 11.8 \cdot (Q \cdot q_p)^{0.56} \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

Ecuación 7. Pérdida de suelo estimada en una cuenca para una lluvia concreta (M.U.S.L.E.).

Este algoritmo nos permitirá estimar el comportamiento sedimentológico concreto de la cuenca en el mismo evento pluviométrico para el que estamos evaluando su inundación.

‘Y’ son los sedimentos emitidos por una tormenta aislada en toneladas, ‘Q’ el volumen de escorrentía en m³ y ‘q_p’, el caudal instantáneo máximo en m³/s (resultado obtenido en el cálculo hidrológico de la cuenca). El resto de variables ya se han descrito en el anterior apartado, correspondiente a la RUSLE.

El volumen de escorrentía es el caudal que ha escurrido en el área de la cuenca durante toda la precipitación, y se puede calcular mediante la siguiente formulación:

$$Q(m^3) = \frac{P_n(l/m^2) \cdot S(m^2)}{1000}$$

Ecuación 8. Volumen de escorrentía total para el evento pluviométrico considerado, en metros cúbicos.

Siendo ‘S’ la superficie de la cuenca, en m²; y P_n la precipitación neta, o escorrentía directa, obtenida en base a la adaptación española del método propuesto por el Departamento de Agricultura y Conservación de Suelos de EEUU, en 1964¹:

$$P_n = \frac{(P_d - P_0)^2}{P_d + 4 \cdot P_0}$$

Ecuación 9. Precipitación neta o escorrentía directa resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al periodo de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm].

Este organismo ha mantenido vigente el procedimiento hasta la actualidad (NRCS, 1986, 2004) y lo implementa en la última versión del modelo (Technical Release 55). El cálculo aquí incluido

¹ United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service (USDA-SCS).

corresponde a la versión adaptada en España (MOPU, 1990, Ferrer, 1993). En la versión original en lugar de 'P₀' se usa la terminología 'Initial abstraction', resultante del SCS runoff curve number method.

Más allá del cálculo de 'Q' y 'q_p' tal como se acaba de describir, el resto de variables se obtendrán a partir de la cartografía MUSLE hecha en el anterior apartado, mediante la aplicación para cada subcuenca del algoritmo de estadísticas zonales del software SIG usado.

7.2.1.1.4. Variables de salida y asignación de intervalos de peligrosidad.

De la producción de sedimentos por erosión de suelos se obtendrán dos resultados diferentes. Con la erosión potencial para un evento concreto (MUSLE) se cuantificarán los sedimentos por erosión en cada subcuenca, para su posterior incorporación a la cartografía de superficie de inundación (mapa 1). De otro lado, mediante la cartografía de erosión potencial anual del suelo (RUSLE), se definirán áreas con elevado riesgo de producción de elementos sólidos, que serán incorporadas a un mapa de 'Áreas causantes de peligrosidad de inundación y peligrosidades asociadas' (mapa 2).

▪ RUSLE

Tal como se acaba de citar, se necesitará un resultado cartográfico que nos permita definir áreas geográficas con alta peligrosidad de emisión de sólidos por erosión de suelos.

Los resultados de esta zonificación deberán guiar la posterior ordenación urbanística o gestión de la cuenca, bien sea de manera preventiva, protegiendo dichas zonas de afecciones que puedan desencadenar la erosión de suelos, o bien con medidas correctoras, como la reforestación o la reorientación de prácticas agrícolas inadecuadas que pudieren existir. Es por ello que en el subapartado 'Elaboración cartográfica' del apartado 7.2.1.1.2 se ha descrito la transformación del valor numérico propio de la ecuación universal en un resultado ráster para la totalidad de la cuenca.

En cualquier caso, el valor final expresará las toneladas de suelo potencialmente perdido por hectárea y año, y su clasificación en intervalos se equipará a la establecida por la Junta de Andalucía en el proyecto técnico "Estadística de pérdidas de suelo por erosión en Andalucía" (Junta de Andalucía, 2011):

- Intervalo de peligrosidad Muy Alta: $\geq 100 T/h \cdot \text{año}$
- Intervalo de peligrosidad Alta: 50 a $99 T/h \cdot \text{año}$
- Intervalo de peligrosidad Moderada: 12 a $49 T/h \cdot \text{año}$
- Intervalo de peligrosidad Baja: $< 12 T/h \cdot \text{año}$

▪ **MUSLE**

Frente al anterior, en este caso nos interesa obtener un valor cuantitativo de pérdida de suelo, que luego pueda ser incorporado al valor numérico del caudal máximo instantáneo en cada subcuenca. De tal modo, la aplicación del resultado de la formulación será directa para cada subcuenca, y no es preciso definir intervalos para la variable.

Si será necesario, no obstante, transformar el resultado de peso a volumen, para poder asimilarlo al dato de caudal al que se pretende incorporar. Así, las toneladas de sedimentos deberán transformarse a metros cúbicos de sedimentos.

Para ello ha sido necesario en un principio conocer la densidad relativa de las partículas sedimentarias producidas por la erosión con respecto al flujo de inundación. Dada la gran variabilidad de este tipo de partículas, y consecuentemente de densidades resultantes, se ha estimado en primer lugar la tipología mineralógica más frecuente en los cauces mediterráneos, basándose en el estudio de variación granulométrica y mineralógica de sedimentos retenidos por diques en cauces torrenciales semiáridos del sureste peninsular, de Conesa, Arana y García (2009). Por orden de representación porcentual resultan las siguientes partículas minerales: cuarzo, moscovita, dolomita y calcita. Posteriormente, atendiendo a las características de las partículas sedimentarias, y en particular a su densidad relativa frente al agua, resultan los siguientes valores (Maza, 1987):

Partícula mineral	Densidad relativa de las partículas minerales sedimentarias frente al agua		
	Valor mínimo	Valor máximo	Valor medio
Cuarzo	2.60	2.70	2.65
Moscovita	2.76	3.10	2.93
Dolomita	2.85		2.85
Calcita	2.72		2.72

Tabla 6. Densidades relativas de determinadas partículas minerales. Elaboración propia a partir de Maza (1987).

De aquí se extrae una densidad relativa media para las partículas minerales más frecuentes en cauces mediterráneos de 2,79. Considerando como referencia la densidad del agua (1.000 kg/m³), se estimará una densidad media para los sedimentos de 2.790 kg/m³. Así, el resultado obtenido directamente de la formulación de la MUSLE será dividido por dicha cantidad para conocer el volumen total, en metros cúbicos, que llegaría a alcanzar el arrastre de sedimentos por erosión de suelos para el evento tormentoso considerado (Gallegos y Perles, 2015).

7.2.1.2. *Análisis de la incorporación de elementos sólidos por movimientos gravitatorios de laderas.*

El siguiente de los análisis individuales de peligrosidad será el estudio de susceptibilidad a los movimientos de ladera asociados a los episodios tormentosos, para evaluar algunos de los aspectos principales en las cuencas montañosas del litoral mediterráneo, como son el aporte de sólidos al flujo por movilización del terreno y la posibilidad de que se generen puntos de colapso en el cauce por caídas o movimientos gravitatorios de laderas directamente sobre éste (Chacón, 2012; Densmore et al., 2011; Bathurst et al., 2007; Lorente et al., 2003).

Aunque normalmente la producción de sedimentos por erosión de suelos es notablemente superior a la de estos aportes, en ciertas zonas sí que pueden llegar a ser muy significativos, y el modo brusco en que se produce su incorporación al flujo añade un componente importante de peligrosidad.

El objetivo de este análisis una vez más es doble: de un lado identificar las laderas anexas al cauce con alta susceptibilidad al deslizamiento y consecuente riesgo de colapso por represa del flujo, y de otro lado, estimar el volumen de suelo movilizable en dichos deslizamientos, atendiendo a una hipótesis de máximo riesgo.

El resumen gráfico del proceso que se explicará a continuación se puede observar en la Figura 6.

7.2.1.2.1. *Consideraciones iniciales.*

En las faldas montañosas de la fachada mediterránea y en entornos periurbanos, en los que las laderas sufren el impacto de actividades y procesos muy diversos, los movimientos en masa completan, junto a los de inundabilidad y erosión de suelos, la terna de principales peligrosidades naturales que componen el puzle del lugar de riesgo que caracteriza el ámbito de estudio considerado.

Por ello, y tal cómo se acaba de citar, en este subapartado se realizará un análisis cartográfico de la susceptibilidad a los movimientos de laderas en la cuenca de estudio, atendiendo a los principales factores condicionantes y desencadenantes; y seguidamente se evaluará el volumen movilizable e incorporable al flujo de inundación en dichos movimientos.

Al hacer referencia a los movimientos en masa o movimientos gravitatorios de laderas, se están incluyendo desprendimientos, flujos (macizos rocosos, derrubios, tierra, barro), deslizamientos (rotacionales, traslacionales, mixtos) y sus combinaciones en forma de movimientos complejos. No obstante, los más frecuentes son los deslizamientos.

De igual modo, la interrelación entre los movimientos gravitatorios y los procesos fluviales no responde a fronteras nítidas, sino que se conforma según una gradación donde el porcentaje de material sólido va definiendo distintos procesos y comportamientos. Al respecto, Bodoque et al. (2008) relaciona las avenidas torrenciales con la carga sólida del flujo y con los movimientos gravitacionales de laderas (ver Figura 7).

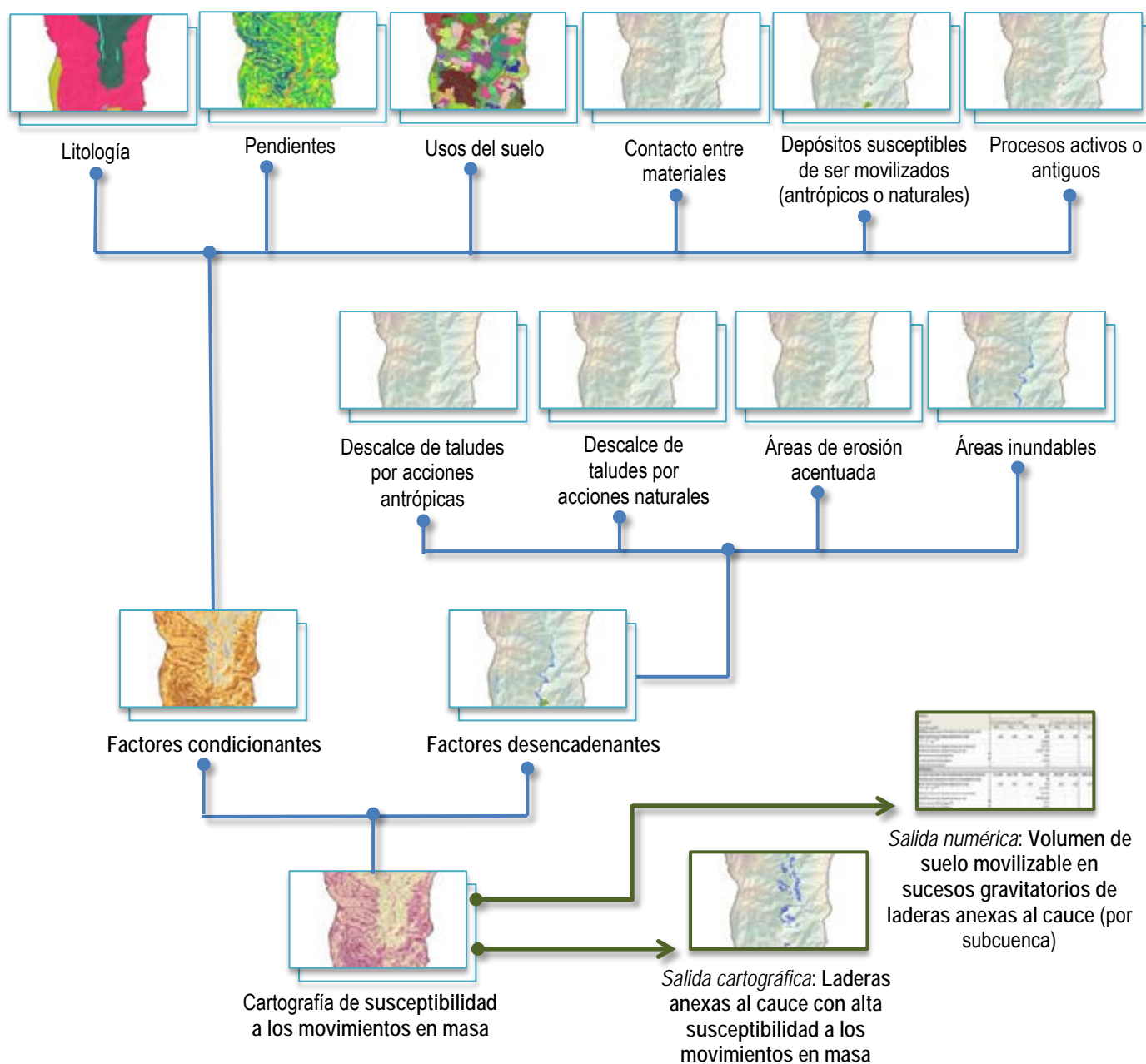


Figura 6. Esquema visual del proceso de análisis de la susceptibilidad a los movimientos en masa y variables de salida. Fuente: elaboración propia.

Por susceptibilidad se entiende la facilidad o propensión de determinadas zonas a generar movimientos en masa o a ser impactadas, dependiendo si estamos caracterizando la susceptibilidad a la rotura o al alcance. En el concepto de susceptibilidad, al contrario que en el de amenaza, no se tienen en cuenta la frecuencia ni la magnitud del evento. Factores condicionantes serían aquellos intrínsecos del sistema que caracterizan de una manera propia el área sobre la que una amenaza puede actuar. Estos son los que en mayor medida determinarán la evolución de un cierto fenómeno que vaya a suceder sobre el terreno. Y factores desencadenantes son aquellos parámetros externos

al sistema que producen la generación del fenómeno. Éstos actúan como detonante de la amenaza, y los principales son la lluvia y los ejes fluviales (EIRD, 2007).

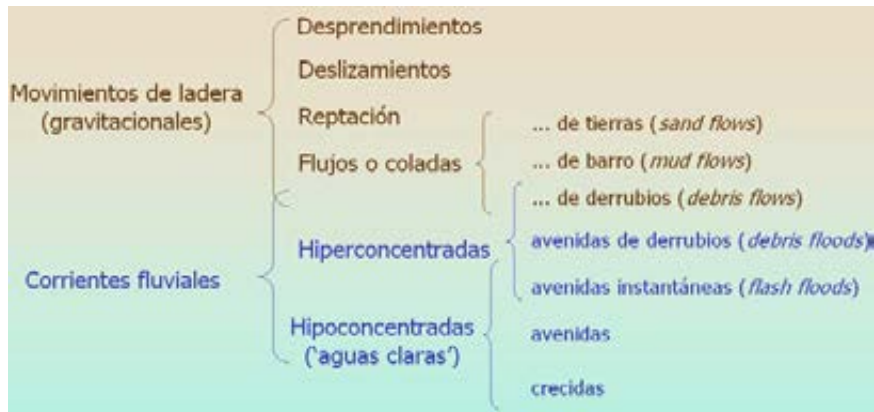


Figura 7 Relación entre los procesos fluviales y los movimientos de ladera. El color del texto indica la relación de predominio entre carga sólida, marrón, y agua, azul (Bodoque et al., 2006; Llorente et al., 2008).

Por todo ello, los movimientos de ladera constituyen fenómenos íntimamente asociados a la inundación, pudiendo contribuir al aporte de carga sólida movilizada al flujo o incluso llegar a provocar el represamiento temporal de los cursos fluviales, por aporte repentino e intenso de sólidos (Salazar y Martín Serrano, 2006; Perles y Cantarero, 2010b). Los principales procesos existentes en las áreas de estudio ligados a los movimientos en masa son desprendimientos y caídas, deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales, coladas, flujos, reptación y soliflucción.

El efecto adverso de la precipitación en la inestabilidad de los taludes es sobradamente conocido, y su relación es bidireccional. La infiltración del agua en la ladera incrementa el nivel de la superficie freática, y con ello las presiones intersticiales y el peso de la masa del suelo. De igual modo, el incremento de las presiones neutras en el suelo disminuye su resistencia al corte y favorece las condiciones para que la masa de suelo se desestabilice. Al mismo tiempo reducen la tensión capilar en los estratos superficiales del perfil estratigráfico y, si la permeabilidad de los materiales lo permiten, llegan a formarse niveles de aguas temporales que se convierten en interfases favorables para el deslizamiento de la fase superior (Narváez, 2007).

La metodología propuesta para delimitar las áreas con alta susceptibilidad a los movimientos gravitatorios se basa en una síntesis de la amplia experiencia científica sobre la materia, tomando el aporte de diversos autores que citan factores condicionantes y desencadenantes, mediante superposición ponderada de dichos factores.

Por su parte, tanto la cuantificación del volumen movilizable como los mecanismos de transporte y sedimentación de dicho material están aun insuficientemente estudiados, debido a la complejidad de las interacciones que los condicionan o simplemente a la dificultad de medir sus parámetros principales (Berti y Simoni, 2014; Rickenmann et al., 2006; Puglisi, 2001). Diversos autores recomiendan por ello recurrir a métodos empíricos en lugar de usar modelos o métodos numéricos (Berti y Simoni, 2007; Densmore et al., 2011; Rickenmann, 1999), habiendo llegado a desarrollarse el modelo DFLOWZ (Berti y Simoni, 2007), a partir del modelo LAHARZ (Schilling, 1998), que permite evaluar a partir de datos empíricos el área potencialmente afectada por un determinado movimiento

en masa. Además de las zonas inestables, sería necesario conocer los espesores de las distintas unidades de suelo de la cuenca, y aun así la cantidad de terreno que se movilice respondería a otros factores de gran variabilidad en cada subcuenca. Dado que dicho análisis de campo se saldría de los objetivos planteados al inicio de este trabajo, se optará por tomar un valor volumétrico que responderá a la superficie con alta susceptibilidad y a un espesor medio para el ámbito de trabajo.

7.2.1.2.2. Análisis cartográfico.

En España el IGME (Instituto Geológico y Minero en España) viene desarrollando mapas de susceptibilidad a los movimientos de laderas desde los años 80, existiendo abundante literatura sobre ello. Más recientemente, el grupo de trabajo internacional sobre deslizamientos y taludes JTC1 (*Joint International Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes*) ha completado el documento de referencia '*Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning*' (Fell *et al.*, 2008), que pretende estandarizar los trabajos de evaluación y cartografía de susceptibilidad y peligrosidad por movimientos de ladera (Hernández *et al.*, 2008), y que ha sido considerado para el análisis cartográfico que aquí se plantea, junto con la Guía metodológica para la elaboración de cartografía de riesgos naturales en España del Ministerio de Vivienda (Ministerio de Vivienda, 2008), la Guía para elaboración de Estudios del Medio Físico (Ministerio de Medio Ambiente, 2006) y otros autores (Suárez, 1998; Fernández, 2008; Segura *et al.*, 2002; Salazar y Martín-Serrano, 2006; Narváez, 2007). En cualquier caso, siempre se ha tenido presente la necesaria flexibilidad y posible aplicabilidad para otros estudios técnicos en su elaboración, así como las indicaciones establecidas por el documento '*Data Specification on Natural risk zones: Draft Technical Guidelines*' de la directiva europea INSPIRE, que homogeneiza la cartografía e infraestructuras de datos espaciales en Europa (European Comision, 2004).

La recopilación de factores individuales que, posteriormente ponderados y sumados, constituirán el mapa de susceptibilidad, se reúnen en una primera parte de cartografía de factores condicionantes o determinantes (pasos 1 al 4) y una segunda parte con los factores desencadenantes o activadores (paso 5):

1. Recopilación de información cartográfica geológica o geotécnica de las áreas de estudio y búsqueda de referencias históricas de deslizamientos que se hayan producido en el pasado.
2. Búsqueda de procesos de inestabilidad activos o pasados mediante fotografías aéreas de distintas fechas.
3. Reconocimiento de campo para completar la búsqueda de procesos actuales y antiguos, incorporando la identificación de indicios tales como grietas, escarpes, depósitos de deslizamientos, bloques caídos o incluso daños en edificaciones, árboles o postes de la luz.
4. Elaboración del mapa inventario, considerando los procesos observados en los pasos anteriores y variables como las pendientes, litología, estructura geológica o usos del suelo.
5. Incorporación al mapa anterior de aquellos factores que pueden alterar las fuerzas impulsoras del movimiento y provocar la rotura e inicio del desplazamiento. Si bien el catálogo de estos posibles factores es amplio, se excluirán aquellos difícilmente

cartografiables o que no tienen una relación directa con la estudiada interrelación entre las inundaciones y los movimientos en masa, tal como es el caso de terremotos, vertidos en grietas abiertas o vibraciones del terreno. Sí se incorporarán, por el contrario, aquellos directamente ligados con la hidráulica del terreno o con la actividad propia de los espacios periurbanos, pudiendo ser clasificados en los siguientes (Segura Beltrán *et al.*, 2002):

- i. Factores que actúan sobre las fuerzas impulsoras:
 - a. Sobrecarga de la ladera por construcción de edificios, piscinas, depósito de escombros, etc. No siempre tiene consecuencias desestabilizadoras, depende de la relación de fuerzas y de la geometría de la ladera.
 - b. Descalce del talud por acciones antrópicas, como la construcción de viales.
 - c. Descalce en la base de la ladera por acciones naturales, como la erosión lateral en los márgenes de los cauces.
 - d. Acción del nivel freático por precipitaciones o aumento del caudal del cauce, aumentando el peso del terreno o produciendo una transferencia de energía de la lluvia al terreno, que impulsa su movimiento.
- ii. Factores que actúan principalmente sobre la resistencia:
 - a. Acción intersticial del freático, que incrementa la presión interior (relleno de grietas y efecto de cuña) y disminuye la resistencia.
 - b. Desmontes, que implican la eliminación de un soporte lateral del material adyacente, y conllevan su descompresión y meteorización, resultando en una pérdida de resistencia.
 - c. Destrucción de la vegetación de una ladera, que favorece los flujos del suelo y del material meteorizado por encima de la roca madre, al disminuir la resistencia conferida al material a través de las raíces de las plantas.

Atendiendo a lo anterior, y tras revisar las metodologías propuestas por los autores citados, se ha elaborado el cuadro de factores de la Tabla 7, incluyendo el modo de representación cartográfica, modo de obtención y grado de clasificación de la susceptibilidad. A los factores que se consideran más decisivos se les dará mayor peso.

El mapa resultante se construye en base a elementos poligonales reclasificados, ponderados, rasterizados y sumados entre sí. Los elementos lineales (contactos entre materiales y descalce de taludes por acciones naturales) se han convertido a polígonos, aplicando un área de influencia de 50 metros para los contactos y 10 metros para el descalce de taludes.

Las ponderaciones se aplicarán tanto en la clasificación del grado de susceptibilidad, como directamente duplicando el peso final del factor. Esto último se hará con las pendientes y el

inventario de procesos activos o antiguos (ver columnas ‘grado de susceptibilidad’ y ‘ponderación’, de la Tabla 7).

	Grupo de factores	Factor	Representación cartográfica	Fuente de partida	Grado de susceptibilidad	Ponderación
Factores condicionantes	Litológicos	Litología	Poligonal	Cartografía IGME (e.1/50.000) adaptada	Alta (coherencia baja), Baja (coherencia media) ²	
	Topográficos	Pendientes	Poligonal	Modelo digital del terreno (e. 1/10.000) > Pendientes	Alta (pendientes >50%), Media (30-50%), Baja (10-30%)	x2
	Usos del suelo	Usos del suelo	Poligonal	Mapa de usos y coberturas vegetales de Andalucía (e. 1/10.000)	Alta (zonas sin vegetación), Media (zonas arbustivas, cultivos), Baja (zonas forestales, tejido urbano, llanuras aluviales)	
	Elementos geomorfológicos	Contactos entre materiales	Lineal > poligonal	Cartografía IGME (e. 1/50.000)	Alta (Cabalgamientos y fallas), Media (contactos discordantes), Baja (contactos normales)	
		Depósitos susceptibles de ser movilizados, naturales (cuaternarios) o antrópicos	Poligonal	Observación directa (ortofotografías, observación de campo)	Media	
Signos de procesos gravitatorios previos, activos o antiguos	Deslizamientos / Cicatriz de movimientos / Bloques movilizados / Aludes de piedras en torrentes	Poligonal	Observación directa (ortofotografías, observación de campo)	Alta	x2	
Factores desencadenantes	Procesos geomorfológicos	Descalce de taludes por acciones antrópicas	Poligonal	Observación directa (ortofotografías, observación de campo)	Alta	
		Descalce de taludes en cauces por erosión fluvial	Lineal > poligonal	Observación directa (ortofotografías, observación de campo) – Cartografía IGME (erodabilidad litológica)	Alta	
		Áreas de erosión acelerada	Poligonal	Observación directa (ortofotografías, observación de campo)	Media	
	Hidráulica fluvial	Área de inundación	Poligonal	Delineación mediante criterios geomorfológicos ³	Alta	

Tabla 7. Factores incorporados al modelo de elaboración del mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa. Fuente: elaboración propia.

² Según Modelo de cuadro sintético mostrando una aproximación a las propiedades de las rocas (Guía para la elaboración de estudios del medio físico, 2005).

³ En este trabajo, al haberse calculado previamente la inundación mediante el modelo habitual con HEC-RAS, para la posterior comparación de resultados, se usará directamente esta información.

7.2.1.2.3. Variables de salida y asignación de intervalos de peligrosidad.

El resultado primero de la cartografía de esta peligrosidad debe ser la delimitación de áreas donde la susceptibilidad a los movimientos en masa sea elevada. Para delimitar estas zonas, y dado que se ha trabajado con la superposición de factores, se definirán 3 intervalos en función del número de factores que coincidan en cada unidad espacial, considerándose para ello tanto el grado de susceptibilidad en que estos están clasificados como la ponderación que se da a los más relevantes.

De tal modo, se usará lo siguiente:

- Intervalo de peligrosidad Alta: coinciden 4 factores o más con grado de susceptibilidad alta.
- Intervalo de peligrosidad Media: coinciden 3 factores con grado de susceptibilidad alta.
- Intervalo de peligrosidad Baja: coinciden menos de 3 factores con grado de susceptibilidad alta.

Los factores ‘pendientes’ y ‘procesos activos o antiguos’ tienen un peso doble con respecto a los anteriores, dada la importancia constatada en el proceso de revisión bibliográfica.

Una manera eficiente para calcular los intervalos tal vez sea la superposición de los mapas *rasterizados* de cada factor, habiendo dado un valor numérico 4 al grado de susceptibilidad alta, un valor numérico 2 al de susceptibilidad media, y 1 al de susceptibilidad baja. Considerando esto y la posterior ponderación de los dos factores ya citados, entrarán en el intervalo de peligrosidad alta todas aquellas unidades de superficie cuyo valor resulte ser 16 o superior. En el intervalo intermedio, las unidades con valor entre 12 y 15, y en el intervalo de peligrosidad baja las que tengan valor numérico inferior a 12.

Al hablar de unidad de superficie se hace referencia a la celda o pixel mínimo que se haya usado al *rasterizar* los distintos factores. Dada la escala de trabajo, este podría ser de 10x10 metros.

Una vez aisladas las áreas con alta susceptibilidad a los movimientos en masa, el siguiente paso será estimar el volumen de carga sólida que se produciría si se movilizase dicha superficie. Siguiendo las consideraciones ya expresadas en el apartado de consideraciones iniciales, dicha cifra se extraerá de las superficies de laderas con alta susceptibilidad al movimiento y de un espesor medio de 1 metro de profundidad.

La superficie con alta susceptibilidad se limitará a aquellas laderas que se sitúen directamente sobre el cauce. En base a la hipótesis de máximo riesgo, se considerará que el evento tormentoso ponga en marcha la movilización de la totalidad de estas superficies. Por otro lado, la práctica totalidad de los deslizamientos que se producen son movimientos en laderas superficiales, es decir, con espesores muy limitados (Chacón, 2012), en torno al metro de profundidad. Así, se calculará el volumen movilizable mediante el producto de la superficie citada y el espesor de referencia de un metro.

7.2.1.3. Análisis de la generación de residuos vegetales

De manera similar a como ocurre con la incorporación de sedimentos sólidos al flujo por erosión de suelos, el arrastre de restos leñosos o vegetales puede ser causante de importantes alteraciones hidráulicas, fundamentalmente por colapso del flujo en estrechamientos e infraestructuras de paso, pero también del incremento de la peligrosidad del flujo sobre bienes y personas por transporte de sólidos o de la disminución de la sección y el consecuente aumento de la lámina inundable.

El esquema visual del proceso de análisis que se detallará en este apartado se puede observar en la Figura 8.

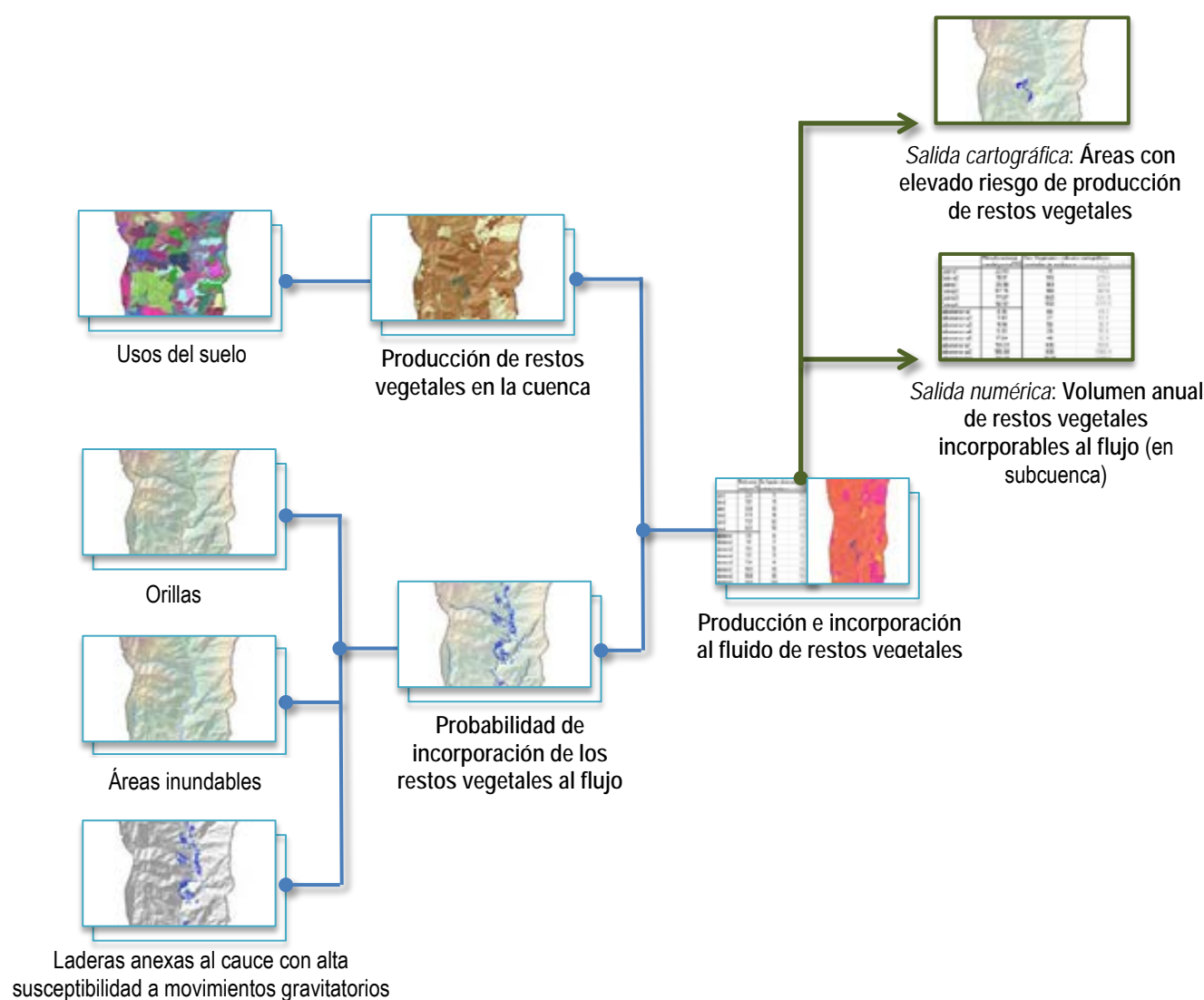


Figura 8. Esquema visual del proceso de análisis de la generación de residuos vegetales y variables de salida. Fuente: elaboración propia.

7.2.1.3.1. Consideraciones iniciales.

A pesar de los numerosos trabajos existentes en la literatura científica sobre el tema, pocos han sido los que han evaluado la incorporación del fenómeno al análisis de la peligrosidad y riesgo de inundaciones (Mazzorana y Fuchs, 2010; Ruíz Villanueva, 2012). En este apartado se ha desarrollado un proceso para cuantificar tanto la producción de estos restos vegetales como su incorporación al caudal, basado en la experiencia de trabajos previos de autores como Ruíz Villanueva, Cantarero, May, Mazzorana, o Swasson (Ruíz Villanueva, 2012, 2013, 2014, 2014b; Cantarero, 2013; May y Gresswell, 2003; Mazzorana y Fuchs, 2010, 2011; Swasson, 2003).

La incorporación de restos vegetales agrícolas y forestales al flujo requiere conocer tanto la producción de residuos vegetales de las distintas áreas contribuyentes en la cuenca, como los distintos procesos de arrastre hasta el cauce, ponderados por la probabilidad de que dichos restos lleguen a incorporarse al flujo. Se precisa, por tanto, de dos fases individualizadas en su cálculo (ver Figura 8):

- Cuantificación de la producción de residuos vegetales en la cuenca.
- Evaluación de las probabilidades de incorporación de los restos vegetales al flujo.

7.2.1.3.2. Análisis cartográfico.

- **Cuantificación de la producción de residuos vegetales en la cuenca.**

El cálculo de la producción potencial de residuos vegetales en la cuenca se ha realizado a partir de los usos del suelo. Esta producción, en toneladas por hectárea y año para los distintos usos del suelo agrícolas y forestales, se ha obtenido de la publicación “La biomasa en Andalucía” (Agencia Andaluza de la Energía, 2011). En ella se evalúa la generación de residuos vegetales para 15 aprovechamientos agrícolas y 9 usos forestales⁴, dando unos valores máximos y mínimos de kilogramos por hectárea y año de media en Andalucía, estimados fundamentalmente a partir de la producción resultante de los restos y residuos de poda y cosecha.

A partir de dichos valores, se obtiene un valor medio (ver Tabla 8), y luego se extrapola a la lista de usos del suelo del Sistema de Información de ocupación del suelo en Andalucía 2005, a escala 1/10.000. En el caso de los usos forestales, se pondera dicho valor según el porcentaje medio de cobertura arbórea, arbustiva o herbácea. Así, se le ha dado un peso del 100% para las cubiertas arbóreas, del 50% para las cubiertas arbustivas y del 5% para las cubiertas herbáceas (ver registros 510 a 550 del ejemplo de la Tabla 9).

⁴ Las zonas urbanas no han sido incluidas, dado que en ellas existen servicios de recogida y retirada de estos residuos.

Aprovechamiento (tipo de cultivo / tipo de uso forestal)		Tipo de residuo	Toneladas por hectárea y año (valor medio)
Residuos agrícolas	Algodón seco	Restos de cosechas	1.85
	Algodón regadío	Restos de cosechas	6
	Girasol seco	Cañote	1.1
	Girasol regadío	Cañote	1.8
	Tomate seco	Restos de cosechas	1.8
	Tomate regadío	Restos de cosechas	6
	Invernaderos		9.5
	Olivar seco	Restos de poda	1.5
	Olivar regadío	Restos de poda	1.8
	Vid	Sarmiento	1.4
	Tropical	Restos de poda	1.1
	Cítrico	Restos de poda	1.6
	Frutal seco	Restos de poda	1
	Frutal regadío	Restos de poda	1.2
	Arroz	Restos de cosechas	3.8
Residuos forestales	Pinus sylvestris,	Residuos de cortas finales y restos de poda	1.4
	Pinus pinea	Residuos de cortas finales y restos de poda	1.4
	Pinus halepensis	Residuos de cortas finales y restos de poda	1.4
	Pinus nigra	Residuos de cortas finales y restos de poda	1.4
	Pinus pinaster	Residuos de cortas finales y restos de poda	1.4
	Quercus Ilex (encinas)	Restos de poda	1.1
	Quercus Suber (alcornoques)	Restos de poda	0.7
	Populus nigra (chopos)	Residuos de cortas finales	3.1
Eucaliptus	Residuos de cortas finales	2.8	

Tabla 8. Producción media en Andalucía de residuos vegetales por hectárea y año para los principales aprovechamientos agrícolas y forestales. Fuente: Elaboración propia, a partir de 'La Biomasa en Andalucía' (Agencia andaluza de la energía, 2011).

Código SIOSE	Descripción SIOSE	Plantación	Código regadío	En construcción	Cobertura vegetal ⁵	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo	Suelo	Producción residuos según tipo masa forestal	Valor final de residuos vegetales
		S/N	-1/3	S/N	%	%	%	%	%	t/ha.año	t/ha.año
...										
482	ASOCIACION DE VIÑEDO CON VEGETACION NATURAL	N	-1	N							1.4
485	MOSAICO DE CULTIVOS (LEÑOSOS Y HERBACEOS) Y VEGETACIÓN NATURAL	N	-1	N							1.6
489	ASOCIACION DE CULTIVOS LEÑOSOS CON VEGETACION NATURAL (OTROS CULTIVOS LEÑOSOS ABANDONADOS)	N	-1	N							2.8
510	FORMACIÓN ARBOLADA DENSA: QUERCINEAS	N	-1	N	50-100	50-100	0-49	0-49	0-49	0.9	0.4
520	FORMACIÓN ARBOLADA DENSA: CONIFERAS	N	-1	N	50-100	50-100	0-49	0-49	0-49	1.4	0.8
530	FORMACIÓN ARBOLADA DENSA: EUCALIPTOS	N	-1	N	50-100	50-100	0-49	0-49	0-49	2.8	1.5
540	FORMACIÓN ARBOLADA DENSA: OTRAS FRONDOSAS	N	-1	N	50-100	50-100	0-49	0-49	0-49	1.4	0.8
550	FORMACIÓN ARBOLADA DENSA: QUERCINEAS+CONIFERAS	N	-1	N	50-100	50-100	0-49	0-49	0-49	1.2	0.6
...										

Tabla 9. Ejemplo de cuantificación de la producción de residuos vegetales a partir de la tabla de usos del suelo del sistema de información de ocupación del suelo de Andalucía. Ver tabla completa en anexo 3.

Con lo anterior, se obtiene una tabla con un valor estimado de producción de residuos vegetales para cada uso del suelo. Dicha tabla se ha adjuntado a este documento en el anexo 3, de ‘Cuantificación de la producción de residuos vegetales a partir de la tabla de usos del suelo del sistema de información de ocupación del suelo de Andalucía’.

Tras asignar el valor resultante de la tabla para cada uso del suelo, se *rasteriza* la información, en celdas de 5x5 metros. Ello permitirá, en el siguiente paso, y mediante los algoritmos de estadística zonal del software de Sistema de Información Geográfica usado, obtener el valor total de residuos vegetales que produce cada cuenca o una región concreta.

- **Evaluación de las probabilidades de incorporación de los restos vegetales al flujo**

Una vez analizada la tipología y distribución de la vegetación en la cuenca, y transformado todo ello en un valor de residuos vegetales, es preciso analizar el grado en que dichos residuos pueden ser arrastrados e incorporados al flujo. Para afrontar esto debemos reconocer las distintas áreas

⁵ Cobertura arbórea + arbustiva + herbácea.

contribuyentes que puedan existir. Los principales procesos de incorporación son la erosión de los bancos de orillas, el transporte fluvial mediante inundaciones y los deslizamientos (Ruíz Villanueva, 2012, 2014b; May y Gresswell, 2003; Swasson, 2003).

Junto a dichas áreas o procesos de incorporación directa o casi directa de los restos vegetales al flujo, también se considerará como posible contribuyente la totalidad de la cuenca, entendiéndose que otros procesos de transporte, como los propios gravitatorios, o los eólicos, pueden hacer que restos vegetales depositados en cualquier parte de ella terminen en el flujo. Esta incorporación será, en cualquier caso, ponderada, atendiendo a la posibilidad de que parte de estos residuos vegetales queden retenidos en las mismas laderas y terminen descomponiéndose y formando parte del proceso edafológico, sin llegar a ser arrastrados hasta el interfluvio y caudal.

El peso que se dará a las distintas áreas contribuyentes y el modo en que se obtienen se detalla en el siguiente cuadro:

Proceso contribuyente	Porcentaje de probabilidad de incorporación del material vegetal al flujo	Obtención del área
Erosión de orillas	100%	Se delinearán las orillas por digitalización mediante ortofotografías o modelo digital del terreno.
Transporte fluvial en caso de inundación	90%	Se considerarán las áreas inundables obtenidas mediante aproximación geomorfológica. Para evitar duplicar la información, a estas áreas se le restará la superficie de las orillas.
Deslizamientos en laderas anexas al cauce	90%	A partir de la cartografía de susceptibilidad a los movimientos en masa, se extraerán las áreas de mayor susceptibilidad, incorporándose únicamente las laderas que se encuentren directamente sobre el cauce. Para evitar duplicar la información, a estas áreas se le restarán las zonas inundables.
Resto de la cuenca fluvial	70%	A la cuenca se le restarán las zonas inundables y las áreas con alta susceptibilidad al deslizamiento.

Tabla 10. Procesos contribuyentes de residuos vegetales al caudal en inundaciones y porcentaje de probabilidad de incorporación del material vegetal al flujo. Fuente: elaboración propia.

Considerando la tabla anterior, se realiza una suma ponderada de las cuatro áreas contribuyentes de cada subcuenca.

7.2.1.3.3. Variables de salida y asignación de intervalos de peligrosidad.

El resultado principal de esta cartografía es un valor de residuos vegetales en el flujo para cada subcuenca, medido en toneladas por hectárea y año. Nos indicará la mayor o menor susceptibilidad a que se produzcan colapsos en obras hidráulicas de paso o incluso en estrechamientos de la sección. También indica una mayor densidad del flujo, lo que revierte en un incremento de su peligrosidad o en una disminución de la velocidad y el consecuente aumento de la lámina inundable.

Más allá de conocer el valor de residuos vegetales incorporables al flujo en cada subcuenca, otro resultado, cartográfico esta vez, es la delimitación de áreas con elevado riesgo de producción de restos vegetales. Estas áreas se obtendrán atendiendo a la cartografía *rasterizada* de cuantificación de la producción de residuos vegetales en la cuenca, de la que se extraerán aquellos píxeles cuyo valor se localice dentro del intervalo de peligrosidad muy alta.

Los umbrales de los intervalos serán los mismos ya tomados para la cartografía de peligrosidad de producción de sedimentos por erosión de suelos. No obstante, sería conveniente hacerlos equivalentes unos y otros, dado que la menor densidad de los restos vegetales supone que para un mismo peso que los sedimentos sólidos de suelo se generaría un volumen considerablemente mayor que los primeros, con su consecuente efecto sobre el incremento del flujo de inundación y la posibilidad de colapsos. Para ello, el primer paso consistirá en la transformación de los umbrales de los intervalos de producción de sedimentos sólidos de peso a volumen. Esta transformación ya se explicó y justificó en el apartado 7.2.1.1.4, quedando establecida la equivalencia entre peso y volumen en 1/2,79. Esto es, 2.790 kilogramos por metro cúbico. Seguidamente será necesario encontrar, de igual modo, la relación entre peso y volumen para los residuos vegetales. Ésta se ha obtenido a partir del documento ‘Descripción de los caracteres culturales de las principales especies forestales de España’ (Bravo y Montero, 2008), tomando las densidades de las especies más representativas del litoral mediterráneo andaluz.

Especie	Densidad (kg/m ³)
<i>Pinus sylvestris</i>	520
<i>Pinus nigra</i>	580
<i>Pinus pinaster</i>	475
<i>Pinus pinea</i>	590
<i>Pinus halepensis</i>	600
<i>Quercus suber</i>	150
<i>Quercus ilex</i>	1045
<i>Anus glutinosa</i>	530
<i>Populus alba</i>	440
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	750
Media	518.0

Tabla 11. Densidad de las principales especies vegetales del litoral mediterráneo andaluz. Fuente: Elaboración propia, a partir de ‘Descripción de los caracteres culturales de las principales especies forestales de España’ (Bravo y Montero, 2008).

Resultando un valor medio de 518 kg/m^3 , la relación entre la densidad de las partículas sedimentarias por erosión de suelos y los restos leñosos es de $2.790/518$, es decir $5,38$. Aplicando finalmente este factor, se extraen los siguientes intervalos:

- Intervalo de peligrosidad Muy Alta: $\geq 18 T/h \cdot \text{año}$
- Intervalo de peligrosidad Alta: $9 \text{ a } 17 T/h \cdot \text{año}$
- Intervalo de peligrosidad Moderada: $2 \text{ a } 9 T/h \cdot \text{año}$
- Intervalo de peligrosidad Baja: $< 2 T/h \cdot \text{año}$

7.2.1.4. Estudio hidrológico-hidráulico.

La base cartográfica de la metodología propuesta será la identificación del área inundable según modelización hidrológico-hidráulica. No obstante, más allá de la mera delimitación de la lámina inundable, se obtendrán también otros aspectos hidráulicos que afectan al nivel de peligrosidad, como son la profundidad del flujo, la velocidad y la tensión cortante (ver Figura 9).

Calado y velocidad ya vienen recogidos en la actual legislación estatal, en la definición de zona de flujo preferente⁶, y en la autonómica, para definir los escenarios de zonificación del riesgo de inundación⁷. Se propone, no obstante, la incorporación también de la tensión cortante, por su importancia para conocer la capacidad que tiene el flujo de erosionar el material de las orillas, y con ello de generar sedimentos sólidos que se incorporen al flujo.

7.2.1.4.1. Consideraciones iniciales.

Siguiendo el objetivo inicial de enmarcar este trabajo en el ámbito administrativo del planeamiento urbanístico andaluz, el estudio hidrológico-hidráulico se realizará atendiendo a las especificaciones de la Dirección General de Planificación y Dominio Público Hidráulico de la Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía, 2012).

El modelo hidrometeorológico se obtendrá a partir de la precipitación total diaria de las distintas cuencas de estudio según la publicación del Ministerio de Fomento “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular”. Los caudales máximos instantáneos de escorrentía superficial derivan de lo anterior mediante el ‘Método Racional Modificado’.

El estudio hidráulico de cada una de las áreas consideradas se realiza con el modelo unidimensional de libre uso HEC-RAS, teniendo en cuenta los entubamientos, puentes y encauzamientos existentes en los distintos tramos de cauce estudiados, y obteniendo como resultado final la lámina de inundación prevista para el periodo de retorno considerado.

⁶ Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 abril.

⁷ Ley 9/2010, de 30 de julio, de Aguas para Andalucía.

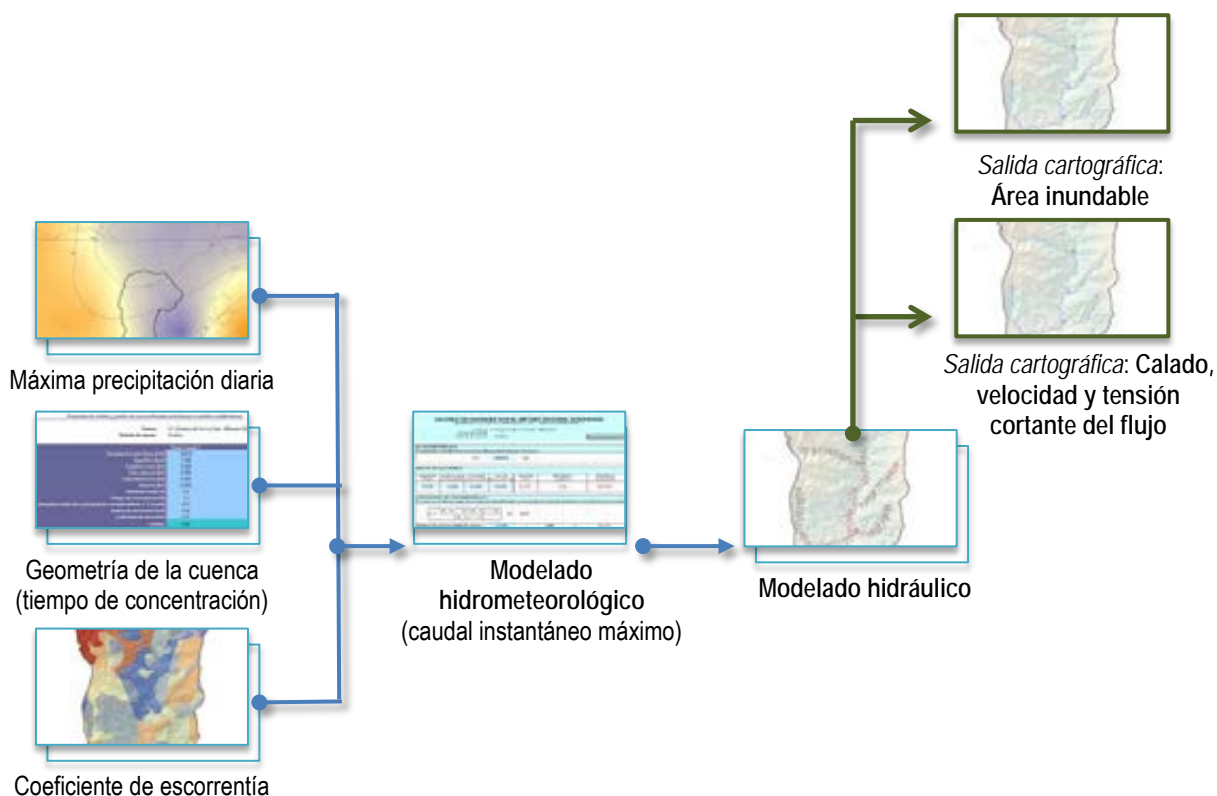


Figura 9. Esquema visual del proceso de elaboración del estudio hidrológico-hidráulico y variables de salida.

Seguidamente se describen de manera secuencial los pasos que debe seguirse para la realización del estudio hidrológico-hidráulico.

7.2.1.4.2. Modelo digital del terreno y esquema de cuencas y tramos de estudio.

De manera previa a la modelización, se obtiene el modelo digital del terreno de las cuencas de estudio. A raíz de éste, y con el apoyo de las ortofotografías, se delimitan las cuencas y cauces a estudiar, mediante digitalización.

El esquema completo de cuencas, subcuencas, cauces principales, afluentes y puntos de caudal ya fue descrito en el capítulo 2, de presentación de las áreas de estudio, en los respectivos apartados de 'Introducción y encuadre geográfico' de cada cuenca⁸. Para las cuencas de análisis aquí consideradas, y tratando de recoger todos aquellos puntos en los que el caudal cambia de manera significativa, normalmente por incorporación de un afluente, se trabajará con 25 tramos y puntos de caudal independientes.

⁸ Ver tablas 2, 5 y 7, e ilustraciones 2, 7 y 11 del capítulo 2, para las cuencas Piletas-Pollo Zamora, La Cala y Jaboneros respectivamente.

Los modelos digitales del terreno se realizarán a partir de las curvas de nivel de mayor detalle disponibles para cada cuenca. Éstas son de 1 metro de equidistancia para las del Piletas y Pollo Zamora, y de 2 metros para las del río de la Cala y arroyo de los Jaboneros⁹. Para la cuenca de trabajo de Estepona se usará una red de triángulos irregulares (TIN), pero en las restantes cuencas, en las que existen encauzamientos artificiales de sus tramos urbanos, se trabajará con superficies ráster, que permiten ser editadas y ajustados sus modelos digitales en dichos tramos.

Posteriormente, y como información previa necesaria para su posterior incorporación al modelo hidráulico, se definirán una serie de secciones transversales. Éstas se trazarán en los tramos más representativos del cauce, y en cada variación de su perfil. Asimismo, se tomarán geometrías de puentes, muros y cualquier otro elemento antrópico o natural que pueda incidir en el lógico desarrollo del flujo de inundación, incluidas edificaciones y la propia trama urbana.

7.2.1.4.3. Modelo hidrometeorológico (I): cálculo de la máxima precipitación diaria en las cuencas.

Para conocer la máxima lluvia diaria en cada una de las cuencas, se ha calculado ésta en la totalidad de la provincia de Málaga, usando el documento “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular”, editado por la Dirección General de Carreteras (Ministerio de Fomento, 1999), y tomados los datos estadísticos de 140 estaciones meteorológicas de la provincia de Málaga, aportados por la Agencia Estatal de Meteorología. De éstas, se han seleccionado para trabajar únicamente aquellas que tengan un registro mínimo de 20 años completos.

La citada publicación nos permite obtener las máximas precipitaciones en un lugar de la España Peninsular con sólo conocer sus coordenadas U.T.M. La determinación de precipitaciones se basa en cálculos hidrometeorológicos y en las nuevas tecnologías estadísticas.

El método regional adoptado, denominado tradicionalmente “índice de avenida”, asume que la variable ‘Y’ (cuantil regional) resulta de dividir, en cada estación, los valores máximos anuales de precipitación por su media. Es decir, se cumple que $Y = P_{max}/P_{med}$.

Los parámetros de dicha distribución son obtenidos a partir del conjunto de datos de las estaciones de la región, mientras que el valor local de la precipitación media (P_{med}), se estima exclusivamente a partir de los datos de las estaciones.

La estimación de los cuantiles locales (X_t) en un determinado punto se reduce a reescalar los cuantiles regionales (Y_t) con la media local (P_{med}), según la siguiente expresión:

$$X_t = Y_t \times P_{med}$$

Ecuación 10. Estimación del cuantil local.

Los cálculos se realizan para los periodos de retorno necesarios. Para cada uno de ellos, y en cada cuenca, se han cartografiado los valores de P_m y C_v atendiendo al siguiente proceso:

⁹ En este último caso, y para el tercio septentrional, la equidistancia es de 10 metros, por lo que aunque se haya realizado el estudio hidrológico para la totalidad de la cuenca, la delineación de la lámina inundable excluirá esta zona de cabecera por imprecisión del modelo digital.

1. Localización de las estaciones meteorológicas válidas (al menos con un registro mínimo de 20 años completos) del entorno de las cuencas de estudio.



Figura 10. Localización de las estaciones meteorológicas próximas. Fuente: elaboración propia.

2. Estimación mediante las isóneas representadas del coeficiente de variación C_v y del valor medio P de la máxima precipitación diaria anual.

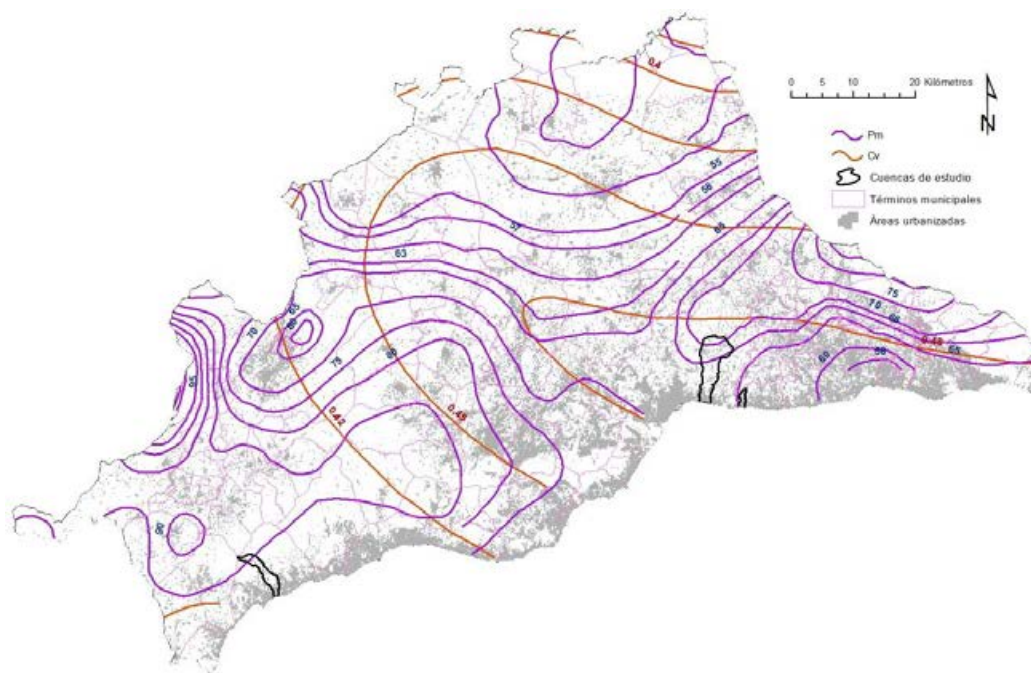


Figura 11. Isóneas del coeficiente de variación y valor medio de la máxima precipitación diaria anual. Fuente: elaboración propia.

3. Para el periodo de retorno deseado T y el valor de C_v , obtención del cuantil regional Y_t (también denominado 'Factor de Amplificación K_t ' en el "Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular de 1997).
4. Realizar el producto del cuantil regional Y_t por el valor medio P , obteniéndose X_t , es decir, el cuantil local buscado.

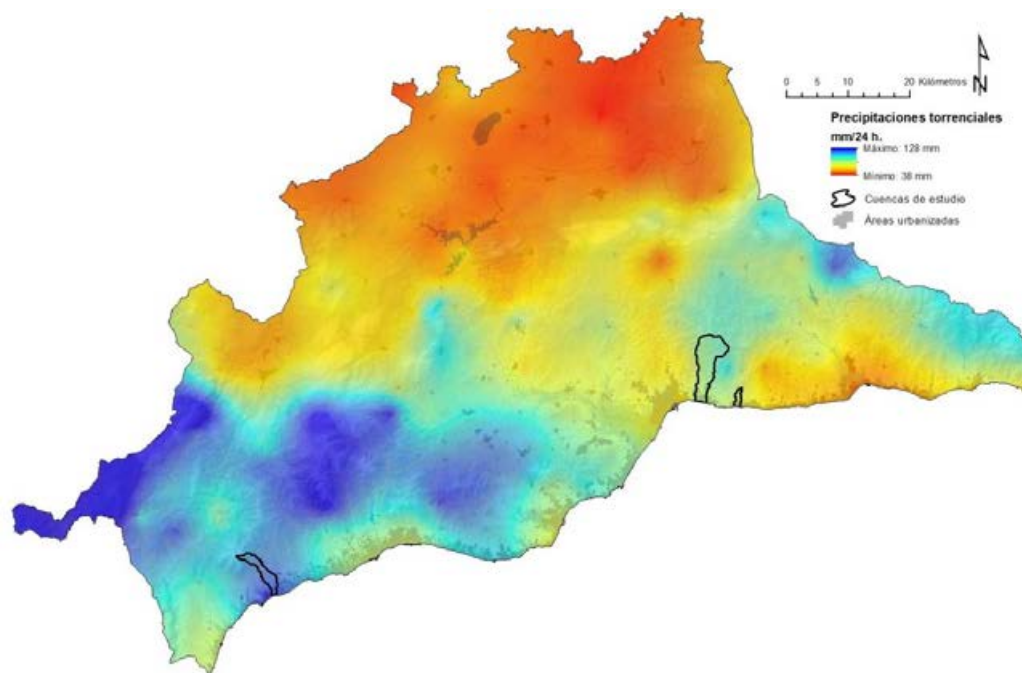


Figura 12. Máximas lluvias diarias en la provincia de Málaga (valores en celdas de 50x50 m). Fuente: elaboración propia.

Las variables aquí citadas se han interpolado en un Sistema de Información Geográfica mediante el método de *krigeado*, que pondera los valores medidos circundantes para calcular la predicción de ubicaciones sin medición, estimando con ello la variación espacial continua que se presume en el comportamiento de las precipitaciones. Este resultado, *rasterizado* en celdas de 50x50 metros, permite extraer valores medios para cada una de las cuencas trabajadas.

El proceso descrito permite obtener medias espaciales para cada cuenca de trabajo, lo que aumenta la precisión de los datos hidrológicos de partida, si bien, en el caso de cuencas de pequeño tamaño, podría también obtenerse dicho valor medio tomando un único punto significativo para cada cuenca de trabajo, usando la misma publicación y parámetros citados.

7.2.1.4.4. Modelo hidrometeorológico (II): análisis del coeficiente de escorrentía.

El factor que más directamente se relaciona con la inundabilidad, más allá del evento pluviométrico, es sin duda el coeficiente de escorrentía. Este coeficiente es el porcentaje de lluvia que no puede ser asumida por el suelo, y pasa a generar la escorrentía de laderas, que luego se concentrará en los cauces a modo de flujo.

La escorrentía real, en litros por metro cuadrado, se obtiene a partir del umbral de escorrentía, o lo que es igual, la cantidad de precipitación a partir de la cual ésta comienza. El valor de este umbral (P_o) en una determinada cuenca, y para condiciones dadas de humedad, es función del uso y actividades agrarias, de la pendiente y de la propia capacidad de infiltración del suelo, atendiendo a su potencia, textura y drenaje.

En este apartado se incluye la metodología a seguir para su cálculo.

El umbral de escorrentía se calculará a partir del método del número de curva, del *Soil Conservation Service* (USSCS, 1972). El método, modificado y adaptado para el caso español por Témez (1978, 1991), es ampliamente utilizado por la facilidad para estimar sus parámetros a partir de criterios fácilmente evaluables, como la pendiente, los usos del suelo, sus características hidrológicas y una clasificación edafológica basada en la capacidad de infiltración, potencia, textura y drenaje.

De la unión de todo ello se obtiene un umbral inicial de escorrentía, que define a partir de qué momento el suelo deja de infiltrar y comienza a producir escorrentía.

Este método es el citado por la “Instrucción 5.2-IC. Drenaje superficial” del Ministerio de Fomento, que incorpora las siguientes tablas para su evaluación:

Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franca	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa	Imperfecto
D ¹⁰	Muy lenta	Pequeña (litosuelos) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Tabla 12. Estimación inicial del umbral de escorrentía P_o (mm). Fuente: Ministerio de Fomento.

Uso de la tierra	Tipo	Pendiente (%)	Características hidrológicas ¹¹	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
Barbecho	1	≥ 3	R	15	8	6	4
	2	< 3	N	17	11	8	6
	3	< 3	R/N	20	14	11	8
Cultivos en hilera	4	≥ 3	R	23	13	8	6

¹⁰ Los terrenos con nivel freático alto se incluirán en el grupo D.

¹¹ N: cultivo según líneas de nivel; R: cultivo según máxima pendiente.

Cereales de invierno	5	<3	N	25	16	11	8
	6	<3	R/N	28	19	14	11
	7	>=3	R	29	17	10	8
	8	<3	N	32	19	12	10
	9	<3	R/N	34	21	14	12
Rotación cultivos pobres	10	>=3	R	26	15	9	6
	11	<3	N	28	17	11	8
	12	<3	R/N	30	19	13	10
Rotación cultivos densos	13	>=3	R	37	20	12	9
	14	<3	N	42	23	14	11
	15	<3	R/N	47	25	16	13
Praderas	16	>=3	Pobre	24	14	8	6
	17		Media	53	23	14	9
	18		Buena	-	33	18	13
	19		Muy buena	-	41	22	15
	20	<3	Pobre	58	25	12	7
	21		Media	-	35	17	10
	22		Buena	-	-	22	14
	23		Muy buena	-	-	25	16
Plantaciones regulares (aprovechamiento forestal)	24	>=3	Pobre	62	26	15	10
	25		Media	-	34	19	14
	26		Buena	-	42	22	15
	27	<3	Pobre	-	34	19	14
	28		Media	-	42	22	15
	29		Buena	-	50	25	16
Masas forestales (bosque, monte bajo, etc.)	30		Muy clara	40	17	8	5
	31		Clara	60	24	14	10
	32		Media	-	34	22	16
	33		Espesa	-	47	31	23
	34		Muy espesa	-	65	43	33
Tipo de Terreno		Pendiente (%)	Umbral de escorrentía				
Rocas permeables	35	>=3	3				
	36	<3	5				
Rocas impermeables	37	>=3	2				
	38	<3	4				
Firmes granulares sin pavimento	39		2				
Adoquinados	40		1.5				
Pavimentos bituminosos o de hormigón	41		1				

Tabla 13. Clasificación de suelos a efectos del umbral de escorrentía. Fuente: Ministerio de Fomento.

Para la obtención de este umbral inicial de escorrentía se cartografiaron la pendiente, geología y usos del suelo de las cuencas. Las adaptaciones de los usos del suelo y la geología a los valores recogidos en las tablas de la citada instrucción se pueden realizar en base a las tablas propuestas por la Agencia

Catalana del Agua¹² (ver anexo 4). Los mapas se homogeneizan a una escala 1/10.000, y se rasterizan con un tamaño de celda de 5x5 metros. Al valor resultante posteriormente se le debe aplicar un coeficiente corrector que refleje la variación regional de la humedad habitual en el suelo al comienzo de los aguaceros.

Finalmente, y para cada celda, obtenemos el umbral, en litros por metro cuadrado, a partir del cual, una evento pluviométrico comienza a generar escorrentía.

La cartografía de generación de escorrentía se ha realizado tanto para el año 1956 como para 2003, para poder hacer el análisis comparativo de capítulos anteriores, con el que se ha evaluado el comportamiento particular de las áreas periurbanas en el proceso de producción de caudales. El motivo de tomar esta última fecha y no otra más reciente es para poder homogeneizar y validar los resultados comparativos, pues existe cartografía de usos del suelo equivalente y de igual escala para ambas fechas¹³.

En el capítulo 9 se exponen los resultados del cálculo de todos estos procesos en tablas y cartográficamente.

7.2.1.4.5. **Modelo hidrometeorológico (III): cálculo de caudales.**

Una vez calculada la precipitación total diaria para los periodos de retorno considerados y el umbral de escorrentía, se obtiene el caudal máximo instantáneo, usando para ello el Método Racional modificado según Témez.

De las diferentes técnicas hidrometeorológicas que existen, solo se encuentra normalizado en España el uso de éste método, con las modificaciones respecto a la fórmula clásica que introdujo la Dirección General de Carreteras para el diseño de los elementos de drenaje superficial (Instrucción 5.2-IC “Drenaje Superficial”, Orden Ministerial de 14 de mayo de 1990, BOE de 23 de mayo). Por este motivo, la modelación hidrológica se realizará siguiendo las directrices de dicha Instrucción, aunque empleando sistemas de información y otras herramientas avanzadas, y contrastando y calibrando los resultados obtenidos a partir de las diferentes variantes y extensiones para mejorar el método (entre las que destaca la propuesta de Témez, 1991).

En primer lugar se calcula una serie de características fisiográficas de la cuenca, tales como su superficie, cota máxima y mínima, longitud del cauce y pendiente media. Con ellos hallaremos el tiempo de concentración, mediante la siguiente formulación:

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76} \right]$$

Ecuación 11. Tiempo de concentración.

¹² Correlación de códigos utilizados en la cartografía de usos de suelo editada por el Institut Cartogràfic y Geològic de Catalunya y códigos de usos del suelo considerados en el método del SCS, y códigos de la cartografía geológica del ICGC, tanto en formato papel como digital, correspondientes a los distintos grupos de suelo de la clasificación del SCS (Agència Catalana de l'Aigua, 2003).

¹³ Mapa de usos y coberturas vegetales del suelo de Andalucía. 1956-1999-2003. Consejería de Medio Ambiente.

donde 'L' es la longitud del cauce principal (en kilómetros) y 'J' su pendiente media (en m/m).

Seguidamente se calcula la intensidad media de la precipitación ('I_t') correspondiente al tiempo de concentración, según la fórmula:

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_l}{I_d} \right)^{\left(\frac{28^{0.1} \cdot t^{0.1}}{28^{0.1} - 1} \right)}$$

Ecuación 12. Intensidad media de la precipitación.

siendo 'I_d' (mm/h) la intensidad media diaria de precipitación, 'I_l' (mm/h) la intensidad horaria de la precipitación correspondiente al periodo de retorno estudiado, y 't' (h) el tiempo de concentración previamente calculado.

Finalmente, el caudal Q (m³/sg) se puede calcular según la expresión:

$$Q = \frac{C \cdot I(\text{mm/h}) \cdot A(\text{km}^2)}{3}$$

Ecuación 13. Caudal.

donde, 'C' es el coeficiente de escorrentía, 'A' el área de la cuenca, e 'I' la intensidad media de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración.

Este sencillo y difundido método se basa en la transformación de una precipitación con una intensidad I (que empieza en forma instantánea y continúa de forma indefinida) a una escorrentía que continuará hasta que se alcance el tiempo de concentración (T_c), momento en el cual toda la cuenca está contribuyendo al flujo. En ese momento de equilibrio entre entradas y salidas se alcanzará el caudal punta en el emisario de la cuenca; el volumen entrante será el producto de la intensidad de precipitación por el área de la misma (I*A), y se ve reducido por un coeficiente de escorrentía (C) entre 0 y 1 que representa la proporción de agua retenida en las abstracciones iniciales.

En cualquier caso, es criticable la simplicidad de este método, y sus hipótesis de partida (precipitación constante a lo largo de la cuenca en un intervalo T_c, y coeficiente de escorrentía constante en el tiempo) son difíciles de cumplirse en un sistema natural. Para ello se han propuesto una serie de modificaciones que pretenden adaptarlo a lluvias con duración mayor al tiempo de concentración, cuencas de mayores dimensiones y reconstrucciones no solo del pico de flujo, sino del hidrograma, supuesto de forma trapezoidal. La modificación de Témez para su aplicación a cuencas de hasta 3.000 km² y tiempos de concentración entre 0,25 y 24 horas, introduce en la fórmula un coeficiente de uniformidad de la precipitación (K), que puede calcularse en función del tiempo de concentración.

Así,

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}}$$

Ecuación 14. Coeficiente de uniformidad de la precipitación.

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K$$

Ecuación 15. Caudal (modificación Témez).

Las fichas de caudales con el proceso de cálculo para cada cuenca, fecha y periodo de retorno, así como las tablas de resumen con los resultados, se pueden consultar en el anexo 5, de fichas y tabla-resumen de cálculo de caudales.

7.2.1.4.6. Modelado hidráulico.

Seguidamente, y mediante el modelado hidráulico, ya es posible estimar el comportamiento de la red hidrográfica y las superficies de inundación resultantes para el caudal calculado. Para ello se atiende a las características topográficas del terreno, las infraestructuras y los restantes condicionantes antrópicos que canalicen o alteren de algún modo el flujo de inundación (fundamentalmente elementos longitudinales, edificaciones aisladas y trama urbana).

Tal como se avanzó en la etapa previa del modelo, llegados a este punto es necesario disponer de la siguiente información georreferenciada:

- **Trazado del cauce y afluentes** (ver ilustraciones 2, 7 y 11 del capítulo 2).
- **Secciones transversales de control.** Estas secciones se trazan en aquellos puntos donde pueda estimarse un cambio en el comportamiento del flujo, procurando en cualquier caso que su distancia no supere en ningún caso los 100 metros. En los puntos singulares, como curvas cerradas o cambios bruscos de sección, la distancia entre perfiles transversales se ajusta algo más (ver anexos 6 y 10).
- **Geometrías de puentes y entubamientos,** y secciones de control de éstos. Estas secciones representan la existencia de una infraestructura que modifica la normal trayectoria del flujo. Datos como la geometría de las infraestructuras, diámetros de tubos, altura de plataformas deberán obtenerse en el campo, resultando este uno de los aspectos más complejos e importantes del proceso (ver anexo 10).
- **Mapas de rugosidad o coeficiente de Manning** para las cuencas. Este valor dependerá de aspectos como el uso del suelo, la existencia de vegetación o la localización transversal en el cauce. (ver anexo 7).
- **Datos de caudal y condiciones de contorno** para los distintos puntos de caudal considerados. Las condiciones de contorno de los tramos estudiados normalmente responden a los flujos supercríticos propios de los ríos de montaña, introduciendo ‘calado crítico’ aguas arriba.

- **Modelo digital del terreno**, con equidistancia de curvas variables según cuenca y tramo, e incorporando la geometría de los encauzamientos urbanos en los arroyos Piletas, Pollo Zamora y Jaboneros (ver apartado 7.2.1.4.2).

El cálculo hidráulico de la cuenca se realizará mediante el modelo HEC-RAS, siguiendo estos pasos:

1. Introducir el trazado de las secciones de control, puentes y alcantarillados.
2. Generar la geometría del cauce y afluentes.
3. Introducir las variables hidráulicas (coeficiente de rugosidad de Manning y coeficientes de contracción y expansión, principalmente).
4. Generar la geometría de puentes y alcantarillados.
5. Introducir los datos de caudal y las condiciones de contorno.

Con esta información, el software calcula la altura de la lámina del agua para cada sección de control, junto con otras variables tales como la velocidad, sección mojada, número de Froude, tensión cortante o energía del flujo.

Las tablas con los resultados hidráulicos por sección de control para cada cuenca, fecha y periodo de retorno quedan recogidas en el anexo 9, de resultados hidráulicos.

7.2.1.4.7. Variables de salida y asignación de intervalos de peligrosidad.

Como resultado de todo el proceso, finalmente se obtienen cuatro variables de salida: área inundable, calado, velocidad y tensión cortante del flujo. La escala de trabajo para cada una de ellas debe ser asimilable en todo caso a 1/2.000 o superior, para poder integrar posteriormente una serie de procesos territoriales que precisan de cierto detalle, y por otro lado, para que los resultados puedan ser aplicables tanto en el planeamiento regional como en el de desarrollo.

La **superficie inundable** será una superficie absoluta no graduada, pero las restantes sí se dividirán en intervalos de peligrosidad, respondiendo a lo siguiente:

- **Calado:** para la definición de los intervalos que graduen la velocidad del flujo, se han considerado las siguientes referencias nacionales e internacionales:

Fuente	Referencia	Calado (m)
Factores e índices de peligrosidad de las aguas de avenidas en cruces de carreteras con ramblas. Estudio aplicado a la vertiente litoral sur de la región de Murcia (España)	Conesa García, 2011	1.00
Recomendaciones técnicas para los estudios de inundabilidad de ámbito local. Guía técnica (España)	Agencia Catalana del Agua, 2003	1.00
Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Guía metodológica para su elaboración (España)	IGME, 2008	1.00
Urban Storm Drainage Criteria Manual. Urban Drainage and Flood Control District. Denver, Colorado (EE. UU.)	Wright-Mc Laughlin, 1969	0.45

Control del desarrollo urbano en las zonas inundables (España)	Témez, 1992	1.00
Clark County Regional Flood Control District (CCRFCD). Hydrological criteria and drainage design manual, Clark County (EE. UU.)	CCRFCD, 1999	0.30
Criterio de Mendoza (Argentina)	Nanía, 1999	0.30
Assessing and mapping multiple risks for spatial planning. Approaches, methodologies and tools in Europe (ARMONIA)	European Commission, 2007	1.25
Agricultural and Resource Management Council of Australia and New Zealand (ARMC). Floodplain Management in Australia (Australia y Nueva Zelanda)	ARMC, 2000	1.20 – 1.50
Risques Hydro-météorologiques, crues et inondations / risque, aléa et vulnérabilité /DDS-TUE364/9 (Suiza)	Belleudy, 2004	1.00
Piano di bacino stralcio per la difesa idraulica e idrogeologica (Italia)	Región Liguria, 1993	1.00 – 2.00

Tabla 14. Criterios de peligrosidad de calado máximo: referencias nacionales e internacionales. Fuente: elaboración propia, a partir de Russo, Gómez y Macchione (2011).

Aplicándose en atención a lo anterior los siguiente intervalos:

- a. Intervalo de peligrosidad Alta: > 1 m
 - b. Intervalo de peligrosidad Media: 0,4 a 1 m
 - c. Intervalo de peligrosidad Baja: < 0,4 m
- **Velocidad de la corriente:** de modo similar a la profundidad, la graduación de la velocidad de la corriente se ha basado en las siguientes referencias bibliográficas:

Fuente	Referencia	Velocidad (m/s)
Factores e índices de peligrosidad de las aguas de avenidas en cruces de carreteras con ramblas. Estudio aplicado a la vertiente litoral sur de la región de Murcia (España)	Conesa García, 2011	1.00
Recomendaciones técnicas para los estudios de inundabilidad de ámbito local. Guía técnica (España)	Agencia Catalana del Agua, 2003	1.00
Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Guía metodológica para su elaboración (España)	IGME, 2008	1.00
Control del desarrollo urbano en las zonas inundables (Spain)	Témez, 1992	1.00
Agricultural and Resource Management Council of Australia and New Zealand (ARMC). Floodplain Management in Australia (Australia y Nueva Zelanda)	ARMC, 2000	1.50
Risques Hydro-météorologiques, crues et inondations / risque, aléa et vulnérabilité /DDS-TUE364/9 (Suiza)	Belleudy, 2004	0.25 - 1.00
Piano di bacino stralcio per la difesa idraulica e idrogeologica (Italia)	Región Liguria, 1993	0.30 – 0.70

Tabla 15. Criterios de peligrosidad de velocidad máxima: referencias nacionales e internacionales. Fuente: elaboración propia, a partir de Russo, Gómez y Macchione (2011).

Optándose por estos umbrales:

- a. Intervalo de peligrosidad Alta: >1 m/s
 - b. Intervalo de peligrosidad Media: 0,4 a 1 m/s
 - c. Intervalo de peligrosidad Baja: $<0,4$ m/s
- **Tensión cortante del flujo:** los umbrales de los distintos intervalos se han tomado en función de la tabla de ‘fuerza cortante crítica para distintos materiales’, de la E.T.S. de Ingenieros de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid (García Rodríguez, 2006), según la cual el valor de fuerza cortante crítica para la arena común de mayor diámetro (> 2 mm) es de 4 n/m^2 , y el valor aproximado de fuerza cortante crítica para la grava muy gruesa (40 a 50 mm) es de 50 n/m^2 . Así:
- a. Intervalo de peligrosidad Alta: $> 50 \text{ n/m}\cdot\text{s}$
 - b. Intervalo de peligrosidad Media: 4 a $50 \text{ n/m}\cdot\text{s}$
 - c. Intervalo de peligrosidad Baja: $< 4 \text{ n/m}\cdot\text{s}$

7.2.1.5. Resumen esquemático de los análisis de peligrosidad individuales.

7.2.1.5.1. Producción de sedimentos por erosión de suelos.

- a. **Objetivo:** Cuantificar la producción de sedimentos sólidos por erosión de suelos, para poder incorporar aspectos como la peligrosidad real del flujo, el posible colapso y socavación de infraestructuras, la formación y rotura de presas naturales que puedan provocar puntas de crecida e inundaciones locales, la reducción de la sección hidráulica o la disminución de la velocidad del flujo.

- b. **Descripción esquemática del proceso:**

- R.U.S.L.E.

1. Obtención de los factores ‘pérdida de suelo media anual por unidad de superficie’, ‘erosividad de las lluvias’, ‘erodabilidad del suelo’, ‘longitud de pendiente’, ‘pendiente’, ‘cubierta vegetal’ y ‘prácticas de conservación de suelos’.

2. Aplicación de la ecuación $A = R \times K \times L \times S \times C \times P$

- M.U.S.L.E.

1. Obtención del caudal instantáneo máximo y el volumen total escurrido en la cuenca para la lluvia considerada.

2. Aplicación de la ecuación $Y = 11.8 \cdot (Q \cdot q_p)^{0.56} \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$

c. Variables de entrada y fuentes de información:

1. Modelo Digital del Terreno. *Administración municipal (e. 1/1.000)*.
2. Máxima precipitación diaria. *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento, 1999.*
3. Usos del suelo. *Sistema de información de ocupación del suelo de Andalucía (SIOSE). Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía (e. 1/10.000)*.
4. Litología. *Mapa Geológico de España. Instituto Geológico y Minero de España. Ministerio de Economía y Competitividad (e. 1/50.000)*.
5. Ortofotografía regional Andalucía (1956/7, 2003/4). *Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía (resolución 0.5 m)*.
6. Factor de erosividad de la lluvia. *Sistema de Información Geográfico Agrario del Ministerio de Medio Ambiente.*

d. Variables de salida y asignación de intervalos de peligrosidad:

1. Cartográfica: Áreas con elevado riesgo de producción de sedimentos ($T \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$):
 - Intervalo de peligrosidad Muy Alta: $\geq 100 T/h \cdot \text{año}$
 - Intervalo de peligrosidad Alta: 50 a $99 T/h \cdot \text{año}$
 - Intervalo de peligrosidad Moderada: 12 a $49 T/h \cdot \text{año}$
 - Intervalo de peligrosidad Baja: $< 12 T/h \cdot \text{año}$
2. Numérica: Volumen de pérdida de suelo estimada en una cuenca para una lluvia concreta (T): *variable sin intervalos de graduación.*

7.2.1.5.2. Producción de sedimentos por movimientos gravitatorios de laderas.

- a. **Objetivo:** Evaluar aquellas laderas anexas a los cauces que son susceptibles a que se produzcan movimientos gravitatorios, para poder cuantificar el posible aporte de sólidos al flujo por deslizamientos o desprendimientos sobre el mismo cauce, y sus consecuentes incrementos de la densidad del caudal, posibilidad de formación de flujos hiperconcentrados y previsibles colapsos del sistema hidráulico.

b. Descripción esquemática del proceso:

1. Recopilación de información cartográfica geológica o geotécnica de las áreas de estudio y búsqueda de referencias históricas de movimientos gravitatorios que se hayan producido en el pasado.
2. Búsqueda de procesos de inestabilidad activos o pasados mediante fotografías aéreas de distintas fechas.
3. Reconocimiento de campo para completar la búsqueda de procesos actuales y antiguos, incorporando la identificación de indicios tales como grietas, escarpes, depósitos de deslizamientos, bloques caídos o incluso daños en edificaciones, árboles o postes de la luz.
4. Elaboración del mapa inventario, incorporando los procesos observados en los pasos anteriores y variables como las pendientes, litología, estructura geológica o usos del suelo.
5. Incorporación al mapa anterior de aquellos factores que pueden alterar las fuerzas impulsoras del movimiento y provocar la rotura e inicio del desplazamiento.
6. Superposición ponderada de las anteriores cartografías y *rasterización*, para la obtención de las áreas de alta susceptibilidad.
7. Delimitación de laderas adyacentes al cauce con alta susceptibilidad al deslizamiento y el consiguiente peligro de colapso del flujo, y transformación a volumen del terreno movilizable.

c. Variables de entrada y fuentes de información:

1. Modelo Digital del Terreno. *Administración municipal (e. 1/1.000).*
2. Usos del suelo. *Sistema de información de ocupación del suelo de Andalucía (SIOSE). Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía (e. 1/10.000).*
3. Litología. *Mapa Geológico de España. Instituto Geológico y Minero de España. Ministerio de Economía y Competitividad (e. 1/50.000).*
4. Ortofotografía regional Andalucía (1956/7, 2003/4). *Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía (resolución 0.5 m).*

d. Variables de salida y asignación de intervalos de peligrosidad:

1. Cartográfica: Laderas anexas al cauce con alta susceptibilidad al movimiento en masa
 1. Intervalo de peligrosidad Alta: coinciden 4 factores o más con grado de susceptibilidad alta.
 2. Intervalo de peligrosidad Media: coinciden 3 factores con grado de susceptibilidad alta.

3. Intervalo de peligrosidad Baja: coinciden menos de 3 factores con grado de susceptibilidad alta.
2. Numérica: Volumen de suelo movilizable en sucesos gravitatorios de laderas anexas al cauce (T): *variable sin intervalos de graduación.*

7.2.1.5.3. Producción de residuos vegetales.

- a. **Objetivo:** Estimar la cantidad de residuos vegetales movilizables por arrastre hídrico e incorporables al flujo de inundación en cada subcuenca, para poder considerar aspectos como la disminución de la sección hidráulica y aumento de la lámina de inundación, la mayor densidad del flujo, el colapso en estrechamientos naturales y antrópicos o la retención y represamiento de sedimentos.
- b. **Descripción esquemática del proceso:**
 1. Cartografía de producción de residuos vegetales según tipo de aprovechamiento agrícola o forestal.
 2. Cálculo ponderado de incorporación de los residuos vegetales al flujo de inundación según localización espacial en la cuenca (cauce y orillas, laderas susceptibles al deslizamiento, áreas inundables, cuenca).
- c. **Variables de entrada y fuentes de información:**
 1. Modelo Digital del Terreno. *Administración municipal (e. 1/1.000).*
 2. Usos del suelo. *Sistema de información de ocupación del suelo de Andalucía (SIOSEA). Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía (e. 1/10.000).*
 3. Laderas con elevada susceptibilidad a los movimientos en masa.
- d. **Variables de salida y asignación de intervalos de peligrosidad:**
 1. Cartográfica: Áreas con elevado riesgo de producción de restos vegetales ($T \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$):
 1. Intervalo de peligrosidad Muy Alta: $\geq 18 T/h \cdot año$
 2. Intervalo de peligrosidad Alta: 9 a $17 T/h \cdot año$
 3. Intervalo de peligrosidad Moderada: 2 a $9 T/h \cdot año$
 4. Intervalo de peligrosidad Baja: $< 2 T/h \cdot año$
 2. Numérica: Volumen anual de restos vegetales incorporables al flujo (T)

7.2.1.5.4. Estudio hidrológico-hidráulico.

- a. **Objetivo:** Identificar el área inundable según modelización hidrológico-hidráulica, para usar como base cartográfica sobre la que se integrarán el resto de peligrosidades individuales. De igual modo, se pretende incorporar aquellos otros condicionantes hidráulicos que actúan sobre la peligrosidad, como son el calado, la velocidad y la tensión cortante del flujo.

- b. **Descripción esquemática del proceso:**
 1. Modelo hidrometeorológico.
 - 1.a. Cálculo de la máxima precipitación diaria en las cuencas.
 - 1.b. Análisis del coeficiente de escorrentía.
 - 1.c. Cálculo de caudales.
 2. Modelado hidráulico.

- c. **Variables de entrada y fuentes de información:**
 1. Modelo Digital del Terreno. *Administración municipal (e. 1/1.000).*
 2. Máxima precipitación diaria. *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento, 1999.*
 3. Usos del suelo. *Sistema de información de ocupación del suelo de Andalucía (SIOSE). Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía (e. 1/10.000).*
 4. Litología. *Mapa Geológico de España. Instituto Geológico y Minero de España. Ministerio de Economía y Competitividad (e. 1/50.000).*
 5. Ortofotografía regional Andalucía (1956/7, 2003/4). *Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía (resolución 0.5 m).*

- d. **Variables de salida y asignación de intervalos de peligrosidad:**
 1. Superficie inundable (m²): *variable sin intervalos de graduación.*
 2. Profundidad (m):
 1. Intervalo de peligrosidad Alta: > 1 m
 2. Intervalo de peligrosidad Media: 0,4 a 1 m
 3. Intervalo de peligrosidad Baja: < 0,4 m
 3. Velocidad de la corriente (m/s):
 1. Intervalo de peligrosidad Alta: >1 m/s
 2. Intervalo de peligrosidad Media: 0,4 a 1 m/s
 3. Intervalo de peligrosidad Baja: <0,4 m/s

4. Tensión cortante del flujo ($n/m \cdot s$):
 1. Intervalo de peligrosidad Alta: $> 50 n/m \cdot s$
 2. Intervalo de peligrosidad Media: 4 a $50 n/m \cdot s$
 3. Intervalo de peligrosidad Baja: $< 4 n/m \cdot s$

7.2.2. Análisis integrado de las peligrosidades individuales: caudal modificado con incorporación de elementos sólidos y lámina de inundación resultante (mapas 1a y 1b).

La primera de las dos cartografías propuestas es la modificación de la lámina inundable por incorporación de sedimentos minerales, por erosión de suelo y movimientos gravitatorios, y vegetales.

Una vez realizadas tales peligrosidades individuales, se incorporan al proceso hidrológico-hidráulico.

En este apartado se describen los criterios de integración de dichas peligrosidades en la peligrosidad de inundación, mediante la modificación del caudal máximo instantáneo y por tanto del área inundable.

7.2.2.1. Consideraciones previas.

El aspecto fundamental tratado en la metodología desarrollada en este trabajo es la incorporación de carga sólida a la corriente. Tal como ya se ha visto en el capítulo 3, de bases conceptuales y antecedentes, la peligrosidad asociada, especialmente en relación al aporte y transporte de sedimentos en el flujo, viene despertando interés en los últimos años, tanto desde un punto de vista técnico como científico. En este último campo, los autores Perles, Gallegos y Cantarero (Perles *et al.*, 2006, 2006b, 2010b) han trabajado en diversas propuestas de peligrosidad acumulada que toman la lámina de inundación como flujo o vector de materia y energía. En tales trabajos se vehiculan las peligrosidades asociadas aumentando el caudal de inundación en base a unos porcentajes que reflejan el incremento de la peligrosidad según el área afectada en la cuenca por cada una de dichas peligrosidades. La propuesta que aquí se presenta mantiene el concepto de la inundación como vector de materia de las distintas peligrosidades asociadas, pero precisa su incorporación al flujo mediante la cuantificación volumétrica de los sólidos generados en cada una de dichas peligrosidades.

Como resultado se obtendrá una nueva lámina de inundación que tenga en consideración dichos sólidos y una gradación de la peligrosidad del flujo en función del porcentaje de estos respecto al caudal limpio. Con esta gradación se pretende recoger el incremento de peligrosidad de la lámina por aumento de densidad del flujo, impacto de la carga en infraestructuras, potenciales lesiones a personas y sobreelevación de la lámina de agua (Díez Herrero *et al.*, 2008).

7.2.2.2. Procedimiento y resultados.

Del análisis de cada una de las tres peligrosidades asociadas se ha obtenido un valor de metros cúbicos de residuos sedimentarios minerales o vegetales en cada subcuenca. A pesar de que los tres análisis trabajan en un principio con peso, éstos se han transformado en volumen en base a la densidad media de los residuos minerales y vegetales dentro del ámbito litoral mediterráneo. Esta transformación permite de un lado equiparar su eficacia en el modelo, dado que los restos vegetales pueden provocar obstrucciones comparativamente superiores a un mismo peso de partículas minerales de suelo; y de otro lado, permiten que se integren en el modelo hidráulico, que trabaja con volumen de agua.

Tal integración se realiza comparando proporcionalmente dichos valores de volumen (sedimentos por erosión, movimientos gravitatorios y restos vegetales) con el volumen de total de escorrentía que se ha producido durante la totalidad de la lluvia considerada.

El volumen total de escorrentía se obtiene según la fórmula de precipitación neta del *Soil Conservation System* de Estados Unidos¹⁴, tal como ya se ha descrito en el apartado 7.2.1.1.3, donde ha sido igualmente usada para el cálculo de la M.U.S.L.E.

Tras calcular el porcentaje que representan la totalidad de los sedimentos sólidos frente al caudal neto escurrido en la lluvia considerada, se usará esta proporción para aumentar en la misma medida el caudal instantáneo máximo resultante del estudio hidrológico por el método racional.

Seguidamente, dicho caudal punta se usará para ejecutar la modelación hidráulica en cada una de las subcuencas.

	Proceso	Resultado
1	Análisis de las peligrosidades individuales en cada subcuenca.	Obtención de un volumen de sedimentos minerales, por erosión de suelos y movimientos gravitatorios, y de restos vegetales en cada subcuenca (m ³) ¹⁵ .
2	Modelización hidrológica, según método racional.	Obtención de un caudal máximo instantáneo para cada subcuenca (m ³ /s).
3	Cálculo de la relación porcentual entre el volumen de residuos sólidos y caudal neto escurrido en la precipitación considerada.	Porcentaje de sedimentos sólidos en el caudal (%).
4	Ponderación del caudal instantáneo máximo según porcentaje de sedimentos sólidos en el caudal.	Caudal instantáneo máximo modificado con la incorporación de residuos sólidos (m ³ /s).
5	Modelización hidráulica, según modelo HEC-RAS.	Área inundable y distribución territorial de la velocidad, calado y tensión cortante del flujo.

Tabla 16. Secuencia de pasos en el cálculo de la lámina de inundación modificada con las peligrosidades asociadas.

¹⁴ Actualmente N.R.C.S. (Natural Resources Conservation Service).

¹⁵ Producción de residuos sólidos por erosión de suelos (m³) + Producción de residuos vegetales (m³) + Volumen movilizable en laderas anexas al cauce por susceptibilidad a los movimientos gravitatorios (m³).

La cartografía resultante, por tanto, es una lámina de inundación, obtenida de la modelización hidráulica con HEC-RAS, en la que se ha tenido en consideración el aporte de residuos sólidos y vegetales (mapa 1a).

No obstante, la mera incorporación del volumen de estos residuos a la lámina de inundación deja fuera una serie de consideraciones que no pueden ser incluidas en la modelización hidráulica. Se trata de consideraciones más subjetivas y difícilmente cuantificables en la modificación del comportamiento hidráulico, como sería el incremento de la peligrosidad del flujo sobre personas y bienes por transporte de sedimentos y restos sólidos; la reducción de la velocidad y el consecuentemente el aumento de la cota inundable; o el alto riesgo de bloqueo de infraestructuras transversales de paso o incluso de los mismos encauzamientos. Estos aspectos serán recogidos en una segunda cartografía, que complementa la anterior, donde se representará en porcentaje la cantidad de residuos sólidos que incorpora el caudal en cada subcuenca (mapa 1b). Para ello se dotará de un color la lámina de inundación en atención a la Tabla 17.

Este segundo mapa, también recogido en la propuesta normalizada de mapas de peligrosidad del proyecto PRIGEO con la denominación de “rangos de porcentaje de carga sólida respecto al caudal total” (Díez Herrero et al., 2008), permitirá al técnico que lo evalúe tener en cuenta la peligrosidad del flujo.

Peligrosidad	% elementos sólidos respecto al caudal limpio	Color de representación
Máxima	≥ 30%	Rojo
Muy Alta	20 al 29%	Naranja
Alta	10 al 19%	Amarillo
Normal	< 10%	Azul claro

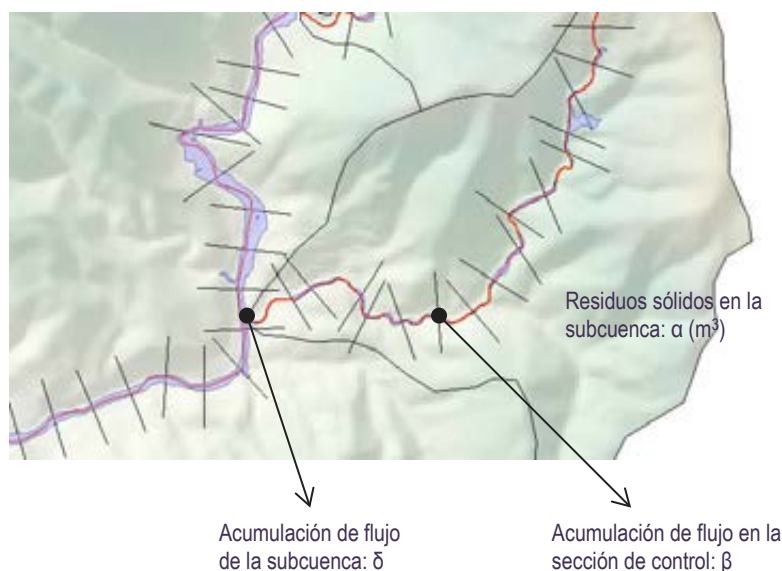
Tabla 17. Peligrosidad de la lámina de inundación según la proporción de residuos sólidos en el flujo. Por caudal limpio se entiende el obtenido del estudio hidrológico. Los sedimentos sólidos consideran la suma de los residuos por erosión de suelos, movilización de laderas y restos vegetales. Elaboración propia.

Más allá de lo anterior, cabe también la posibilidad de expresar el valor numérico de residuos sólidos en cada sección de control (ver Figura 13), lo que podría ser útil para evaluar el potencial daño o afección a infraestructuras longitudinales o transversales, e incluso incorporar la información de bloqueo en las tuberías mediante la herramienta ‘depth blocked’ del ‘Culvert data editor’ de HEC-RAS¹⁶.

Para ello sería necesario extrapolar el valor de sedimentos sólidos de la subcuenca a cada sección de control, usando la herramienta de *acumulación de flujo*. Esta herramienta de los SIG calcula la acumulación del peso de todas las celdas que fluyen hacia cada celda de pendiente descendente,

¹⁶ Esta herramienta de HEC-RAS, cuya ruta de acceso es ‘Geometric data > Bridge culvert data > Culvert data editor > Depth blocked’, permite introducir el grado de bloqueo de las tuberías del modelo hidráulico.

simulando el proceso de desplazamiento hidráulico. Conociendo la acumulación de flujo de la última celda, en la que drena la subcuenca, y de la celda donde se intersecta la sección de control y el eje del cauce, tenemos la proporción que representa esa sección con respecto al total de la subcuenca, pudiendo obtenerse directamente el valor de residuos sólidos correspondiente.



$$\text{Residuos sólidos en la sección de control} = (\beta \cdot \alpha) / \delta \text{ (m}^3\text{)}$$

Figura 13. Ejemplo de cálculo del valor de residuos sólidos proporcional a cada sección de control.

La cartografía final resultante con las láminas modificadas se puede consultar en los mapas 13, 15 y 17 del Anexo 10, de Cartografía, para las cuencas de Estepona, Málaga y Rincón de la Victoria respectivamente. De igual modo, los resultados con los cálculos de las distintas peligrosidades y los resultados hidráulicos finales se detallan en el apartado 9.4.2.1., de 'Cartografía de inundabilidad modificada', del capítulo 9.

7.2.2.3. Problemas de transferencia espacio-temporal de la carga y otras consideraciones cartográficas del proceso.

Cabe destacar que en este proceso deben asumirse ciertas disimetrías metodológicas en las tres peligrosidades asociadas que se analizan, en relación al periodo temporal considerado, y que responden a lo siguiente:

- Incorporación de residuos sólidos por erosión de suelos: la ecuación universal modificada de pérdida de suelos (MUSLE) trabaja con un episodio tormentoso concreto. Esto supone una perfecta correlación metodológica con el estudio hidrológico-hidráulico, que también dará valores en función de dicho evento o periodo de retorno.

- Incorporación de residuos sólidos por movimientos gravitacionales de laderas anexas al cauce: en este caso, se estima un volumen de suelo movilizable, atemporal, y que responde a la hipótesis de máximo riesgo.
- Incorporación de restos vegetales: la metodología de análisis propuesta se basa en datos anuales de producción de residuos vegetales, entendiéndose asimismo que el periodo anual de máximas lluvias *limpia* las cuencas de dicho material de un año para otro, de modo que no es acumulable. Esto es independiente a que se realice una evaluación de la probabilidad de que se incorporen dichos restos al flujo en función de su localización espacial.

Otro aspecto que fue necesario considerar era la incorporación total o parcial al flujo de inundación de los sedimentos generados por la erosión de suelos, así como su decantación o no durante el transporte fluvial. Los modelos existentes para evaluar esta tasa de incorporación y transporte varían desde formulaciones de cierta complejidad hasta simples factores de proporción de desplazamiento en función de la superficie de drenaje (García, 2013; Linares *et al.*, 2009; Batalla, 2013). Finalmente se ha optado por la primera opción. Con ello se maneja, tal como se viene manteniendo en el resto del proceso, la hipótesis de máximo riesgo, estando del lado de la seguridad y evitando posibles subestimaciones de la peligrosidad en variables y modelizaciones donde no deja de existir cierta incertidumbre (Gallegos y Perles, 2015). De igual modo, las características propias de las cuencas periurbanas mediterráneas se orientan todas a que el porcentaje de erosión arrastrado hasta el cauce sea muy próximo al 100%. Esto es: aguaceros intensos, altas pendientes, cuencas de pequeña superficie, escasa vegetación o normal ausencia de llanuras de sedimentación. Y en relación al transporte, siguiendo a Mintegui y Robredo (1993), para cuencas torrenciales o de pendiente acusada es posible admitir el valor de salida de sedimentos igual al volumen total aportado por cada unidad hidrológica, al predominar los flujos turbulentos, con alta competencia y velocidad.

En último lugar, y aludiendo ahora a la elaboración cartográfica y superposición de capas, resulta conveniente trabajar con información *rasterizada*. En cada uno de los análisis de peligrosidades individuales asociadas se obtendrán resultados de residuos por unidad de superficie, si bien las variables de entrada en cada uno de dichos análisis resultan de tipos de elementos cartográficos dispares, que precisan ser homogeneizados. Las tareas de homogeneización y superposición resultan fáciles mediante conversión a *ráster*, con un tamaño de celda determinado y fijo para todas las variables, y el uso de la 'calculadora *ráster*' (álgebra de mapas), común a cualquier software SIG.

El tamaño de celda a usar depende tanto de la información de entrada como de la información que se pretende obtener de salida. En relación a esta última, el estudio hidráulico no debería superar la escala 1/2.000 para aportar cierta precisión, tanto más considerando el reducido tamaño medio de las cuencas consideradas. Por otro lado, las variables de entrada manejan escalas que oscilan entre 1/1.000 y 1/10.000, de modo que el tamaño de celda, que debe buscar un equilibrio entre la precisión y la agilidad de cálculo, podría oscilar entre 2 y 10 metros de lado de píxel.

7.2.3. Identificación de áreas causantes de peligrosidad de inundación y peligrosidades asociadas en cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz (mapa 2).

7.2.3.1. Consideraciones iniciales.

En último lugar, y una vez realizados los estudios de peligrosidad individuales que han llevado a la modificación del caudal y a la delineación de la lámina de inundación, se han identificado también las áreas causantes o emisoras de peligrosidad por inundabilidad o peligrosidad asociada. Con esta información complementaria se está cambiando el foco de atención desde las áreas receptoras a las áreas causantes o emisoras. Se pretende de este modo abordar la complejidad de los procesos de inundación en el ámbito espacial de trabajo, que aún con las modificaciones propuestas, no puede ser fielmente reflejada mediante el estudio hidrológico-hidráulico por sus particulares características.

La identificación de estas áreas, que una vez delineadas deberían ser consideradas desde el ámbito de la gestión de la cuenca, debe incluir aspectos como la formación de abanicos fluviales al pasar de relieves confinados a lugares abiertos; la frecuente generación de puntos de colapso por estrechamientos; los cambios bruscos y usuales de la energía, caudal, velocidad y comportamiento del flujo; la presencia de infraestructuras con posibilidad de colapso o socavación de su base; y la alta probabilidad de incorporación de elementos de gran volumen al flujo o la posibilidad de extensión de focos de contaminación (DGPC y DGOH, 1985; Directriz básica de planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones, 1995; Pujadas, 1997; Baretino, 1990; Díez, 1999; Díez, Laín y Llorente, 2008).

Esta segunda cartografía, por tanto, debe incorporar las complejidades territoriales propias de los espacios periurbanos del litoral mediterráneo, identificados a partir de la caracterización, problemas y debilidades expuestos en los capítulos del bloque II.

7.2.3.2. Análisis cartográfico.

El listado de tales puntos y áreas es el siguiente:

- Zonas de alteración o cambio brusco en la hidráulica del flujo.
 - Infraestructuras (obras de paso trasnversales) con posibilidad de colapso del flujo por estrechamiento de relieve y laderas próximas con alta susceptibilidad al movimiento en masa.
 - Final de relieves confinados, donde pueden formarse abanicos aluviales.
- Otros puntos críticos en la producción de sedimentos sólidos:
 - Edificaciones precarias en zona inundable, potencialmente productoras de elementos de gran volumen incorporables al flujo de inundación.
 - Depósitos antrópicos susceptibles de ser movilizados, como por ejemplo rellenos no compactados, depósitos, excavaciones o neorelieves.
 - Depósitos naturales susceptibles de ser movilizados, tales como canchales, cuaternarios, descalces de orillas y taludes, o áreas de erosión acentuada.
 - Zonas con elevada susceptibilidad a la producción de sedimentos por erosión de suelos según RUSLE

- Zonas con elevada susceptibilidad a la producción de restos vegetales
- Zonas con previsible descalce de taludes por erosión de orillas.
- Posibles focos de contaminación que se puedan extender con el flujo, tales como industrias contaminantes, vertederos ilegales o instalaciones de tratamiento de residuos sólidos urbanos.

En todos los casos, se trata de elementos causantes o emisores de peligrosidad, si bien en algunos casos se trata a su vez de elementos receptores de peligrosidad, por lo que su importancia es doble.

Esta información se ha obtenido por observación directa, mediante trabajo de campo y trabajo de gabinete, con ortofotografías, modelos digitales del terreno y cartografía temática (litologías, usos del suelo y redes viarias). A continuación se detalla el procedimiento a seguir para delimitar estas áreas:

7.2.3.2.1. Infraestructuras con posibilidad de colapso del flujo por estrechamiento de relieve y laderas próximas con alta susceptibilidad al movimiento en masa.

Se considerarán los entubamientos e infraestructuras viarias transversales que se sitúen en estrechamientos de relieve, con laderas próximas aguas arriba en las que exista alta susceptibilidad a movimientos gravitatorios.

Las laderas con alta susceptibilidad al movimiento en masa se observarán en la cartografía de susceptibilidad a los movimientos en masa, considerándose aquellas incluidas en el intervalo de peligrosidad alta y que se sitúen a una distancia máxima de 500 metros aguas arriba de la infraestructura. Por su lado, los estrechamientos de relieve podrán deberse a razones topográficas o a la propia disminución de la sección hidráulica por la misma obra de paso.

Cuando se cumplan estos criterios se destacará la infraestructura como punto conflictivo por la posibilidad de que pueda producirse un colapso del flujo a causa de un movimiento en masa próximo sobre el cauce.

7.2.3.2.2. Final de relieves confinados, donde pueden formarse abanicos aluviales.

Se estimará como final de relieve confinado aquella sección transversal en la que exista una ampliación brusca y sostenida del perfil topográfico y anchura de la lámina inundable con respecto a las secciones anteriores. Se considera este criterio cuando 2 secciones consecutivas del cauce superan en anchura de lámina inundable al menos en $2/3$ a la máxima anchura de las 5 secciones anteriores.

El análisis, que permitirá identificar puntos posibles de formación de abanicos fluviales y torrenciales, se hará mediante la tabla de datos de secciones de control obtenida del estudio hidráulico. En cualquier caso, se realizará una revisión posterior mediante trabajo de campo y observación del MDT y ortofotos para verificar el resultado, añadiendo o excluyendo secciones de las obtenidas automáticamente.

- 7.2.3.2.3. Edificaciones precarias en zona inundable potencialmente productoras de elementos de gran volumen.

Más allá de la vulnerabilidad implícita de estas edificaciones, son potenciales áreas productoras de peligrosidad por el posible arrastre e incorporación de elementos de gran volumen al flujo, que pueden generar fácilmente bloqueos en obras de paso o estrechamientos del relieve. Por ello, se identificarán aquellas edificaciones y almacenes precarios situados sobre áreas inundables con alta peligrosidad por velocidad y/o calado.

- 7.2.3.2.4. Depósitos antrópicos susceptibles de ser movilizados, como por ejemplo rellenos no compactados, depósitos, excavaciones o neorelieves.

Atendiendo a la observación mediante trabajo de campo o trabajo de gabinete con ortofotografías, se delinearán rellenos no compactados, depósitos, excavaciones o neorelieves situados en zona inundable con alta peligrosidad por velocidad, tensión cortante del flujo o profundidad de este.

Este ítem, así como los sucesivos, relacionados con la producción de sedimentos sólidos, indican un previsible incremento de la capacidad erosiva y peligrosidad del caudal, así como una reducción de su velocidad y aumento de altura y extensión de la lámina. Indican, asimismo, y en base a los efectos sinérgicos ya comentados con anterioridad, previsibles riesgos de erosión y deslizamientos.

- 7.2.3.2.5. Depósitos naturales susceptibles de ser movilizados, tales como canchales, cuaternarios, descalces de orillas y taludes, o áreas de erosión acentuada.

Aquí se incluirán canchales, cuaternarios, descalces de orillas y taludes, y áreas de erosión acentuada situados en zona inundable con alta peligrosidad por tensión cortante, velocidad o calado del flujo.

- 7.2.3.2.6. Zonas con elevada susceptibilidad a la producción de sedimentos por erosión de suelos según RUSLE.

Bajo esta categoría se incorporarán a la cartografía de peligrosidad aquellas áreas que resultaran con intervalo de peligrosidad ‘muy alto’ en el análisis cartográfico de la pérdida de suelo media anual por unidad de superficie (RUSLE).

- 7.2.3.2.7. Zonas con elevada susceptibilidad a la producción de restos vegetales.

De modo similar a lo anterior, aquí se incluirán aquellas áreas con intervalo de peligrosidad ‘muy alto’ en la cartografía de producción de residuos vegetales.

7.2.3.2.8. Zonas con previsible descalce de taludes por erosión de orillas.

El último elemento en relación a la posible incorporación de elementos sólidos al flujo se identificará cartografiando la parte exterior de meandros en taludes y áreas inundables de alta peligrosidad por tensión cortante del flujo.

7.2.3.2.9. Posibles focos de contaminación que se puedan extender con el flujo, tales como industrias contaminantes, vertederos ilegales o instalaciones de tratamiento de residuos sólidos urbanos.

Bajo esta categoría se incorporará el peligro por posible expansión de contaminantes o infecciones mediante el área del flujo de inundación, identificando los posibles focos de contaminación, como instalaciones de tratamientos de residuos sólidos urbanos (plantas de recuperación, compostaje, transferencia o vertederos), estaciones depuradoras de aguas residuales, puntos de vertidos, estaciones de servicio o instalaciones industriales que pertenezcan a algunas de las categorías recogidas en el anejo 1 de la Ley 5/2013, por la que se modifica la ley 16/2002 de prevención y control integrados de la contaminación¹⁷.

Se incluirán todos aquellos focos situados en zona inundable o en buffer de proximidad de 50 metros, al entenderse que pueden existir fugas en el subsuelo que se incorporen al flujo sub-superficial de la inundación.

En el supuesto de que el riesgo de contaminación fuese alto, por el tipo de foco contaminante que se trate, sería conveniente ir más allá de la mera identificación del punto, realizando también un análisis de redes que permita obtener toda la superficie potencial de afección. Para para dicha tarea, los softwares de información geográfica disponen de herramientas específicas.

7.2.3.3. *Variables de salida y asignación de intervalos de peligrosidad.*

Las variables de salida resultantes son los mismos doce ítems listados en el apartado anterior, sin intervalos de graduación en este caso.

La cartografía final que recoge cada uno de los 9 ítems anteriores en las cuatro áreas de estudio se incluye en el anexo 10, de Cartografía (mapas 14, 16 y 18 para las cuencas del Río de la Cala, Arroyo de los Jaboneros y Arroyos Piletas y Pollo Zamora, respectivamente). Del mismo modo, en el apartado 9.4.2.2., de ‘Cartografía de áreas emisoras de peligrosidad en las cuencas de estudio’, del capítulo 9, se describen los resultados para cada cuenca.

¹⁷ Se adjunta como anexo (Anexo 8: Actividades e instalaciones potencialmente contaminantes según la Ley 5/2013 de prevención y control integrados de la contaminación).

7.2.3.4. Resumen esquemático de las variables analizadas en la cartografía del mapa de áreas causantes de peligrosidad.

- a. **Objetivo:** Identificar áreas que puedan ser potenciales causantes de peligrosidad. Tal podría ser el caso de la formación de abanicos fluviales al pasar de relieves confinados a lugares abiertos, la frecuente generación de puntos de colapso por estrechamientos, los cambios bruscos y usuales de la energía, caudal, velocidad y comportamiento del flujo, la presencia de infraestructuras con posibilidad de colapso o socavación de su base, la alta probabilidad de incorporación de elementos de gran volumen al flujo o la posibilidad de extensión de focos de contaminación.

- b. **Descripción esquemática del proceso:**
 1. Observación directa, mediante trabajo de campo y trabajo de gabinete, con ortofotografías, modelos digitales del terreno y cartografía temática
 2. Incorporación de los resultados, graduados, obtenidos en los distintos análisis previos de peligrosidades individuales.

- c. **Variables de entrada y fuentes de información:**
 1. Modelo Digital del Terreno. *Administración municipal (e. 1/1.000).*
 2. Litología. *Mapa Geológico de España. Instituto Geológico y Minero de España. Ministerio de Economía y Competitividad (e. 1/50.000).*
 3. Ortofotografía regional Andalucía (1956/7, 2003/4). *Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía (resolución 0.5 m).*
 4. Red viaria. *Datos espaciales de referencia de Andalucía para escalas intermedias. Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Junta de Andalucía (e. 1/10.000).*
 5. Usos del suelo. *Sistema de información de ocupación del suelo de Andalucía (SIOSEA). Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía (e. 1/10.000).*
 6. Instalación tratamiento RSU. *Datos espaciales de referencia de Andalucía para escalas intermedias. Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Junta de Andalucía (e. 1/10.000).*

- d. **Variables de salida y asignación de intervalos de peligrosidad:**
 1. Zonas de estrechamiento de relieve, en las que se pueden producir puntos de colapso, o de reducción de la sección hidráulica: *variable sin intervalos de graduación.*
 2. Laderas anexas al cauce con alta susceptibilidad al movimiento en masa: *variable sin intervalos de graduación.*

3. Infraestructuras con posibilidad de colapso del flujo: *variable sin intervalos de graduación.*
4. Final de relieves confinados (formación de abanicos aluviales) : *variable sin intervalos de graduación.*
5. Infraestructuras con posibilidad de socavación: *variable sin intervalos de graduación.*
6. Viviendas y edificaciones precarias en zona: *variable sin intervalos de graduación.*
7. Depósitos antrópicos susceptibles de ser movilizados: *variable sin intervalos de graduación.*
8. Depósitos naturales susceptibles de ser movilizados: *variable sin intervalos de graduación.*
9. Zonas con elevada susceptibilidad a la producción de sedimentos por erosión de suelos según RUSLE: *variable sin intervalos de graduación.*
10. Zonas con elevada susceptibilidad a la producción de restos vegetales: *variable sin intervalos de graduación.*
11. Zonas con previsible descalce de taludes por erosión de orillas: *variable sin intervalos de graduación.*
12. Posibles focos de contaminación que se puedan extender con el flujo: *variable sin intervalos de graduación.*

Índice Capítulo VII

7.1. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA PREVIA.	217
7.1.1. Introducción.	217
7.1.2. Flujo de trabajo del proceso metodológico.....	218
7.2. PROCESO METODOLÓGICO.....	223
7.2.1. Análisis de peligrosidades individuales.....	223
7.2.1.1. Análisis de la generación de sedimentos por erosión de suelos.	223
7.2.1.1.1. Consideraciones iniciales.	224
7.2.1.1.2. Aplicación de la RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation).....	225
▪ Formulación RUSLE.....	225
▪ Elaboración cartográfica.....	230
7.2.1.1.3. Aplicación de la MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation).	231
7.2.1.1.4. Variables de salida y asignación de intervalos de peligrosidad.....	232
▪ RUSLE.....	232
▪ MUSLE.....	233
7.2.1.2. Análisis de la incorporación de elementos sólidos por movimientos gravitatorios de laderas.	234
7.2.1.2.1. Consideraciones iniciales.	234
7.2.1.2.2. Análisis cartográfico.	237
7.2.1.2.3. Variables de salida y asignación de intervalos de peligrosidad.....	240
7.2.1.3. Análisis de la generación de residuos vegetales.....	241
7.2.1.3.1. Consideraciones iniciales.	242
7.2.1.3.2. Análisis cartográfico.	242
▪ Cuantificación de la producción de residuos vegetales en la cuenca.....	242
▪ Evaluación de las probabilidades de incorporación de los restos vegetales al flujo	244
7.2.1.3.3. Variables de salida y asignación de intervalos de peligrosidad.....	246
7.2.1.4. Estudio hidrológico-hidráulico.....	247
7.2.1.4.1. Consideraciones iniciales.	247
7.2.1.4.2. Modelo digital del terreno y esquema de cuencas y tramos de estudio.	248
7.2.1.4.3. Modelo hidrometeorológico (I): cálculo de la máxima precipitación diaria en las cuencas.	249
7.2.1.4.4. Modelo hidrometeorológico (II): análisis del coeficiente de escorrentía.	252
7.2.1.4.5. Modelo hidrometeorológico (III): cálculo de caudales.	254
7.2.1.4.6. Modelado hidráulico.	256
7.2.1.4.7. Variables de salida y asignación de intervalos de peligrosidad.....	257
7.2.1.5. Resumen esquemático de los análisis de peligrosidad individuales.....	259
7.2.1.5.1. Producción de sedimentos por erosión de suelos.	259
7.2.1.5.2. Producción de sedimentos por movimientos gravitatorios de laderas.	260
7.2.1.5.3. Producción de residuos vegetales.....	262
7.2.1.5.4. Estudio hidrológico-hidráulico.	263
7.2.2. Análisis integrado de las peligrosidades individuales: caudal modificado con incorporación de elementos sólidos y lámina de inundación resultante (mapas 1a y 1b).....	264
7.2.2.1. Consideraciones previas.	264
7.2.2.2. Procedimiento y resultados.....	265

7.2.2.3. Problemas de transferencia espacio-temporal de la carga y otras consideraciones cartográficas del proceso.	267
7.2.3. Identificación de áreas causantes de peligrosidad de inundación y peligrosidades asociadas en cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz (mapa 2).	269
7.2.3.1. Consideraciones iniciales.	269
7.2.3.2. Análisis cartográfico.....	269
7.2.3.3. Variables de salida y asignación de intervalos de peligrosidad.	272
7.2.3.4. Resumen esquemático de las variables analizadas en la cartografía del mapa de áreas causantes de peligrosidad.....	273

Capítulo VIII. Elaboración de cartografía de eventos históricos en las cuencas de estudio para la calibración de la propuesta metodológica

Este capítulo se enmarca dentro del objetivo de calibración de resultados ya expuesto en el capítulo 1, de Introducción y objetivos. Dicha calibración se realiza, para cada una de las cuencas de estudio, mediante comparación entre casos reales documentados, los resultados obtenidos mediante análisis hidrológico-hidráulico convencional, y los obtenidos por la propuesta metodológica de adaptación cartográfica. Para ello, y como paso previo, en este capítulo se describen los procesos seguidos en la realización de la cartografía de dichos eventos reales de inundación.

Los mapas resultantes del procedimiento explicado en este capítulo se incluyen en el próximo capítulo (capítulo 9), junto al resto de resultados, así como los comentarios sobre los ajustes entre las distintas cartografías.

Con la incorporación de estos mapas *unievento* se pretende, por tanto, comprobar que la propuesta de mejora cartográfica que recoge esta tesis tiene un mejor ajuste a situaciones reales que los modelos hidrológico-hidráulicos convencionales.

8.1. *Tipos de metodologías y representaciones usados en los distintos modelos de análisis considerados.*

8.1.1. *Modelos de análisis considerados en este trabajo.*

Una vez obtenidos los resultados según el modelo metodológico propuesto y según el estudio hidrológico-hidráulico convencional, y aunque sea refiriéndonos únicamente a la lámina de inundación (mapa 1a¹), resulta conveniente poder calibrar ambas láminas en función de datos reales de casos de inundabilidad recientes. Esto se realiza comprobando los ajustes de ambos modelos citados con un evento histórico documentado.

¹ Ver figura1 del capítulo 7.

Así, se han considerado 3 modelos distintos:

i. **Modelo 1: Estudio hidrológico-hidráulico convencional.**

Recoge los resultados que se vienen representando de manera convencional en los estudios de inundabilidad. Responde al requisito actual de realizar un estudio hidrológico-hidráulico mediante modelo unidimensional HEC-RAS. Cabe destacar, en cualquier caso, que tras la aparición del Real Decreto 9/2008, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, se establece también la necesidad de incorporar criterios geomorfológicos, históricos y ecológicos al resultado final, si bien no se establece cómo han de incorporarse dichos criterios.

ii. **Modelo 2: Evento histórico documentado.**

Representación de la lámina real de máxima inundación en eventos históricos recientes que han sido documentados y reconstruidos.

iii. **Modelo 3: Propuesta metodológica de mejora del análisis cartográfico convencional.**

Este modelo representa la propuesta metodológica desarrollada en este trabajo, de análisis de la peligrosidad de inundación según funcionamiento sistémico y asociado adaptado al ámbito espacial de análisis. Incluye tanto la modificación del caudal y lámina inundable con la incorporación de elementos sólidos en el flujo, como la identificación de áreas causantes de peligrosidad de inundación y asociadas.

8.1.2. **Metodologías para el análisis de la inundabilidad.**

Cada uno de los modelos hará uso de diferentes metodologías para el análisis de la inundabilidad y de diferentes métodos de representación cartográfica del resultado final. En relación a las primeras, Díez Herrero *et al.* (2008) ha resumido en el siguiente cuadro sinóptico los principales grupos de métodos para el análisis de la peligrosidad de inundaciones:

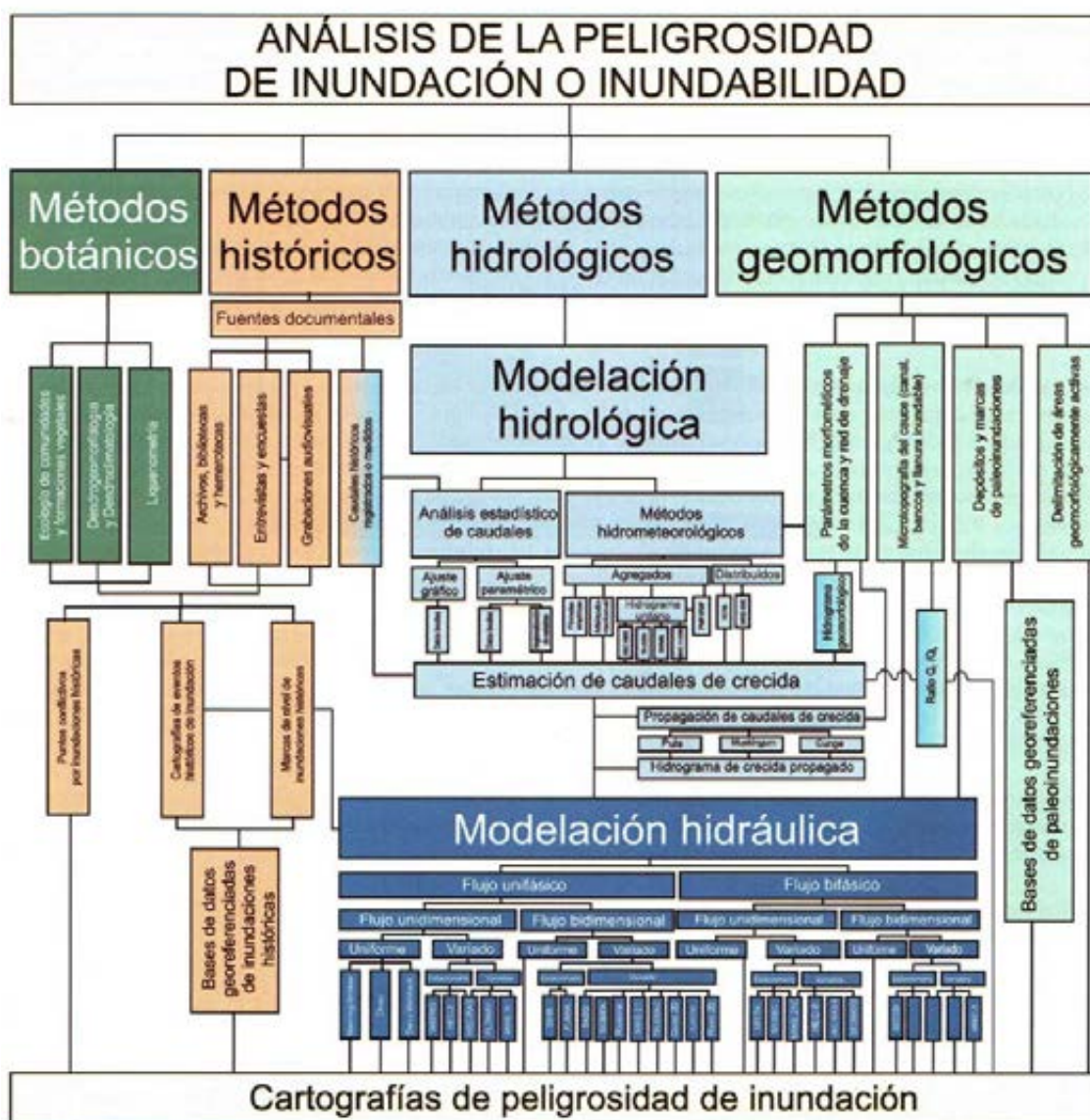


Figura 1. Cuadro sinóptico de los principales grupos de métodos para el análisis de la peligrosidad de inundaciones. Fuente: Díez Herrero et al., 2008.

De estos métodos, los principales son los históricos, geomorfológicos e hidrológico-hidráulicos, aunque en determinadas cuencas y casos más concretos pueden ser muy útiles algunos otros como los paleohidrológicos y botánicos o dendrogeomorfológicos.

Los métodos históricos se basan en datos documentales o testimoniales, como pueden ser referencias bibliográficas, marcas y placas de inundaciones en edificios históricos, o incluso modelaciones hidráulicas a partir de referencias históricas.

Los métodos geomorfológicos emplean la disposición y tipología de las formas del terreno, afecciones a elementos naturales, como la vegetación, y los depósitos generados durante o tras el evento de avenida, con el fin de reconstruir las zonas cubiertas por el agua, su velocidad, profundidad y carga de materiales. Con ello se pueden delimitar las áreas geomorfológicamente activas dentro del cauce fluvial y sus márgenes, y por tanto susceptibles de ser inundadas en el marco de la dinámica natural de la corriente fluvial.

Los métodos hidrológicos e hidráulicos persiguen, respectivamente, la estimación de los caudales generados en una cuenca o corriente y el cálculo de las velocidades y calados con los que circulará por un determinado tramo fluvial. Los métodos hidrológicos pueden partir de los datos de caudales. aplicando análisis estadístico de los valores máximos; o de los datos de precipitación, mediante modelos hidro-meteorológicos de transformación lluvia-escorrentía basados en fórmulas y métodos como el racional, hidrograma unitario, u onda cinemática. Los métodos hidráulicos parten de diferentes hipótesis de flujo (unifásico-bifásico, uniforme-variado, permanente-variable, laminar-turbulento, o lento-rápido) que simplifican las ecuaciones físicas que lo modelizan, cuya resolución permite estimar parámetros como la profundidad, velocidad o energía.

8.1.3. Métodos de representación cartográfica de la inundabilidad.

En relación a los distintos métodos de representación cartográfica de la peligrosidad por avenidas e inundaciones, el mismo autor reúne los siguientes (*op. cit.*):

- i. Cartografías que representan el desarrollo espacio-temporal de la lámina de inundación. Comprenden el área afectada por la inundación y el tiempo de actuación y permanencia del agua o sus efectos. De este tipo derivan varias cartografías posibles:
 - 1.1. Mapas de áreas cubiertas por el agua en una determinada inundación o cartografía *univevento*. Se trata muy probablemente de los primeros mapas de peligrosidad que se realizaron, y representan la extensión y los procesos ocurridos en una inundación en base a observaciones de los efectos observados u obtenidos por información de campo, fotointerpretación o teledetección.
 - 1.2. Mapas de áreas potencialmente inundables, bien por precipitación y acumulación *in situ*, desbordamiento durante avenidas, invasión marina o elevación del nivel freático.
 - 1.3. Mapas de áreas o puntos anegados durante inundaciones históricas y paleoinundaciones. Se trata de inventarios o estudios locales.
 - 1.4. Mapas de permanencia de la lámina de agua (isocronas) o su evolución temporal.
 - 1.5. Mapas de tiempos característicos de la relación hietograma-hidrograma de crecida (tiempos de concentración o viaje, por ejemplo) para la cuenca drenante a cada punto.
- ii. Cartografías que representan la severidad del fenómeno natural, atendiendo a la cuantificación mediante parámetros físicos expresados como modelos digitales continuos (matriciales o vectoriales) o discretos (isolíneas), y dando lugar a estas posibles cartografías:
 - 2.1. Mapas de profundidades de agua (isobatas o Modelo Digital de Batimetrías) durante una inundación real o modelizada.
 - 2.2. Mapas de velocidades del agua (isotacas o Modelo Digital de Velocidades) durante la inundación real o modelizada.

- 2.3. Mapa de carga de transporte, en fondo, suspensión o disolución.
- iii. Cartografías de probabilidad del fenómeno. Normalmente se expresan mediante el concepto de periodo de retorno o frecuencia relativa, y dan lugar a las cartografías más extendidas: los mapas de inundabilidad o de áreas inundadas para un periodo de retorno dado. Las diferentes técnicas de estimación del área potencialmente afectada permiten diferenciar dos tipos principales:
 - 3.1. Hidrológico-hidráulicas, basadas en la estimación de los calados asociados a cada caudal de crecida mediante modelos hidráulicos, y su posterior transposición al mapa topográfico.
 - 3.2. Geológico-geomorfológicas, basadas en el estudio de las formas del terreno modeladas en las crecidas (terrazas y llanuras fluviales) o en los depósitos de inundaciones previas, y que permiten delimitar las zonas geomorfológicamente activas con diferentes probabilidades.
 - iv. Cartografías de peligrosidad asociada a las inundaciones. Recogen aspectos directamente relacionados a la inundación, como pueden ser los movimientos gravitacionales o alteraciones en el cauce y llanura tras la inundación.
 - 4.1. Mapas de riesgos de daños por inundación, incluyendo movimientos de laderas, erosión, arrastre de material sólido o sedimentación.
 - 4.2. Mapas de permeabilidad y escorrentía, con el comportamiento geotécnico de las litologías de la cuenca.
 - 4.3. Mapas litológicos reclasificados según su excavabilidad, incluyendo formaciones superficiales y estabilidad de vertientes.
 - 4.4. Cartografía de deslizamientos, desprendimientos y procesos de erosión activa.
 - 4.5. Modificaciones en el cauce o llanura tras la inundación.

8.1.4. Metodologías de cálculo y métodos de representación usados por los distintos modelos de análisis.

Atendiendo a las clasificaciones anteriores y a los 3 modelos de análisis citados al inicio del apartado, se usarán los siguientes métodos de análisis (ver *Tabla 1*) y de representación:

El modelo 1, de estudio hidrológico-hidráulico, hace uso exclusivamente de los **métodos hidrológicos** para el análisis, y los resultados quedan representados como **mapas de caudal asociados al periodo de retorno considerado**.

El modelo 2, que es desarrollado en este capítulo, hace uso del **método histórico**, y representa sus resultados mediante **mapas de cartografía unievento** (áreas cubiertas por el agua en un determinado evento).

El modelo 3, con la propuesta metodológica, recurre a métodos de análisis de los grupos **hidrológico y geomorfológico**, y representa los resultados mediante **mapas de caudal asociados al periodo de**

retorno, mapas geológico-geomorfológicos, mapas de severidad del fenómeno natural con modelos digitales discretos, y mapas de peligrosidad asociada.

Grupos principales de métodos de análisis de la peligrosidad	Método de análisis						Modelo
Método hidrológico	modelación hidrológica	método hidrometeorológico	agregados	método racional			Modelo 1 / Modelo 3
	modelación hidráulica	flujo unifásico	flujo unidimensional	variado	estacionario	HEC-RAS	
Método geomorfológico	parámetros morfométricos de la cuenca y red de drenaje						Modelo 3
	microtopografía del cauce						
	depósitos y marcas de paleoinundaciones						
	delimitación de áreas geomorfológicamente activas						
Método histórico	archivos, bibliotecas y hemerotecas						Modelo 2
	entrevistas y encuestas						
	Grabaciones audiovisuales						
	Caudales históricos registrados o medidos						

Tabla 1. Esquema de métodos de análisis de la peligrosidad de inundación usados en este trabajo. Fuente: elaboración propia, a partir de la clasificación propuesta por Díez Herrero (Díez Herrero et al., 2008).

8.2. Cartografía de eventos históricos: los mapas unievento.

Los mapas *unievento* poseen en la actualidad un elevado potencial para mejorar o calibrar estudios de inundabilidad mediante los análisis de probabilidad del evento con modelos hidráulicos como HEC-RAS o Iber. Entre sus utilidades se encuentra la posibilidad de hacer una primera delimitación de los terrenos que potencialmente puedan verse afectados por la inundación, basándose en datos reales obtenidos del pasado o directamente tras un episodio tormentoso significativo. Incluso en los casos, poco comunes en nuestros ríos mediterráneos, de que existan estaciones de medida, pueden ser útiles al permitir remontarnos a periodos de retorno más lejanos que los registrados por estas estaciones. También ofrecen la interesante posibilidad de usar calados históricos como información complementaria para introducir en el modelo hidráulico y calibrar sus resultados (Sánchez Martínez y Lastra, 2011).

Los datos de estos eventos pueden proceder de fuentes documentales que abarcan desde archivos históricos hasta noticias de prensa recientes, o bien de encuestas a vecinos ribereños y técnicos de la zona. En estos casos es preferible que la encuesta no diste mucho de la fecha del evento, para eliminar posibles sesgos y una tendencia frecuente a sobre-estimar el alcance real de la inundación. En ocasiones, estos vecinos o técnicos pueden aportar fotografías o vídeos que aportan una información muy apreciable (ver *Figura 2*).



Figura 2. Detalle de las alteraciones en el cauce tras el evento tormentoso estudiado. En la foto de la izquierda (foto cedida por el propietario de la casa que aparece en la imagen) se aprecia una terraza aluvial de unos 8-10 metros de anchura y 1,5 metros de altura con respecto al fondo del cauce, que separa éste de la casa. En la foto de la derecha se puede observar como esta terraza ha desaparecido tras la avenida. Fuente: Nestor Rocha (izda.), autor (dcha.).

Otras alternativas metodológicas más especializadas pueden ser los estudios dendrocronológicos (Ballesteros *et al.*, 2009; Camarasa y Soriano, 2012; Ruíz Villanueva, 2012), las paleoinundaciones (Ureña y Ollero, 2000; Ayala y Olcina, 2002; Ruíz Villanueva *et al.*, 2008) o la teledetección (Ayala y Olcina, 2002).

A nivel oficial, diversas administraciones, estatales y autonómicas, cuentan con completas recopilaciones de información histórica, como puede ser el Catálogo Nacional de inundaciones históricas de la Dirección General de Protección Civil y Emergencias (DGPC, 2011) o el PATRICOVA de la comunidad autónoma Valenciana (Generalitat valenciana, 2013). Y a nivel aplicado, numerosos autores desarrollan nuevas opciones metodológicas (Barriendos y Coeur, 2004; Benito y Thorndycraft, 2004; Barriendos y Rodrigo, 2006; Barnolas y Llasta, 2007; Díez Herrero *et al.* 2008; Colubi *et al.*, 2009).

8.3. *Elaboración de mapas unievento en las cuencas de los arroyos Jaboneros, Pollo Zamora y Piletas.*

De las áreas de estudio consideradas en este trabajo, la cuenca del río de la Cala, en Estepona, no dispone de información de eventos reales suficiente como para construir una cartografía fiable de inundación para un periodo de retorno dado. En los casos restantes, de los arroyos Pollo Zamora, Piletas y Jaboneros, sí existen eventos significativos recientes en términos históricos que nos permiten reconstruir la extensión de la lámina de inundación e incluso otros efectos asociados significativos, como arrastre de sedimentos, alteraciones geomorfológicas, o daños y afecciones en el medio urbano.

El hecho de que se trate de eventos acontecidos en los últimos años permite que el ajuste en la comparación sea más preciso, al considerarse unas condiciones causantes similares a las modelizadas en este trabajo.

En los tres casos, la reconstrucción de la lámina inundable se han obtenido mediante los métodos habituales de entrevistas a los afectados (Dunne y Leopold, 1978; Perles *et al.*, 2006) y observación de signos de inundación o abrasión (La Roca y Carmona, 1983; Camarasa y Bescós, 2004; Borrás *et al.*, 2006; Perles, Gallegos y Cantarero 2006), recogiendo datos de extensión y profundidad del caudal.

El proceso de reconstrucción se ha dividido en una primera fase de análisis hidrológico del evento seleccionado, una segunda fase de recopilación de la información y una última fase de análisis y reconstrucción de la lámina.

8.3.1. *Análisis hidrológico del evento seleccionado.*

Para la realización de la cartografía se ha trabajado con eventos pluviométricos de especial relevancia, pero también recientes, lo que nos permite disponer de mayor cantidad de información, y de mayor calidad.

Así, en las cuencas del Rincón de la Victoria se dispone de un hito bastante destacado, en marzo de 2004, y que en cierto modo fue el impulsor de los primeros estudios y artículos sobre la temática que años después han terminado desembocando en esta tesis doctoral.

En dicha fecha se produjeron importantes inundaciones en la localidad del Rincón de la Victoria, con resultados aparentemente desproporcionados dada la superficie de las cuencas que lo causaron. Resultó obvio a la vista de tales consecuencias que los estudios hidrológico-hidráulicos estaban lejos de estimar la lámina y consecuencias reales para un evento extraordinario. En aquella ocasión, sobre las cuencas de los arroyos Pollos Zamora y Piletas, y anexas, llovieron 229 l/m² en 24 horas. Esta cantidad se aproxima bastante a los 238 l/m² que establece la publicación Máximas lloviznas diarias en la España peninsular (ver apartado 7.2.1.4.3) para el periodo de retorno de 500 años.

En el caso de la cuenca del arroyo de los Jaboneros, no se dispone de registros de un evento tan extraordinario, si bien en noviembre de 2006 se produjo una intensa tormenta que dejó 133 l/m² en 24 horas, lo que se acercaba a la máxima precipitación diaria estimada para el periodo de retorno de 25 años (137 l/m²).

Periodo de retorno / evento tormentoso		Máxima precipitación diaria, según publicación 'Máximas lluvias diarias en la España peninsular'	
		Cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora	Cuenca del arroyo de los Jaboneros
Periodo de retorno	2 años	59 l/m ²	61 l/m ²
	5 años	85 l/m ²	88 l/m ²
	10 años	105 l/m ²	109 l/m ²
	25 años	132 l/m ²	137 l/m ²
	50 años	155 l/m ²	160 l/m ²
	100 años	178 l/m ²	185 l/m ²
	200 años	205 l/m ²	205 l/m ²
	500 años	238 l/m ²	248 l/m ²
Evento pluviométrico real	Evento tormentoso del 28 de marzo de 2004 (≈ 500 años)	229 l/m ²	--
	Evento tormentoso del 6 de noviembre de 2006 (≈ 25 años)	--	133 l/m ²

Tabla 2. Registros pluviométricos en 24 horas de los eventos tormentosos considerados para la realización de los mapas unievento, y comparativa con estimaciones de máxima precipitación diaria en distintos periodos de retorno para las cuencas de los arroyos Piletas, Pollo Zamora y Jaboneros. Fuente: elaboración propia.

Más allá de la significación pluviométrica de los eventos, también es conveniente destacar que su semejanza a algunos de los periodos de retorno establecidos en la citada publicación (2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500) permite hacer comparativas certeras desde un punto de vista hidrológico.

8.3.2. Recopilación de la información.

La recopilación de la información se ha obtenido por los siguientes medios:

1. Entrevistas a vecinos ribereños.

Se han realizado días después de los eventos, y se ha obtenido información sobre alcance y profundidad de la lámina, así como consecuencias asociadas, como el arrastre y depósito de sedimentos, las alteraciones geomorfológicas del cauce (ver Figura 1 y Figura 2), las características del flujo (velocidad o turbidez) o los daños sobre propiedades y mobiliario urbano. Dado que las respuestas de la población tienen un índice de exactitud no siempre

muy fiable, las respuestas o informaciones obtenidas posteriormente fueron comparadas o validadas con la información recogida sobre el terreno o, en el caso del evento del Rincón de la Victoria, en los informes posteriores a la inundación.

2. *Consulta de informes técnicos de administraciones públicas* (Junta de Andalucía, 2004), *consultorías* (TYPESA, 2004; Fernández Navarro, 2004, Asistencias técnicas CLAVE, 2004), *investigadores* (Perles et al., 2006; Arranz Lozano, 2008) y *asociaciones ecologistas* (Yus Ramos et al., 2004).
3. *Observación posterior al evento de signos de inundación, abrasión o depósito de sedimentos y restos vegetales.*

Los datos obtenidos se han registrado con el uso de un GPS para asegurar la precisión de la información una vez que sea volcada al sistema de información geográfica, así como han sido documentados con fotografías y croquis de los elementos más complejos o interesantes.



Figura 3. Detalles de restos vegetales que indican la máxima altura alcanzada por el flujo el 6 de noviembre de 2006 en el cauce del arroyo de los Jaboneros. Fuente: Francisco Cantarero Prados.

4. *Obtención de material fotográfico y videográfico en internet.*

El fácil acceso a la información de los medios de comunicación locales y el uso extendido de los smartphones y cámaras de foto, junto a plataformas de internet como youtube, permiten obtener una amplia información gráfica posterior al evento o incluso del propio evento.



Figura 4. Imagen del cauce tomada el día 28 de marzo de 2004, tras la inundación en Rincón de la Victoria, con la que puede estimarse la anchura alcanzada por el flujo en una determinada calle del municipio. Fuente: Ayto. de Rincón de la Victoria.

8.3.3. Reconstrucción de la superficie máxima inundada.

La información obtenida mediante trabajo de campo y gabinete se ha representado en el Sistema de Información Geográfica mediante puntos que posteriormente se han unido en base a criterios hidráulicos, considerando no solo las cotas de las curvas altitudinales, sino también otros aspectos como la distinta energía del flujo en cada tramo o el comportamiento meandrizante.

Índice Capítulo VIII

8.1. TIPOS DE METODOLOGÍAS Y REPRESENTACIONES USADOS EN LOS DISTINTOS MODELOS DE ANÁLISIS CONSIDERADOS.	277
8.1.1. Modelos de análisis considerados en este trabajo.....	277
8.1.2. Metodologías para el análisis de la inundabilidad.....	278
8.1.3. Métodos de representación cartográfica de la inundabilidad.	280
8.1.4. Metodologías de cálculo y métodos de representación usados por los distintos modelos de análisis.	281
8.2. CARTOGRAFÍA DE EVENTOS HISTÓRICOS: LOS MAPAS UNIEVENTO.	283
8.3. ELABORACIÓN DE MAPAS UNIEVENTO EN LAS CUENCAS DE LOS ARROYOS JABONEROS, POLLO ZAMORA Y PILETAS.	285
8.3.1. Análisis hidrológico del evento seleccionado.....	285
8.3.2. Recopilación de la información.	286
8.3.3. Reconstrucción de la superficie máxima inundada.	288

BLOQUE IV. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El cuarto y último bloque recoge tanto los resultados (Capítulo IX) como las conclusiones (Capítulo X). Dado que, más allá de la metodología propuesta, el presente documento también ha seguido su propia metodología, y ésta ha precisado de una fase de caracterización y comparación evolutiva de los riesgos de inundación y erosión entre dos fechas distintas, los resultados se dividirán entre los directamente ligados a la propuesta metodológica y los relacionados con el citado análisis diacrónico. La comparación de resultados se apoyará en la denominación de los diferentes análisis del siguiente modo: Modelo 1, o análisis hidrológico-hidráulico convencional; Modelo 2, o análisis de inundabilidad unievento; y Modelo 3, o propuesta metodológica de cartografía de la peligrosidad de inundabilidad adaptada a la caracterización de las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo.

Las conclusiones, por su parte, se dividen en una primera parte de discusión y conclusiones, otra con las principales aportaciones de la tesis doctoral, y una última con potencialidades y líneas futuras de investigación.

Capítulo IX. Resultados

9.1. Introducción.

9.1.1. Modelos metodológicos usados y estructura de exposición de los resultados.

En este capítulo se expondrán tanto los resultados obtenidos con la propuesta metodológica descrita en el capítulo 7, como los estudios hidrológico-hidráulicos con la metodología habitual y las láminas de inundación derivadas de los casos reales estudiados (ver Figura 1).

La posterior comparativa tanto de la propuesta metodológica como del modelo convencional con el modelo *unievento* permitirá conocer si la primera realmente mejora los estudios hidrológico-hidráulicos “clásicos”. Cabe recordar, tal como ya se avanzó en el capítulo 8, de ‘Elaboración de cartografía de eventos históricos en las cuencas de estudio’, que no existe caso real documentado para la cuenca del río de la Cala (Estepona), por lo que ésta quedará excluida de dicha comparativa.

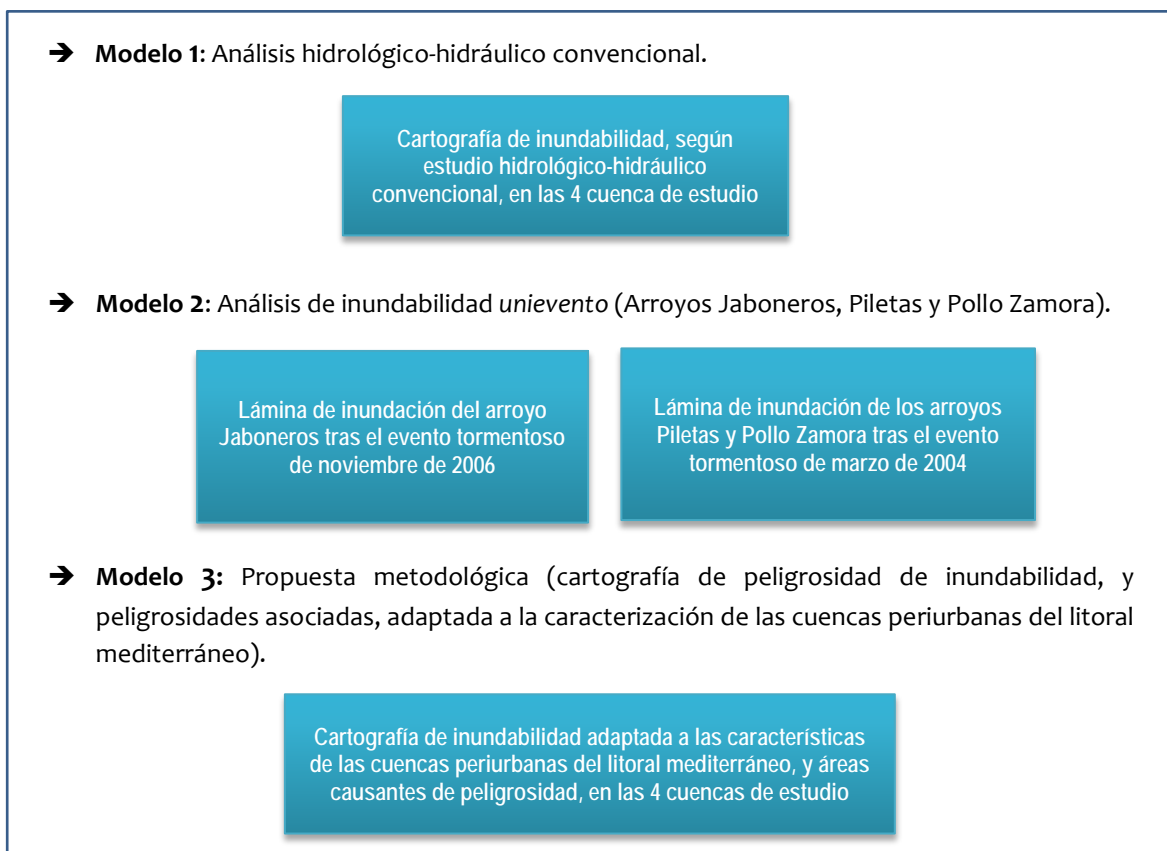


Figura 1. Distintos modelos metodológicos con los que se ha trabajado para su posterior comparativa.

No obstante, más allá de la metodología propuesta, el presente documento también ha seguido su propia metodología, que ha precisado, en la fase previa recogida en el bloque II, de estudios evolutivos-comparativos para la caracterización de las cuencas periurbanas litorales mediterráneas. Así, para el análisis y redacción de los capítulos 5 y 6 se han realizado estudios hidrológico-hidráulicos para las fechas de 1956 y 2003 en cada una de las cuencas, así como estudios de erosión potencial de suelo igualmente para las cuatro cuencas y en las mismas fechas. Las conclusiones principales de dichos estudios se expusieron en los citados capítulos del bloque II, pero es aquí donde se incluyen de manera completa.

Atendiendo, por tanto, a todo lo anterior, la estructura de apartados del presente capítulo es la siguiente (ver también Figura 2):

1. Resultados ligados a la propuesta metodológica:
 - a. **Análisis hidrológico-hidráulico convencional (Modelo 1)**
 - i. Cartografía de inundabilidad en las cuencas de estudio.
 - b. **Análisis de eventos históricos de inundabilidad: cartografía unievento para los arroyos Piletas, Pollo Zamora y Jaboneros (Modelo 2)**
 - c. **Resultados de la propuesta metodológica (Modelo 3)**
 - i. **Análisis de peligrosidades individuales**
 1. Resultados de erosión de suelos, según formulación MUSLE, en las cuencas de estudio.
 2. Cartografía de incorporación de sedimentos por movimientos gravitatorios de laderas en las cuencas de estudio.
 3. Cartografía de producción de residuos leñosos en las cuencas de estudio.
 - ii. **Resultados finales**
 1. Cartografía de inundabilidad modificada en las cuencas de estudio.
 2. Cartografía de áreas causantes de peligrosidad en las cuencas de estudio.
2. Otros resultados (ligados al desarrollo metodológico de la tesis doctoral):
 - a. **Evolución de los patrones territoriales.**
 - b. **Análisis hidrológico-hidráulico:** Cartografía de inundabilidad en las cuencas de estudio en el año 1956 y comparación evolutiva entre 1956 y 2003.
 - c. **Análisis de erosión potencial de suelos según formulación RUSLE:** Cartografía de erosión potencial de suelos en las cuencas de estudio en los años 1956 y 2003. Comparación evolutiva.

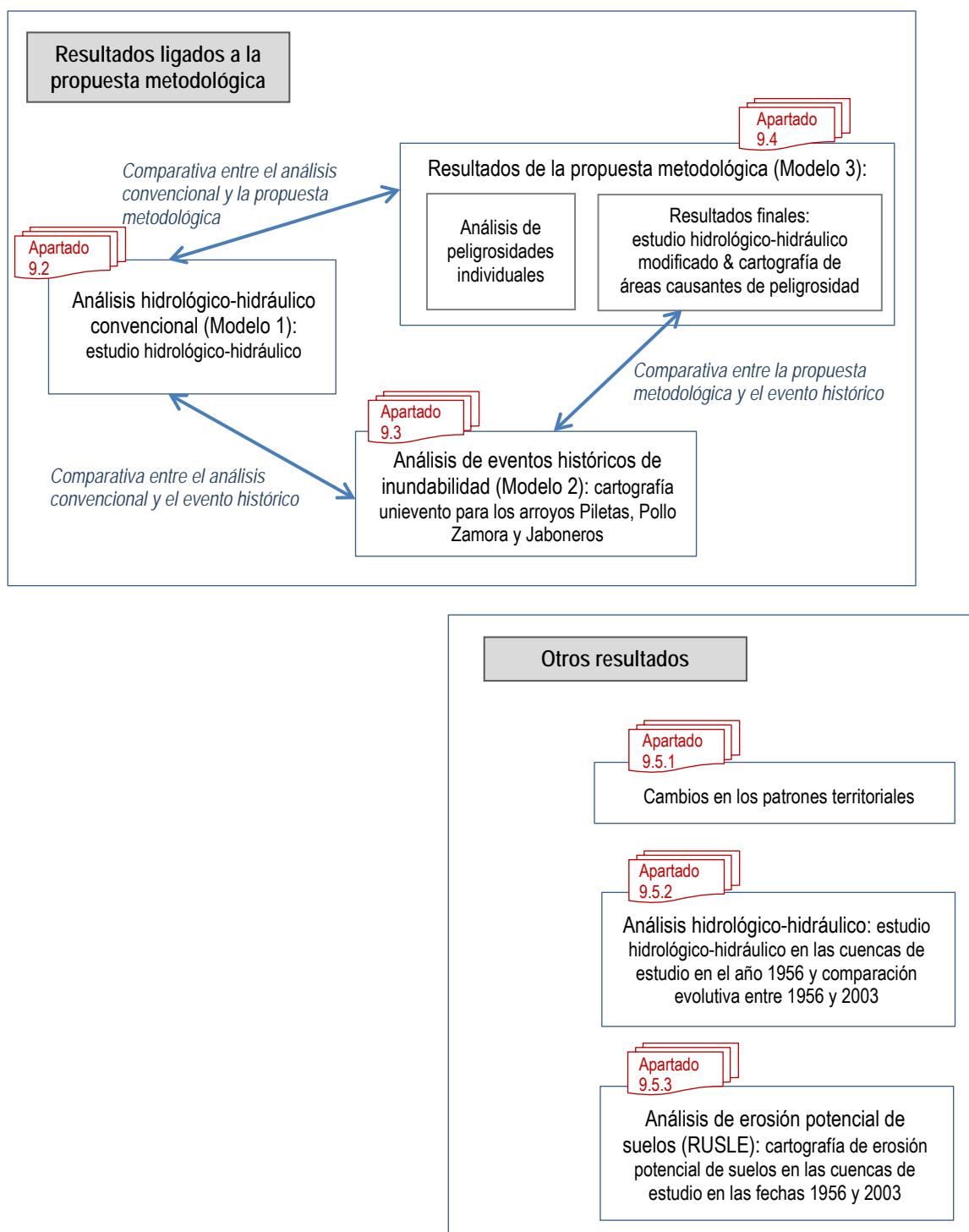


Figura 2. Esquema de resultados expuestos en este capítulo y correspondencia con cada apartado.

9.1.2. Periodos de retorno aplicados en cada cuenca de estudio.

Otro aspecto que es conveniente especificar es el referente a los periodos de retorno aplicados en cada cuenca de estudio. El periodo de retorno considerado para ejecutar las distintas simulaciones hidrológicas ha sido el de 500 años, habitualmente tomado para describir las avenidas extraordinarias, y al que se recurre frecuentemente por su significado legal. No obstante, en el caso del arroyo Jaboneros, se ha trabajado con el periodo de retorno de 25 años para ajustarse al evento histórico del que se dispone información, permitiendo de tal modo el análisis comparativo.

Con lo anterior, y concretando para las distintas cuencas de estudio, los distintos modelos metodológicos y periodos de retorno simulados se sintetizan en la siguiente figura:

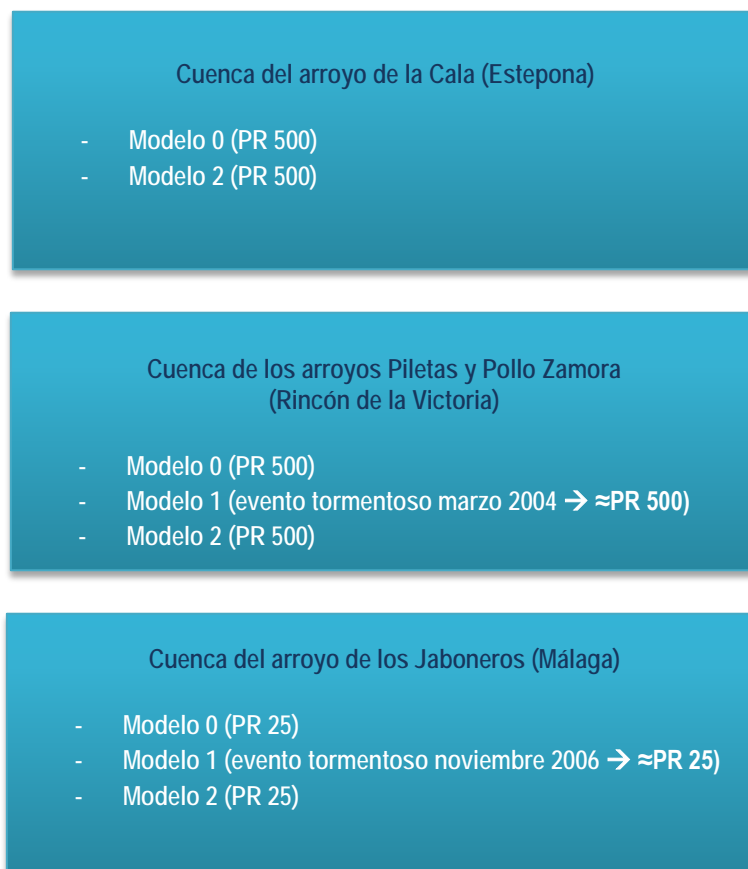


Figura 3. Modelos metodológicos y periodos de retorno simulados en cada cuenca de trabajo.

9.2. Análisis hidrológico-hidráulico convencional.

En este apartado se incluyen los resultados del estudio hidrológico y del estudio hidráulico convencional, con el modelo unidimensional HEC-RAS, para las 4 cuencas de estudio.

El paso previo a cualquiera de los estudios hidráulicos realizados ha sido la obtención de la máxima precipitación diaria que cabe esperar, estadísticamente, en cada una de las cuencas para los diferentes periodos de retorno considerados (en el apartado 7.2.1.4.3. se describía el modo en que se ha realizado este primer paso del modelo hidrometeorológico).

Los resultados por subcuenca y punto de caudal son los siguientes:

Cuenca	Subcuenca	Punto de caudal	Precipitación total diaria (l/m2)	
			PR 25 años	PR 500 años
LA CALA	1-0 (Cuenca del río La Cala)	PC 1		266.20
		PC 2		266.07
		PC 3		266.04
		PC 4		265.97
	1-1 (Cuenca del río La Cala - Afluente 1)	PC 1		265.88
	1-2 (Cuenca del río La Cala - Afluente 2)	PC 1		265.88
JABONEROS	2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)	PC 1	138.65	249.81
		PC 2	138.48	249.50
		PC 3	137.94	248.53
		PC 4	137.42	247.59
	2-1 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 1)	PC 1	137.90	248.45
	2-2 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 2)	PC 1	135.75	244.58
	2-3 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 3)	PC 1	134.86	242.98
2-4 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 4)	PC 1	137.15	247.11	
	2-5 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 5)	PC 1	134.29	241.95
PILETAS	3-0 (Cuenca del arroyo Piletas)	PC 1		238.76
		PC 2		238.76
		PC 3		238.78
		PC 4		238.76
	3-1 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 1)	PC 1		238.79
	3-2 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 2)	PC 1		238.79
	3-3 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 3)	PC 1		238.76
POLLO-ZAMORA	4-0 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora)	PC 1		238.73
		PC 2		238.74
	4-1 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora - Afluente 1)	PC 1		238.74
<i>Todas las cuencas y subcuencas</i>		<i>Valor mínimo</i>	134.29	238.73
		<i>Valor máximo</i>	138.65	266.20
		<i>Valor medio</i>	136.93	247.94

Tabla 1. Máxima precipitación diaria para cada subcuenca y para los periodos de retorno de 25 y 500 años. En negritas se resaltan los valores para cada una de las cuencas principales. Fuente: elaboración propia.

Para estos resultados, el coeficiente de variación del valor medio para cada subcuenca oscila entre 0,40 y 0,48.

En todo caso resultan valores por encima de 238 l/m² para el periodo de retorno de 500 años, y de 134 l/m² para el de 25 años, confirmando las hipótesis de intensidad pluviométrica ya comentadas anteriormente. Cabe destacar con tales valores, y atendiendo al índice de concentración de la precipitación diaria (ver Figura 4), que más del 70% de la precipitación se concentra en un 25% de los días de lluvia (De Castro, Martín y Alonso, 2005).

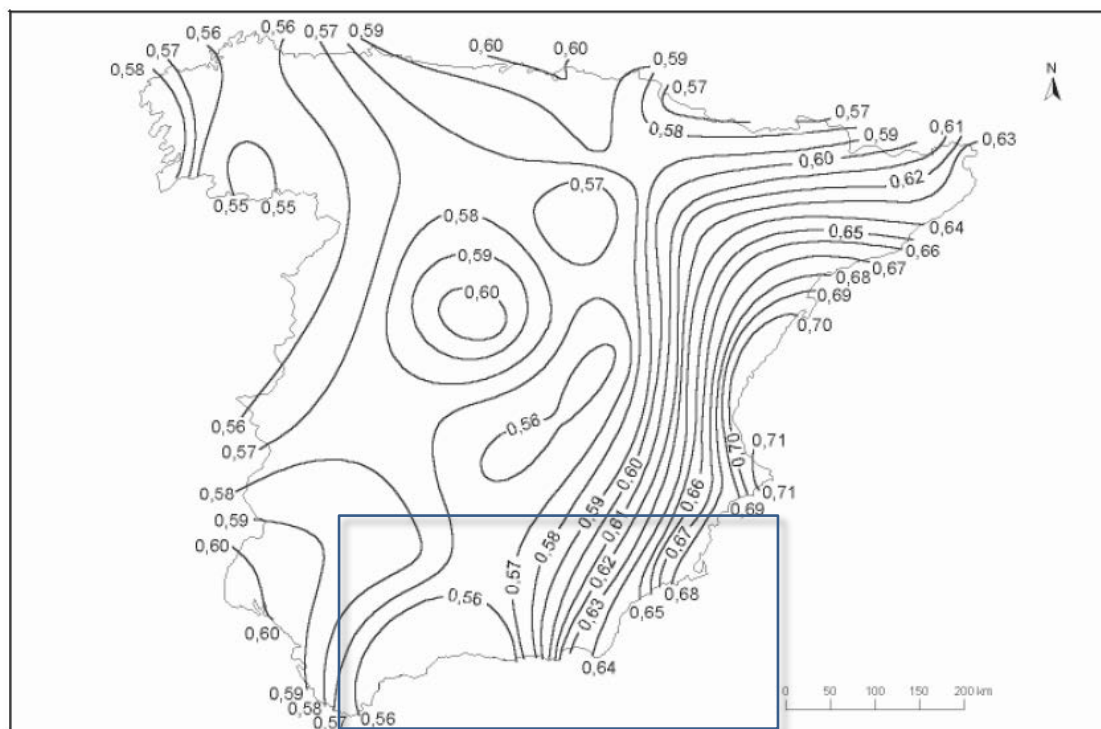


Figura 4. Índice de concentración de la precipitación diaria. El valor 0,61 corresponde aproximadamente al 70% de la cantidad anual por parte del 25% de los días más lluviosos. Fuente: Martín-Vide (2004).

Otro dato de relevancia es el umbral de escorrentía, que nos expresa, en litros por metro cuadrado, la cantidad de precipitación a partir de la cual ésta se transforma en escorrentía. Los resultados para el año 2003 en las diferentes cuencas de estudio se expresan en la siguiente tabla e figura:

Cuenca	Subcuenca	Punto de caudal	Umbral de escorrentía Po (l/m ²)	Coeficiente de escorrentía	
				PR 25 años	PR 500 años
LA CALA	1-0 (Cuenca del río La Cala)	PC 1	71.49		0.34
		PC 2	62.65		0.38
		PC 3	57.18		0.41
		PC 4	53.24		0.44
	1-1 (Cuenca del río La Cala - Afluente 1)	PC 1	41.75		0.52
1-2 (Cuenca del río La Cala - Afluente 2)	PC 1	45.91		0.65	
2-0 (Cuenca del arroyo)	PC 1	41.78	0.30		0.5

	Jaboneros)	PC 2	53.52	0.22	0.41
		PC 3	58.24	0.19	0.38
		PC 4	55.67	0.21	0.4
	2-1 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 1)	PC 1	112.97	0.01	0.17
	2-2 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 2)	PC 1	84.62	0.09	0.25
	2-3 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 3)	PC 1	70.61	0.14	0.31
	2-4 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 4)	PC 1	63.7	0.17	0.35
2-5 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 5)	PC 1	37.95	0.32	0.52	
PILETAS	3-0 (Cuenca del arroyo Piletas)	PC 1	16.82		0.77
		PC 2	21.63		0.7
		PC 3	22.91		0.69
		PC 4	25.39		0.65
	3-1 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 1)	PC 1	81.60		0.26
	3-2 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 2)	PC 1	93.40		0.22
3-3 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 3)	PC 1	21.60		0.7	
POLLO-ZAMORA	4-0 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora)	PC 1	7.00		0.93
		PC 2	6.10		0.94
	4-1 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora - Afluente 1)	PC 1	5.00		0.96
Todas las cuencas y subcuencas		Valor mínimo	38.00	5.00	0.17
		Valor máximo	113.00	112.97	0.96
		Valor medio	61.09	37.54	0.48

Tabla 2. Datos de transformación precipitación-escorrentía en las cuencas de estudio para los distintos periodos de retorno considerados para el año 2003. Fuente: elaboración propia.

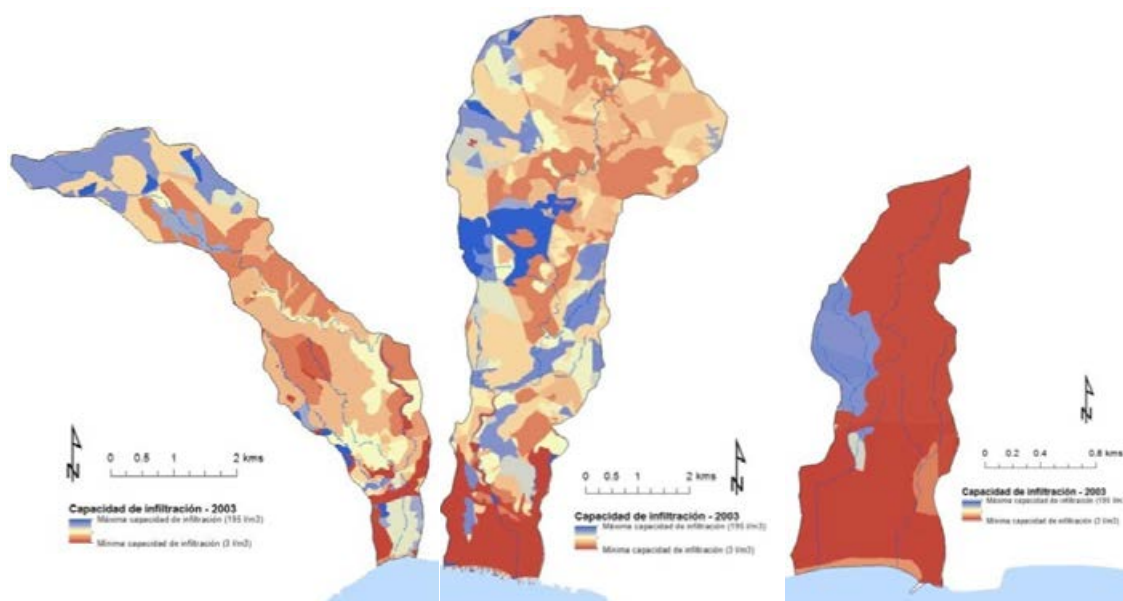


Figura 5. Cartografía de umbral de escorrentía, medido en litros por metro cuadrado, en las áreas de estudio en el año 2003. El color azul indica la máxima capacidad de infiltración (umbral de escorrentía máximo) y el color rojo la mínima (Po mínimo). Fuente: elaboración propia.

Según estos resultados, en la actualidad el umbral de escorrentía de las regiones consideradas se sitúa en torno a los 50 litros/m², con la notable salvedad de las cuencas del Rincón de la Victoria, donde la capacidad de retención de escorrentía apenas llega a los 6 litros/m², lo que supone que casi cualquier evento tormentoso empieza a generar escorrentía desde los primeros minutos, de lo que resultarán caudales muy importantes para la escasa superficie que representan.

Como referencia, para la provincia de Málaga, y según datos obtenidos aplicando la misma metodología ya citada, el umbral medio de escorrentía es de 70,5 l/m².

Para el tramo litoral de la provincia, se incluye a continuación la localización relativa de las cuencas de estudio, siguiendo la misma simbología de colores tomada en la Figura 5.

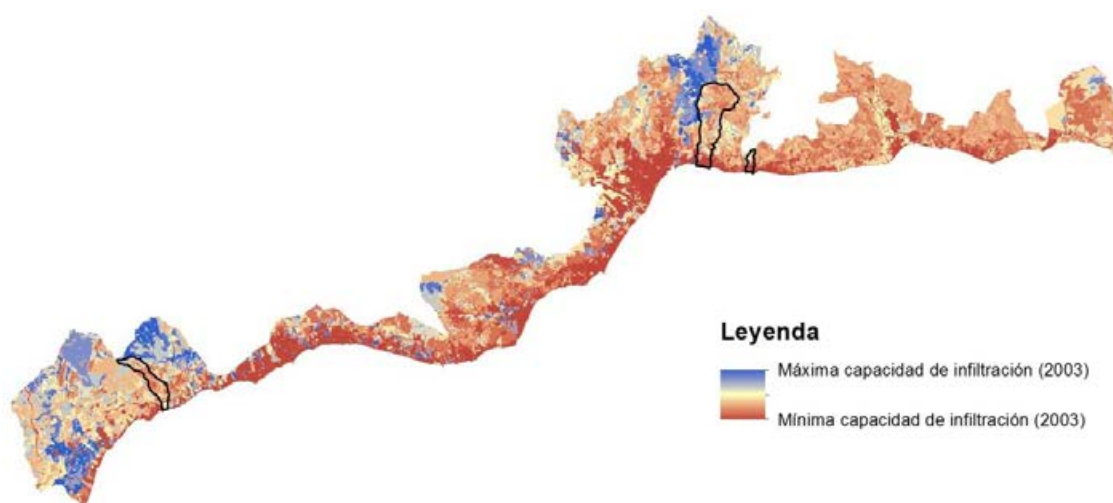


Figura 6. Umbral de escorrentía. Localización relativa de las cuencas de estudio en los municipios del litoral malagueño. Fuente: elaboración propia.

El tercer paso en el cálculo de la inundabilidad para las cuencas de estudio, siguiendo la misma secuencia de trabajo ya descrita en el apartado del estudio hidrológico-hidráulico del capítulo 7, sería el cálculo del caudal instantáneo máximo para cada punto de control, cuyos resultados se exponen aquí:

Cuenca	Subcuenca	Punto de caudal	Caudal (m ³ /s)	
			PR 25 años	PR 500 años
LA CALA	1-0 (Cuenca del río La Cala)	PC 1		35.98
		PC 2		57.75
		PC 3		77.07
		PC 4		96.92
	1-1 (Cuenca del río La Cala - Afluente 1)	PC 1		22.83
	1-2 (Cuenca del río La Cala - Afluente 2)	PC 1		18.91
JABONEROS	2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)	PC 1	46.47	154.51
		PC 2	49.28	185.68
		PC 3	53.82	193.91
		PC 4	61.69	211.64
	2-1 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 1)	PC 1	0.27	8.16
	2-2 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 2)	PC 1	1.53	7.67
	2-3 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 3)	PC 1	2.79	11.14

	2-4 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 4)	PC 1	2.51	9.33
	2-5 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 5)	PC 1	6.1	17.84
PILETAS	3-0 (Cuenca del arroyo Piletas)	PC 1		21.99
		PC 2		24.28
		PC 3		26.26
		PC 4		28.45
	3-1 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 1)	PC 1		2.34
	3-2 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 2)	PC 1		1.27
	3-3 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 3)	PC 1		3.77
POLLO ZAMORA	4-0 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora)	PC 1		10.25
		PC 2		25.46
	4-1 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora - Afluente 1)	PC 1		6.6
<i>Todas las cuencas y subcuencas</i>		<i>Valor mínimo</i>	0.27	1.27
		<i>Valor máximo</i>	61.69	211.64
		<i>Valor medio</i>	8.31	46.67

Tabla 3. Caudal instantáneo máximo para cada punto de control de las distintas cuencas de estudio, según el 'Método racional' modificado por Témez. Fuente: elaboración propia.

Las cuencas del Rincón, para una tormenta extraordinaria con periodo de retorno de 500 años, llegan a producir un caudal máximo instantáneo ligeramente superior a los 25 metros cúbicos por segundo, mientras que la cuenca de Estepona se acerca a los 100 m³/s y la de Málaga supera los 200 m³/s. Resulta llamativo, en cualquier caso, la desproporción en cuanto a superficie y producción de caudal en las cuencas del Rincón de la Victoria, especialmente la del Pollo Zamora.

Las fichas de cálculos de caudales completas, con la aplicación del método hidrometeorológico para cada uno de los periodos de retorno y puntos de control de las distintas cuencas, así como las tablas de resumen, pueden consultarse en el anexo 5.

En último lugar, el modelo y los resultados hidráulicos quedan recogidos cada sección de control de las distintas cuencas y fechas de estudio en el anexo 9 (tabla de resultados hidráulicos), incluyéndose:

- caudal total
- elevación mínima del canal
- elevación de la lámina de agua
- velocidad del flujo
- sección mojada
- número de Froude
- tensión cortante del flujo¹
- anchura máxima de la lámina

¹ Se ha incorporado el resultado de esta variable por su importancia en relación a la capacidad del flujo para erosionar las orillas y su estrecha relación con el riesgo asociado de generación e incorporación de sedimentos al flujo.

Resumiendo dicha información a valores representativos para cada cuenca, resulta la siguiente tabla de valores medios (media geométrica de todas las secciones de control) por cuenca:

	Periodo de retorno	Elevación de la lámina de inundación	Velocidad del flujo	Área de flujo de la sección transversal	Tensión cortante	Anchura inundada de la sección
		(m)	(m/s)	(m ²)	(N/m ²)	(m)
LA CALA	500 años	1.0	3.9	13.0	496.3	20.9
JABONEROS	25 años	0.8	3.3	8.7	326.3	12.9
	500 años	1.4	5.5	22.1	716.5	34.2
PILETAS	500 años	0.6	3.5	3.9	432.7	10.9
POLLO- ZAMORA	500 años	0.5	3.3	10.3	420.9	22.3

Tabla 4. Valores medios de los resultados hidráulicos en las secciones de control de cada cuenca de estudio. Fuente: elaboración propia.

Y el área inundable total para cada una de las cuencas, subcuencas y puntos de control es la siguiente:

	Periodo de retorno	Superficie de la lámina inundable (m ²)
LA CALA	500 años	345 756
JABONEROS	25 años	205 789
	500 años	518 238
PILETAS	500 años	191 879
POLLO- ZAMORA	500 años	45 167

Tabla 5. Superficie inundable resultante por cuenca, para los periodos de retorno de 25 y 500 años. Fuente: elaboración propia.

Cuenca	Periodo de retorno	Subcuenca	Punto de caudal	Superficie lámina inundable (m ²)
LA CALA	PR500 años	1-0 (Cuenca del río La Cala)	PC 1	50 069
			PC 2	83 403
			PC 3	190 507
			PC 4	271 604
		1-1 (Cuenca del río La Cala - Afluente 1)	PC 1	35 638
1-2 (Cuenca del río La Cala - Afluente 2)	PC 1	38 514		
JABONEROS	PR 25 años	2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)	PC 1	-
			PC 2	2 992
			PC 3	70 438
			PC 4	159 109
		2-1 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 1)	PC 1	7 088
		2-2 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 2)	PC 1	8 976
		2-3 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 3)	PC 1	8 064
		2-4 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 4)	PC 1	12 577
2-5 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 5)	PC 1	9 975		

PILETAS	PR500 años	3-0 (Cuenca del arroyo Piletas)	PC 1	31 327
			PC 2	31 327
			PC 3	34 388
			PC 4	181 229
		3-1 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 1)	PC 1	5 297
		3-2 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 2)	PC 1	2 834
		3-3 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 3)	PC 1	2 518
POLLO-ZAMORA	PR500 años	4-0 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora)	PC 1	9 707
			PC 2	39 389
		4-1 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora - Afluente 1)	PC 1	5 778

Tabla 6. Superficie inundable resultante por subcuenca y punto de control para los periodos de retorno de 25 y 500 años. Fuente: elaboración propia.

Los mapas de áreas inundables se incluyen en el anexo 10, de cartografía (ver detalles de las láminas en las desembocaduras en la Figura 7). Junto a la lámina de inundación se reflejan algunos otros elementos como los puentes y entubaciones, las secciones de control, la red viaria y las edificaciones de la cuenca.

- Mapa 1: Área inundable Río de la Cala – PR 500 años
- Mapa 2: Área inundable Arroyo Jaboneros – PR 25 años
- Mapa 3: Área inundable Arroyo Jaboneros – PR 500 años
- Mapa 4: Área inundable arroyos Piletas y Pollo Zamora – PR 500 años

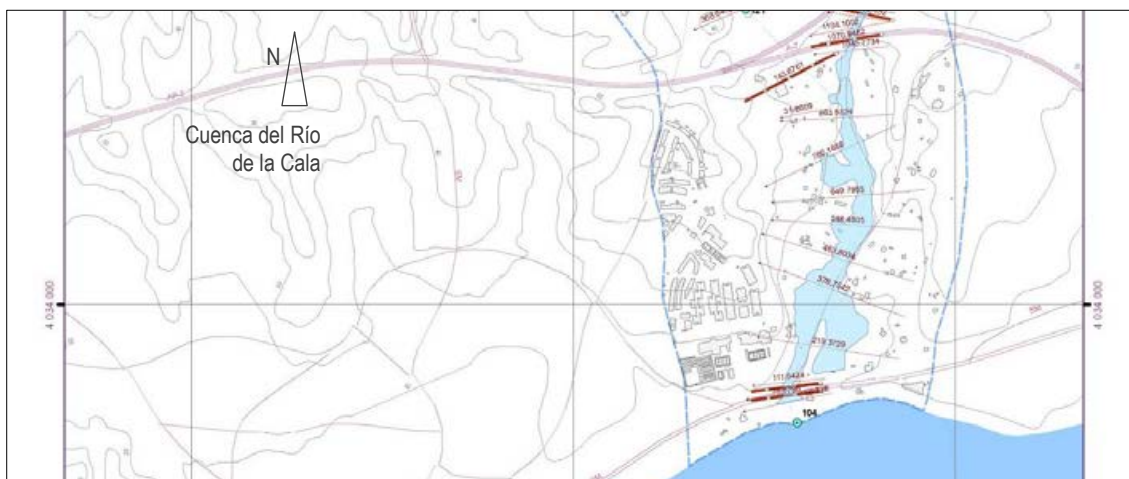




Figura 7. Detalles del área inundable de las cuencas del Río de la Cala (PR 500 años), Jaboneros (PR 25 años) y Piletas-Pollo Zamora (PR 500 años) obtenida usando el modelo hidrológico-hidráulico habitual. Fuente: Elaboración propia (ver mapas 1, 2 y 4 del Anexo 10, de Cartografía).

Dentro del necesario testeo de cada uno de los pasos dados para la elaboración de esta propuesta metodológica, se incluye la comparación de las láminas de inundación resultantes con estudios de inundabilidad ya existentes, bien sea por instrumentos de planificación o instrumentos propios de la autoridad hidráulica, si bien solo ha sido posible realizar dicha comparación en el caso del Río de la Cala, al ser coincidentes los periodos de retorno. Para los arroyos del Rincón no existen estudios de inundabilidad publicados. Y para el arroyo Jaboneros no existen estudios con periodo de retorno de 25 años.

En el caso citado del río de la Cala, existe una delimitación realizada en el Estudio hidráulico de cuencas de la Costa del Sol Occidental (AAA, 2005), con un ajuste aproximado entre ambas, si bien, la delineación publicada es sensiblemente superior, debido a que la administración mayorera los resultados hidrológicos por seguridad². Esto supone una alteración del resultado real de la lámina, tal como ha sido calculado en la simulación aquí realizada.

² Esta mayoración consiste en colocar un umbral mínimo de escorrentía, ya corregido, de 25 mm, y un coeficiente mínimo de escorrentía para el periodo de retorno de 500 años de 0,65.

9.3. Análisis de eventos históricos de inundabilidad: cartografía unievento para los arroyos Piletas, Pollo Zamora y Jaboneros.

Tal como ya se comentó en el capítulo 8, se han realizado cartografías unievento, basadas en tormentas reales acontecidas en los últimos años, para las cuencas de Piletas, Pollo Zamora y Jaboneros. Las dos primeras se han delineado atendiendo al evento tormentoso de marzo de 2004, y la última con el evento tormentoso de noviembre de 2006. Ambas cartografías se incluyen en el anexo 10, con los números 8 y 9:

- Mapa 8: Área inundable de los arroyos Piletas y Pollo Zamora durante el evento tormentoso del 28 de marzo de 2004.
- Mapa 9: Área inundable del Arroyo de los Jaboneros durante el evento tormentoso del 6 de noviembre de 2006.



Figura 8. Detalles del área inundada en las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora (imagen superior) y Jaboneros (imagen inferior) en los eventos tormentosos de marzo de 2004 y noviembre de 2006 respectivamente. Fuente: Elaboración propia (ver mapas 8 y 9 del Anexo 10, de Cartografía).

El primer evento, del Rincón de la Victoria, resultó equivalente a un periodo de retorno de 500 años, y el segundo, de Málaga, a un periodo de retorno de 25 años. Si bien en el caso del Rincón la gran extensión de la lámina da validez al proceso comparativo, no ocurre de igual modo con el evento del Jaboneros, al que además se suma el encauzamiento de su tramo urbano, que homogeniza en este último kilómetro las distintas simulaciones y el evento real.

El aspecto más destacable de dichas simulaciones es la unión que se produjo de las láminas inundables de los arroyos Piletas y Pollo Zamora en las inundaciones de 2004 (ver Figura 8 superior), que no acontece en la simulación con HEC-RAS (ver Figura 7 inferior). También extiende, con respecto al modelo resultante de HEC-RAS, las láminas varias decenas de metros hacia ambos extremos. Sí corrobora, no obstante, el apéndice que ya se reflejaba en el flanco oriental de la lámina del Pollo Zamora.

Respecto a la simulación *unievento* del Arroyo de los Jaboneros, como se ha comentado, no muestra grandes diferencias con el modelo de HEC-RAS, si bien en líneas generales muestra un área inundada algo superior, especialmente en la parte inmediatamente previa al encauzamiento, donde se perdieron algunas terrazas no previstas por la modelización con HEC-RAS (ver Figura 2 del capítulo 8).

En cualquier caso, más allá de los mapas de áreas inundables, y ahora en atención a las peligrosidades asociadas en las que se está incidiendo con este trabajo, se incluyen a continuación algunas imágenes tomadas tras ambos eventos, que muestran los efectos de la sedimentación y el acarreo de material sólido y leñoso hasta la desembocadura e infraestructuras de paso.



Figura 9. Arroyo Jaboneros (noviembre de 2006): Colmatación con sedimentos y material sólido heterométrico en un puente próximo a la desembocadura. Fuente: Francisco Cantarero Prados.



Figura 10. Arroyo Jaboneros (noviembre de 2006): Excavación en pilares. Fuente: Francisco Cantarero Prados.



Figura 11. Arroyo Jaboneros (noviembre de 2006): Muestra de alteraciones geomorfológicas e hidráulicas tras al evento: creación de depósitos sedimentarios que modifican el eje principal del flujo con aguas bajas. Fuente: Francisco Cantarero Prados.



Figura 12. Arroyo Jaboneros (noviembre de 2006): Arrastre de restos leñosos retenidos junto a la orilla. Fuente: Francisco Cantarero Prados.



Figura 13. Arroyo Jaboneros (noviembre de 2006): muestra de la carga sedimentaria del flujo durante el evento estudiado. Fuente: María Jesús Perles Roselló.



Figura 14. Arroyo Jaboneros (noviembre de 2006): Muestra de la situación en que quedó una edificación precaria situada en la llanura de inundación tras el evento. Fuente: Francisco Cantarero Prados.



Figura 15. Arroyo Piletas (marzo de 2004); Detalle del cauce del Arroyo Piletas durante el evento pluviométrico de marzo de 2004. Fuente: Junta de Andalucía.



Figura 16. Arroyo Piletas (marzo de 2004): máquina retroexcavadora retirando restos sólidos del cauce que taponaron una obra de paso. Fuente: Junta de Andalucía.



Figura 17. Arroyo Pollo Zamora (marzo de 2004): Bloques de gran volumen, en buena parte relacionados con escolleras artificiales, arrastrados hasta el cauce del arroyo Pollo Zamora durante el evento. Fuente: Junta de Andalucía.



Figura 18. Arroyo Pollo Zamora (marzo de 2004): movilización de depósitos antrópicos durante el evento. Fuente: TYP SA.



Figura 19. Arroyo Pollo Zamora (marzo de 2004): Depósito sedimentario, en torno a los 1.100 m², sobre el cauce tras las inundaciones. Fuente: TYP SA.

9.4. Resultados de la propuesta metodológica. Calibración con los restantes modelos.

9.4.1. Análisis de peligrosidades individuales.

9.4.1.1. Resultados de erosión de suelos, según formulación MUSLE, en las cuencas de estudio.

La producción de sedimentos por erosión de suelos para los escenarios pluviométricos considerados y para cada uno de los puntos de caudal se pueden observar en la siguiente tabla:

Cuenca	Subcuenca	Punto de caudal	Volumen total escurrido (m ³) para el evento considerado	Producción total de sedimentos, en toneladas	Producción media de sedimentos, en toneladas por hectárea	Sedimentos en el flujo (kg/m ³)
LA CALA – PR 500 años	1-0 (Cuenca del río La Cala)	PC 1	547 602	74 008	220	135
		PC 2	978 419	128 145	225	131
		PC 3	1 635 975	208 514	227	127
		PC 4	2 066 322	461 614	409	223
	1-2 (Cuenca del río La Cala - Afluente 2)	PC 1	270 663	39 838	283	147
JABONEROS - PR 500 años	2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)	PC 1	2 017 894	939 830	848	466
		PC 2	3 077 612	1 259 460	684	409
		PC 3	3 984 708	1 551 353	627	389
		PC 4	4 886 686	2 155 930	719	441
	2-1 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 1)	PC 1	140 286	14 959	119	107
	2-2 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 2)	PC 1	96 937	36 657	495	378
	2-3 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 3)	PC 1	125 696	57 360	652	456
	2-4 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 4)	PC 1	104 485	44 306	652	424
2-5 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 5)	PC 1	152 767	62 300	733	408	
JABONEROS - PR 25 años	2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)	PC 1	886 846	302 623	273	341
		PC 2	1 276 226	366 008	199	287
		PC 3	1 613 442	456 145	184	283
		PC 4	2 001 300	655 703	219	328
	2-1 (Cuenca del	PC 1	43 865	1 157	9	26

	arroyo Jaboneros - Afluente 1)					
	2-2 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 2)	PC 1	34 431	8 325	112	242
	2-3 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 3)	PC 1	47 622	15 341	174	322
	2-4 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 4)	PC 1	41 144	12 603	185	306
	2-5 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 5)	PC 1	67 981	21 706	255	319
PILETAS – PR 500 años	3-0 (Cuenca del arroyo Piletas)	PC 1	160 254	36 310	472	227
		PC 2	192 345	62 637	652	326
		PC 3	230 117	96 643	833	420
		PC 4	297 656	149 112	975	501
	3-1 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 1)	PC 1	21 897	7 534	443	344
	3-2 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 2)	PC 1	11 869	2 270	227	191
	3-3 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 3)	PC 1	18 036	12 368	1 374	686
POLLO ZAMORA – PR 500 años	4-0 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora)	PC 1	54 068	38 548	1 606	713
		PC 2	167 952	89 611	1 211	534
	4-1 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora - Afluente 1)	PC 1	29 774	14 762	1 136	496

Tabla 7. Producción de sedimentos por erosión de suelos para un evento tormentoso dado, según formulación MUSLE. Fuente: elaboración propia.

Las cifras obtenidas, dada la extensión de las cuencas que se están estudiando, dan resultados bastante elevados, siendo especialmente notables en las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora, con superficies de 1,53 y 0,74 kilómetros cuadrados, y una producción de 149.112 y 89.611 toneladas de sedimentos respectivamente para la máxima lluvia diaria esperada durante un ciclo de 500 años. Como ya se ha comentado, dicho periodo de retorno se aproxima bastante a la precipitación que se produjo en Rincón de la Victoria en la tormenta de marzo de 2004, y asumiendo de entrada los posibles errores implícitos a cualquier modelo, no resulta incoherente suponer que tales fueron los volúmenes de residuos sólidos que se movilizaron en aquél suceso a la vista de los daños causados y de los informes realizados con posterioridad (TYPASA, 2004; Yus Ramos *et al.*, 2004; Asistencias Técnicas Clave, 2004; Junta de Andalucía, 2004; Pereda 4, 2004).

Para el caso de las cuencas del Río de la Cala y del Arroyo de los Jaboneros, y también para una lluvia con periodo de retorno de 500 años, los valores resultantes son de 461.614 y 2.155.930 toneladas respectivamente. En esta última cuenca, para un periodo de retorno de 25 años, resulta un arrastre de 655.703 toneladas.

Dado el volumen total escurrido con el que se está trabajando, se puede deducir que, para el periodo de retorno de 500 años, el río de la Cala cargaría con 223 kilogramos de partículas sedimentarias por cada metro cúbico de caudal; el Jaboneros con 441 kgs. y los arroyos Piletas y Pollo Zamora con 501 y 534 kilogramos respectivamente.

Pero más interesante aún resulta la transformación de dichos sedimentos en volumen, para conocer el porcentaje de sedimentos sólidos transportados en el flujo. Para ello, se ha realizado la conversión en volumen ya descrita en el capítulo 7, y se han obtenido los siguientes resultados:

Cuenca	Subcuenca	Punto de caudal	Producción total de sedimentos, en m ³	m ³ de sedimentos por m ³ de agua	% sedimentos en el flujo
LA CALA – PR 500 años	1-0 (Cuenca del río La Cala)	PC 1	26 526	0.048	4.8
		PC 2	45 930	0.047	4.7
		PC 3	74 736	0.046	4.6
		PC 4	165 453	0.080	8.0
	1-1 (Cuenca del río La Cala - Afluente 1)	PC 1	17 456	0.057	5.7
1-2 (Cuenca del río La Cala - Afluente 2)	PC 1	14 279	0.053	5.3	
JABONEROS - PR 500 años	2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)	PC 1	336 856	0.167	16.7
		PC 2	451 419	0.147	14.7
		PC 3	556 040	0.140	14.0
		PC 4	772 735	0.158	15.8
	2-1 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 1)	PC 1	5 362	0.038	3.8
	2-2 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 2)	PC 1	13 139	0.136	13.6
	2-3 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 3)	PC 1	20 559	0.164	16.4
	2-4 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 4)	PC 1	15 880	0.152	15.2
2-5 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 5)	PC 1	22 330	0.146	14.6	
JABONEROS - PR 25 años	2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)	PC 1	108 467	0.122	12.2
		PC 2	131 186	0.103	10.3
		PC 3	163 493	0.101	10.1
		PC 4	235 019	0.117	11.7
	2-1 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 1)	PC 1	415	0.009	0.9
	2-2 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 2)	PC 1	2 984	0.087	8.7
	2-3 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 3)	PC 1	5 498	0.115	11.5
	2-4 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 4)	PC 1	4 517	0.110	11.0
2-5 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 5)	PC 1	7 780	0.114	11.4	
PILETAS – PR 500 años	3-0 (Cuenca del arroyo Piletas)	PC 1	13 014	0.081	8.1
		PC 2	22 451	0.117	11.7
		PC 3	34 639	0.151	15.1
		PC 4	53 445	0.180	18.0
	3-1 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 1)	PC 1	2 700	0.123	12.3
	3-2 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 2)	PC 1	814	0.069	6.9
	3-3 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 3)	PC 1	4 433	0.246	24.6
POLLO ZAMORA – PR 500 años	4-0 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora)	PC 1	13 816	0.256	25.6
		PC 2	32 119	0.191	19.1
	4-1 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora - Afluente 1)	PC 1	5 291	0.178	17.8

Tabla 8. Transformación de los sedimentos producidos por erosión de suelo en volumen, y relación frente al volumen de caudal. Fuente: elaboración propia.

Los valores resultantes oscilan entre el 8% de material sólido del río de la Cala y el 19% del arroyo Pollo Zamora, con el que nos encontramos prácticamente un flujo hiper-concentrado ya documentado en el referido evento de 2004.

9.4.1.2. Cartografía de incorporación de sólidos por movimientos gravitatorios de laderas en las cuencas de estudio.

La susceptibilidad a que se produzcan movimientos gravitatorios de las laderas anexas a los cauces delimitará una serie de superficies que pueden llegar a incorporar material sólido de manera súbita al flujo de inundación. Buena parte de los distintos elementos que conforman esta cartografía se han recogido en los planos 10, 11 y 12 del anexo 10, y los resultados cartográficos y numéricos quedan expuestos a continuación en este apartado.

Cuenca	Subcuenca	Punto de caudal	Volumen de terreno movilizable (m ³)	m ³ de sedimentos por m ³ de caudal (PR 500 años)	% sedimentos en el flujo
LA CALA	1-0 (Cuenca del río La Cala)	PC 1	12 000	0.022	2.2
		PC 2	13 600	0.014	1.4
		PC 3	47 200	0.029	2.9
		PC 4	51 600	0.025	2.5
	1-1 (Cuenca del río La Cala - Afluente 1)	PC 1	4 800	0.016	1.6
1-2 (Cuenca del río La Cala - Afluente 2)	PC 1	4 400	0.016	1.6	
JABONEROS	2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)	PC 1	1 200	0.001	0.1
		PC 2	2 000	0.001	0.1
		PC 3	8 000	0.002	0.2
		PC 4	9 600	0.002	0.2
	2-1 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 1)	PC 1	400	0.003	0.3
	2-2 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 2)	PC 1	0	0.000	0.0
	2-3 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 3)	PC 1	2 000	0.016	1.6
	2-4 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 4)	PC 1	0	0.000	0.0
2-5 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 5)	PC 1	800	0.005	0.5	
PILETAS	3-0 (Cuenca del arroyo Piletas)	PC 1	6 400	0.040	4.0
		PC 2	6 400	0.033	3.3
		PC 3	8 000	0.035	3.5
		PC 4	8 800	0.030	3.0
	3-1 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 1)	PC 1	0	0.000	0.0
	3-2 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 2)	PC 1	0	0.000	0.0
	3-3 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 3)	PC 1	800	0.044	4.4

POLLO ZAMORA	4-0 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora)	PC 1	11 200	0.207	20.7
		PC 2	20 000	0.119	11.9
	4-1 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora - Afluente 1)	PC 1	3 600	0.121	12.1

Tabla 9. Volumen de terreno susceptible de ser incorporado al flujo de inundación a causa de movimientos gravitatorios de las laderas anexas a los cauces, y porcentaje que representa dicho volumen respecto al caudal. Fuente: elaboración propia.

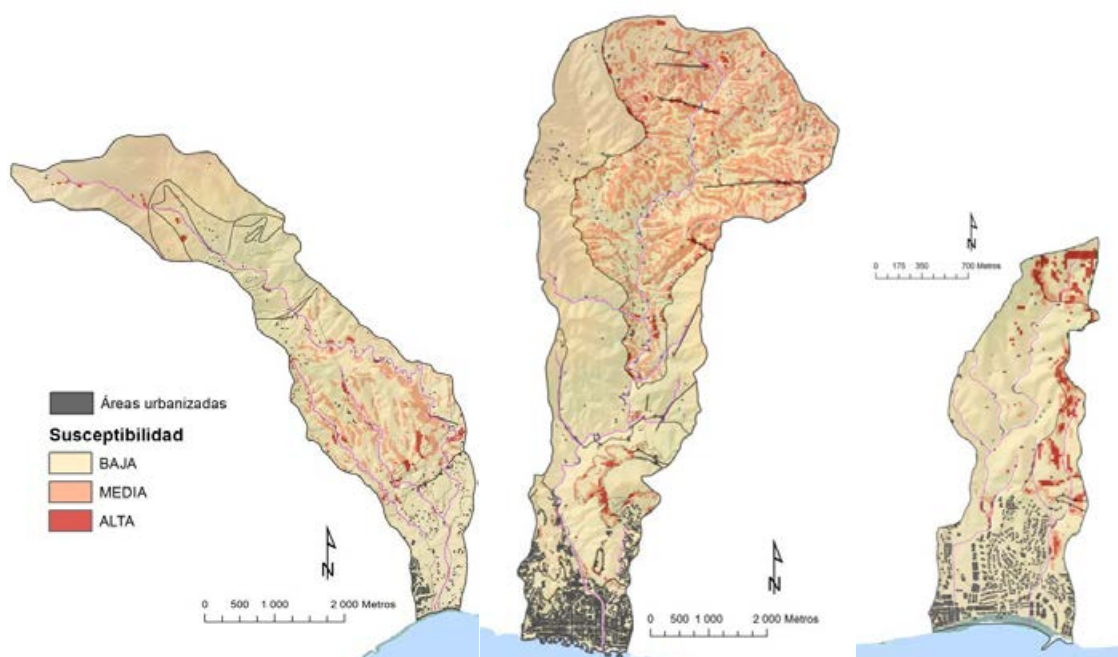


Figura 20. Susceptibilidad a los movimientos de laderas en las cuencas de estudio. Fuente: elaboración propia.

En la cuenca del río de la Cala, las zonas de mayor susceptibilidad a los movimientos en masa se identifican fundamentalmente con la franja intermedia, donde los materiales esquistosos, de coherencia baja, coinciden con pendientes elevadas. El macizo peridotítico de la parte superior tiene alta coherencia y menos susceptibilidad a los deslizamientos. No obstante, dada la gran pendiente de las laderas, hacia las cuales se orienta una parte de las fracturas, cuando llueve se producen avalanchas de esos bloques, lubricados como están por su revestimiento jabonoso de serpentina y por la tierra roja arcillosa procedente de su meteorización. Así, se aprecian diversos procesos activos de deslizamiento e importantes canchales en el cauce del arroyo (Figura 21). La red fluvial, en un material impermeable como es este, aprovecha las débiles líneas del sistema de diaclasas y fallas (Gómez, 2003).



Figura 21. Aludes de piedras en el cauce del río de la Cala, en la parte alta de la cuenca. Foto: autor.

Los usos del suelo, con predominio de arbolado y matorral denso, favorecen la sujeción del suelo, si bien a medida que se van abriendo los valles en la franjas central y baja de la cuenca, aparecen usos agrícolas, residencial e infraestructuras que en determinadas zonas ofrecen una menor oposición a los posibles deslizamientos.

La cuenca del arroyo de los Jaboneros, por su parte, localiza su mayor susceptibilidad al deslizamiento en las filitas y metaareniscas del Maláguide, y especialmente en las calizas del Monte San Antón (ver mapas 11.a y 11.b del Anexo 10). Aquí se producen numerosas caídas de derrubios y desprendimientos de bloques, dada la intensa fisuración que afecta a las calizas masivas por la propia compacidad que las hace menos flexibles al plegamiento y provocan con facilidad su ruptura y diaclasamiento. A partir de este diaclasamiento se producen los procesos erosivos de tipo mecánico, que afectan fundamentalmente a los flancos del relieve y lo pronuncian aún más, dando lugar a frecuentes derrubios en las bases de estos escarpes (Mérida, Perles y Blanco, 1998).

Ya en la parte media-baja de la cuenca el cauce principal y algunos de sus afluentes discurren frecuentemente por los contactos entre las grauwacas y filitas y otros conjuntos de materiales, como las areniscas y conglomerados o las calizas de San Antón. En estos tramos existen diversos procesos activos por descalce de taludes en la cara exterior de los meandros. En estos deslizamientos se da la particularidad de que ya aparecen localizaciones del entorno periurbano de la capital, asentadas sobre laderas que, como el rancho de caballos que se observa en las imágenes de la Figura 22, han sido reforzadas reiteradamente, y otras tantas denudadas.



Figura 22. Procesos activos en laderas situadas en meandros del arroyo Jaboneros, localizados en los contactos entre distintas litologías. Apréciase la precariedad en la que quedan diversas construcciones del periurbano de la capital. Fotos: autor.

La situación en las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora es similar a la del arroyo Jaboneros, si bien en este caso los condicionantes antrópicos, como factores desencadenantes fundamentalmente, alcanzan mayor protagonismo. Así, en el entorno de los nuevos viales existen numerosos descalces de taludes y allá donde se localizan las construcciones residenciales, hay importantes depósitos antrópicos para salvar el abrupto relieve, y que son fácilmente movilizables en caso de activarse el deslizamiento (ver mapa 12 del Anexo 10). En dichas laderas también aparecen procesos activos de movimiento en masa y procesos de erosión acentuados (Figura 23).

Ya al sur de la autovía, y allá donde existen pendientes importantes, inmediatamente al sur del vial, aparecen algunas zonas de coluviones y piedemonte sin costra calcárea, susceptibles de llegar a desencadenar movimientos en masa.



Figura 23. En la imagen de la izquierda puede observarse un importante deslizamiento de ladera que coincide con una zona de relleno para construcción de vial en la cuenca del Arroyo Pollo Zamora. En la imagen de la derecha, evidencias de erosión lateral del cauce del arroyo Piletas. Fotos: autor.

Una vez obtenidas las áreas con alta susceptibilidad, se han seleccionado únicamente aquellas laderas situadas directamente sobre el cauce, y se ha estimado un volumen movilizable que luego ha sido puesto en relación al caudal, resultando la cuenca del Arroyo Pollo Zamora, con amplia diferencia, la de mayor peligrosidad, con una posibilidad de aporte relativo del 12% con respecto al caudal “limpio”. Las restantes cuencas fluctúan entre el 0,2% del Jaboneros y el 3% del Piletas.

9.4.1.3. Cartografía de producción de residuos leñosos en las cuencas de estudio.

La tercera de las peligrosidades individuales estudiadas es la producción e incorporación de residuos leñosos al flujo de inundación. Tras el estudio realizado, se expone la cartografía resultante y los resultados numéricos en la siguiente tabla e figura:

Cuenca	Subcuenca	Punto de caudal	Toneladas de residuos vegetales/año	m3 de residuos vegetales/año	m3 de sedimentos por m3 de agua (PR 500 años)	% sedimentos en el flujo
LA CALA	1-0 (Cuenca del río La Cala)	PC 1	226	437	0.001	0.08
		PC 2	264	510	0.001	0.05
		PC 3	889	1 716	0.001	0.10
		PC 4	773	1 491	0.001	0.07
	1-1 (Cuenca del río La Cala - Afluente 1)	PC 1	101	195	0.001	0.06
	1-2 (Cuenca del río La Cala - Afluente 2)	PC 1	194	374	0.001	0.14
JABONEROS	2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)	PC 1	697	1 346	0.001	0.07
		PC 2	1 131	2 183	0.001	0.07
		PC 3	1 492	2 880	0.001	0.07
		PC 4	1 695	3 273	0.001	0.07
	2-1 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 1)	PC 1	81	156	0.001	0.11
	2-2 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 2)	PC 1	37	71	0.001	0.07
	2-3 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 3)	PC 1	68	131	0.001	0.10
	2-4 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 4)	PC 1	39	75	0.001	0.07
2-5 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 5)	PC 1	67	129	0.001	0.08	
PILETAS	3-0 (Cuenca del arroyo Piletas)	PC 1	12	24	0.000	0.01
		PC 2	21	41	0.000	0.02
		PC 3	32	62	0.000	0.03
		PC 4	35	68	0.000	0.02
	3-1 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 1)	PC 1	13	25	0.001	0.12
	3-2 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 2)	PC 1	8	15	0.001	0.13
	3-3 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 3)	PC 1	5	10	0.001	0.06
POLLO ZAMORA	4-0 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora)	PC 1	3	6	0.000	0.01
		PC 2	8	15	0.000	0.01
	4-1 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora - Afluente 1)	PC 1	5	9	0.000	0.03

Tabla 10. Volumen de residuos vegetales susceptibles de ser incorporados al flujo de inundación, y porcentaje que representa dicho volumen respecto al caudal. Fuente: elaboración propia.

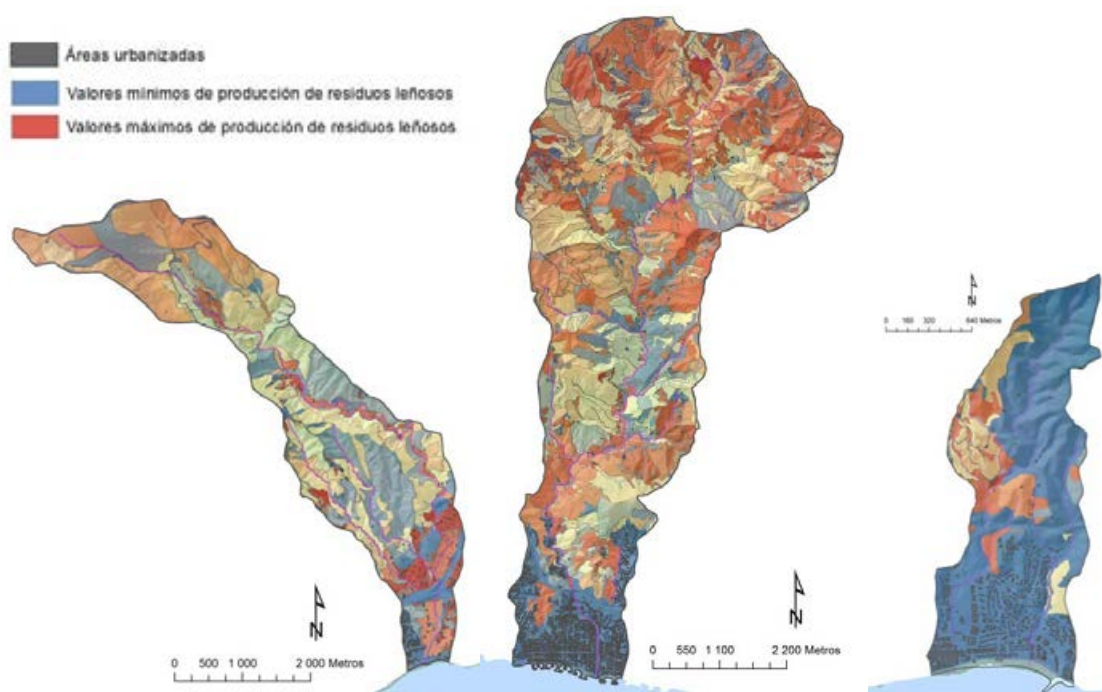


Figura 24. Cuantificación de la producción de residuos vegetales en las cuencas. Fuente: elaboración propia.

En comparación con la incorporación de residuos sólidos por erosión de suelos y por movimientos gravitatorios, la cuantificación de los residuos vegetales muestra valores menos significativos, que en ningún caso llegan al 0,1% del volumen del caudal.

Es en las cuencas del Río de la Cala y del Arroyo Jaboneros donde la masa vegetal y los aprovechamientos agrícolas alcanzan mayor desarrollo, y consecuentemente es aquí donde existe mayor cantidad de restos leñosos potencialmente incorporables al flujo de inundación. En una y otra, respectivamente, se han evaluado 773 y 1.695 toneladas de residuos vegetales, que transformados a volumen alcanzan la cantidad de 1.491 y 3.273 metros cúbicos.

9.4.2. Resultados finales.

Los resultados finales quedan recogidos cartográficamente en los mapas 13, 15 y 17 para la lámina de inundación modificada, y en los mapas 14, 16 y 18 para las áreas causantes o emisoras de peligrosidad.

- Mapa 13: Área inundable modificada y proporción de carga sólida del Río de la Cala.
- Mapa 14: Áreas emisoras de peligrosidad de la cuenca del Río de la Cala.
- Mapa 15: Área inundable modificada y proporción de carga sólida del Arroyo de los Jaboneros.
- Mapa 16: Áreas emisoras de peligrosidad de la cuenca del Arroyo de los Jaboneros.

- Mapa 17: Área inundable modificada y proporción de carga sólida de los arroyos Piletas y Pollo Zamora.
- Mapa 18: Áreas emisoras de peligrosidad de las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora.

9.4.2.1. *Cartografía de inundabilidad modificada en las cuencas de estudio. Comparativa con los modelos unievento y convencional.*

Tal como se viene describiendo, la incorporación de partículas sólidas al flujo ha dado lugar a caudales instantáneos máximos modificados con respecto al estudio hidrológico-hidráulico “clásico”, de los que resultan láminas de inundación igualmente modificadas. Pero más allá del incremento de las láminas de inundación, cabe destacar también el cambio que conllevan dichos nuevos caudales en las condiciones hidráulicas del flujo. Los resultados de uno y otro se recogen en este apartado.

- a) En primer lugar se resumen los porcentajes de sólidos resultantes de las distintas peligrosidades individuales y el porcentaje total de sólidos incorporables al flujo (ver *Tabla 11*).
- b) Seguidamente se presenta la tabla con el total de partículas sólidas, clasificando cada subcuenca en uno de los intervalos de peligrosidad que ya se describieron en el capítulo 7 (ver *Tabla 12*).
- c) En tercer lugar se expone ya el incremento del caudal instantáneo máximo según los porcentajes anteriores de sólidos (ver *Tabla 13*).
- d) Por último, se incluyen tanto las nuevas extensiones de lámina inundable (ver *Figura 26* y *Tabla 14*) como la variación de los resultados hidráulicos en dichas láminas (ver *Tabla 15*). Estas variaciones hidráulicas se han estudiado atendiendo a las siguientes variables: elevación de la lámina de inundación, velocidad del flujo, área de flujo de la sección transversal, tensión cortante y anchura inundada de la sección. En todos los casos se ofrece tanto el valor medio para cada cuenca y subcuenca, como la variación porcentual con respecto al estudio hidráulico original.

a. Resumen de porcentajes de elementos sólidos incorporables al caudal para cada peligrosidad individual asociada.

De la observación de la tabla 11, de elementos sólidos en el flujo por subcuenca, se puede apreciar la distinta importancia de unas y otras peligrosidades según la cuenca considerada. Así, si bien el incremento de sólidos por erosión potencial de suelos es similar en ambas cuencas del Rincón de la Victoria, en el caso del aporte de sólidos por movimientos gravitatorios son más significativos (12% frente al 3%) en la cuenca del Pollo Zamora. En atención a los restos vegetales, se revela una mayor peligrosidad en la cuenca del Jaboneros, por su mayor aprovechamiento agrícola.

Cuenca	Periodo de retorno	Subcuenca	Punto de caudal	% Sólidos por erosión de suelos	% Sólidos por movimientos gravitatorios	% Restos vegetales
LA CALA	PR 500 años	1-0 (Cuenca del río La Cala)	PC 1	4.8	2.2	0.08
			PC 2	4.7	1.4	0.05
			PC 3	4.6	2.9	0.10
			PC 4	8.0	2.5	0.07
		1-1 (Cuenca del río La Cala - Afluente 1)	PC 1	5.7	1.6	0.06
1-2 (Cuenca del río La Cala - Afluente 2)	PC 1	5.3	1.6	0.14		
JABONEROS	PR 25 años	2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)	PC 1	12.2	0.1	0.15
			PC 2	10.3	0.2	0.17
			PC 3	10.1	0.5	0.18
			PC 4	11.7	0.5	0.16
		2-1 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 1)	PC 1	0.9	0.9	0.35
		2-2 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 2)	PC 1	8.7	0.0	0.20
		2-3 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 3)	PC 1	11.5	4.2	0.28
		2-4 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 4)	PC 1	11.0	0.0	0.18
2-5 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 5)	PC 1	11.4	1.2	0.19		
PILETAS	PR 500 años	3-0 (Cuenca del arroyo Piletas)	PC 1	8.1	4.0	0.01
			PC 2	11.7	3.3	0.02
			PC 3	15.1	3.5	0.03
			PC 4	18.0	3.0	0.02
		3-1 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 1)	PC 1	12.3	0.0	0.12
		3-2 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 2)	PC 1	6.9	0.0	0.13
		3-3 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 3)	PC 1	24.6	4.4	0.06
POLLO-ZAMORA	PR 500 años	4-0 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora)	PC 1	25.6	20.7	0.01
			PC 2	19.1	11.9	0.01
		4-1 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora - Afluente 1)	PC 1	17.8	12.1	0.03

Tabla 11. Porcentaje de elementos sólidos en el flujo por subcuenca y punto de caudal para cada peligrosidad individual asociada. Fuente: elaboración propia.

b. Total de partículas sólidas y peligrosidad según su proporción en el flujo.

Concretado lo anterior en volumen total de partículas sólidas y porcentaje de éstas con respecto al flujo total de escorrentía, son las cuencas del Rincón las de mayor peligrosidad, con porcentajes superiores al 20 (Piletas) y 30% (Pollo Zamora), alcanzando intervalos “Muy alto” y “Máximo” respectivamente. La causa principal, atendiendo a los criterios usados por la formulación USLE, es el elevado porcentaje de zonas en construcción en comparación con el total superficial de ambas cuencas.

Las cuencas de Estepona y Málaga, por su parte, se sitúan algo por encima del 10%, con intervalo “Alto” en ambas (ver Tabla 12).

Cuenca	Periodo de retorno	Subcuenca	Punto de caudal	Volumen total de partículas sólidas (m ³)	% del total de partículas sólidas en el flujo	Peligrosidad por porcentaje de sólidos en el flujo
LA CALA	PR 500 años	1-0 (Cuenca del río La Cala)	PC 1	38 963	7.1	Normal
			PC 2	60 040	6.1	Normal
			PC 3	123 652	7.6	Normal
			PC 4	218 545	10.6	Alta
		1-1 (Cuenca del río La Cala - Afluente 1)	PC 1	22 450	7.4	Normal
1-2 (Cuenca del río La Cala - Afluente 2)	PC 1	19 053	7.04	Normal		
JABONEROS	PR 25 años	2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)	PC 1	111 013	12.5	Alta
			PC 2	135 369	10.6	Alta
			PC 3	174 373	10.8	Alta
			PC 4	247 891	12.4	Alta
		2-1 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 1)	PC 1	970	2.2	Normal
		2-2 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 2)	PC 1	3 054	8.9	Normal
		2-3 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 3)	PC 1	7 630	16.0	Alta
		2-4 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 4)	PC 1	4 592	11.2	Alta
2-5 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 5)	PC 1	8 708	12.8	Alta		
PILETAS	PR 500 años	3-0 (Cuenca del arroyo Piletas)	PC 1	19 438	12.1	Alta
			PC 2	28 891	15.0	Alta
			PC 3	42 701	18.6	Alta
			PC 4	62 314	20.9	Muy Alta
		3-1 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 1)	PC 1	2 726	12.4	Alta
		3-2 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 2)	PC 1	829	7.0	Normal
		3-3 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 3)	PC 1	5 243	29.07	Muy Alta
POLLO-ZAMORA	PR 500 años	4-0 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora)	PC 1	25 022	46.3	Máxima
			PC 2	52 133	31.0	Máxima
		4-1 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora - Afluente 1)	PC 1	8 900	29.89	Muy Alta

Tabla 12. Volumen total, porcentaje y peligrosidad del flujo por presencia de partículas sólidas en el caudal. Fuente: elaboración propia.

c. Incremento del caudal instantáneo máximo.

El incremento del caudal oscila entre el 11 y 12% del Río de la Cala y del Arroyo de los Jaboneros, hasta el 21 y 31% de los arroyos Piletas y Pollo Zamora. A nivel de subcuenca y puntos de control, el rango de variaciones es mayor. De tal modo, algunos afluentes apenas ven incrementado su caudal en un 2% (afluente 1 de la cuenca del Arroyo de los Jaboneros), mientras que la cabecera de cuenca del arroyo Pollo Zamora (punto de control 1) aumenta en un 46% (ver *Tabla 13*).

Cuenca	Subcuenca	Punto de caudal	Caudal (m ³ /s)	Incremento caudal con respecto a estudio hidrológico-hidráulico
LA CALA (PR 500 años)	1-0 (Cuenca del río La Cala)	PC 1	38.54	107 %
		PC 2	61.29	106 %
		PC 3	82.90	108 %
		PC 4	107.17	111 %
	1-1 (Cuenca del río La Cala - Afluente 1)	PC 1	24.52	107 %
1-2 (Cuenca del río La Cala - Afluente 2)	PC 1	20.24	107 %	
JABONEROS (PR 25 años)	2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)	PC 1	52.29	113 %
		PC 2	54.51	111 %
		PC 3	59.64	111 %
		PC 4	69.33	112 %
	2-1 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 1)	PC 1	0.28	102 %
	2-2 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 2)	PC 1	1.67	109 %
	2-3 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 3)	PC 1	3.24	116 %
	2-4 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 4)	PC 1	2.79	111 %
2-5 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 5)	PC 1	6.88	113 %	
PILETAS (PR 500 años)	3-0 (Cuenca del arroyo Piletas)	PC 1	24.66	112 %
		PC 2	27.93	115 %
		PC 3	31.13	119 %
		PC 4	34.41	121 %
	3-1 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 1)	PC 1	2.63	112 %
	3-2 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 2)	PC 1	1.36	107 %
	3-3 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 3)	PC 1	4.87	129 %
POLLO ZAMORA (PR 500 años)	4-0 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora)	PC 1	14.99	146 %
		PC 2	33.36	131 %
	4-1 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora - Afluente 1)	PC 1	8.57	130 %

Tabla 13. Caudal instantáneo máximo modificado según propuesta metodológica de incorporación de elementos sólidos al caudal. Fuente: elaboración propia.

d. Nueva extensión de la lámina inundable y variación de los resultados hidráulicos de dichas láminas.

En líneas generales, el incremento de extensión de la lámina inundable responde a los mismos patrones descritos en los subapartados anteriores. No obstante, ya en este paso podemos testear los resultados con las recreaciones *unievento* de las cuencas Jaboneros, Piletas y Pollo Zamora. Y es así que, si bien siguen existiendo diferencias atribuibles a la inexacta información de campo recogida en los análisis *unievento* o bien al propio comportamiento de la simulación en HEC-RAS, sí que se observa un mayor ajuste entre las propuestas metodológicas y las láminas reales de inundación. Este ajuste se aprecia especialmente en las cuencas del Rincón, donde la simulación con la metodología propuesta muestra un frente de inundación que une las láminas de ambas cuencas (ver mapa 17 o Figura 25), tal como ocurrió en el evento pluviométrico de 2004 (ver mapa 8). También la extensión de ambas láminas es más aproximada (ver Figura 26). Es destacable, asimismo, que las principales diferencias de aumento de mancha inundable se observan a partir de los últimos pasos subterráneos del caudal antes de su entrada en la zona urbana, donde la adición de peligrosidades estudiadas refleja una incapacidad de evacuación de estos pasos aún mayor de la representada en el estudio hidrológico-hidráulico anterior.



Figura 25. Detalle, mediante recreación en Google Earth, de la lámina inundable según propuesta metodológica para las cuencas Piletas y Pollo Zamora. Fuente: Elaboración propia.

En el caso del arroyo de los Jaboneros, las similitudes o diferencias deben buscarse de una manera más sutil, aunque aun así puede observarse que el incremento superficial es más aproximado a la simulación del evento real (ver mapas 2, 9 y 15, o Figura 26).

Algo similar a lo comentado con la cuenca del Jaboneros ocurre con el área de estudio de Estepona (ver mapa 13,), si bien en este caso no existe una cartografía unievento que nos permita comparar resultados. En cualquier caso, en estos cauces se producen puntuales incrementos del área inundable con el análisis de la propuesta metodológica, cuyo reflejo más claro se muestra en el área de desbordamiento junto a la desembocadura. En cualquier caso, ninguna de las dos simulaciones llega a franquear la elevación artificial de los taludes de la carretera N-340.








-  Análisis unievento
-  Análisis hidrológico-hidráulico convencional
-  Análisis según propuesta metodológica

Figura 26. Detalles de la superposición de las láminas de inundabilidad resultantes de los análisis convencional, unievento y de propuesta metodológica para las cuencas del Rincón de la Victoria, Málaga y Estepona. Fuente: elaboración propia.

Ciñéndonos a los resultados de los análisis convencional y de la propuesta metodológica, para los que, más allá de la delineación, se dispone también de información hidráulica cuantificada, podemos observar que el incremento de la superficie inundada con la propuesta que aquí se presenta oscila entre algo menos del 10% para las cuencas de La Cala y Jaboneros, un 28% de la cuenca del Piletas, y hasta un 103% en la cuenca del Pollo-Zamora (ver Tabla 14).

Cuenca	Periodo de retorno	Subcuenca	Punto de caudal	Superficie lámina inundable según propuesta metodológica (m ²)	Incremento porcentual con respecto al análisis inicial (%)
LA CALA	PR 500 años	1-0 (Cuenca del río La Cala)	PC 1	51 975	104
			PC 2	86 061	103
			PC 3	203 485	107
			PC 4	296 852	109
		1-1 (Cuenca del río La Cala - Afluente 1)	PC 1	36 651	103
		1-2 (Cuenca del río La Cala - Afluente 2)	PC 1	39 539	103
		TOTAL (eje principal + afluentes)		373 041	108
JABONEROS	PR 25 años	2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)	PC 1	-	-
			PC 2	3 333	111
			PC 3	74 770	106
			PC 4	172 861	109
		2-1 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 1)	PC 1	7 316	103
		2-2 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 2)	PC 1	10 755	120
		2-3 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 3)	PC 1	9 801	122
		2-4 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 4)	PC 1	13 082	104
		2-5 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 5)	PC 1	10 092	101
TOTAL (eje principal + afluentes)		223 907	109		
PILETAS	PR 500 años	3-0 (Cuenca del arroyo Piletas)	PC 1	33 091	106
			PC 2	33 091	106
			PC 3	36 331	106
			PC 4	233 960	129
		3-1 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 1)	PC 1	5 674	107
		3-2 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 2)	PC 1	2 898	102
		3-3 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 3)	PC 1	2 727	108
TOTAL (eje principal + afluentes)		245 260	128		
POLLO-ZAMORA	PR 500 años	4-0 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora)	PC 1	11 148	115
			PC 2	85 137	216
		4-1 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora - Afluente 1)	PC 1	6 398	111
TOTAL (eje principal + afluentes)		91 532	203		

Tabla 14. Superficie inundable según propuesta metodológica por punto de control, e incremento porcentual respecto al análisis convencional. Fuente: elaboración propia.

En atención a los restantes resultados hidráulicos, resumidos en la Tabla 15, se debe destacar que la elevación media de la lámina inundable aumenta entre un 5 y un 15% según la cuenca considerada, la velocidad del flujo entre un 3 y un 9%, la sección mojada entre un 7 y un 11%, y la tensión cortante entre un 3 y un 7%. En el caso de la anchura inundada de sección, los importantes contrastes geomorfológicos de las cuencas del Rincón entre los tramos alto y medio con respecto al tramo de llanura litoral dan lugar a anchuras medias bastante superiores, por encima en ambos casos del 200%.

Cuenca	Periodo de retorno	Elevación de la lámina de inundación	Velocidad del flujo	Área de flujo de la sección transversal	Tensión cortante	Anchura inundada de la sección	Incremento porcentual con respecto a estudio hidrológico-hidráulico inicial (%)				
							Elevación de la lámina de inundación	Velocidad del flujo	Área de flujo de la sección transversal	Tensión cortante	Anchura inundada de la sección
		(m)	(m/s)	(m ²)	(N/m ²)	(m)					
LA CALA	500 años	1.02	4.07	14.48	491.87	22.19	107	104	111	103	106
JABONEROS	25 años	0.80	3.40	9.37	337.56	14.28	105	103	107	103	110
PILETAS	500 años	0.61	3.68	4.27	465.11	30.67	105	103	109	107	281
POLLO- ZAMORA	500 años	0.58	3.56	11.21	448.59	46.69	115	109	109	106	209

Tabla 15. Valores medios de los resultados hidráulicos con los datos de caudal modificados según propuesta metodológica, y comparativa con respecto al estudio hidrológico-hidráulico inicial. Fuente: elaboración propia.

9.4.2.2. Cartografía de áreas causantes de peligrosidad en las cuencas de estudio.

En relación, por último, a la cartografía de áreas emisoras de peligrosidad, y tal como puede observarse en los mapas 14, 16 y 18 del anexo cartográfico, destacan especialmente las zonas con elevada susceptibilidad a la producción de sedimentos por erosión de suelo. En el caso del Río de la Cala se localizan en el entorno de los ejes de la autopista y autovía, y en las urbanizaciones agrícolas y residenciales, nomenclatura con la que el mapa de usos del suelo de Andalucía recoge los “campitos”. En la cuenca del Jaboneros, se sitúan en la cabecera de la cuenca, donde existen las mayores pendientes (ver *mapa 16*). Y en las cuencas del Rincón ocupan buena parte de la superficie por encima de la autovía, básicamente por la existencia de la urbanización Parque Victoria.

En este último caso, y por la misma razón, existen también numerosas áreas con peligrosidad por presencia de depósitos antrópicos susceptibles de ser movilizados (ver *mapa 18*). Esta peligrosidad es menos significativa en las cuencas de Málaga y Estepona, donde sí aparecen, por el contrario, zonas con elevada susceptibilidad a la producción de restos vegetales.

Los depósitos naturales susceptibles de ser movilizados se dan principalmente en la cuenca del Río de la Cala (ver *mapa 14*), por la existencia de numerosos canchales y descalces en zonas inundables donde existe alta peligrosidad por tensión cortante, velocidad o profundidad del flujo.

Otras peligrosidades con menor representación territorial, pero que pueden ser tan significativas como las anteriores si se activan, son los posibles focos de contaminación que se puedan extender con el flujo y las edificaciones precarias en zonas inundables. En el primer caso, solo existe un ítem, en las cuencas del Rincón, al aparecer una gasolinera en la zona inundable. Respecto a la segunda peligrosidad, se da principalmente en la cuenca del río de la Cala, donde el tipo de desarrollo antrópico seguido históricamente ha ido dando lugar a numerosos almacenes de aperos que se sitúan frecuentemente en la zona inundable.

9.5. Otros resultados: cambios en los patrones territoriales y análisis evolutivo de inundabilidad y erosión potencial de suelos en las cuencas de estudio entre 1956 y 2003.

9.5.1. Cambios en los patrones territoriales de las cuencas litorales del mediterráneo andaluz.

Los resultados aquí reunidos responden al estudio de cambios de usos del suelo y patrones territoriales realizado en las cuencas de estudio en base a cinco fechas de trabajo: 1956, 1977, 1999, 2003 y 2010. Para cada una de ellas, y con el apoyo de las correspondientes ortoimágenes, se han digitalizado los distintos aprovechamientos y modelos urbanísticos.

En líneas generales se observa como el litoral mediterráneo, y en concreto las áreas de estudio, se han visto inmersas en un acelerado proceso de atracción turística, residencial y económica, acompañado de un incremento poblacional muy notable. A raíz de ello, el porcentaje de superficie urbanizada en las cuencas de trabajo se ha multiplicado por cinco entre dichas fechas, si bien la mayor superficie de la cuenca del Jaboneros desdibuja los resultados de las restantes cuencas, más pequeñas, y en las que el porcentaje de poblamiento se ha multiplicado por 17 para el caso de Estepona y por 38 para el caso del Rincón de la Victoria. Entre las distintas consecuencias de esto cabe destacar como aspecto fundamental que la permeabilización del suelo ha pasado de ser, en términos medios, del 2 al 10% (para desglose por cuencas, ver Figura 3 del Capítulo V).

Aunque el motor principal en una primera fase ha sido el turismo, poco después el impulso de la segunda residencia y la modalidad de turismo residencial han sido los verdaderos transformadores del espacio. Se han sumado, no obstante, otros procesos, como los regadíos y las agriculturas intensivas, y el desarrollo de las infraestructuras viarias longitudinales al litoral. En el lado contrario, ha estado el abandono de los espacios agrícolas tradicionales.

La concentración de poblamiento no se ha limitado a la llanura litoral, sino que poco después se ha extendido por las laderas de las sierras litorales. Tal es el caso de las cuencas de los arroyos Pileta y Pollo Zamora, y en menor medida también de la cuenca del arroyo de los Jaboneros. Además, no ha respondido a patrones concentrados, sino que se ha generado un poblamiento difuso (*campitos*, en la cuenca de Estepona), o en el mejor de los casos de urbanizaciones y barriadas aisladas (Parque Victoria, en las cuencas del Rincón, y barriadas La Mosca, La Cerrajerilla o Pinares San Antón, en la cuenca malagueña). En todos los casos, no obstante, se observa una estrecha dependencia, tanto temporal como geográfica, de la aparición de los ejes viarios: N-340 en relación con los primeros asentamientos, a mitad del siglo pasado, y autovía A-7 en relación a los más recientes. Estos viales, más allá de sus consecuencias derivadas, también han generado importantes transformaciones y condicionantes, fundamentalmente por las explanaciones y obras de paso transversales que llevan aparejados, eliminando vías de flujo preferente y las necesarias áreas de desbordamiento previas a la entrada de los cauces en las tramas urbanas.

Se aprecia también la falta de planificación y control administrativo en los nuevos patrones, destacado en el caso de la cuenca del Río de la Cala, donde los propios técnicos responsables de catastro del ayuntamiento de Estepona reconocen un 70% de viviendas ilegales. También en el caso de Málaga, se observa dicho desarrollo al margen de la legalidad en barriadas como La Mosca o La Cerrajerilla. Al respecto, la inacción, que no desconocimiento, por parte de la administración local

debería llevarnos, entre muchas otras razones, a replantear el reparto competencial en materia urbanística entre municipios y comunidades autónomas.

En último lugar, y en base a los principales grupos de usos del suelo para las distintas cuencas de trabajo y periodos estudiados:

- Entre 1956 y 1999 los cambios más destacables están relacionados con los usos agrícolas. Se observan tanto transformaciones, en uno y otro sentido, entre áreas agrícolas y áreas naturales, como conversiones de áreas agrícolas a suelo urbano e infraestructuras. También destaca la transformación de riberas a suelo agrícola, por el menor control de la administración sobre los cauces durante el siglo XX, lo que hizo retroceder de manera importante el territorio fluvial.
- Entre 1999 y 2010, las transformaciones más importantes se dan fundamentalmente por la transformación de áreas agrícolas y áreas naturales a suelo urbano e infraestructuras.

9.5.2. Cartografía de inundabilidad en las cuencas de estudio en el año 1956.

El estudio comparado de la inundabilidad en los años 1956 y 2003 permite conocer cómo ha cambiado el área inundable en los últimos 50 años, situándose la primera fecha en el instante previo a la llegada del desarrollo turístico y consiguiente auge de la periurbanización en el litoral mediterráneo, y la segunda fecha en el instante álgido de dicho proceso. Así, esta comparativa hace reconocible los cambios producidos en relación a la inundabilidad y otros riesgos naturales en el ámbito de estudio antes y después del desarrollo de la periurbanización.

Considerando en primer lugar el umbral de escorrentía, su evolución ha sido la siguiente (ver Tabla 16 e Figura 27):

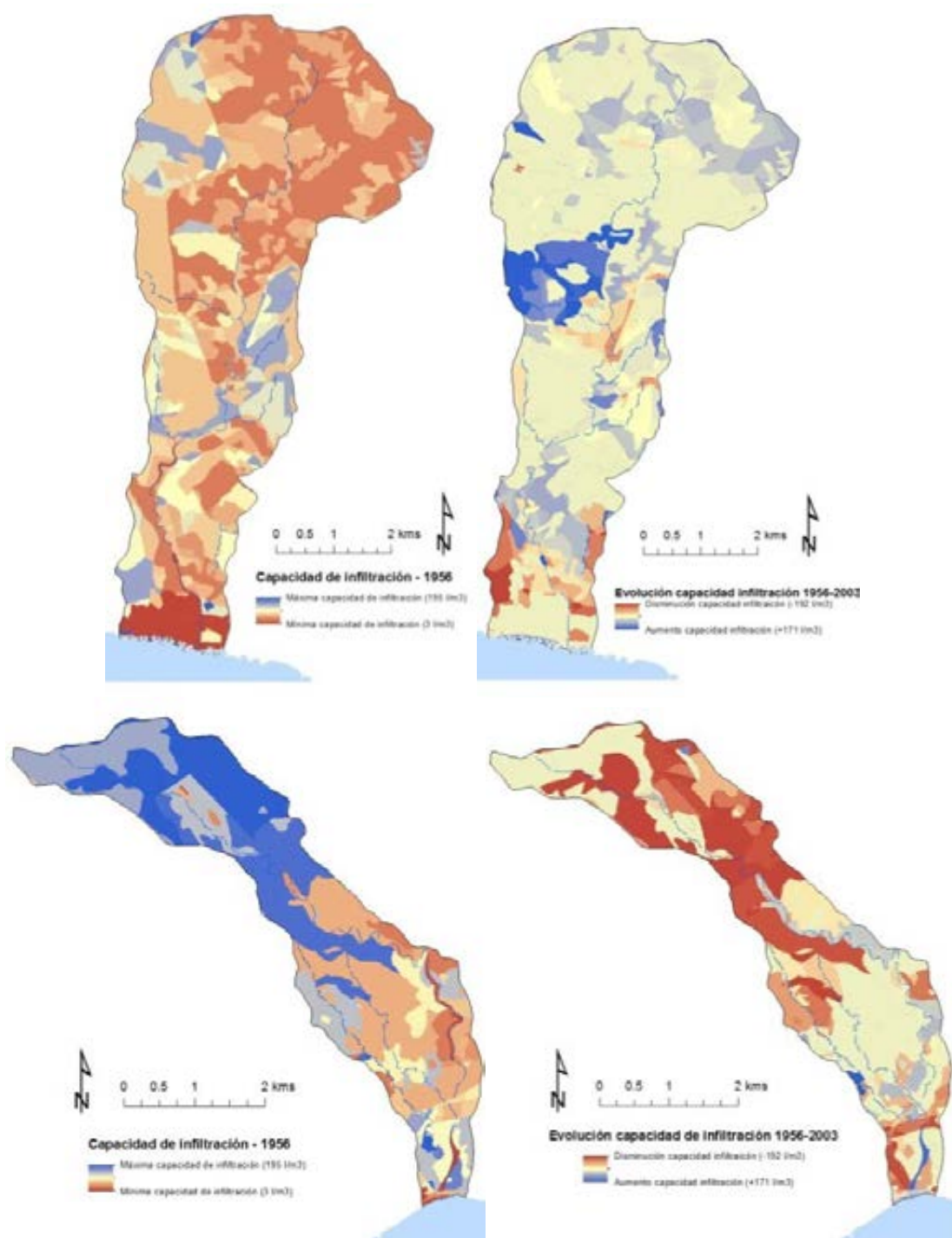
Cuenca	Subcuenca	Punto de caudal	Umbral de escorrentía Po (l/m ²)		Variación del umbral de escorrentía (2003 – 1956)	
			2003	1956	l/m ²	Variación porcentual (%) ³
LA CALA	1-0 (Cuenca del río La Cala)	PC 1	71.49	127.08	-55.6	56.3
		PC 2	62.65	124.67	-62.0	50.3
		PC 3	57.18	106.88	-49.7	53.5
		PC 4	53.24	92.70	-39.5	57.4
	1-1 (Cuenca del río La Cala - Afluente 1)	PC 1	41.75	55.25	-13.5	75.6
1-2 (Cuenca del río La Cala - Afluente 2)	PC 1	45.91	66.89	-21.0	68.6	
JABONEROS	2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)	PC 1	41.78	34.58	7.2	120.8
		PC 2	53.52	43.96	9.6	121.7
		PC 3	58.24	47.83	10.4	121.8
		PC 4	55.67	47.54	8.1	117.1
	2-1 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 1)	PC 1	112.97	44.99	68.0	251.1
	2-2 (Cuenca del arroyo Jaboneros -	PC 1	84.62	76.55	8.1	110.5

³ Porcentaje en 2003 con respecto a 1956.

	Afluente 2)					
	2-3 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 3)	PC 1	70.61	73.62	-3.0	95.9
	2-4 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 4)	PC 1	63.7	68.47	-4.8	93.0
	2-5 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 5)	PC 1	37.95	51.73	-13.8	73.4
PILETAS	3-0 (Cuenca del arroyo Piletas)	PC 1	16.82	58.92	-42.1	28.6
		PC 2	21.63	64.09	-42.5	33.8
		PC 3	22.91	63.52	-40.6	36.1
		PC 4	25.39	65.59	-40.2	38.7
	3-1 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 1)	PC 1	81.60	91.96	-10.4	88.7
	3-2 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 2)	PC 1	93.40	103.43	-10.0	90.3
	3-3 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 3)	PC 1	21.60	79.47	-57.9	27.2
POLLO-ZAMORA	4-0 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora)	PC 1	7.00	26.10	-19.1	26.8
		PC 2	6.10	46.05	-40.0	13.2
	4-1 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora - Afluente 1)	PC 1	5.00	39.23	-34.2	12.7
<i>Todas las cuencas y subcuencas</i>		<i>Valor mínimo</i>	5.00	26.10	-21.1	19.2
		<i>Valor máximo</i>	112.97	127.08	-14.1	88.9
		<i>Valor medio</i>	37.54	63.12	-25.6	59.5

Tabla 16. Capacidad de infiltración o umbral de escorrentía (l/m²) en 1956 y comparativa respecto a los valores de 2003. Fuente: elaboración propia.

Entre 1956 y 2003, la disminución del umbral de escorrentía en las cuencas del Rincón de la Victoria ha sido especialmente destacada, habiéndose reducido de 66 a 25 litros/m² en la cuenca del Piletas y de 46 a 6 litros/m² en la del Pollo Zamora, lo que significa que casi cualquier precipitación, sin necesidad de tratarse de un evento tormentoso intenso, genera escorrentía directa. En este caso, y se trata de uno de los modelos más extendidos en el litoral mediterráneo malagueño, las alteraciones antrópicas se sitúan con una responsabilidad directa en la peligrosidad de inundación. Como ya se vio en el capítulo 5, estas cuencas han pasado, entre dichas fechas, de tener urbanizado o alterado apenas un 2% de su superficie hasta casi un 80%.



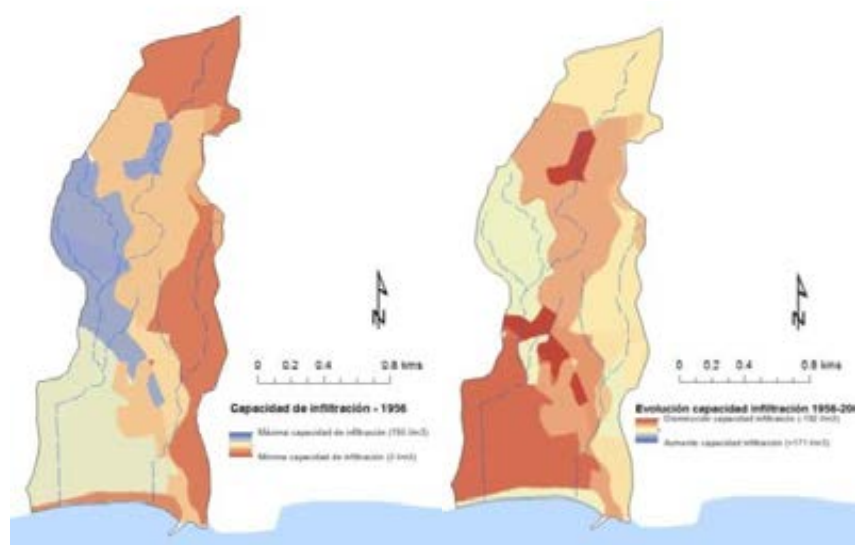


Figura 27. Cartografía de capacidad de infiltración o umbral de escorrentía en el año 1956 y cartografía de incremento/disminución entre 1956 y 2003. En la primera, el color azul indica la máxima capacidad de infiltración y el color rojo la mínima. En la cartografía de evolución, el color azul indica un aumento de la capacidad de infiltración, y el color rojo una disminución. Fuente: elaboración propia.

En el caso de la cuenca del río de la Cala también existe una importante reducción del coeficiente de escorrentía, que pasa de los 93 litros/m², lo que garantizaba una importante protección frente a inundaciones, a los 53 litros/m². Si bien en este caso el incremento de suelo urbanizado no es tan notable (se sitúa apenas en el 5,2%), se han dado otros factores como la aparición de las infraestructuras viarias o, especialmente, la pérdida de importantes zonas de masa forestal en la mitad septentrional de la cuenca, que en 1956 aún se mantenía virgen y libre de caminos, cultivos y casas.

Para la cuenca del arroyo de los Jaboneros, por el contrario, se ha dado una evolución positiva del umbral de escorrentía, incrementándose desde los 48 l/m² a los 56 litros/m², pues buena parte de la zona urbana ya existía en los años 50, mientras que algunas zonas han sido forestadas en estos años, principalmente por su cercanía al Parque Natural Montes de Málaga, o bien se ha desarrollado el porte de la vegetación en otras.

El aumento de esta variable, con la excepción citada de la cuenca malagueña, significa que se favorece el escurrimiento sobre la infiltración, con lo que la escorrentía real aumenta y el almacenamiento máximo potencial de agua en el suelo disminuye.

Para hacernos una idea efectiva de lo que supone este aumento, para una tormenta que descargue 100 l/m² en cada cuenca, las cuencas del Rincón han sufrido con estos cambios en su umbral de escorrentía un incremento de caudal de 90.346 m³, y para la cuenca de Estepona, de 446.350 m³. En el caso del arroyo Jaboneros, el caudal sería de 179.880 m³ menos que en 1956.

Considerando las dimensiones de cada una de las cuencas, se aprecia que dicha lluvia produciría indudablemente inundaciones en las cuencas de Piletas y Pollo Zamora, y probablemente también en la de Estepona, si bien en este último caso el incremento de peligrosidad no iría acompañado necesariamente del nivel de riesgo que en las anteriores.

Atendiendo ahora al caudal instantáneo máximo para las distintas cuencas y puntos de control, resultan los siguientes valores (ver Tabla 17):

Cuenca	Subcuenca	Punto de caudal	Caudal (m ³ /s)		Variación del caudal (2003 – 1956)	
			2003	1956	m ³ /s	Variación porcentual (%) ⁴
LA CALA	1-0 (Cuenca del río La Cala)	PC 1	35.98	16.93	19.1	212.5
		PC 2	57.75	25.84	31.9	223.5
		PC 3	77.07	39.48	37.6	195.2
		PC 4	96.92	55.07	41.9	176.0
	1-1 (Cuenca del río La Cala - Afluente 1)	PC 1	22.83	18.44	4.4	123.8
1-2 (Cuenca del río La Cala - Afluente 2)	PC 1	18.91	13.89	5.0	136.1	
JABONEROS	2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)	PC 1	154.51	176.14	-21.6	87.7
		PC 2	185.68	217.38	-31.7	85.4
		PC 3	193.91	229.63	-35.7	84.4
		PC 4	211.64	238.09	-26.5	88.9
	2-1 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 1)	PC 1	8.16	22.55	-14.4	36.2
	2-2 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 2)	PC 1	7.67	8.89	-1.2	86.3
	2-3 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 3)	PC 1	11.14	10.78	0.4	103.3
	2-4 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 4)	PC 1	9.33	8.79	0.5	106.1
2-5 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 5)	PC 1	17.84	14.07	3.8	126.8	
PILETAS	3-0 (Cuenca del arroyo Piletas)	PC 1	21.99	10.28	11.7	213.9
		PC 2	24.28	11.80	12.5	205.8
		PC 3	26.26	12.94	13.3	202.9
		PC 4	28.45	14.44	14.0	197.0
	3-1 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 1)	PC 1	2.34	1.98	0.4	118.2
	3-2 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 2)	PC 1	1.27	1.10	0.2	115.5
	3-3 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 3)	PC 1	3.77	1.45	2.3	260.0
POLLO-ZAMORA	4-0 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora)	PC 1	10.25	7.16	3.1	143.2
		PC 2	25.46	12.19	13.3	208.9
	4-1 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora - Afluente 1)	PC 1	6.60	3.51	3.1	188.0
Todas las cuencas y subcuencas		Valor mínimo	1.27	1.10	0.2	115.5
		Valor máximo	211.64	238.09	-26.5	88.9
		Valor medio	46.67	43.44	3.2	107.4

Tabla 17. Caudal instantáneo máximo de los distintos puntos de control en cada una de las cuencas estudiadas para la fecha de 1956 (periodo de retorno de 500 años) y evolución con respecto a 2003. Fuente: elaboración propia.

La comparación de resultados entre ambas fechas es análoga a lo ya comentado en relación al umbral de escorrentía. Para el periodo de retorno de 500 años, los arroyos Piletas y Pollo Zamora aumentan su caudal entre una y otra fecha en torno al 200%, y algo menos (176%) para el río de la

⁴ Porcentaje en 2003 con respecto a 1956

Cala. En la cuenca del arroyo de los Jaboneros, éste disminuye al 89%. Para periodos de retorno menores, aunque no se hayan incluido aquí los resultados para no hacer ilegible el capítulo con excesiva información, las diferencias de caudal son aún más acusadas.

En atención, en último lugar, a los resultados hidráulicos, se pueden observar los mapas de áreas inundables para la simulación de 1956 en el anexo 10.

- Mapa 5: Área inundable Río de la Cala – PR 500 años – Simulación 1956
- Mapa 6: Área inundable Arroyo Jaboneros – PR 500 años – Simulación 1956
- Mapa 7: Área inundable arroyos Piletas y Pollo Zamora – PR 500 años – Simulación 1956

La tabla con el área inundable y los valores medios de las secciones de control, para el periodo de retorno de 500 años, es la siguiente:

Cuenca	Fecha	Superficie de la lámina inundable	Elevación de la lámina de inundación	Velocidad del flujo	Área de flujo de la sección transversal	Tensión cortante	Anchura inundada de la sección
		(m ²)	(m)	(m/s)	(m ²)	(N/m ²)	(m)
LA CALA	1956	296 530	0.8	3.6	9.1	556.3	17.8
	2003	345 756	1.0	3.9	13.0	496.3	20.9
	2003-1956	49 225	0.2	0.3	3.9	-60.1	3.1
	Variación porcentual	117 %	125 %	109 %	143 %	89 %	117 %
JABONEROS	1956	595 875	1.6	5.7	23.7	672.5	39.7
	2003	518 238	1.4	5.5	22.1	716.5	34.2
	2003-1956	-77 637	-0.1	-0.2	-2.4	60.0	-5.5
	Variación porcentual	87 %	91 %	96 %	89 %	108 %	86 %
PILETAS	1956	74 380	0.4	3.4	2.4	409.1	8.5
	2003	191 879	0.6	3.5	3.9	432.7	10.9
	2003-1956	107 439	0.1	0.3	1.5	26.3	2.4
	Variación porcentual	244 %	131 %	109 %	162 %	106 %	128 %
POLLO-ZAMORA	1956	26 200	0.4	4.1	3.0	618.9	10.0
	2003	45 167	0.5	3.3	10.3	420.9	22.3
	2003-1956	20 318	0.0	-0.8	7.3	-198.0	12.3
	Variación porcentual	172 %	110 %	79 %	341 %	68 %	223 %

Tabla 18. Valores medios de los resultados hidráulicos en las secciones de control en 1956 y evolución con respecto a 2003. Fuente: elaboración propia.

Entre 1956 y 2003, la superficie total inundada aumenta un 17% para el río de la Cala y se dobla para los arroyos del Rincón. En el caso del arroyo Jaboneros, disminuye un 13%, lo que muestra la repercusión que los cambios en los usos del suelo han tenido sobre la peligrosidad de inundación.

La altura media de la lámina en las secciones aumenta igualmente entre un 10 y un 31% en todos los arroyos, salvo en el Jaboneros, donde disminuye un 9%. Dado el tipo de sección característica de los ríos mediterráneos estudiados, en forma de “V” profunda durante buena parte de su recorrido, resultan aún más expresivos los datos de la sección mojada, o área de flujo de la sección transversal. Ésta equivale a un “corte vertical” de la lámina de inundación, y muestran incrementos de entre el 43 y el 241% en los arroyos de Estepona y Rincón, y un ligero decremento del 11% en el arroyo Jaboneros.

Los valores medios de velocidad y tensión cortante del flujo pueden resultar confusos estadísticamente, dado que al aumentar la zona inundada, los valores de estas nuevas áreas menos dinámicas diluyen el valor real. En estos casos, es preciso comparar el valor en cada sección de control, donde sí se aprecian cambios notables entre ambas fechas.

9.5.3. *Análisis de erosión potencial de suelos según formulación RUSLE.*

La erosión potencial de suelos, según la ecuación universal de pérdida de suelos, se ha calculado en las cuencas de estudio con una doble finalidad. De un lado, con la cartografía obtenida mediante la RUSLE se han delimitado las zonas con elevada susceptibilidad a la producción de sedimentos por erosión de suelos, que se han incorporado a la cartografía de áreas emisoras de peligrosidad de inundación y peligrosidades asociadas. Pero igualmente, a partir de esta cartografía RUSLE, y considerando datos de caudal para el evento concreto considerado, se obtiene mediante la formulación MUSLE los sedimentos producidos en dicho evento pluviométrico.

En este apartado se incluye la cartografía y valores resultantes para el primer caso: el estudio cartográfico mediante formulación RUSLE, que ha sido usado para conocer la evolución potencial en la generación de sedimentos por erosión de suelos antes y después del proceso de periurbanización de las cuencas.

Los datos resultantes de la ecuación MUSLE, que ya sí se corresponden con la propuesta metodológica, se incluyen en el apartado 9.4.1.1 (Resultados de la propuesta metodológica: análisis de las peligrosidades individuales).

9.5.3.1. *Cartografía de erosión potencial de suelos en las cuencas de estudio en el año 2003.*

Los resultados de erosión potencial media, por subcuenca y punto de caudal, para la fecha de 2003, son los siguientes (ver Tabla 19 e Figura 28):

Cuenca	Subcuenca	Punto de caudal	Erosión potencial media, según RUSLE, en toneladas por hectárea y año
LA CALA	1-0 (Cuenca del río La Cala)	PC 1	26.2
		PC 2	25.7
		PC 3	26.1
		PC 4	36.7

	1-1 (Cuenca del río La Cala - Afluente 1)	PC 1	32.9
	1-2 (Cuenca del río La Cala - Afluente 2)	PC 1	74.3
JABONEROS	2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)	PC 1	55.9
		PC 2	54.0
		PC 3	50.5
		PC 4	45.9
	2-1 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 1)	PC 1	16.9
	2-2 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 2)	PC 1	62.0
	2-3 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 3)	PC 1	62.7
2-4 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 4)	PC 1	51.8	
2-5 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 5)	PC 1	11.0	
PILETAS	3-0 (Cuenca del arroyo Piletas)	PC 1	159.8
		PC 2	130.1
		PC 3	120.0
		PC 4	101.5
	3-1 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 1)	PC 1	59.9
3-2 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 2)	PC 1	43.2	
3-3 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 3)	PC 1	46.8	
POLLO-ZAMORA	4-0 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora)	PC 1	134.1
		PC 2	58.8
	4-1 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora - Afluente 1)	PC 1	76.8
<i>Todas las cuencas y subcuencas</i>		<i>Valor mínimo</i>	11
		<i>Valor máximo</i>	160
		<i>Valor medio</i>	52

Tabla 19. Erosión potencial de suelos según RUSLE en las distintas cuencas de trabajo en 2003. En negritas se resaltan los valores finales para cada cuenca. Fuente: elaboración propia.

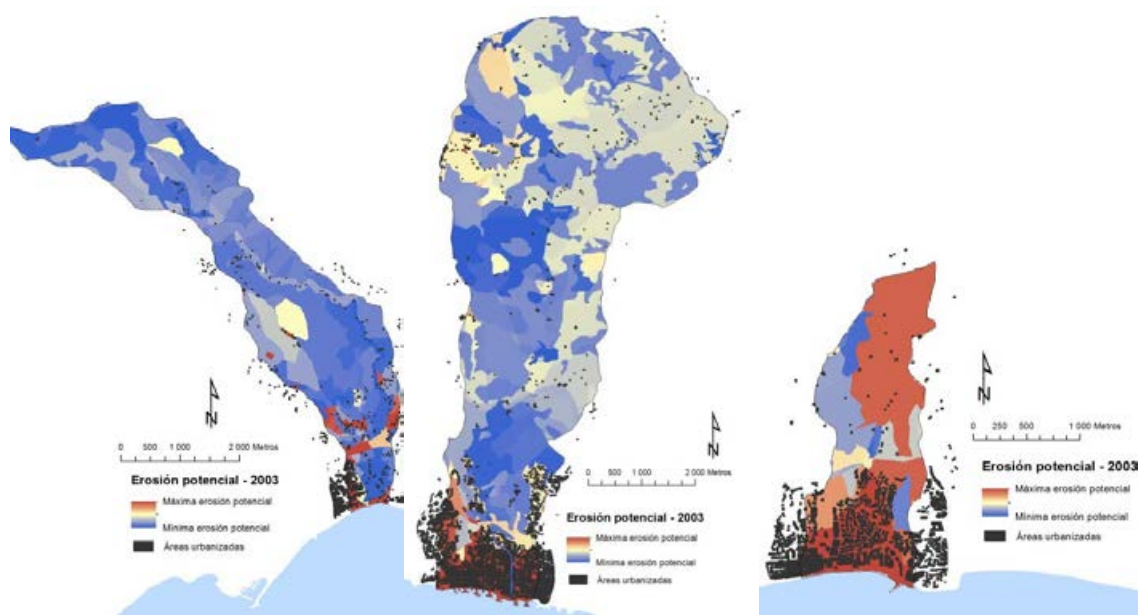


Figura 28. Cartografía de erosión potencial, según la formulación RUSLE, en las distintas cuencas de estudio en 2003. El color rojo indica la máxima erosión potencial y el color azul la mínima. Fuente: elaboración propia.

La generación de sedimentos en los distintos espacios de trabajo muestran importantes contrastes. Así, en la actualidad las cuencas de La Cala y Jaboneros dan un valor potencial de pérdida de suelo de 37 y 46 toneladas por hectárea y año respectivamente, mientras que las cuencas de Piletas y Pollo

Zamora alcanzan la destacable cifra de 101 y 59 toneladas por hectárea respectivamente. La diferencia entre las dos cuencas del Rincón responde a causas estadísticas, dado que la del Pollo Zamora tiene un porcentaje de suelo urbanizado comparativamente mayor a su vecina Piletas. En la provincia de Málaga (ver Figura 29), el valor medio de erosión, obtenido aplicando esta misma metodología, es de 56,3 toneladas por hectárea y año, lo que se explica en que las dos primeras cuencas tienen un porcentaje de naturalización superior a la media provincial.

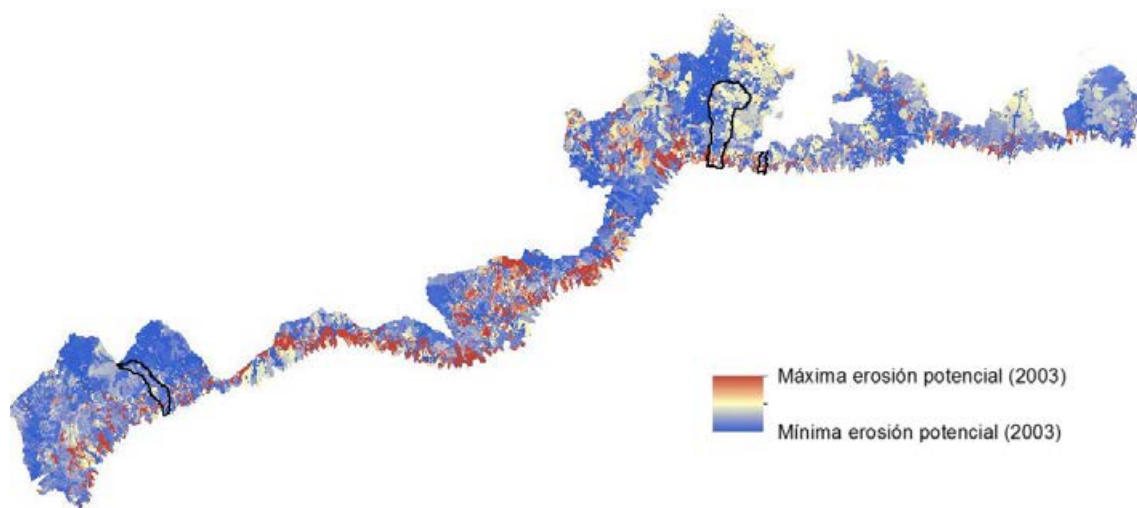


Figura 29. Erosión potencial de suelos. Localización relativa de las cuencas de estudio en los municipios del litoral malagueño. Fuente: elaboración propia.

9.5.3.2. Cartografía de erosión potencial de suelos en las cuencas de estudio en el año 1956.

Los valores y la cartografía de erosión potencial media de pérdida de suelos en 1956, y la evolución entre dicha fecha y 2003 son los siguientes (ver Tabla 20 e Figura 30):

Cuenca	Subcuenca	Punto de caudal	Erosión potencial media en toneladas/ha•año		Variación de la erosión potencial media (2003 – 1956)	
			2003	1956	m ³ /s	Variación porcentual (%)
LA CALA	1-0 (Cuenca del río La Cala)	PC 1	26.2	5.0	21.2	519
		PC 2	25.7	5.5	20.2	467
		PC 3	26.1	11.1	15.0	235
		PC 4	36.7	18.5	18.2	198
	1-1 (Cuenca del río La Cala - Afluente 1)	PC 1	32.9	17.9	15.0	184
	1-2 (Cuenca del río La Cala - Afluente 2)	PC 1	74.3	54.8	19.5	136
JABONEROS	2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)	PC 1	55.9	46.1	9.8	121
		PC 2	54.0	49.1	4.9	110
		PC 3	50.5	49.3	1.2	102
		PC 4	45.9	45.1	0.8	102
	2-1 (Cuenca del arroyo Jaboneros -	PC 1	16.9	47.8	-30.9	35

	Afluente 1)					
	2-2 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 2)	PC 1	62.0	57.8	4.2	107
	2-3 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 3)	PC 1	62.7	59.5	3.2	105
	2-4 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 4)	PC 1	51.8	48.1	3.7	108
	2-5 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 5)	PC 1	11.0	11.2	-0.2	98
PILETAS	3-0 (Cuenca del arroyo Piletas)	PC 1	159.8	19.5	140.3	820
		PC 2	130.1	25.3	104.8	514
		PC 3	120.0	26.3	93.7	456
		PC 4	101.5	23.3	78.2	435
	3-1 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 1)	PC 1	59.9	39.6	20.3	151
	3-2 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 2)	PC 1	43.2	43.2	0.0	100
	3-3 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 3)	PC 1	46.8	22.7	24.1	206
POLLO-ZAMORA	4-0 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora)	PC 1	134.1	20.4	113.7	658
		PC 2	58.8	26.8	32.0	219
	4-1 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora - Afluente 1)	PC 1	76.8	13.9	62.9	551
Todas las cuencas y subcuencas	Valor mínimo		11	5	-31	218
	Valor máximo		160	60	140	268
	Valor medio		52	26	31	200

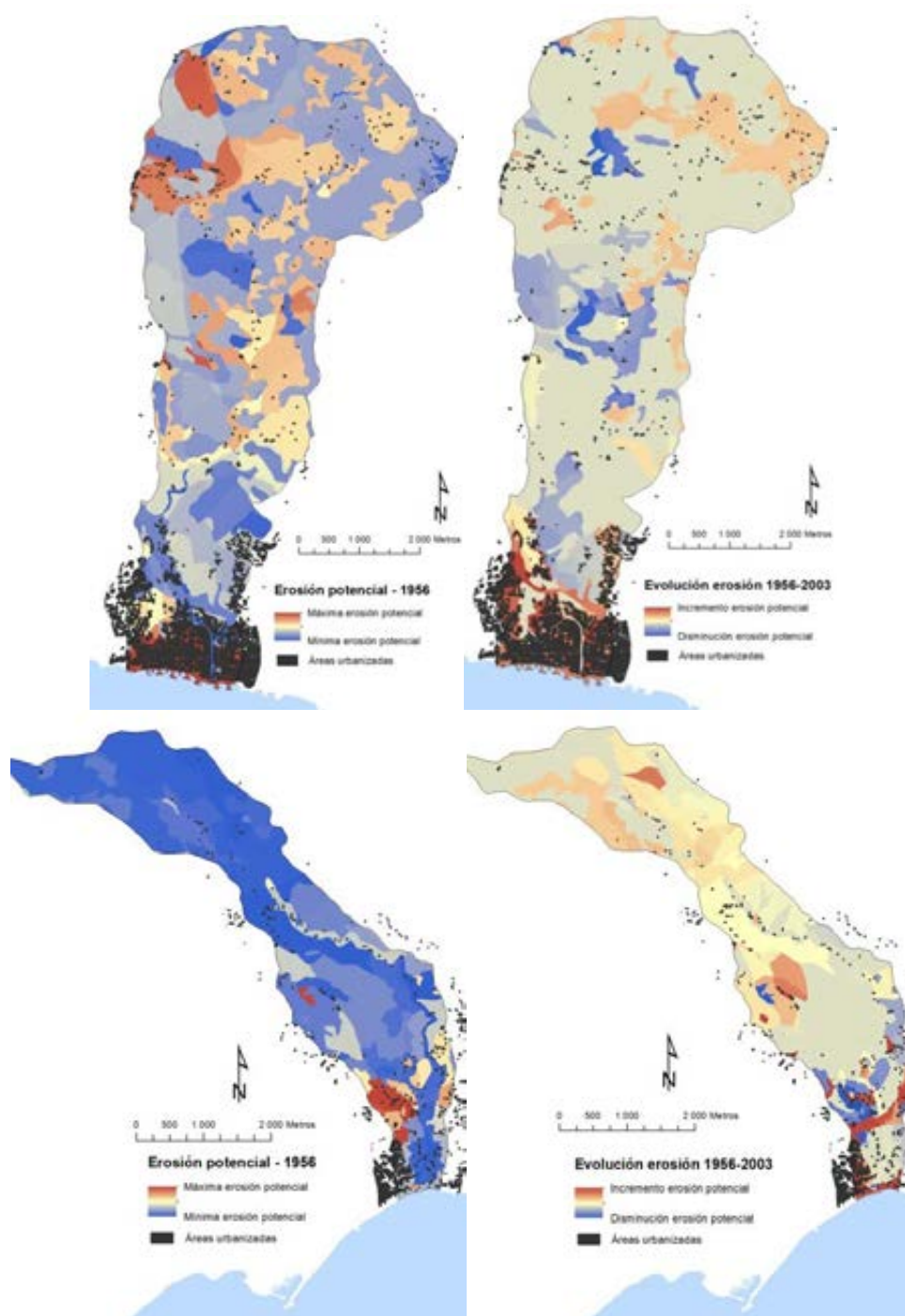
Tabla 20. Erosión potencial media de suelos según RUSLE en 1956, y variación absoluta y porcentual con respecto a 2003. Fuente: elaboración propia.

En 1.956 la erosión potencial en el litoral era muy diferente a la actual. Así, las cuencas de Rincón de la Victoria se situaban en torno a 25 toneladas por hectárea y año, la del Jaboneros producía una media de 45 toneladas y la de Estepona no llegaba siquiera a las 20 toneladas. Con ello, en estas cinco décadas la cuenca de Estepona ha duplicado su pérdida de suelo y las del Rincón llegan a multiplicar su erosión hasta el 435% (Piletas), mientras que la del arroyo Jaboneros se ha mantenido constante.

Frente a estas cifras, contrasta el hecho de que en este mismo periodo de tiempo, la erosión potencial de la provincia de Málaga apenas haya aumentado en un 8% (desde 52,1 a 56,3 toneladas por hectárea y año), lo que deja en evidencia la muy diferente evolución seguida por los municipios litorales y los del interior.

Para el caso de la cuenca del río de la Cala, se dan algunas particularidades, como la presencia de peridotitas, litologías de muy baja erodabilidad, o el importante porcentaje de cubierta forestal densa. Aún así, las altas pendientes y la pérdida de parte de esta cubierta en las últimas décadas ha acercado los valores de erosión potencial a la media provincial.

Las restantes cuencas están conformadas principalmente por filitas, mayoritarias en la cuenca del arroyo Jaboneros, de baja erodabilidad, y por calizas, frecuentes en las cuencas del Rincón de la Victoria, y de erodabilidad media. Las pendientes, si bien no son tan elevadas como en la cuenca de Estepona, también son muy altas. Y el factor de cultivo y ordenación sí resulta más contrastado entre las cuencas del Rincón y la de Málaga, pues en el primer caso tres cuartas partes de la superficie son urbanas o están en proceso de urbanización, mientras que en el segundo este porcentaje se queda en el 10%.



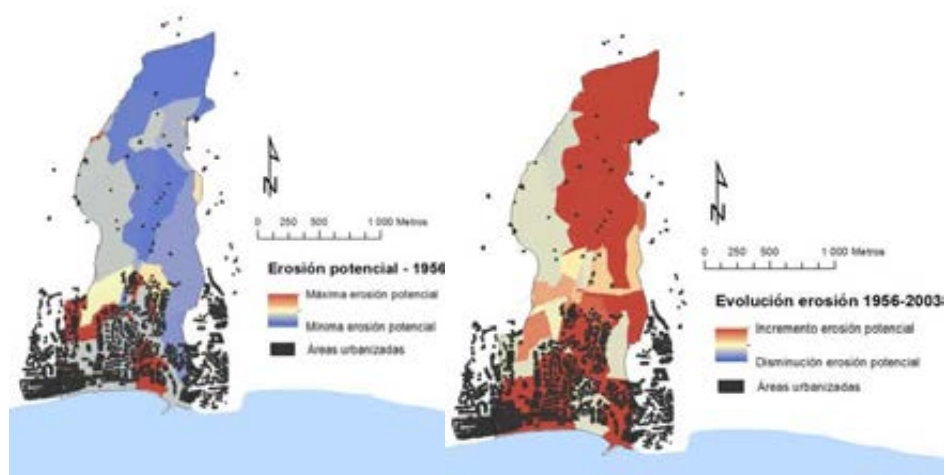


Figura 30. Cartografía de erosión potencial en las cuencas de estudio en 1956, y cartografía de incremento/disminución entre 1956 y 2003. En la primera cartografía, el color rojo indica la máxima erosión potencial y el color azul la mínima. En la cartografía de evolución, el color rojo indica un aumento de la erosión potencial, y el color azul una disminución. Fuente: elaboración propia.

Índice Capítulo IX

9.1. INTRODUCCIÓN.....	295
9.1.1. Modelos metodológicos usados y estructura de exposición de los resultados.	295
9.1.2. Periodos de retorno aplicados en cada cuenca de estudio.	298
9.2. ANÁLISIS HIDROLÓGICO-HIDRÁULICO CONVENCIONAL.....	299
9.3. ANÁLISIS DE EVENTOS HISTÓRICOS DE INUNDABILIDAD: CARTOGRAFÍA UNIEVENTO PARA LOS ARROYOS PILETAS, POLLO ZAMORA Y JABONEROS.	307
9.4. RESULTADOS DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA. CALIBRACIÓN CON LOS RESTANTES MODELOS.	313
9.4.1. Análisis de peligrosidades individuales.....	313
9.4.1.1. Resultados de erosión de suelos, según formulación MUSLE, en las cuencas de estudio.	313
9.4.1.2. Cartografía de incorporación de sólidos por movimientos gravitatorios de laderas en las cuencas de estudio.....	316
9.4.1.3. Cartografía de producción de residuos leñosos en las cuencas de estudio.	320
9.4.2. Resultados finales.....	321
9.4.2.1. Cartografía de inundabilidad modificada en las cuencas de estudio. Comparativa con los modelos unievento y convencional.	322
9.4.2.2. Cartografía de áreas causantes de peligrosidad en las cuencas de estudio.	329
9.5. OTROS RESULTADOS: CAMBIOS EN LOS PATRONES TERRITORIALES Y ANÁLISIS EVOLUTIVO DE INUNDABILIDAD Y EROSIÓN POTENCIAL DE SUELOS EN LAS CUENCAS DE ESTUDIO ENTRE 1956 Y 2003. ..	330
9.5.1. Cambios en los patrones territoriales de las cuencas litorales del mediterráneo andaluz.	330
9.5.2. Cartografía de inundabilidad en las cuencas de estudio en el año 1956.	331
9.5.3. Análisis de erosión potencial de suelos según formulación RUSLE.	337
9.5.3.1. Cartografía de erosión potencial de suelos en las cuencas de estudio en el año 2003.	337
9.5.3.2. Cartografía de erosión potencial de suelos en las cuencas de estudio en el año 1956.	339

Capítulo X. Conclusiones

Las conclusiones tanto del proceso metodológico seguido en la tesis como de la propuesta metodológica de mejora del análisis de la peligrosidad se estructuran en este capítulo en base a sus tres apartados principales: la **influencia de los patrones territoriales periurbanos en relación al riesgo**, la **identificación de problemas y soluciones**, y la **propuesta metodológica de análisis de la peligrosidad adaptada**. Seguidamente, se reseñan también las **principales aportaciones** de este trabajo. Y por último, se enumeran los posibles y diversos campos de investigación abiertos para futuros trabajos relacionados. No menos importante es tener presente las distintas potencialidades que estos espacios abren de cara a su gestión en el futuro. Ambos aspectos quedan apuntados en el apartado de **líneas futuras de investigación**.

10.1. *Discusión y conclusiones.*

10.1.1. *La influencia de los patrones territoriales periurbanos en relación al riesgo.*

En la caracterización morfológica y funcional del litoral mediterráneo andaluz, y tras repasar los factores particulares del medio físico, se entraba en la identificación de los aspectos más directamente relacionados con el medio antrópico, incidiendo de manera especial en la estrecha dependencia que existe entre unos y otros. Esta interrelación se expresa territorialmente de manera concreta en la periurbanización, que debe entenderse como uno de los principales condicionantes del riesgo. El estudio del modo en que dicho proceso de periurbanización y sus patrones territoriales actúan sobre el riesgo se ha basado, de un lado, en el estudio evolutivo de los usos del suelo entre 1956 y 2010, y de otro lado, en el estudio de las peligrosidades de inundación y erosión de suelos entre 1956 y 2003.

10.1.1.1. *Análisis evolutivo de la inundabilidad y erosión potencial de suelos en las cuencas de estudio.*

Para interpretar la afección que la periurbanización ha tenido en los riesgos de inundación y pérdida de suelos, se han realizado sendos estudios de inundabilidad y erosión potencial de suelos en las distintas cuencas de trabajo para los años de 1956 y 2003, entendidas tales fechas como el momento previo al desarrollo de la periurbanización en el litoral mediterráneo, y el momento álgido del proceso.

El estudio de inundación se ha hecho según análisis hidrológico-hidráulico, aprovechando la información disponible sobre usos del suelo en ambos años, de la que pueden extraerse los datos de umbral de escorrentía con los que realizar el análisis.

El incremento de la superficie inundable según las cuencas es muy variable, aunque se podría estimar en torno al 20%, salvo para el caso del arroyo Pollo Zamora, donde se dobla, y el arroyo Jaboneros, donde disminuye un 14%. En el primer caso se obtienen valores tan expresivos por la importancia de los cambios que la urbanización, o mejor dicho pre-urbanización, de su cuenca han introducido en los comportamientos hidrológico e hidráulico de ésta. En la cuenca del arroyo Jaboneros, la reforestación y regeneración de espacios naturales con vegetación de porte matorral han actuado en el sentido contrario, reduciendo el coeficiente de escorrentía y consecuentemente la mancha inundable.

Cabe asumir imprecisiones en este análisis comparativo, fundamentalmente por el propio método usado, el hidrológico-hidráulico, que como se viene defendiendo, no se ajusta bien a las cuencas estudiadas. Y también en relación a la información de partida para los estudios hidráulicos, dado que no existe un modelo digital del terreno (MDT) para la fecha primera, habiéndose usado el mismo MDT de 2003. Ambos condicionantes hacen presuponer que la diferencia entre los resultados de una y otra fecha pudiesen ser aún mayores.

Por su parte, el estudio de erosión potencial se ha realizado mediante aplicación de la formulación USLE, o más concretamente, con la versión revisada, RUSLE. Y aquí la evolución es aún más explícita aún que en el caso de la inundación. Una vez más, en las cuencas del Rincón se obtienen los cambios más evidentes, llegando a multiplicarse por cuatro la producción de elementos sólidos por erosión de suelos. En la cuenca del Río de la Cala se dobla dicha producción, y en la del Jaboneros, a pesar de que amplias superficies mejoran su estimación por las razones anteriormente citadas, el balance sigue saliendo negativo, aunque el incremento sea apenas del 0,8%.

En este caso podríamos entender nuevamente que la modelización USLE conlleva un grado de error que algunos autores estiman no menor, pero precisamente por usarse de manera comparativa, y dado el objetivo fundamental es la caracterización y no tanto la cuantificación, parece que puede resultar especialmente útil el método.

En definitiva, ambas comparativas permiten confirmar sin demasiado margen de duda una de las hipótesis de partida del trabajo: la influencia del patrón territorial periurbano en la producción de los riesgos de inundación y pérdida de suelos.

10.1.1.2. *Las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz como espacio de riesgo.*

Las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo son espacios complejos, que reúnen una amalgama de aprovechamientos y comportamientos dispares, con contrastes ya no solo de uso sino también de intensidades, extensivos o intensivos, y vitalidad, en abandono o desarrollo, de los que resultan patrones territoriales heterogéneos y poco coherentes entre sí.

En estas cuencas se suma la mayor fragilidad en relación a los riesgos naturales, como zona de producción y recepción de éstos, y también el valor estratégico de este territorio. Es aquí donde se localizan los principales conflictos de naturaleza física y antrópica, pero también las principales oportunidades de actuación, por el momento temporal en el que se sitúan.

Y por encima de todo esto, son espacios donde la componente territorial está más presente que en ninguno otro. Son por ello un imán, y a la vez un reto, para el análisis geográfico. No obstante, asumir esta fuerte componente territorial implica reconocer una serie de procesos subyacentes que no siempre son explícitos, son muy variables en el tiempo, o bien son difícilmente modelizables. Al respecto, este trabajo concluye con aspectos que logran ser cuantificados con presumible acierto, pero también con otros que no pueden serlo, y cuya valoración se deja en términos cualitativos. Unos y otros se desarrollarán en el apartado de ‘revisión crítica de la propuesta metodológica’ (10.1.3).

10.1.2. Problemas derivados de las características morfológicas y funcionales e identificación de soluciones para la mejora del análisis de la peligrosidad.

10.1.2.1. Problemas y debilidades de las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz.

Los principales problemas y debilidades resultantes de la caracterización morfológica y funcional de las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo son los siguientes:

- Impredecibilidad del evento tormentoso, por la particularidad climática del litoral mediterráneo. A esto se suman los efectos del cambio climático, tal como ha quedado reflejado en el análisis de precipitación media anual del capítulo V, según el cual se está produciendo un importante descenso de precipitaciones medias en series más recientes con respecto a series históricas, a la par que están aumentando los coeficientes de variación, esto es, la irregularidad de las precipitaciones.
- Inundaciones relámpago, de alta intensidad pluviométrica en muy corto periodo de tiempo. Los valores medios para máximas lluvias diarias en las cuencas de estudio se sitúa en torno a 70-80 mm, siendo la media para la provincia de Málaga de 66,6 l/m².
- Agravamiento de las inundaciones por acción de la pleamar, que puede actuar de manera combinada con la inundación dificultando su normal desagüe.
- Cambios bruscos en la dinámica hidráulica del flujo, por contrastes geomorfológicos y neorelieves. Esto conlleva la facilidad de formación de colapsos.
- Alta capacidad de erosión hídrica y de producción de sedimentos sólidos incorporables al flujo.
- Elevada susceptibilidad a los movimientos gravitacionales, que aumentan de manera brusca la carga sólida del flujo, y en el peor de los casos pueden también provocar colapsos del flujo.
- Alta interferencia de restos vegetales con el flujo de inundación, causantes de atoros y retenciones en las frecuentes obras de paso transversales.
- Comportamiento sinérgico y sistémico, conformando peligrosidades asociadas entre sí.
- Acelerado proceso de concentración espacial y temporal de población, poblamiento y actividad económica.

- Modelo de ocupación del territorio inconexo, difuso y caracterizado por la imprevisión en la urbanización.
- Frecuentes espacios intersticiales y en proceso de cambio, con numerosas líneas de contacto y fricción.
- Procesos de modificación y reajuste de los equilibrios territoriales y naturales anteriores de la cuenca.
- Espacios multifuncionales, con usos y dinámicas territoriales contrastadas, alta imbricación entre aspectos naturales y antrópicos y frecuentes procesos inducidos.
- Ocupación de territorios con escasa capacidad de acogida, que generan importantes procesos de erosión o exposición ante las inundaciones.
- Escenario de actividades contaminantes, que pueden convertirse en focos de dispersión y emisión de la contaminación en caso de inundación.
- Localización preferente de viales y otras grandes infraestructuras, normalmente transversales a los flujos y dinámicas de las cuencas.
- Cambios en los aprovechamientos agrícolas, culpables en una primera fase de frecuentes procesos de deforestación, y actualmente del incremento de escorrentía y erosión de suelos por abandono.
- Intensificación del aprovechamiento o reactivación de los patrones tradicionales asignándoles un nuevo uso, lo que implica desajustes funcionales frecuentemente activadores de riesgos y peligrosidades.
- Existencia de viviendas y otras edificaciones precarias en zona de peligro, generadoras de potenciales elementos de gran volumen incorporables al flujo de inundación.
- Población altamente vulnerable por desconocimiento del medio, directamente relacionado con la vulnerabilidad y exposición de los riesgos.
- Alteraciones geomorfológicas y creación de neorelieves, que conllevan ruptura de los equilibrios de ladera y un gran aporte de elementos sólidos al flujo por desestructuración de los suelos.
- Espacios con superposición de competencias y baja coordinación interadministrativa, sumándose distintas administraciones responsables según se gestionen sus valores naturales, el territorio, los riesgos naturales o los aspectos urbanísticos en los tramos fluviales. Cabe reconocer que desde la Junta de Andalucía, y al menos hasta nueva reorganización administrativa, se han tratado de aunar varias de estas competencias bajo la misma Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, si bien luego se fragmentan igualmente en secretarías generales y direcciones generales.
- Ausencia de un tratamiento legal específico.
- Prioridad de tratamiento sectorial, frente al tratamiento territorial y su incorporación al planeamiento territorial y urbanístico.
- No se consideran los efectos asociados de las distintas peligrosidades.
- Frecuentes tensiones políticas, que condicionan su gestión, por el valor geoestratégico de estos espacios para los distintos administradores.

- El análisis de inundabilidad recogido en el planeamiento municipal (Plan Parcial, normalmente) se realiza con las condiciones de cuenca previas al desarrollo, sin tener en cuenta las importantes transformaciones hidráulicas posteriores al desarrollo, como es el caso, por ejemplo, de la impermeabilización del suelo.
- En el análisis propuesto por la administración y en las distintas normativas relacionadas con la materia se consideran exclusivamente las áreas receptoras del peligro, sin identificar ni actuar sobre las áreas causantes.

La no incorporación de estas características a la gestión administrativa tiene su reflejo más directo en el desconocimiento del riesgo real de las cuencas consideradas y la consecuente ausencia o ineficacia de actuaciones preventivas. De tal modo, y en relación ahora con los nuevos instrumentos normativos surgidos en Andalucía en los últimos años, cabe destacar que de las cuencas de estudio consideradas, quedan incluidas en la identificación de las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs) las del Río de la Cala y del Arroyo de los Jaboneros, y excluidas las del Arroyo Piletas y Arroyo Pollo Zamora. Las ARPSIs determinan, según se establece en el proceso de adaptación andaluza de la directiva europea 60/2007/CE, las zonas para las cuales existe un riesgo potencial de inundación significativo en base al estudio de la información disponible sobre inundaciones históricas, estudios de zonas inundables, impacto del cambio climático y planes de protección civil. Sin embargo, ninguna de estas fuentes de información recoge las cuencas de menor tamaño, cuya peligrosidad, dados los condicionantes y conclusiones reflejados en este trabajo, es aún mayor a la de las cuencas mayores. Así, quedan excluidos los posteriores mapas de peligrosidad y riesgo para dichos cauces, así como su incorporación al Plan de Gestión del Riesgo de Inundación (Junta de Andalucía, 2015b). Esta ausencia en el ámbito litoral mediterráneo es especialmente significativa, pues como se ha demostrado, son estos arroyos los que conllevan una mayor peligrosidad y vulnerabilidad. Resulta llamativo, además, que precisamente en la memoria de revisión del Plan Hidrológico de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas para 2016-2022 (Junta de Andalucía, 2015), se cite como paradigmático el caso estudiado en esta tesis de las inundaciones del Rincón de la Victoria en 2004, y que luego no se hayan estimado como potencialmente peligrosos sus cauces.

10.1.2.2. *Identificación de soluciones para la mejora del análisis de la peligrosidad.*

Derivado de los anteriores estudios y caracterizaciones de los riesgos de inundación y asociados en el ámbito espacial de trabajo, y centrando ya el análisis en el ámbito de la peligrosidad, se identifican las siguientes soluciones prioritarias para la mejora o ajuste del cálculo de la inundabilidad:

- Cuantificar e incorporar al comportamiento sistémico del flujo la producción de residuos sólidos por erosión de suelos.
- Cuantificar el arrastre e incorporación de restos vegetales al flujo.
- Identificación de la susceptibilidad a los movimientos en masa en laderas adyacentes al cauce y evaluación de su interacción con la inundación.
- Incorporar a la metodología cartográfica el funcionamiento sistémico de las cuencas, con frecuentes procesos sinérgicos y de retroalimentación.

- Identificación de otras áreas causantes de peligrosidad propias de las cuencas periurbanas litorales del mediterráneo andaluz.

Estas incorporaciones mejoran el conocimiento y las magnitudes reales de la inundación en el contexto espacial de trabajo.

10.1.3. *Revisión crítica de la propuesta metodológica: técnica y resultados.*

La revisión crítica de la propuesta metodológica se realiza en base a los objetivos planteados al inicio del trabajo, así como se citan también algunos otros temas significativos que deben considerarse. Esta revisión se dividirá entre aspectos metodológicos y resultados de la investigación. De otro lado, y más allá de los logros alcanzados, también se discute sobre algunas dificultades o debilidades que fue necesario plantearse y solventar.

10.1.3.1. *Discusión y conclusiones sobre aspectos metodológicos.*

- Considerando los resultados ya expuestos en el capítulo IX y la calibración con los casos *unievento*, cabe destacar como primera conclusión que la propuesta de mejora del análisis de la peligrosidad permite un **mejor ajuste de la lámina de inundación con respecto a la metodología convencional** (ver Figura 26 del capítulo IX), mediante la incorporación de sedimentos y otras partículas sólidas al flujo. Se cumple así el objetivo de superar en la medida de lo posible las inexactitudes y subestimación de lámina inundable del estudio hidrológico-hidráulico en el ámbito espacial de estudio.
- Uno de los objetivos de partida de la metodología ha sido desarrollar un modelo cuantitativo, que pudiera integrarse con el modelo hidráulico. No obstante, **determinados aspectos han tenido que afrontarse desde un punto de vista cualitativo**. Buena parte de éstos son, por ejemplo, los recogidos en la denominada cartografía de áreas causantes de peligrosidad de inundación y peligrosidades asociadas (ver mapas 14, 16 y 18 del Anexo cartográfico).
- Se ha avanzado igualmente en el propósito de dar un enfoque holístico al estudio de la inundabilidad, fundamentalmente con la integración de diversos peligros individuales en la peligrosidad por inundación. La combinación de las 3 cartografías de peligros asociados a la inundación se ha salvado mediante la cuantificación volumétrica de los elementos sólidos producidos e incorporables al flujo, que luego se han puesto en relación con el volumen total de escorrentía durante el evento tormentoso, por medio de un porcentaje. Este porcentaje es el que se ha usado para incrementar el caudal usado como dato de entrada por el modelo hidráulico. **El proceso ha permitido una homogeneización de factores que no resultaba fácil a priori**, y que ha logrado el fin buscado de acercar los resultados del estudio de inundabilidad a los casos reales. No obstante, aún **minusvalora otras variables que**

también son importantes, como la mayor densidad y daño del flujo por incorporación de sólidos, o la disminución de velocidad y consecuente aumento de caudal relativo. Esto es aún más manifiesto en el caso de los residuos vegetales, donde las formas alargadas de estos restos hacen que su afección en obras de paso sea mayor a la que le corresponde por su volumen.

- Otro aspecto relacionado con la integración de los peligros individuales, siempre con la finalidad de acercarlo a la metodología hidráulica, es el uso de los periodos de retorno. **La erosión potencial de suelos según formulación MUSLE tiene un encaje bastante adecuado, dado que trabaja con el mismo concepto de periodo de retorno que la inundación.** Esto es, tanto el caudal como los elementos sólidos por erosión de suelos se calculan en base a un evento pluviométrico determinado. En el caso, no obstante, de la incorporación de partículas de suelo por movimientos gravitatorios y de la incorporación de restos vegetales, no existía la posibilidad de trabajar de igual manera, y se ha hecho con la **hipótesis de máximo riesgo**. Cabe destacar, en cualquier caso, que si bien estos peligros se relacionan también con la intensidad pluviométrica para su activación, no dependen de ella tan estrechamente como la erosión hídrica.
- **La incorporación de restos vegetales o leñosos al flujo es otra de las principales aportaciones de la propuesta metodológica.** No cabe duda que éstos restos se convierten en ocasiones en un factor de peligrosidad de primer orden por la rápida obturación de obras de paso e infraestructuras, o incluso por el represamiento de cauces por acumulación, por ejemplo, de cañas. En este caso, como en los restantes peligros individuales incorporables al estudio hidráulico, se ha realizado una transformación de peso en volumen, que permite acercarlos a su representatividad real. No obstante, y tal como se ha avanzado con anterioridad, **cabe avanzar aún en las formas de transporte y represamiento de este material**, para aproximar su consideración a la afección real, que en esta metodología resulta aparentemente infravalorada.
- El uso de criterios estandarizados en las distintas metodologías de peligros individuales utilizadas como complemento del estudio hidráulico permite dar un enfoque aplicado a la propuesta metodológica y que **su uso sea accesible desde un punto de vista técnico**, más allá del ámbito científico o conceptual.
- La numerosa cartografía digital disponible y el desarrollo de **herramientas como Google Earth, o especialmente Goolzoom, resultan de notable utilidad** para complementar el trabajo de campo y la identificación de determinados elementos de la cartografía cuando las cuencas son muy extensas o difícilmente accesibles.
- En relación a los estudios *unievento* incorporados, se han tomado aquellos que hayan acontecido recientemente, y posteriores en todo caso a 2003, para que **tanto los modelos digitales del terreno como las tramas urbanísticas fuesen similares a las usadas en las simulaciones**. Al respecto, y con posibilidad de recrear las láminas, se han podido usar los del Arroyo Jaboneros (noviembre de 2006) y los arroyos Piletas y Pollo Zamora (marzo de 2004). Junto a dichas áreas, se ha incorporado también la cuenca del Río de la Cala, que no obstante de no disponer de estudio histórico de inundación, se ha estimado necesaria por su importante **representatividad para la caracterización espacial del ámbito de trabajo** (Bloque II, de caracterización y particularidades de las cuencas periurbanas en el litoral mediterráneo andaluz).
- La incorporación de áreas causantes o emisoras de peligrosidad, que complementa la cartografía hidráulica modificada, permite **avanzar en el tratamiento preventivo de la**

inundación no solo desde la observación de los resultados, sino también desde la identificación de las causas. Este enfoque preventivo es especialmente necesario en cuencas cuyas características son las aquí tratadas, dadas las dificultades que los estudios hidráulicos tienen de alcanzar modelizaciones próximas a la realidad.

- Otros de los objetivos cubiertos ha sido la **incorporación de los nuevos requisitos normativos introducidos por la legislación estatal y andaluza.** Los contenidos mínimos de los mapas de peligrosidad establecidos en los artículos 6 de la Directiva 2007/60/CE, 8 y 9 del Real Decreto 903/2010 y 59 de la Ley 9/2010, establecen que deberán cartografiarse las láminas de inundación para 10, 100 y 500 años, incluyendo extensión, calado y velocidad. Por su parte, los mapas de riesgo deben recoger aspectos de vulnerabilidad, como el número de habitantes y actividades económicas afectadas, las instalaciones que puedan ocasionar contaminación accidental en caso de inundación y las zonas en las que puedan producirse inundaciones con alto contenido de sedimentos transportados y flujos de derrubio. Sin embargo, los mapas de riesgo se quedan a medio camino de dichos requisitos, recogiendo los aspectos de vulnerabilidad, pero sin tenerse en cuenta **las zonas con alto contenido de sedimentos transportados y flujos de derrubio** ni las **instalaciones potencialmente contaminantes**, a excepción únicamente de las EDARs. Ambas exigencias están incluidas y detalladas en esta propuesta que aquí se presenta. Junto a esto, cabe resaltar que se avanza en el nuevo paradigma que precisamente trata de introducirse con dichos cambios normativos.
- Por último, el planteamiento de todas estas necesidades y soluciones, así como las caracterizaciones y discusiones previas, permiten dar una **visión crítica frente al análisis sectorial de los riesgos naturales**, aportando soluciones. De igual modo, el enfoque territorial que justifica todo el proceso consigue **acercar de manera efectiva los estudios de peligrosidad por inundación a la planificación urbanística y territorial**, uniendo problemas y soluciones en un mismo ámbito conceptual de actuación.

10.1.3.2. *Discusión sobre los resultados de la aplicación en las cuencas de estudio.*

- La comparación de resultados cartográficos y de datos hidráulicos entre el estudio de inundabilidad convencional y la propuesta modificada pone de manifiesto diferencias sensibles en la distribución de la peligrosidad y en su intensidad. **En el análisis no mejorado existe una clara infravaloración de la extensión del flujo y de otros aspectos como la velocidad o la tensión cortante.** En cuanto a la distribución, el reparto de la lámina inundable es más homogéneo, mientras que **en la propuesta metodológica existe un mayor contraste entre las cuencas alta y baja, por acumulación de los distintos peligros en los tramos más próximos a la desembocadura.**
- Cabe destacar, por otro lado, que **las láminas resultantes en los estudios unievento aún están por encima, en extensión, de las obtenidas con la propuesta modificada**, lo que podría obedecer a consideraciones ya debatidas previamente, en relación a que aun habiéndose cuantificado e incorporado determinados peligros asociados, algunas variables hidráulicas de éstos, así como otros factores de peligrosidad, han quedado fuera de dicha cuantificación. Con esto debe asumirse que la propuesta metodológica aquí presentada aún requiere futuros ajustes que continúen acercando el análisis de la inundabilidad a la realidad

específica de las cuencas consideradas. De igual modo, nos recuerda la complejidad de estos espacios mixtos con frecuentes interacciones entre factores de peligrosidad naturales y humanos, que nos alejan aún más de lo habitual de la idealización de un sistema natural modélico (Perles, Gallegos y Cantarero, 2006).

- En relación a los tres peligros incorporados al análisis hidráulico mejorado en las cuencas de estudio, cabe anotar que **los elementos sólidos por erosión hídrica tienen un peso destacado frente a los demás**, suponiendo por término medio en torno al 80% del total de los elementos sólidos incorporables al flujo.
- Este peligro, el de **erosión potencial de suelos, ha dado valores especialmente significativos en las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora, donde el volumen de elementos sólidos por dicha causa se aproxima al 20% del total del volumen de escorrentía**. En este caso, el factor fundamental ha sido el desarrollo del sector urbanístico Parque Victoria, en la cuenca alta. Estas obras han originado grandes extensiones de superficie en situación transitoria de movimiento de tierras y acondicionamiento del terreno, dando lugar a suelos poco atemperados y muy susceptibles a la degradación por erosión y a la aportación de grandes volúmenes de sólidos a las avenidas. Estos derrubios contribuyen a la formación de una dinámica hidráulica de elevada potencialidad catastrófica, con flujos hiperconcentrados muy agresivos con las riberas y márgenes, lo que a su vez genera retroalimentación del proceso (Gallegos, 2006).
- Para el **testeo del porcentaje de sólidos en el flujo en base a datos empíricos**, se ha revisado la bibliografía de diversos autores que han evaluado la presencia de sedimentos en suspensión mediante muestreos en cursos fluviales (Meybeck, 2003; Liquete, 2005, 2008; Ollivier, 2011; Eyrolle, 2012; Nghuyen, 2013), resultando especialmente interesante el trabajo realizado por Meybeck (Meybeck, *et al.*, 2003), que realiza una recopilación de 64 cursos fluviales de diversos continentes y ámbitos geográficos. No obstante, tanto en la información recopilada por este autor, como en los otros autores citados, se exponen datos de cuencas de mayor tamaño, a partir de 64 km², y de ambientes normalmente no torrenciales. Además, y es la principal diferencia a salvar, se trata de valores medios diarios, que poca relación tienen con la casuística de arrastre de sedimentos propia de un evento tormentoso extraordinario. Así, tal como es de esperar, los datos empíricos son en todo caso inferiores a los resultantes en la modelización, dado que una comparativa real requeriría del muestreo de sedimentos el mismo día del evento extraordinario.
- Siguiendo en relación a la **producción de sólidos por erosión hídrica, cabe destacar el hecho de que la generación de sedimentos de una cuenca no resulte proporcional a su tamaño**, o incluso podría llegar a confirmarse lo ya adelantado por Senciales (1999), de que la tasa de producción de estos es inversamente proporcional a la superficie, significando con ello que las cuencas pequeñas, como las que caracterizan el litoral mediterráneo, generan un proporción de sedimentos significativamente mayor que cuencas de mayor extensión. La razón más inmediata podría encontrarse en el hecho de que exista una menor tasa de decantación dentro de la propia cuenca, tanto por el tamaño, como, en el caso que nos ocupa, por las características del relieve. Resulta de especial relevancia este aspecto, pues más interesante que conocer la producción absoluta de sedimentos en un aguacero y cuenca determinados, es conocer la producción relativa en función de las canalizaciones, tuberías o puentes proyectados en esa cuenca, y que atienden al criterio de caudal generado, en el que sí conserva una clara proporcionalidad con la superficie.

- Los diferentes comportamientos de la inundación y erosión de suelos observados en **el estudio diacrónico de las cuencas muestran la importancia de la reforestación como medida preventiva básica**, dado que en las cuencas donde el terreno se ha reforestado, ya sea con especies arbóreas o arbustivas, han disminuido los riesgos de erosión e inundación, como ha sido el caso del Jaboneros, mientras que en aquellas donde se ha perdido masa forestal, se ha incrementado.

10.2. Principales aportaciones.

Las principales aportaciones que pueden extraerse de este trabajo se relacionan directamente con los aspectos que justificaban el trabajo y los objetivos marcados:

- La realización de una **caracterización y análisis específico para uno de los espacios geográficos que hoy por hoy demandan mayor atención** desde administraciones, técnicos y gestores: las áreas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz.
- La presentación de una **propuesta metodológica adaptada a las particularidades de dicho espacio**, salvando de tal modo las imprecisiones de los análisis que se realizan actualmente y que dan lugar a una infravaloración de lámina inundable que con la llegada del fenómeno tormentoso termina convirtiéndose en importantes daños económicos o incluso en pérdida de vidas humanas. Esto encaja directamente en el objetivo marcado por la Comisión Europea de desarrollar directrices para el análisis de la peligrosidad y el riesgo en ámbitos regionales concretos, pues según citaba, “la disparidad geográfica y de contextos territoriales hace inútil el desarrollo de instrumentos y medidas genéricas de planificación” (European Commission, 2007).
- El **avance metodológico en el análisis de peligrosidades asociadas**, confluentes en el tiempo y el espacio, enfocado de manera concreta a la incorporación de los elementos sólidos a la lámina inundable, alterando su respuesta hidráulica y el daño generado.
- La **cuantificación, para el caso concreto de cuatro áreas de estudio, de la producción de detritos sólidos** durante un evento de inundación, avanzando con ello en el mejor conocimiento del comportamiento de las inundaciones en áreas mediterráneas.
- **Avanzar en un enfoque sistémico, holístico y territorial de los riesgos naturales**, en relación en este caso al estudio de la inundabilidad. Entender el riesgo como un proceso territorial facilita su comprensión y permite hacerle frente con mayor eficacia. Además, con ello también se acerca el análisis de la inundabilidad a la planificación territorial, pues ésta trabaja con áreas territoriales concretas, y no con objetos particulares.
- **Avanzar en la consideración de las áreas causales dentro de los análisis de peligrosidad**, desarrollando de manera concreta una cartografía específica de áreas causantes o emisoras de peligrosidad. Con ello también se refuerza el papel de la gestión preventiva.
- **Ofrecer un método que pueda tomarse como estándar para la incorporación de los nuevos requisitos legislativos** en la materia. Entre estos requisitos se hace referencia fundamentalmente a los artículos 6 de la Directiva 2007/60/CE, 8 y 9 del Real Decreto 903/2010 y 59 de la ley 9/2010, de aguas para Andalucía, que nos indican la necesidad de tener en cuenta las zonas con alto contenido de sedimentos transportados y flujos de derrubio, y las instalaciones potencialmente contaminantes, aspectos que no son considerados en la actualidad.
- De igual modo, **incorporar las actividades específicas relacionadas con el análisis de la peligrosidad recogidas en el anejo 2, de ‘Descripción del programa de medidas’ del Plan de gestión del riesgo de inundación (PGRI)** de la demarcación de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas. Estas actividades son (ver Tabla 1):

Medidas	Actividad específica a desarrollar	Fecha inicio actividad	Fecha prevista finalización	Administración responsable
MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE INUNDACIONES				
2.1 Ordenación territorial y urbanismo. Limitaciones a los usos del suelo en la zona inundable. Criterios para considerar el territorio no urbanizable. Criterios constructivos para edificaciones en zona inundable. Medidas para adaptar el planeamiento urbanístico (13.01.01)	Adaptación de la normativa andaluza de ordenación del territorio y urbanismo a los riesgos de inundación	ene-16	dic-21	Secretaría General de Ordenación del Territorio y Cambio Climático
	Medidas previstas para adaptar el planeamiento urbanístico	ene-16	dic-21	Ayuntamientos
2.2 Elaboración de estudios de mejora del conocimiento sobre la gestión del riesgo de inundación (13.04.01)	Mejora de los estudios disponibles para la estimación de las frecuencias y magnitudes de las avenidas	ene-16	dic-21	Administración Hidráulica Andaluza
	Elaboración de cartografía de las zonas inundables en los tramos pendientes	ene-16	dic-21	Administración Hidráulica Andaluza
	Revisión de los mapas de peligrosidad y riesgo	ene-17	dic-19	Administración Hidráulica Andaluza
	Revisión y actualización de los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación	ene-20	dic-21	Administración Hidráulica Andaluza
2.3 Programa de mantenimiento y conservación de cauces (13.04.02)	Desarrollo y aplicación de manuales de buenas prácticas	ene-15	ene-21	
MEDIDAS DE PROTECCIÓN FRENTE A INUNDACIONES				
3.5 Mejora del drenaje de infraestructuras lineales: carreteras, ferrocarriles (14.03.01)	Actualización normativa sobre diseño del drenaje transversal	ene-16	dic-21	Administración Hidráulica Andaluza y Adm. Estatal
	Identificación, revisión y estudio de detalle de los tramos con insuficiente drenaje transversal, así como de otras infraestructuras que supongan un grave obstáculo al flujo	ene-16	dic-21	Administración Hidráulica Andaluza

Tabla 1. Listado de actividades específicas del programa de medidas del PGRI de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas (Junta de Andalucía, 2015b) que son recogidas por la presente propuesta metodológica. Se incluye fechas de inicio y finalización previstas para cada actividad, y administración responsable de su ejecución. Fuente: Elaboración propia.

10.3. Líneas futuras de investigación.

La importancia y vigencia de la temática exigen seguir avanzando en ella desde el campo conceptual y, de manera especial, desde el metodológico. De igual modo, su carácter complejo y multidisciplinar actúa en el mismo sentido, dado que no es fácil de abordar. Tal como se ha visto, desde la Comisión Europea se incide claramente en ello, y casi textualmente se han traspasado esos requisitos a las legislaciones estatal y andaluza, con fechas de cumplimiento y objetivos marcados nítidamente. Se hace necesario, por tanto, asumir la responsabilidad de desarrollar ahora dicha legislación.

Pero además, se trata de una materia y un enfoque que se prestan prioritariamente a la ciencia geográfica, abriendo oportunidades de desarrollo científico y laboral a los geógrafos.

Este trabajo, que ha partido de una primera fase analítica, orientada a la caracterización general del riesgo de inundación, luego se ha concretado en una segunda fase sintética que ya se ha centrado en el análisis de la peligrosidad. De tal manera, **queda abierta la necesidad de afrontar de igual modo un análisis de la vulnerabilidad desde las mismas pautas de tratamiento del lugar de riesgo**, que pudiera complementar el estudio de la peligrosidad.

De otro lado, el análisis de los espacios periurbanos ofrece las mismas recompensas que dificultades, pues su situación espacial y temporal los convierte en áreas de gran potencialidad de usos, que además se sitúan en el momento preciso de intervenir sobre ellos con objetivos inmediatos de desarrollo y sin los inconvenientes que las áreas urbanas plantean para la gestión territorial. Se abre por tanto también la posibilidad, si acaso no la necesidad, de desarrollar una **propuesta de gestión integrada de estas cuencas**. Esta gestión específica puede plantearse, de igual modo, a partir de la caracterización del objeto espacial de análisis aquí desarrollado.

Y tal vez sea ahora el momento de avanzar en estos aspectos. La crisis inmobiliaria puede actuar como factor de priorización del valor del uso del suelo (Verdaguer, 2010). Aunque solo sea un factor coyuntural, pero ha permitido reducir drásticamente la presión especulativa sobre el suelo periurbano. Hasta que vuelva a ponerse en funcionamiento el mercado inmobiliario apenas disponemos de un margen temporal que, sin embargo, debemos aprovechar para poner en funcionamiento o consolidar figuras de protección y gestión del territorio. Al respecto, Gallegos y Herrera (2008, 2009, 2011) han desarrollado sendos trabajos con una propuesta normativa de intervención en espacios fluviales para el ámbito espacial aquí considerado, y una propuesta para la incorporación de una figura de protección de ámbitos fluviales en la legislación andaluza. Esta última, sin embargo, no se enfoca a la protección territorial, sino a la puesta en valor de estos espacios, desde el reconocimiento a sus particularidades y potencialidades.

En resumen final, y a la vista de las distintas caracterizaciones (cualitativas) y análisis (cuantitativos) que se han ido desarrollando en este trabajo, se concluye la necesidad de adaptar la actual normativa en materia de inundaciones, o siquiera las metodologías habituales de cálculo, a las particularidades de los espacios estudiados, en los que se concentran buena parte de las problemáticas territoriales en relación a los riesgos naturales. Es necesario de igual modo ampliar el enfoque de mero análisis de la peligrosidad con la incorporación de elementos cartográficos para la gestión preventiva. Asimismo, se estima adecuada la propuesta metodológica aquí presentada, en base a las comparativas y testeos realizados.

Índice Capítulo X

10.1.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	345
10.1.1.	La influencia de los patrones territoriales periurbanos en relación al riesgo.	345
10.1.1.1.	Análisis evolutivo de la inundabilidad y erosión potencial de suelos en las cuencas de estudio.	345
10.1.1.2.	Las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz como espacio de riesgo.	346
10.1.2.	Problemas derivados de las características morfológicas y funcionales e identificación de soluciones para la mejora del análisis de la peligrosidad.....	347
10.1.2.1.	Problemas y debilidades de las cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz.	347
10.1.2.2.	Identificación de soluciones para la mejora del análisis de la peligrosidad.	349
10.1.3.	Revisión crítica de la propuesta metodológica: técnica y resultados.....	350
10.1.3.1.	Discusión y conclusiones sobre aspectos metodológicos.....	350
10.1.3.2.	Discusión sobre los resultados de la aplicación en las cuencas de estudio.....	352
10.2.	PRINCIPALES APORTACIONES.....	355
10.3.	LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.....	357

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABADÍA PÉREZ, J. (2002): 'El fenómeno periurbano: caracterización y propuesta de regulación en el marco del Área Metropolitana de Barcelona'. Projecte o tesina d'especialitat. Escola tècnica superior d'enginyers de camins, canals i ports de Barcelona.

ABADÍN, Y.; PEJENAUTE, L.; ROMERO, L.; RUÍZ, P.; PÉREZ-CHACÓN, E.; CAMARASA, A. (2004): 'Análisis de la evolución de las tasas de erosión de suelo mediante SIG. Aplicación a la cuenca del barranco de Guinguada, Gran Canaria, Islas Canarias (1960-2002)'. Territorio y Medio Ambiente: métodos cuantitativos y TIG. Grupo de métodos cuantitativos, SIG y Teledetección (Asociación de Geógrafos españoles) y Departamento de Geografía. Universidad de Murcia.

AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGÍA (2011): 'La biomasa en Andalucía'. Consejería de Economía, Innovación y Ciencia.

AGENCIA ANDALUZA DEL AGUA (2005): 'Estudio hidráulico para la ordenación de las cuencas de la Costa del Sol Occidental'. Agencia andaluza del agua. Consejería del Medio Ambiente.

AGENCIA ANDALUZA DEL AGUA (2005b): 'Estudio hidráulico para la ordenación de las cuencas de la Costa del Sol Oriental'. Agencia andaluza del agua. Consejería del Medio Ambiente.

AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA (2003): 'Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local'. Agència Catalana de l'Aigua. Barcelona.

ALBERTI, M.; REDMAN, C.; WU, J.; MARLUFF, J.; HANCOCK, M.; ANDERIES, J.; WADDELL, P.; FOX, D.; KAUTZ, H. y HEPINSTALL, J. (2006): 'Urban landscape patterns and global environmental change: complex dynamics and emergent properties'. IHDP Newsletter, n° 2, p. 5-6.

ANDERSON, M.G.; BURT, T.P., (1978): 'The role of topography in controlling throughflow generation'. Earth Surface Processes and Landforms, 3: 331-344.

ARMC (2000): 'Agricultural and Resource Management Council of Australia and New Zealand (ARMC). Floodplain Management in Australia (Australia y Nueva Zelanda)'.
'

ARRANZ LOZANO, M. (2008): 'El riesgo de las inundaciones y la vulnerabilidad en áreas urbanas. Análisis de casos en España'. Estudios Geográficos, LXIX, 265, pp. 385-416.

ASISTENCIAS TÉCNICAS CLAVE (2004): 'Análisis sobre las inundaciones en Rincón de la Victoria el 28 de marzo de 2004'. Asistencias técnicas clave S.L.

AYALA CARCEDO, F.J. (2000): 'La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales y tecnológicas. Bases para un procedimiento técnico-administrativo de evaluación de riesgos para la población'. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, n°30, págs. 37-49. Madrid.

AYALA-CARCEDO, F.J., FERRER GIJÓN, M., CONCONI, G.O., PÉREZ, V. y GRACIA BERNAL, A. (1988): 'Estudio del riesgo de erosión de las laderas del Cerro de San Juan que provocan inundaciones de barro y piedras sobre la población de Ballobar'. Huesca. Informe técnico IGME 01218, 68 h.

AYALA-CARCEDO, F.J.; OLCINA CANTOS, J. (COORD.) (2002): 'Riesgos naturales'. Editorial Ariel, Ariel Ciencia, 1ª edición, 1512 págs., Barcelona.

BALLESTEROS CÁNOVAS, J.A.; EGUIBAR, M.; BODOQUE, J.M.; GUTIÉRREZ PÉREZ, I.; DÍEZ HERRERO, A.; STOFFEL, M. (2009): 'Combining dendrogeomorphological and topographical techniques for hydraulic modelling in mountain streams'. 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July 2009.

BODOQUE, J.M.; DÍEZ, A.; DE PEDRAZA, J.; MARTÍN, J.F.; OLIVERA, F. (2006): 'Estimación de la carga sólida en avenidas de derrubios mediante modelos geomecánicos, hidrológicos e hidráulicos combinados: Venero Claro (Ávila)'. Pérez Alberti, A. y López Bedoya, J. (eds.), Geomorfología y territorio. Actas de la IX Reunión Nacional de Geomorfología, Santiago de Compostela, 13-15 de septiembre de 2006. Cursos y Congresos, 171, 483-495, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, 1037 pp.

BORRAS, G. ET AL. (2006): 'Delimitación de zonas inundables en el ámbito autonómico: Cataluña'. En: Díez Herrero, A., Laín Huerta, L. y Llorente Isidro, M. (Eds.). Mapas de peligrosidad de avenidas e inundaciones. Métodos, experiencias y aplicación. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Medio Ambiente. Riesgos Geológicos, nº7. 73-88. Madrid.

BRAVARD, J.P.; PETIT, F. (1997): 'Les cours d'eau. Dynamique du système fluvial.'. Armand Colin, 222 p., Paris.

BRAVO OVIEDO, A.; MONTERO GONZÁLEZ, G. (2008): 'Descripción de los caracteres culturales de las principales especies forestales de España'. En SERRADA, R.; MONTERO, M. y REQUE, J. (editores): Compendio de Silvicultura Aplicada en España. INIA y FUCOVASA. Madrid.

BROWN, R.G. (1988): 'Effects of precipitation and land use on storm runoff'. Water Resources Bulletin, 24 (2): 421-425.

BRU BISTUER, J.; JULIA, R.; MARQUÈS, M.A. (1984): 'El Movimiento de masa de pont de bar: dinámica geomorfológica'. Portal: 11-19.

CABILDO DE TENERIFE (2006): 'Gabinete de proyectos agroecológicos (GPA). Estudio por encuestas sobre la producción de residuos agrícolas en Tenerife'. Servicio técnico de agricultura. 126 pp.

CALVO CASES, A.; FUMANAL GARCIA, M. P. (1983): 'Repercusiones geomorfológicas de las lluvias torrenciales de octubre de 1982 en la cuenca media del río Júcar'. Cuadernos de Geografía, 32-33, 101-120, Valencia.

CALVO GARCÍA-TORNEL, F. (1984): 'La Geografía de los Riesgos'. Cuadernos Críticos de Geografía Humana. Año IX. Número: 54.

CALVO GARCÍA-TORNEL, F. (1997): 'Algunas cuestiones sobre geografía de los riesgos'. Scripta Nova. Universidad de Barcelona. Nº 10.

CALVO GARCÍA-TORNEL, F. (2000): 'Panorama de los estudios sobre riesgos naturales en la geografía española'. Boletín de la A.G.E., nº30, págs. 21-35.

CALVO GARCÍA-TORNEL, F. (2001): 'Sociedades y territorios en riesgo'. Ediciones del Serbal. Barcelona. 186 p.

CAMACHO OLMEDO, M.T. (1992): 'Delimitación y caracterización de los paisajes erosivos de una montaña mediterránea: Sierra de la Contraviesa. Provincias de Granada y Almería'. Cuadernos geográficos de la Universidad de Granada, Nº 20-21, págs. 37-52.

CAMACHO OLMEDO, M.T. (1996): 'Usos del suelo y riesgo de erosión en la Sierra de la Contraviesa a partir de imágenes de satélite'. Revista de teledetección: Revista de la Asociación Española de Teledetección, Nº. 6.

CAMARASA BELMONTE, A.M. (1990): 'Génesis de avenidas en pequeñas cuencas semiáridas: la rambla de Poyo (Valencia)'. Cuadernos de Geografía. 48. 81-104. Valencia.

CAMARASA BELMONTE, A.M. (1995): 'Génesis de crecidas en pequeñas cuencas semiáridas: Barranc del Carraixet y Rambla de Poyo'. MOPT-Confederación Hidrográfica del Júcar, 252 pp.

- CAMARASA BELMONTE, A.M.; BESCÓS, A. (2004): 'Cartografía de áreas inundables: comparación entre mapas de peligros y mapas de inundaciones concretas'. En *Riesgos Naturales y Antrópicos en Geomorfología*. G. Benito y Díez Herrero (eds.). SEG y SCIC. Madrid.
- CAMARASA BELMONTE, A.M.; LÓPEZ GARCÍA, M.J.; PASCUAL, J.A. (2004): 'Análisis mediante SIG de los parámetros de producción de escorrentía'. Departamento de Geografía. Universidad de Valencia.
- CAMARASA BELMONTE, A.M.; SEGURA BELTRÁN, F. (2001): 'Flood events in Mediterranean ephemeral streams (ramblas) in Valencia region, Spain'. *Catena*, 45, 229-249.
- CAMARASA BELMONTE, A.M.; SORIANO GARCÍA, J. (2012): 'Flood risk assessment and mapping in peri-urban Mediterranean environments using hydrogeomorphology. Application to ephemeral streams in the Valencia region (eastern Spain)'. *Landscape and urban planning*, 104, 189-200.
- CANTARERO, F. (2013): 'Relaciones entre el patrón territorial y la generación del peligro de inundación. Análisis comparado de casos en Málaga (España) y Motozintla (México)'. Tesis doctoral. Departamento de Geografía. Universidad de Málaga.
- CARMONA, P. (1995): 'Análisis geomorfológico de abanicos aluviales y procesos de desbordamiento en el litoral de Valencia'. *Cuadernos de Geografía*. nº 57. Pp. 17-34.
- CARSON, M.A.; PETLEY, D.J. (1970): 'The existence of threshold hillslopes in the denudation of the landscape'. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 49: 71-95.
- CASTILLO ELSITDIÉ, L.G.; MARTÍN VIDE, J.P.; MARÍN MARTÍN, M.D. (2009): 'Coeficientes de resistencia, transporte de sedimentos y caudal dominante en regiones semiáridas'. I Jornadas de Ingeniería del Agua. Asociación Internacional Ingeniería e Investigación Hidráulica. CEDEX. Madrid.
- CASTRONOVO, R. (1997): 'La ocupación del territorio y sus aspectos ambientales. Análisis de un sistema periurbano'. VI Encuentro de Geografía de América Latina. Buenos Aires: Temas libres.
- CCRFCD (1999): 'Hydrological criteria and drainage design manual, Clark County (EE. UU.)'. Clark County Regional Flood Control District (CCRFCD).
- CHACÓN, J. (2012): 'Movimientos de ladera: clasificación, descripción y evolución espacial y temporal'. *Revista de geología aplicada a la ingeniería y al ambiente*. Nº28. 73-89. Buenos Aires.
- COLUBI, A.; FERNÁNDEZ, E.; ANDADÓN, S. (2009): 'Reconstruction of flood chronologies on the basis of historical information'. ERCIM Working Group on Computing Workshop of the ERCIM.
- COMITI, F.; AGOSTINO, V.D.; MOSER, M.; LENZI, M.A.; BETTELLA, F.; AGNESE, A.D.; RIGON, E.; GIUS, S.; MAZZORANA, B. (2012): 'Preventing wood-related hazards in mountain basins: from wood load estimation to designing retention structures'. 12th Congress INTERPRAEVENT. Conference Proceedings, Grenoble, France, pp. 651-662.
- CONESA GARCÍA, C. ET AL. (1989): 'Aplicación del modelo de erosión 'GAMES' a cuencas de drenaje del sureste peninsular'. *Norba. Revista de geografía*, Nº 8-9. págs. 565-584.
- CONESA GARCÍA, C. ET AL. (2011): 'Cambios históricos recientes de cauces y llanuras aluviales inducidos por la acción del hombre'. *Nimbus*, nº29-30. 159-176.
- CONESA GARCÍA, C.; ARANA CASTILLO, R.; GARCÍA LORENZO, R. (2009): 'Variación granulométrica y mineralógica en profundidad de los sedimentos retenidos por diques. Estudio en cauces torrenciales semiáridos del sureste peninsular'. *Nimbus*, nº23-24. 61-88.

CONESA GARCÍA, C.; GARCÍA LORENZO, R. (2011): 'Factores e índices de peligrosidad de las aguas de avenidas en cruces de carreteras con ramblas. Estudio aplicado a la vertiente litoral sur de la región de Murcia'. Boletín de la Asociación de Geógrafos españoles. N°57. Págs. 195-218.

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y MEDIO AMBIENTE (2010): 'Informe de Sostenibilidad Ambiental del Plan Hidrológico de la demarcación hidrográfica de la Cuenca Mediterránea Andaluza'. Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y MEDIO AMBIENTE (2013): 'Documento inicial de consulta pública del Plan Hidrológico de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas 2016-2021'. Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE (2010): 'Plan director territorial de gestión de residuos no peligrosos de Andalucía 2010-2019. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. 2010'. Junta de Andalucía.

COSTA MÁZ, J. y MATARREDONA COLL, E. (1989): 'Avenidas y problemas de taludes en la ciudad de Alcoi'. Gil Olcina y Morales Gil (Eds.). Avenidas fluviales e inundaciones en la Cuenca del Mediterráneo. Alicante: Caja de Ahorros del Mediterráneo e Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante, 1989, p. 195-206.

COSTA, J.E. (1984): 'Physical geomorphology of debris flow'. Development and application of geomorphology. Springer-Verlag. Berlin, pp. 268-317.

CUTTER, S.; BORUFF, B.; SHIRLEY, W. (2003): 'Social vulnerability to environmental hazards'. Social Science Quarterly, vol. 84, n° 2, 242-261.

D'ERCOLE, R. y THOURET, J. C. (1995): 'Croissance urbaine et risques naturels: présentation introductive. Bulletin de l'Association des Géographes Français, n° 4, p. 311-336'.

DE CASTRO, M.; MARTÍN-VIDE, J.; ALONSO, S. (2005): 'El clima de España: pasado, presente y escenario de clima para el siglo XXI'. Impactos del cambio climático en España.

DEL MORAL, L.; PITA, M.F. (2002): 'El papel de los riesgos en las sociedades contemporáneas'. En: Ayala Carcedo y Olcina Cantos: Riesgos naturales, Barcelona, Ariel, pp. 75-88.

DENSMORE, A.L.; SCHUERCH, P.; ROSSER, N.J.; MCARDELL, B.W. (2011): 'Erosion and deposition on a debris-flow fan'. American Geophysical Union, Fall Meeting Abstracts 1, 08.

DGPC (2011): 'Catálogo nacional de inundaciones históricas: Andalucía'. Ministerio del Interior.

DGPC y DGOH (1985): 'Estudio de inundaciones históricas. Mapas de riesgos potenciales'. Dirección General de Protección Civil y Dirección General de Obras Hidráulicas, 2 vol. Pp. Var.

DÍEZ HERRERO, A. (1999): 'Utilización de los SIGs en el análisis del riesgo de inundación en el alto Alberche (Cuenca del Tajo)'. En: Laín, L. (Ed.): Sistemas de Información Geográfica en riesgos naturales y medio ambiente, ITGE; Madrid, 47-68.

DÍEZ HERRERO, A.; LAIN HUERTA, L.; LLORENTE ISIDRO, M. (EDITORES) (2006): 'Mapas de peligrosidad de avenidas e inundaciones. Métodos, experiencias y aplicación'. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.

DÍEZ HERRERO, A.; LAIN HUERTA, L.; LLORENTE ISIDRO, M. (EDITORES) (2008): 'Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Guía metodológica para su elaboración'. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.

DÍEZ HERRERO, A. ET AL. (2008b): 'Análisis del riesgo de inundación para planes autonómicos de protección civil: RICAM'. En: Galindo Jiménez, I., Laín Huerta, L. y Llorente Isidro, M. (Eds.). El estudio y la gestión de los riesgos geológicos. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Medio Ambiente. Riesgos Geológicos N.º 12. 53-70. Madrid.

DÍEZ HERRERO, A.; PÉREZ GUERRERO, J.E. (2003): 'Los SIGs en el plan de protección civil de ámbito local ante el riesgo de inundaciones de Navaluenga (Ávila, España)'. Seminario Euromediterráneo sobre Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Gestión de Desastres.

DILLEY, M. ET AL. (2005): 'Natural disaster hotspots. A global risk analysis'. Disaster risk management series. N°5. The world bank.

DUNNE, T.; BLACK, R.D. (1970): 'Partial area contributions to storm runoff in a small New England watershed'. Water Resources Research, 6: 1296-1311.

DUNNE, T; LEOPOLD, L.B. (1978): 'Water in environmental planning'. Freeman and company. San Francisco.

EINSTEIN, H.A.; SHEN H.W. (1964): 'A study of meandering in straight alluvial channels'. Jour. Geophys. Res. Vol. 69, pp 5239-5247.

EIRD (2007): 'Estrategia internacional para la reducción de desastres'. The United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

ENTRENA DURÁN, F. (2005): 'Procesos de periurbanización y cambios en los modelos de ciudad. Un estudio europeo de casos sobre sus causas y consecuencias'. Papers 78, 59-88.

ETXEBERRÍA RAMÍREZ, P.; EDESOTO FITO, J.M.; BRAZAOLA ROJO, A. (2005): 'Propuesta de una metodología para crear mapas de peligros naturales en Guipúzcoa utilizando SIG'. GeoFocus (Artículos), n°5, p. 250-267.

EUROPEAN COMISION (2004): 'INSPIRE Data Specification on Natural risk zones – Draft Technical Guidelines'. D2.8.III.12. INSPIRE (Infrastructure for spatial information in Europe).

EUROPEAN COMISION (2007): 'ARMONIA, Assesing and mapping multiple risks for spatial planning. Approaches, methodologies and tools in Europe'. A summary of the research undertaken by the ARMONIA research project, funded under the Sixth EU Framework Programme for Research and Technological Development. Lancaster University, Department of Geography, with support of T6 Società Cooperativa.

EUROPEAN COMISION (2010): 'Risk assessment and mapping guidelines for disaster management'. Commission staff working paper.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2007): 'EXCIMAP (European exchange circle on flood mapping): handbook on good practices for flood mapping in Europe'. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.

EYROLLE, F. ET AL. (2012): 'Consequences of hydrological events on the delivery of suspended sediment and associated radionuclides from the Rhône River to the Mediterranean Sea'. J Soils Sediments. Sediments, sec 3. Hillslope and river basin sediment dynamics.

FELL, R. ET AL. (2008): 'Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning'. Engineering geology, 102. 99-111.

FERNÁNDEZ NAVARRO, D. (2004): 'Informe sobre las competencias administrativas concurrentes ante el fenómeno de las inundaciones y avenidas'. Dirección General de Urbanismo (COPT).

FERNÁNDEZ-LAVADO, C. (2008): 'Manual metodológico para la evaluación de movimientos de ladera en el área metropolitana de San Salvador'. Programa IPGARAAMSS. Oficina de planificación del área metropolitana de San Salvador. San Salvador.

FERRE BUENO, E. (1997): 'Unidades de diagnóstico para la evaluación de la peligrosidad geomorfológica en el valle del Andrax (Prov. de Almería)'. Baética, N° 19, 1, 1997. págs. 111-134.

FERRE BUENO, E. (1997b): 'Estados erosivos en la cuenca media del río Andarax'. Cuadernos geográficos de la Universidad de Granada, N° 27, págs. 153-170.

FERRE BUENO, E.; SENCIALES, J.M. (1991): 'Estimaciones de la erosión por escorrentía superficial en la zona suoriental de la provincia de Málaga'. Baética, N° 15, págs. 119-164.

FERRER POLO, F.J. (1993): 'Recomendaciones para el cálculo hidrometeorológico de avenidas'. CEDEX. Centro de estudios hidrográficos. 75 pp.

FERRER, M. (2003): 'Análisis de nuevas fuentes de datos para la estimación del parámetro de número de curva: Perfiles de suelos y Teledetección'. Cuadernos de Investigación C48. CEDEX, Madrid, 346 pp.

FLEISCHHAUER, M.; GEIVING, S.; WANCZURA, S. (2007): 'Planificación territorial para la gestión de riesgos en Europa'. Boletín de la AGE, n°45, págs. 49-78.

FRAGKIAS, M. (2006): 'Urban Modeling, Global Environmental Change, and Policymaking in Developing-World Cities'. IHDP Newsletter, n° 2, p. 7-9.

FRANCÉS, F. y BENITO, J. (1995): 'La Modelación Distribuida con Pocos Parámetros de las Crecidas'. Ingeniería del Agua, 2, 7-24.

GALACHO, B. (1999): 'El planeamiento urbanístico municipal en espacios periurbanos'. En La ciudad : tamaño y crecimiento : [ponencias, comunicaciones y conclusiones del III Coloquio de Geografía Urbana]/coord. por Rafael Domínguez Rodríguez, págs. 329-338.

GALLEGOS REINA, A. (2006): 'Utilidades de los Sistemas de Información Geográfica como herramienta de apoyo para la cartografía de riesgos. La influencia del proceso urbanizador en la estimación de caudales de inundación'. Memoria del periodo de investigación tutelada del programa de doctorado 'El análisis geográfico en la ordenación del territorio'. Inédito.

GALLEGOS REINA, A. (2013): 'Cuantificación y distribución cartográfica de la generación de escorrentía y sedimentos en la provincia de Málaga'. Baética, 35: 57-74.

GALLEGOS REINA, A.; HERRERA GRAO, A. (2008): 'Normativa urbanística de intervención en espacios fluviales'. Sociedad de Planificación y Desarrollo de la Diputación Provincial de Málaga.

GALLEGOS REINA, A.; HERRERA GRAO, A. (2009): 'Propuesta normativa para la incorporación de una figura de protección para cauces fluviales en la legislación andaluza'. Diputación Provincial de Málaga.

GALLEGOS REINA, A.; HERRERA GRAO, A.; GÓMEZ LOSADA, F. (2011): 'Propuesta para la incorporación de una figura de protección de cauces fluviales en la legislación andaluza'. I Congreso Ibérico de Restauración Fluvial. León.

GALLEGOS REINA, A.; PERLES ROSELLÓ, M.J. (2015): 'Erosión hídrica y modificación del caudal de inundación en ambientes mediterráneos. Aproximación metodológica'. III Congreso Internacional de Gestión Hídrica y Planificación Estratégica del Territorio. Cáceres.

GARCÍA GARCÍA, R. (2013): 'Análisis y evaluación del transporte de sedimentos en cuencas mediterráneas'. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena. Escuela de Caminos, Canales y Puertos.

GARCÍA LORENZO, R.; CONESA GARCÍA, C. (2011): 'Estimación de caudales de avenidas y delimitación de áreas inundables mediante métodos hidrometeorológicos e hidráulicos y técnicas SIG. Estudio aplicado al litoral sur de la región de Murcia'. Papeles de Geografía, 53-54, pp. 107-123.

GARCÍA RODRÍGUEZ, J.L. (2006): 'Hidrología de superficies y conservación de suelos: Transporte de materiales'. Departamento de Ingeniería forestal. E.T.S. de ingenieros de Montes. Universidad politécnica de Madrid.

GARCÍA RUIZ, J.M., PUIGDEFÁBREGAS, J.; CREUS, J. (1980): 'Influencia de las características físicas de las cuencas hidrográficas en la frecuencia e intensidad de crecidas'. Cuadernos de Investigación Geográfica, 6. Pp. 19-36.

GARCÍA RUÍZ, J.M.; NADAL ROMERO, E.; LANA RENAULT, N.; BEGUERÍA, S. (2013): 'Erosion in Mediterranean landscapes: changes and future challenges'. *Geomorphology*. 198. 20-36.

GENERALITAT VALENCIANA (2013): 'Plan de acción territorial sobre prevención del riesgo de inundación de la Comunidad Valenciana'. Conselleria d'infraestructures, territori y medi ambient. Direcció general de evaluació territorial y ambiental.

GIL OLCINA, A. (1983): 'Lluvias excepcionales en la noche del 19 al 20 de octubre de 1982 y riada en el barranco de las Ovejas. '. *Lluvias Torrenciales e Inundaciones en Alicante*. Ed. Instituto Universitario de Geografía. Universidad de Alicante. pp. 5-23.

GÓMEZ ZOTANO, J. (2003): 'El papel de los espacios montañosos como traspais del litoral mediterráneo andaluz: el caso de Sierra Bermeja (Provincia de Málaga)'. Universidad de Granada. Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física.

GONZÁLEZ DEL TÁNAGO, M. (1998): 'Las riberas, elementos clave del paisaje y en la gestión del agua. incl. '. *Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de Aguas*. pp. 395-407. Zaragoza.

GONZÁLEZ FUSTEGUERA, M.A.; DE LA LASTRA VALDOR, I.; RODRÍGUEZ MUÑOZ, I. (2007): 'La urbanización y su efecto en los ríos'. *Estrategia nacional de restauración de ríos*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

GONZÁLEZ GARCÍA, J.L. (Ed.) (2009): 'Mapas de riesgos naturales en la ordenación territorial y urbanística'. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos.

GONZÁLEZ URRUELA, E. (1987): 'La evolución de los estudios sobre áreas periurbanas'. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, núm. 7.

GOZÁLVEZ PÉREZ, G. ET AL. (1992): 'Los espacios periurbanos en el área de Alicante-Elche (España)'. *Centre d'Etudes Géographiques des Transformations des Régions Méditerranéennes, Institut de Géographie, Université d'Aix-Marseille II*.

GREIVING, S. (2006): 'Integrated risk assessment of multi-hazard: a new methodology'. *Natural and Technological Hazards and Risks Affecting the Spatial Development of European Regions*. Geological Survey of Finland, Special Paper 42, 75–82.

HERNÁNDEZ RUÍZ, M. ET AL. (2008): 'Guía metodológica para la elaboración de cartografías de riesgos naturales en España'. Ministerio de vivienda. Ilustre Colegio oficial de geólogos. Madrid.

HEWITT, K. (1997): 'Regions of risk. A Geographical introduction to disasters'. Londres. Longman.

HEWLETT, J.D.; HIBBERT, A.R. (1967): 'Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas'. In Proceedings of the International Symposium on Forest Hydrology, Sopper WE, Lull HW (eds.). Pergamon: New York: 275-290.

HORTON, R. (1945): 'Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approaches to quantitative morphology'. Geol. Soc. Amer. Bull., 56, págs. 275-370.

HUGONIE, G. (2001): 'Aux marges des villes, des risques 'naturels' accrus, l'exemple de la banlieue parisienne'. Bulletin de l'Association des Géographes Français, nº 4, p. 375-384.

ICONA (1982): 'Paisajes erosivos en el sureste español. Ensayo de metodología para el estudio de su cualificación y cuantificación'. MAPA. Proyecto Lucdeme. Madrid.

ICONA (1995): 'Proyecto LUCDEME'. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

IPCC (2007): 'Cambio climático 2007: Las bases científicas y físicas'. Contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. París.

JUNTA DE ANDALUCÍA (2004): 'Informe sobre las inundaciones acaecidas en Rincón de la Victoria en marzo de 2004'. Consejería de Obras Públicas Transportes. Junta de Andalucía.

JUNTA DE ANDALUCÍA (2005): 'Memoria del Mapa de paisajes de Andalucía, a escala 1:100.000'. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

JUNTA DE ANDALUCÍA (2006): 'Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía (POTA)'. Consejería de Obras Públicas y Transportes.

JUNTA DE ANDALUCÍA (2006b): 'Plan de Ordenación del Territorio de la Costa del Sol Occidental (POTCSO)'. Consejería de Obras Públicas y Transportes.

JUNTA DE ANDALUCÍA (2009): 'Plan de ordenación territorial de la aglomeración urbana de Málaga (POTAUM)'. Consejería de Obras Públicas y Transportes.

JUNTA DE ANDALUCÍA (2011): 'Estadísticas de pérdida de suelo por erosión en Andalucía'. Proyecto técnico.

JUNTA DE ANDALUCÍA (2012): 'Recomendaciones sobre el contenido mínimo en materia de aguas de los planeamientos urbanísticos y de los actos y ordenanzas de las entidades locales'. Dirección General de Planificación y Gestión del Dominio Público Hidráulico. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

JUNTA DE ANDALUCÍA (2013): 'Plan de protección del corredor litoral de Andalucía'. Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Secretaría General de Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía.

JUNTA DE ANDALUCÍA (2015): 'Proyecto de Plan Hidrológico del ciclo de planificación hidrológica 2015-2021. Demarcación hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas (Documento en fase de información pública)'. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.

JUNTA DE ANDALUCÍA (2015b): 'Plan de gestión del riesgo de inundación. Demarcación hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas'. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.

KIRKBY, M.J.; CHORLEY, R.J. (1967): 'Throughflow, overland flow and erosion'. Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology 12: 5-21.

KUMPULAINEN, S. (2006): 'Vulnerability concepts in hazard and risk assessment. Natural and technological hazard and risks affecting the spatial development of European regions'. Geological Survey of Finland. Special Paper 42. pp 65-74.

LA ROCA, N. y CARMONA, P. (1983): 'Fotointerpretación de la Ribera del Xúquer después de la inundación de octubre de 1982'. Cuadernos de Geografía. N° 32-33, Pp. 121-136.

LAHOUSE, P. (1998): 'Essai de cartographie intégrée des aléas naturels en zone de montagne. L'exemple de la vallée de la Guisane (Haute-Alpes, Briançonnais)'. Annales de Géographie, 604, pp. 467-486.

LANDPHAIR, H.C.; KLATT, F. (1998): 'Landscape Architecture Construction, Third Edition, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, New Jersey'. Third Edition, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, New Jersey.

LANGFORD, J. HAWKINS, S. (2012): 'Conflicting effect of woody debris on stream fish population: implications for management'. Freshwater biology.

LINARES, G. ET AL. (2009): 'Parametrización de modelos de erosión hídrica y transporte de sedimentos en parcelas agrícolas ubicadas en la cuenca del río Chirgua (Venezuela)'. Cuarto Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos. Salta, Argentina.

LIPIETZ, A. (1977): 'El capital y su espacio'. Ed. Siglo XXI. Madrid. 203 pp.

LIQUETE, C.; ARNAU, P; CANALS, M.; COLAS, S. (2005): 'Mediterranean river systems of Andalusia, southern Spain, and associated deltas: A source to sink approach'. Marine Geology 222–223 (2005) 471–495.

LIQUETE, C.; CANALS, M.; LUDWIG, W.; ARNAU, P. (2008): 'Sediment discharge of the rivers of Catalonia, NE Spain, and the influence of human impacts'. Journal of Hydrology 366 (2009) 76–88.

LLORENTE ISIDRO, M.; DÍEZ-HERRERO, A.; LAÍN HUERTA, L. (2006): 'La experiencia del IGME en cartografía de peligrosidad de avenidas torrenciales e inundaciones: de Casiano de Prado a PRIGEO'. En: Díez Herrero, A., Laín Huerta, L. y Llorente Isidro, M. (Eds.). Mapas de peligrosidad de avenidas e inundaciones. Métodos, experiencias y aplicación. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Medio Ambiente. Riesgos Geológicos, nº7. 41-63. Madrid.

LLORENTE ISIDRO, M.; DÍEZ HERRERO, A.; LAÍN HUERTA, L. y BALLESTEROS CANOVAS, J.A. (2008): 'La peligrosidad de avenidas torrenciales e inundaciones en PRIGEO'. En: I. Galindo Jiménez, L. Laín Huerta y M. Llorente Isidro (Eds.), El estudio y la gestión de los riesgos geológicos. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, Serie: Medio Ambiente. Riesgos Geológicos, nº 12, Capítulo 1, 13-20, Madrid, IGME y Consorcio de Compensación de Seguros (MEH).

LLORENTE ISIDRO, M.; DÍEZ-HERRERO, A.; LAÍN HUERTA, L. (2009): 'Aplicaciones de los SIG al análisis y gestión del riesgo de inundaciones: avances recientes'. Actas de las I Jornadas Técnicas SIGTEFOR. Cuaderno Soc. Esp. Cienc. For. 29:29-37.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. (1980): 'Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas'. Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo. Recife.

LÓPEZ BERMUDEZ, F. (1979): 'Inundaciones catastróficas, precipitaciones torrenciales y erosión en la provincia de Murcia'. Papeles del Departamento de Geografía, N° 8, págs. 49-91.

LÓPEZ BERMUDEZ, F. (1993): 'Génesis y consecuencias de las lluvias de alta intensidad en la región mediterránea'. Cuadernos I. Geográfica, 18-19, pp. 7-28.

LÓPEZ BERMÚDEZ, F. y GUTIERREZ ESCUDERO, J.D. (1982): 'Estimación de la erosión y aterramientos de embalses en la cuenca hidrográfica del río Segura'. Cuadernos de investigación geográfica, ISSN 0211-6820, N° 8, 1982, págs. 3-18.

LÓPEZ BERMÚDEZ, F. y GUTIERREZ ESCUDERO, J.D. (1983): 'Descripción y experiencias en la avenida e inundaciones de octubre de 1982 en la Cuenca del Segura'. Estudios Geográficos, Vol. 44, N° 170-171, 1983, págs. 87-120.

LORENTE, A. ET AL. (2003): 'Debris flow characteristics and relationships in the Central Spanish Pyrenees'. Natural Hazards and Earth System Sciences. 3: 1-9.

MÁLAGA HOY (2012): 'La alta erosión hace vulnerable de sufrir riadas a la mitad de la provincia'. Diario Málaga Hoy, 21-10-2012.

MANNAERTS, C. (1999): 'Factores de erosión'. Curso de postgrado en levantamiento de recursos hídricos. Cochabamba, Bolivia.

MARÍN MARTÍN, M.D.; CASTILLO ELSITDIÉ, L.G. (2011): 'Simulación agregada-distribuida y evaluación del transporte de sedimentos en cauces efímeros'. Red de laboratorios de hidráulica de España. IV seminario sobre líneas prioritarias. Madrid.

MARTÍN VIDE, J. (1989): 'Precipitaciones torrenciales en España'. Norba. Revista de geografía, ISSN 0213-3709, N° 6-7, 1989, págs. 63-70.

MARTÍN-VIDE, J. (2004): 'Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in Peninsular Spain. '. International Journal of Climatology 24: 959-971.

MARZOCCHI, W. ET AL. (2009): 'Principles of multi-risk assessment. Interaction amongst natural and man-induced risk'. European Commission. Directorate-General for Research. Environment. Climate Change and Environmental Risks.

MATEU, J.F. (1990): 'Avenidas y riesgos de inundación en los sistemas fluviales mediterráneos de la Península Ibérica '. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, ISSN 0212-9426, N°. 10, págs. 45-86.

MAY, C.; GRESSWELL, R. (2003): 'Large wood recruitment and redistribution in headwater streams in the southern Oregon Coast Range '. Canadian journal of forest research. 33: 1352.

MAY, C.; HORNER, R; MAR B.; WELCH, E. (1998): 'Effects of urbanization on small streams in the Puget sound ecoreion. Watershed protection techniques'. University of Washington, Seattle, Washington.

MAYER SUAREZ, P.; PEREZ-CHACON ESPINO, E.; ROMERO MARTIN, L. (2006): 'Lluvia e inundaciones en los centros turísticos de Gran Canaria: el caso de San Bartolomé de Tirajana'. Investigaciones Geográficas, n°41 pp. 155-173 .

MÁYER, P. y PÉREZ-CHACÓN, E. (2006): 'Tourist activity and floods on the southern coast of Gran Canaria. An induced risk? '. Journal of Coast Research, SI 48 (Proceedings of the 3rd Spanish Conference on Coastal Geomorphology), 77-80. Las Palmas de Gran Canaria-Spain.

MAZA, J.A. (1987): 'Introduction to River Engineering '. División de Estudios de Postgrado. Facultad de Ingeniería UNAM.

MAZZORANA, B.; FUCHS, S. (2010): 'Fuzzy Formative Scenario Analysis for woody material transport related risks in mountain torrents.'. Environmental Modelling and Software 25(10):1208-1224.

MAZZORANA, B.; HÜBL, J.; ZISCHG, A.; LARGIADER A. (2011): 'Modelling woody material transport and deposition in alpine rivers'. *Natural Hazards* 56: 425–449.

MCARDELL, B.W.; BERGER, C.; SCHLUNEGGER, F. (2009): 'Sediment transfer processes in a debris-flow dominated catchment in the Swiss Alps'. *American Geophysical Union, Fall Meeting Abstracts*.

MENÉNDEZ REXACH, A. (2015): 'Delimitación de zonas inundables y planes de gestión del riesgo de inundación'. *Ambienta*, nº110, pp. 36-43.

MÉRIDA RODRÍGUEZ, M. (1994): 'El monte San Antón (Málaga). Análisis de un espacio natural periurbano'. *Textos mínimos*. Universidad de Málaga.

MÉRIDA RODRÍGUEZ, M.; LOBÓN MARTÍN, R.; PARDO GARCÍA, S.; PERLES ROSELLÓ, M. (2010): 'Construcciones dispersas y paisaje en municipios de la Costa del Sol'. *Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio. Actividades de investigación en materia de vivienda y arquitectura*. Málaga.

MÉRIDA RODRÍGUEZ, M.; PERLES ROSELLÓ, M.J.; BLANCO SEPÚLVEDA, R. (1998): 'Urbanización, infraestructuras y riesgos naturales en la periferia montañosa de la ciudad de Málaga. El caso del monte San Antón'. *Baética, Estudios de arte, geografía e historia*, vol. 20, pp. 129-157. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Málaga.

MEYBECK, M.; LAROCHE, L.; DÜRR, H.H.; SYVITSKI, J.P. (2003): 'Global variability of daily total suspended solids and their fluxes in rivers'. *Global and Planetary Change* 39 (2003) 65–93.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (2012): 'Producción y consumo sostenible y residuos agrarios'. Madrid.

MINISTERIO DE FOMENTO (1999): 'Máximas lluvias diarias en la España peninsular'. *Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte. Dirección general de carreteras*.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2008): 'Programa de acción nacional contra la desertificación'. *Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino*.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (2000): 'Libro blanco del agua en España'. *Ministerio de Medio Ambiente. Secretaría de Estado de Aguas y Costas*. Madrid.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (2006): 'Guía para la elaboración de estudios del medio físico'. *Ministerio de Medio Ambiente*. Madrid.

MINTEGUI, J.A.; ARISTIDE, M.; ROBREDO, J.C.; MAO, L. (2006): 'Movilización versus estabilización de los sedimentos en los cursos sometidos a la dinámica torrencial. Análisis de dos casos: el río Cordón (Alpes Dolomitas, Italia) y el arroyo del Partido (Parque Nacional de Doñana, España)'. *Naturaleza y Parques Nacionales, serie Técnica, Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente*, Madrid.

MINTEGUI, J.A.; ROBREDO, J.C. (1993): 'Métodos para la estimación de los efectos torrenciales en una cuenca hidrográfica.'. *Escuela Superior de Ingenieros de Montes. Fundación CONce del Valle de Salazar*. 88 pp.

MJI (1995): 'Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones'. *BOE* 38 (14 febrero), 4846-4858.

MONTGOMERI, D. (2003): 'Wood in rivers: interactions with channel morphology and processes'. *Geomorphology*, 51. 1-5.

MONTOSA MUÑOZ, J. (1997): 'Rincón de la Victoria: la población en un municipio metropolitano de Málaga'. *Estudios y Ensayos*. Universidad de Málaga.

MOPU (1988): 'Las inundaciones en la España peninsular. Informe de síntesis'. Ministerio de obras públicas y urbanismo. Dirección general de obras hidráulicas.

MOPU (1990): 'Instrucción de carreteras 5.2-IC "Drenaje superficial"'. BOE 123, de 23 de mayo de 1990.

NGHUYEN, N.H., ET AL. (2013): 'Sedimentation in the floodplains of the Mekong Delta, Vietnam. Part I: suspended sediment dynamics'. Hydrological Process.

NRCS (1986): 'Urban hydrology for small watersheds'. United States Department of Agriculture. Natural resource conservation service. Technical release 55.

NRCS (2004): 'National Engineering Handbook'. Part 630: hydrology. Chapter 10. National resources conservation services.

O'BRIEN, J.S. (2000): 'FLO-2D User's manual'. Nutrioso. Arizona.

OBSERVATORIO DE LA SOSTENIBILIDAD (2010): 'Sostenibilidad en España 2010'. Observatorio de la sostenibilidad en España. Madrid.

OCAÑA OCAÑA, C. (2005): 'Población y crecimiento urbano: Málaga a comienzos del siglo XXI'. Málaga. Fundación CIEDES. 192 p.

OLCINA CANTOS, J. (2004): 'Riesgo de inundaciones y ordenación del territorio en la escala local. El papel del planeamiento urbano municipal'. Boletín de la A.G.E., nº37, págs. 49-84.

OLCINA CANTOS, J. (2008): 'El Mediterráneo, región-riesgo: una visión desde España'. España y el Mediterráneo, una reflexión desde la geografía española : aportación española al XXXI Congreso de la Unión Geográfica Internacional : Túnez. Madrid : Comité Español de la Unión Geográfica Internacional, pp. 29-34.

OLCINA CANTOS, J. (2008b): 'Cambios en la consideración territorial, conceptual y de método de los riesgos naturales'. In Diez años de cambios en el mundo, en la Geografía y en las Ciencias Sociales (1998-2008). Actas del X Coloquio Internacional de Geocrítica. Barcelona.

OLCINA CANTOS, J. (2009): 'España, territorio de riesgo'. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (17.3) 242-253.

OLCINA CANTOS, J. (2010): 'El tratamiento de los riesgos naturales en la planificación territorial de escala regional'. Papeles de Geografía, 51-52, pp. 223-234.

OLCINA CANTOS, J. (2012): 'Incremento de la vulnerabilidad ante los peligros naturales en España. Políticas de reducción del riesgo'. Boletín de la Real Sociedad Geográfica. Tomo CXLVIII. 45-72.

OLCINA CANTOS, J. y RICO AMORÓS, A. M. (2000): 'Estudios sobre lluvias torrenciales e inundaciones en la provincia de Alicante (1982-1999)'. Serie Geográfica, nº 9, pp. 71-92.

OLLERO OJEDA, A. (2007): 'Territorio fluvial: Diagnóstico y propuesta para la gestión ambiental y de riesgos en el Ebro y los cursos bajos de sus afluentes'. Bakeaz, Fundación Nueva Cultura del Agua, Bilbao.

OLLERO OJEDA, A. (2007b): 'Algunos apuntes sobre la dinámica fluvial: los ríos actuales como resultado de su propia libertad y de la intervención humana en sus riberas'. Foro joven 'ríos para vivirlos'. Fundación Nueva Cultura del Agua.

OLLERO OJEDA, A. ET AL. (2005): 'Estudio hidrológico, geomorfológico, hidráulico y ecológico del bajo Gállego en el término municipal de Zaragoza para su gestión como espacio fluvial'. Ayuntamiento de Zaragoza.

OLLERO OJEDA, A.; ROMEO GARCÍA, R. (2007): 'Las alteraciones geomorfológicas de los ríos'. Plan nacional de restauración de ríos. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

OLLIVIER, P., RADA KOVITCH, B.; HAMELIN, B. (2011): 'Major and trace element partition and fluxes in the Rhône River'. *Chemical Geology* 285 (2011) 15–31.

ORTEGA BECERRIL, J. A. (2008): 'Implicaciones de las actividades antrópicas en el riesgo de inundaciones. Consecuencias para la cartografía de riesgos'. Mapas de riesgos naturales en la ordenación territorial y urbanística. Ed. González García, J.L. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. Madrid, pp. 85-92.

ORTEGA BECERRIL, J.A. (2009): 'Perspectivas de los mapas de riesgos naturales: Implicaciones de las actividades antrópicas en el riesgo de inundaciones. Consecuencias para la cartografía de riesgos'. Congreso Nacional de Medio Ambiente. Grupo de trabajo de riesgos naturales.

ORTEGA BECERRIL, J.A.; GARZÓN HEYDT, M.G.; GARCÍA LÓPEZ-DAVALILLO, J.C.; RODRÍGUEZ FRANCO, A. (2012): 'Funcionamiento de la rambla de Nogalte (Murcia) durante avenidas. Implicaciones para la cartografía de peligrosidad por riesgo de avenidas'. Avances en estudios sobre desertificación. Universidad de Murcia. 497-500.

PEREDA 4, ESTUDIO (2004): 'Urbanización de los sectores URC-1 y URC-2, "Parque Victoria", del PGOU de Rincón de la Victoria (Málaga)'.

PÉREZ MORALES, A. (2011): 'Los procedimientos de evaluación y su aplicación en los planes generales de ordenación municipal como instrumentos para la mitigación del riesgo de inundación. El caso de los municipios del sur de la región de Murcia'. *Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y ciencias sociales*. Universidad de Barcelona. ISSN: 1138-9788. Depósito Legal: B. 21.741-98. Vol. XV, núm. 360.

PERLES ROSELLÓ, M.J. (1994): 'Aproximación metodológica a la evaluación del estado de erosión hídrica en el ámbito de la montaña mediterránea. Aplicación a la cabecera del río Vélez (Sistemas Béticos)'. Cuadernos de investigación geográfica. N°20-21. pp 65-83.

PERLES ROSELLÓ, M.J. (1995): 'El concepto de fragilidad erosiva. Propuesta metodológica para su evaluación'. Colección Tesis Doctorales, ed. Spicum, Málaga.

PERLES ROSELLÓ, M.J. (1997): 'Medir la erosión: fragilidad erosiva en el valle del río Vélez'. Centro de ediciones de la Diputación de Málaga.

PERLES ROSELLÓ, M.J. (2004): 'Evolución histórica de los estudios sobre riesgos. Propuestas temáticas y metodológicas para la mejora del análisis y gestión del riesgo desde una perspectiva geográfica'. *Baetica*, 26, 103-127. Málaga.

PERLES ROSELLÓ, M.J.; CANTARERO PRADOS, F. (2010b): 'Problemas y retos en el análisis de los riesgos múltiples del territorio. Propuestas metodológicas para la elaboración de cartografías multi-peligros'. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, n°52, págs. 245-271.

PERLES ROSELLÓ, M.J.; CANTARERO PRADOS, F. (2007): 'Particularidades de la generación del riesgo en espacios periurbanos'. *Baética. Estudios de Arte, Geografía e Historia*, 29, 145-153.

PERLES ROSELLÓ, M.J.; GALLEGOS REINA, A.; CANTARERO PRADOS, F. (2006): 'Análisis del ajuste del área inundable obtenida mediante una evaluación integrada de la peligrosidad de inundación y peligros asociados'. *Baética. Estudios de Arte, Geografía e Historia*, 28, 527-545.

PERLES ROSELLÓ, M.J.; CANTARERO PRADOS, F.; GALACHO JIMÉNEZ, F.B.; GALLEGOS REINA, A.; VÍAS MARTINEZ, J.M. (2006b): 'Propuesta metodológica para el análisis integrado de peligros asociados. Aplicación al peligro de inundación, movimientos gravitacionales y erosión hídrica'. Actas del XII Congreso de Tecnologías de la Información Geográfica, Granada.

PERLES ROSELLÓ, M.J.; MÉRIDA RODRÍGUEZ, M. (2010): 'Patrón territorial y conformación del riesgo en espacios periurbanos. El caso de la periferia Este de la ciudad de Málaga'. Scripta Nova [En línea]. Barcelona, vol. XVI, nº 329.

PITA LÓPEZ, M.F. (COORD.) ET AL. (1999): 'Riesgos catastróficos y ordenación del territorio en Andalucía'. Consejería de Obras Públicas Transportes. Junta de Andalucía. Sevilla, 228 p.

POESEN, J.W.A. y HOOKE JM. (1997): 'Erosion flooding and channel management in Mediterranean environments of southern Europe'. En Progress in Physical Geography 21:157-199.

PRIETO, C. (1985): 'Inestabilidad y erosión de laderas asociadas a riadas'. Ayala, J.E. (Ed.). Geología y prevención de daños por inundaciones. IGME, Madrid. Pp. 117-192.

PUGLISI, C. (2001): 'Processo metodologico per la valutazione della pericolosità delle colate di fango e detrito: applicazione al Bacino del Torrente Iafrate (Cervinara)'. ENEA C.R. Casaccia.

PUJADAS FERRER, J. (1997): 'Cartografía de riesgos por inundación. Herramienta para la prevención de avenidas'. Tecnoambiente, 69, 54-59.

RAZKIN FRAILE, M. (2002): 'De la potencialidad a la realidad en la franja periurbana del norte de Pamplona'. Euskonews & Media 181.zbk (9-27 / 10-4).

REGIÓN LIGURIA (1993): 'Piano di bacino stralcio per la difesa idraulica e idrogeologica (Italia)'.

REID, I.; LARONNE, J.B. (1995): 'Bed load sediment transport in a ephemeral stream and a comparison with seasonal and perennial counterparts'. Water Resour. Res., 31 (3), 733-781.

REQUEJO LIBERAL, J. y SANCHEZ BIEC; J.M. (2006): 'El papel territorial de la red de drenaje. Experiencias obtenidas tras las inundaciones en Rincón de la Victoria'. Actas del V Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua. Faro.

RIBAS PALOM, A. (2001): 'Gestió Integral del Risc d'Inundació'. Projecte Rivermed.

RICKENMANN, D. (1999): 'Empirical relationships for debris flows'. Natural Hazards 19: 47-77.

RICKENMANN, D.; LAIGLE, D.; MCARDELL, B.W.; HUBL, J. (2006): 'Comparison of 2D debrisflow simulation models with field events'. Comput. Geosci. 10, 241-264.

ROBREDO SÁNCHEZ, J.C. (1993): 'Erosión'. E.T.S. Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.

RODRIGO, J.; FERRE, E.; SENCIALES, J.M. (2014): 'Evaluación de la peligrosidad con criterios geomorfológicos a través de las unidades de diagnóstico en el territorio de Casapalma (Valle del Guadalhorce, España)'. Anales de Geografía, vol. 34, núm.2, 163-183.

RODRIGUEZ-ITURBE, I.; VALDÉS, J.B. (1979): 'The geomorphologic structure of hydrologic response'. Water Resources Research, 15: 1409-1420.

ROMERO DÍAZ, A., BARBERÁ, G.G., LÓPEZ BERMÚDEZ, F. (1995): 'Relaciones entre erosión del suelo, precipitación y cubierta vegetal en un medio semiárido del sureste de la península Ibérica'. Lurralde 18, 229- 242.

ROMERO DÍAZ, A., LÓPEZ BERMÚDEZ, F., BELMONTE SERRATO, F. (1998): 'Erosión y escorrentía en el campo experimental de «El Ardal» (Murcia). Nueve años de experiencias'. Papeles de Geografía 27, 115-130.

ROMERO, H; VIDAL, C. (2011): 'Expansión urbana y vulnerabilidad socioterritorial ante los desastres naturales de la conurbación Concepción-Talcahuano: inundaciones de julio de 2006 y tsunami de febrero de 2010'. Proyecto de investigación financiado por iniciativa milenio NS 100022 del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.

ROSSELLÓ, V.M. (1989): 'Los llanos de inundación'. Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo. Ed. Instituto Universitario de Geografía. Pp. 107-177. Alicante.

RUIZ SINOGA, J.D. y ROMERO DÍAZ, A. (2011): 'El urbanismo voraz como acelerador de los procesos de degradación del suelo. Colinas del Limonar. Málaga'. Comunicación al XXII Congreso de Geógrafos Españoles. Alicante.

RUÍZ VILLANUEVA ET AL. (2013): 'Simulación hidrodinámica del transporte de material leñoso durante avenidas'. III Jornadas de ingeniería del agua. La protección contra los riesgos hídricos. Volumen 1.

RUIZ VILLANUEVA, V. (2012): 'Nuevas metodologías en la evaluación de la peligrosidad y el riesgo por avenidas en cuencas de montaña'. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Geológicas. Departamento de Geodinámica. Dirección: José M. Bodoque del Pozo y Andrés Díez Herrero. Madrid.

RUÍZ VILLANUEVA, V.; BODOQUE, J.M.; DÍEZ HERRERO, A.; EGUIBAR, M.A. (2012): 'Influencia del transporte de detritos leñosos en la peligrosidad por avenidas torrenciales'. XII Reunión nacional de geomorfología.

RUÍZ VILLANUEVA, V.; DÍEZ HERRERO, A.; BALLESTEROS, J.A.; BODOQUE, J.M. (2014): 'Potential large Woody debris recruitment due to landslides, bank erosion and floods in mountain basins: a quantitative estimation approach'. River research and applications: 30, 81-97.

RUÍZ VILLANUEVA, V.; DÍEZ HERRERO, A.; BODOQUE, J.M.; BLADE CASTELLET, E. (2014b): 'Large wood in rivers and its influence on flood hazard'. Cuadernos de investigación geográfica. N°40. pp 229-246.

RUIZ VILLANUEVA, V.; DÍEZ HERRERO, A.; LAÍN HUERTAS, L.; LLORENTE ISIDRO, M. (2008): 'Elaboración de mapas de peligrosidad de inundaciones según su ámbito de aplicación y escala: propuesta metodológica'. Geo-Temas, 10.

RUSSO, B.; GÓMEZ, M.; MACCHIONE, F. (2011): 'Criterios de peligrosidad en el medio urbano. Estudio comparativo entre referencias nacionales e internacionales'.

SALAS, J.D. (1995): 'Statistical factors related to extreme floods'. U.S.-Italy Research Workshop on the Hydrometeorology Impacts and Management of Extreme Floods. Perugia, Italy.

SALAZAR RINCÓN, A; MARTÍN-SERRANO GARCÍA, A. (2006): 'La normalización del mapa geomorfológico de España a escala 1:50.000. Su utilidad para la elaboración de mapas de peligrosidad por inundaciones'. En: Díez Herrero, A., Lin Huerta, L. y Llorente Isidro, M. (Eds.). Mapas de peligrosidad de avenidas e inundaciones. Métodos, experiencias y aplicación. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Medio Ambiente. Riesgos Geológicos, nº7. 169-182. Madrid.

SÁNCHEZ BRACHO, M. (1984): 'Encuentro con Estepona'. Ed. Gráficos Arte. Maracena (Granada).

SANCHEZ MARTINEZ, F.J.; LASTRA FERNÁNDEZ, J. (COORD.) (2011): 'Guía metodológica para el desarrollo del sistema nacional de cartografía de zonas inundables'. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid.

- SAURI, D. (1995): 'Dones i nenes primer? Algunes reflexions sobre gènere i risc ambiental'. Documents d'Anàlisi Geogràfica, 24, pp. 293-297.
- SAYERS, P. ET AL. (2013): 'Flood Risk Management: a strategic approach'. Asian Development Bank, GIWP, UNESCO, and WWF-UK.
- SCHILLING, S.P. (1998): 'GIS programs for automated mapping of Lahar-laharinundation hazard zones'. U.S. Geological Survey Open-File Report .
- SCHNEIDER, A. (2006): 'Understanding urban Growth in the context of Global Change'. IHDP Newsletter, n° 2, p. 17-30.
- SCHUMM, S.A. (1977): 'The fluvial system'. John Wiley & sons, New York, 338 pp.
- SEGURA BELTRÁN, F. ET AL. (2002): 'Riesgos naturales'. Diploma de especialización profesional universitario en protección civil y gestión de emergencias. Universidad de Valencia.
- SENCIALES GONZÁLEZ, J. M. y PERLES ROSELLÓ, M. J. (1994): 'Análisis del riesgo de precipitaciones intensas en la cuenca del río Vélez (provincia de Málaga)'. Perfiles actuales de la Geografía Cuantitativa en España, Departamento de Geografía – Asociación de Geógrafos Españoles, 1994, Málaga (España), pp. 215-226.
- SENCIALES GONZÁLEZ, J.M. (1999): 'Redes fluviales. Morfología de análisis'. Universidad de Málaga. Estudios y ensayos.
- SENCIALES, J.M.; FERRE BUENO, E. (1993): 'La morfometría fluvial en el estudio de los estados erosivos del territorio. Aplicación a la Cuenca del Río Almachar (Prov. de Málaga)'. Baética, N° 13, págs. 19-35.
- SIDLE, R.; ONDA, Y. (2004): 'Hydrogeomorphology: overview of an emerging science'. Hydrol. Process, 18: 597-602.
- SMITH, K. (2001): 'Environmental hazards. Assessing risk and reducing disaster'. Routledge, Londres, 392 páginas.
- STONE, B. (2004): 'Paving over paradise: how land use regulations promote residential imperviousness'. Elsevier, Landscape and urban planning. N° 69, p.101-113.
- STRAHLER, A., STRAHLER, A. (1989): 'Geografía física'. Ed. Omega. Barcelona.
- SUAREZ DÍAS, J. (1998): 'Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales'. Instituto de investigaciones sobre erosión y deslizamientos. Bucaramanga, Colombia.
- SWASSON, F.J. (2003): 'Wood in rivers: a landscape perspective. American fisheries society symposium'. 37: 299-313.
- TÉMEZ, J.R. (1978): 'Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales'. MOPU. Dirección General de Carreteras, 113 pp.
- TÉMEZ, J.R. (1991): 'Extended and improved Rational Method. Version of the Highways Administration of Spain'. Proc. XXIV Congress, vol A, p 33-40.
- TÉMEZ, J.R. (1992): 'Control del desarrollo urbano en las zonas inundables (España)'.
TYP
SA
- TYP
SA (2004): 'Estudio sobre las inundaciones acaecidas en Rincón de la Victoria (Málaga) el día 28-03-2004'. TYP
SA.

- UNESCO (1979): 'Map of the world distribution of arid regions: explanatory note'. París.
- UREÑA FRANCÉS, J.M. ET AL. (1999): 'Ordenación de las áreas fluviales en las ciudades: un enfoque metodológico'. Río y Ciudad, volumen 1, nº 46.
- UREÑA FRANCÉS, J.M.; OLLERO OJEDA, A. (2000): 'Criterios y propuestas para la ordenación de áreas fluviales'. Ciudad y Territorio. Estudios territoriales, XXXII (126), 689-710.
- USDA (1993): 'User's guide, Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)'. United States Department of Agriculture. Agriculture Handbook.
- USSCS (1972): 'National Engineering Handbook'. Sec 4, sup. A, Hydrology. Soil Conservation Service.
- VALLEJO VILLALTA, I.; CAMARILLO NARANJO, J.M. (2000): 'La gestión de los riesgos naturales en el ámbito de protección civil'. Boletín de la AGE, nº30, págs. 51 a 66.
- VERDAGUER VIANA-CÁRDENAS, C. (2010): 'La agricultura periurbana como factor de sostenibilidad urbano-territorial. Conclusiones preliminares del estudio de casos desde la perspectiva del planeamiento urbanístico'. Universidad politécnica de Madrid.
- VERDÚ, J.M.; BATALLA, R.J.; POCH, R.M. (2000): 'Dinámica erosiva y aplicabilidad de modelos físicos de erosión en una cuenca de montaña mediterránea'. Pirineos, 155. 37 a 57. Jaca.
- VEYRET, Y.; BEUCHER, S.; BONNARD, J.Y. (2005): 'Risques naturels et territoires'. BAGF GEOGRAPHIES, 2005, nº 1, p. 63-75.
- VIDAL, C.; ROMERO, H. (2010): 'Efectos ambientales de la urbanización de las cuencas de los ríos Biobío y Andalién sobre los riesgos de inundación y anegamiento de la ciudad de Concepción'. En "Concepción metropolitana (AMC). Planes, procesos y proyectos. Pérez, L. e Hidalgo, R. (Editores)", Serie GEOLibros, Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- VIVAS GONZÁLEZ, C.J.; MATAMOROS CAMPUZANO, D. (2004): 'Aplicación del modelo Hec-RAS para el cálculo de los perfiles hidráulicos del sistema hídrico del río Chaguana'.
- WILLIAMS, J.R. (1975): 'Sediment yield prediction with universal equation using runoff energy factor. Proceedings of the Sediment Yield Workshop'. USDA Sedimentation Laboratory. Oxford. Mississippi.
- WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B.; CROSS B.V. (1971): 'A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites'. Journal of soil and water conservation. 26: 189-192.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. (1958): 'Rainfall energy and its relationship to soil loss'. Trans. Amer. Geophys. Union, 39: 285-291.
- WRIGHT-MC LAUGHLIN (1969): 'Urban Storm Drainage Criteria Manual. Urban Drainage and Flood Control District. Denver, Colorado (EE. UU.)'.
- YAGUE CÓRDOVA, J. (2008): 'Experiencias sobre cartografía de riesgos naturales aplicables a la OT y urbanística: El SNCZI del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino'. Congreso Nacional de Medio Ambiente. Grupo de trabajo de riesgos naturales.
- YUS RAMOS, R.; TORRES DELGADO, M.A.; GÁMEZ MARTÍN, J.L. (2004): '28-M: Inundaciones en Rincón de la Victoria. Sus causas y soluciones'. Gabinete de Estudios de la Naturaleza de la Axarquía. Málaga.

ZÁRATE, A. (1984): 'El mosaico urbano: organización interna y vida en las ciudades'. Ed. Cincel. Cuadernos de Estudio. Madrid.

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Índice de figuras

CAPÍTULO I

- i. Figura 1. Fotografías de detalle de crecidas de dos tramos de distintos ríos andaluces, en las que se aprecia que la carga de suelo arrastrada por el flujo transforma el caudal en una mezcla densa de barro con importante porcentaje de partículas sólidas. Fotos: autor. 25

CAPÍTULO II

- ii. Figura 1. Representación tridimensional con ortofotografía del conjunto de las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora. Imagen tomada desde el Sur, con exageración del relieve 1,5. Fuente: Google Earth. 38
- iii. Figura 2. Esquema de cuencas y subcuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora. Fuente: elaboración propia. 40
- iv. Figura 3. Distribución espacial de las pendientes en las cuencas Piletas y Pollo Zamora. Fuente: elaboración propia. 43
- v. Figura 4. Perfiles topográficos del cauce principal y afluentes del Arroyo Piletas. Fuente: elaboración propia. 46
- vi. Figura 5. Perfiles topográficos del cauce principal y afluente del Arroyo Pollo Zamora. Fuente: elaboración propia. 46
- vii. Figura 6. Representación tridimensional con ortofotografía de la cuenca del Río de la Cala. Imagen tomada desde el Este, con exageración de relieve 1,5. Fuente: Google Earth. 49
- viii. Figura 7. Esquema de cuencas y subcuencas del área de estudio del Río de la Cala, en Estepona. Fuente: elaboración propia. 51
- ix. Figura 8. Distribución espacial de los intervalos de pendiente en la cuenca del río de la Cala. Fuente: elaboración propia. 54
- x. Figura 9. Perfiles topográficos del cauce principal y afluentes del Río de la Cala. Fuente: elaboración propia. 56
- xi. Figura 10. Representación tridimensional con ortofotografía de la cuenca del Arroyo Jaboneros. Imagen tomada desde el Este, con exageración del relieve 1,5. Fuente: Google Earth. 58
- xii. Figura 11. Esquema de cuencas y subcuencas del arroyo de los Jaboneros. Fuente: elaboración propia. 60
- xiii. Figura 12. Distribución espacial de los intervalos de pendiente en la cuenca del arroyo de los Jaboneros. Fuente: elaboración propia. 63
- xiv. Figura 13. Perfiles topográficos del cauce principal y afluentes del Arroyo Jaboneros. Fuente: elaboración propia. 66

CAPÍTULO III

- xv. Figura 1. Esquema conceptual completo de las interrelaciones entre los peligros de erosión hídrica, movimientos gravitacionales e inundación. Fuente: Perles, Gallegos y Cantarero (2006). 77
- xvi. Figura 2. Propuesta de leyenda modificada para los mapas de peligrosidad parciales y de síntesis. Fuente: Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Guía metodológica para su elaboración (2008). 98

CAPÍTULO IV

- xvii. Figura 1. Ejemplos comparados de un hidrograma de temporal invernal en el Guadiana y otro de lluvias convectivas mediterráneas en el Almanzora. Fuente: Ministerio de Medio Ambiente. 109
- xviii. Figura 2. Imagen izquierda: acumulación de sedimentos heterométricos en una de las obras de paso de la cuenca del arroyo Piletas. Imagen derecha: aterramiento casi completo en entubamientos del cauce del arroyo Pollo Zamora. Fotos: autor..... 113
- xix. Figura 3. Imagen parcial de Santángelo Norte, una urbanización abandonada tras su finalización, con la práctica totalidad de sus viviendas sin ocupar, en las laderas de la Sierra de Mijas (Benalmádena). En estos espacios se suma la peligrosidad por los numerosos elementos de obra, residuos abandonados y suelos descompactados, que se incorporan a los flujos de inundación ya sea como áridos o como objetos de gran volumen. Foto: autor. 124
- xx. Figura 4. Porcentaje de áreas transformadas de zonas no artificiales hacia diferentes clases de superficie artificial entre 1987 y 2006. Fuente: Elaboración OSE a partir de datos de la base de datos de cambios de CLC-2006 (IGN, Ministerio de Fomento). 126
- xxi. Figura 5. Distribución de las clases de suelo en el área urbana de Málaga. Fuente: OSE, a partir de datos del Sistema de Información Urbana del Ministerio de Vivienda. 127
- xxii. Figura 6. Imágenes parciales de las urbanizaciones Parque Victoria (superior) y Santángelo Norte (inferior), en estado de semi-abandono y sin haberse finalizado el desarrollo previsto en sus correspondientes planes parciales. Fotos: autor..... 131
- xxiii. Figura 7. Imagen de un área periurbana anexa a la cuenca del arroyo de los Jaboneros, en la que puede apreciarse la compleja mezcla de aprovechamientos. Entre otros, encontramos una estación eléctrica, almacenes, depósitos, centros educativos, usos forestales y explotaciones agrícolas en uso y abandono. Fuente: Google Earth. 133

CAPÍTULO V

- xxiv. Figura 1. Ejemplo comparativo mediante ortofotografías de la evolución del poblamiento en las cuencas fluviales de los Arroyos Piletas y Pollo Zamora entre los años 1957 y 2010. Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de la Junta de Andalucía. 139
- xxv. Figura 2. Evolución del suelo urbano en la cuenca del río de la Cala entre las fechas 1956, 1977, 1999, 2003 y 2010. Fuente: elaboración propia..... 140
- xxvi. Figura 3. Evolución del suelo urbano en las cuencas de estudio entre 1956, 1977, 1999, 2003 y 2010. Fuente: elaboración propia..... 141
- xxvii. Figura 4. Muestra del resultado territorial de la expansión del fenómeno periurbano en la cuenca del Río de la Cala. Junto con la expansión de la ciudad (esquina inferior izquierda) y el desarrollo de infraestructuras viarias (tercio inferior de la imagen), se pueden apreciar también los diseminados denominados “campitos” en la zona. Fuente: Google Earth. 142
- xxviii. Figura 5. Detalle de los citados diseminados, en los que puede observarse gran disparidad constructiva. Fuente: Goolzoom. 143
- xxix. Figura 6. Distribución geográfica de los principales grupos de cambios de usos en la cuenca del río de la Cala entre las fechas 1956-1999 (imagen de la izquierda), 1999-2003 (central) y 2003- 2010 (imagen derecha). Fuente: elaboración propia..... 144
- xxx. Figura 7. Diferentes desarrollos periurbanos en la cuenca del arroyo Jaboneros. Junto al terreno ocupado por infraestructuras viales, característica compartida por el resto de cuencas, aparecen desarrollos residenciales de contrastada tipología constructiva y nivel socio-económico de su población, observándose las barriadas de Cerrado de Calderón y Pinares de San Antón en los extremos occidental y oriental de la cuenca, y la barriada ‘La Mosca’ junto al cauce del arroyo. Las tres son tipologías residenciales compactas, pero en el caso de la tercera se caracteriza por la

	autoconstrucción y una ordenación y servicios urbanísticos deficientes. Algo más al norte de ésta, ya aparecen agrupaciones residenciales no compactas (La Cerrajerilla). Fuente: Google Earth. ..145	
xxxii.	Figura 8. Evolución del suelo urbano en la cuenca del arroyo de los Jaboneros entre 1956 y 2010. Fuente: elaboración propia..... 146	
xxxiii.	Figura 9. Distribución geográfica de los principales grupos de cambios de usos en la cuenca entre las fechas 1956-1999 (izquierda), 1999-2003 (central) y 2003- 2010 (derecha). Fuente: elaboración propia..... 147	
xxxiv.	Figura 10. Evolución del suelo urbano en las cuencas de los arroyos Pileta y Pollo Zamora entre 1956 y 2010. Fuente: elaboración propia. 149	
xxxv.	Figura 11. Detalle de viales y desmontes en las cuencas altas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora (imagen de 2007). El desarrollo del suelo urbano se ha visto paralizado una vez construidas las infraestructuras viales y de distintos tipos recogidas en los planes parciales. Fuente: Google Earth. 150	
xxxvi.	Figura 12. Distribución geográfica de los principales grupos de cambios de usos en la cuenca entre las fechas 1956-1999 (izquierda), 1999-2003 (central) y 2003- 2010 (derecha). Fuente: elaboración propia..... 151	
xxxvii.	Figura 13. En la fotografía superior se aprecian las barras creadas por el río de la Cala, en este caso en un incipiente proceso de colonización por la vegetación. Abajo, imagen del comportamiento meandrizante del arroyo Jaboneros con caudal bajo. Fotos: Google Earth (superior), autor (inferior)..... 158	
xxxviii.	Figura 14. En la imagen superior, detalle de un tramo de cauce recto y de baja pendiente, con corredor ribereño en el río de la Cala, próximo a su desembocadura. En la imagen inferior, terraza aluvial del arroyo de los Jaboneros. Fotos: autor. 159	
xxxix.	Figura 15. Fotografía del arroyo de los Jaboneros, en uno de los puentes próximos a su desembocadura, tras un evento tormentoso, el 7 de Enero de 2010. Apréciase que el flujo es barro líquido. Foto: Diario Sur..... 161	
xl.	Figura 16. Ejemplos del aporte de sedimentos heterométricos al cauce desde las laderas en la cuenca del río de la Cala. En la fotografía de la izquierda se aprecian los bloques que han caído directamente sobre el cauce, y en la fotografía de la derecha se observa el problema que llegan a general al ser arrastrados hasta una infraestructura de paso sobre el río de la Cala. Fotos: autor. 162	
xli.	Figura 17. Imagen parcial del tercio septentrional de las cuencas Piletas-Pollo Zamora, en la que se aprecian suelos urbanizados, suelos en proceso de urbanización, zonas con movimientos de tierras e incluso acumulación de depósitos de ésta. Estos depósitos se incorporan a los flujos de escorrentía ya no solo en procesos tormentosos, sino incluso en las lluvias de menor magnitud. Fuente: Google Earth. 163	
xlii.	Figura 18. Imagen izda.: fotografía área del cauce del arroyo Piletas antes de embocar bajo la autopista. Se pueden apreciar los importantes depósitos de acumulación de sedimentos y la gran explanada artificial de movilización de suelo en la proximidad del estrechamiento. Imagen dcha.: erosión hídrica lineal sobre filitas, en la cuenca del arroyo Jaboneros. Fotos: Google Earth (dcha.), autor (izda.)..... 164	
xliii.	Figura 19. Imagen de un barrio de la capital malacitana, próximo a la cuenca de Jaboneros, tras las intensas lluvias que se produjeron en enero de 2010. Inundación en el paseo marítimo, coincidente con un temporal en el mar. Foto: Diario Sur. 164	
xliiii.	Figura 20. Clasificación y categorías del suelo del Plan General de Ordenación Urbanística de Estepona. Fuente: elaboración propia. 169	
xliv.	Tabla 5 e Figura 21. Distribución porcentual de los distintos tipos de suelo en la cuenca. Fuente: PGOU. 170	
xlv.	Figura 22. Clasificación y categorías del suelo del Plan General de Ordenación Urbanística de Málaga. Fuente: elaboración propia..... 171	
xlvi.	Tabla 6 e Figura 23. Distribución porcentual de los distintos tipos de suelo en la cuenca. Fuente: PGOU. 172	

xlvi.	Figura 24. Clasificación y categorías del suelo del Plan General de Ordenación Urbanística de Rincón de la Victoria. Fuente: elaboración propia.	174
xlviii.	Tabla 7 e Figura 25. Distribución porcentual de los distintos tipos de suelo en la cuenca. Fuente: PGOU.	175
xlix.	Figura 26. Imagen área de una antigua casa-cortijo reconvertida en hotel rural, en la cuenca del Río de la Cala, en Estepona. Fuente: Goolzoom.	178
I.	Figura 27. Estructura viaria interna en las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora. Fuente: Google Earth.....	179
li.	Figura 28. Depósitos de materiales sobrantes de obras para la urbanización de Parque Victoria, en las cuencas Piletas y Pollo Zamora. Fuente: Asistencias Técnicas Clave.....	180

CAPÍTULO VI

lii.	Figura 1. Rambla del arroyo Totalán, en la provincia de Málaga. La sección hidráulica del cauce alcanza los 98 metros en el fondo del valle, a pesar de tratarse del tramo medio de una cuenca de moderada extensión. Foto: autor.....	185
liii.	Figura 2. Detalle de una calle próxima a la desembocadura del arroyo Jaboneros, tras un evento de inundaciones el día 17 de noviembre de 2011. Foto: Diario Sur.....	186
liv.	Figura 3. Detalle de un estrechamiento puntual del cauce del río de la Cala. La angostura se sitúa unos metros antes del cruce con un vial asfaltado, que se convierte con ello en un punto donde confluyen una alta vulnerabilidad y alta peligrosidad por la posible formación de colapsos. Foto: autor.	187
lv.	Figura 4. Detalles de los procesos de sedimentación producidos en el tramo bajo de los arroyos Piletas (superior) y Estanco (inferior) en las inundaciones de marzo de 2004 en Rincón de la Victoria. Fuente: Junta de Andalucía.	190
lvi.	Figura 5. Detalles de movimientos en masa afectando usos periurbanos en las cuencas del arroyo Piletas (superior) y de los Jaboneros (inferior). Fotos: autor.	191
lvii.	Figura 6. Imagen panorámica de la concentración de poblamiento, infraestructuras y otras actividades periurbanas en la aglomeración conformada por los municipios de Torremolinos, Benalmádena y Fuengirola, en la plataforma litoral existente entre la Sierra de Mijas y el mar (Costa del Sol Occidental, Málaga). Foto: autor.	193
lviii.	Figura 7. Urbanización Parque Victoria, con parcelas de terreno urbanizadas, pre-urbanizadas y naturales, generando numerosos espacios de fricción y con alta variabilidad temporal. Foto: autor.	195
lix.	Figura 8. En la imagen se aprecia la zona conocida como “La Pontezuela” (Cuenca de la Cala, Estepona). En este punto, meandros del río de la Cala y del vecino río del Padrón aparecen apenas separados por un estrecho dique natural, que además es usado como camino rural de acceso para las viviendas de la zona. A la peligrosidad natural por un posible desmoronamiento del dique en una crecida de alguno de los ríos, se une la posible inducción por el uso antrópico del mismo, así como la vulnerabilidad generada por los aprovechamientos localizados en el entorno. Foto: Goolzoom.	197
lx.	Figura 9. En una de las visitas de campo a la cuenca del Río de la Cala, el 8 de marzo de 2013, el hotel rural que se citó en el último apartado del capítulo anterior, y que aparece a la derecha de la imagen, estaba incomunicado por la crecida del río, al existir una única vía de salida. Según testimonio de los vecinos, en tales casos –pues se repite con cierta frecuencia- los clientes llegan a permanecer uno o dos días aislados sin poder salir, o bien deben hacerlo con un todoterreno y el lógico riesgo de arrastre del vehículo. Foto: autor.....	200
lxi.	Figura 10 (izda.): Detalle de la barriada La Mosca, en la cuenca del arroyo de los Jaboneros, de autoconstrucción y alta vulnerabilidad frente a los distintos riesgos naturales que aparecen en la cuenca. Figura 11 (dcha.): imagen del conocido “chiringuito Puente Romano”, situado en el mismo cauce del arroyo Granadillo (Rincón de la Victoria). Fotos: autor.....	201

Ixii.	Figura 12. Muestra de una edificación precaria en la llanura de inundación del arroyo Jaboneros. Foto: Francisco Cantarero Prados.	201
Ixiii.	Figura 13. Desembocadura de una rambla en la zona de la Axarquía malagueña. La falsa seguridad favorece la ocupación de cauces: una pintada en la pared pide que no se aparquen coches en el cauce, pero no precisamente para evitar accidentes en caso de crecida, sino por tratarse de la entrada a la casa. Foto: autor.	202
Ixiv.	Figura 14. Detalle de la urbanización Parque Victoria, en la cabecera de las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora. Dado lo inadecuado del relieve para tales usos urbanísticos, son necesarias importantes adaptaciones del terreno, tanto con desmontes como con nuevos relieves en explanaciones. Foto: autor.	203

CAPÍTULO VII

Ixv.	Figura 1. Flujo de trabajo simplificado del proceso metodológico propuesto. Fuente: elaboración propia.....	219
Ixvi.	Figura 2. Flujo de trabajo detallado del proceso metodológico propuesto. Fuente: elaboración propia.....	220
Ixvii.	Figura 3. Esquema visual del análisis de la producción de sedimentos por erosión de suelos y variables de salida. Fuente: elaboración propia.....	223
Ixviii.	Figura 4. Esquema metodológico para la definición de paisajes erosivos. Fuente: ICONA.	224
Ixix.	Figura 5. Nomograma de Wischmeier para el cálculo de erosionabilidad del suelo (K). Fuente: Ministerio de Fomento.....	227
Ixx.	Figura 6. Esquema visual del proceso de análisis de la susceptibilidad a los movimientos en masa y variables de salida. Fuente: elaboración propia.....	235
Ixxi.	Figura 7 Relación entre los procesos fluviales y los movimientos de ladera. El color del texto indica la relación de predominio entre carga sólida, marrón, y agua, azul (Bodoque et al., 2006; Llorente et al., 2008).....	236
Ixxii.	Figura 8. Esquema visual del proceso de análisis de la generación de residuos vegetales y variables de salida. Fuente: elaboración propia.	241
Ixxiii.	Figura 9. Esquema visual del proceso de elaboración del estudio hidrológico-hidráulico y variables de salida.	248
Ixxiv.	Figura 10. Localización de las estaciones meteorológicas próximas. Fuente: elaboración propia.	Error Marcador no definido.
Ixxv.	Figura 11. Isolíneas del coeficiente de variación y valor medio de la máxima precipitación diaria anual. Fuente: elaboración propia.....	250
Ixxvi.	Figura 12. Máximas lluvias diarias en la provincia de Málaga (valores en celdas de 50x50 m). Fuente: elaboración propia.....	251
Ixxvii.	Figura 13. Ejemplo de cálculo del valor de residuos sólidos proporcional a cada sección de control.	267

CAPÍTULO VIII

Ixxviii.	Figura 1. Cuadro sinóptico de los principales grupos de métodos para el análisis de la peligrosidad de inundaciones. Fuente: Díez Herrero et al., 2008.....	279
Ixxix.	Figura 2. Detalle de las alteraciones en el cauce tras el evento tormentoso estudiado. En la foto de la izquierda (foto cedida por el propietario de la casa que aparece en la imagen) se aprecia una terraza aluvial de unos 8-10 metros de anchura y 1,5 metros de altura con respecto al fondo del cauce, que separa éste de la casa. En la foto de la derecha se puede observar como esta terraza ha desaparecido tras la avenida. Fuente: Nestor Rocha (izda.), autor (dcha.).	283

lxxx.	Figura 3. Detalles de restos vegetales que indican la máxima altura alcanzada por el flujo el 6 de noviembre de 2006 en el cauce del arroyo de los Jaboneros. Fuente: Francisco Cantarero Prados.	287
lxxxi.	Figura 4. Imagen del cauce tomada el día 28 de marzo de 2004, tras la inundación en Rincón de la Victoria, con la que puede estimarse la anchura alcanzada por el flujo en una determinada calle del municipio. Fuente: Ayto. de Rincón de la Victoria.	288

CAPÍTULO IX

lxxxii.	Figura 1. Distintos modelos metodológicos con los que se ha trabajado para su posterior comparativa.....	295
lxxxiii.	Figura 2. Esquema de resultados expuestos en este capítulo y correspondencia con cada apartado.	297
lxxxiv.	Figura 3. Modelos metodológicos y periodos de retorno simulados en cada cuenca de trabajo.....	298
lxxxv.	Figura 4. Índice de concentración de la precipitación diaria. El valor 0,61 corresponde aproximadamente al 70% de la cantidad anual por parte del 25% de los días más lluviosos. Fuente: Martín-Vide (2004).	300
lxxxvi.	Figura 5. Cartografía de umbral de escorrentía, medido en litros por metro cuadrado, en las áreas de estudio en el año 2003. El color azul indica la máxima capacidad de infiltración (umbral de escorrentía máximo) y el color rojo la mínima (Po mínimo). Fuente: elaboración propia.....	301
lxxxvii.	Figura 6. Umbral de escorrentía. Localización relativa de las cuencas de estudio en los municipios del litoral malagueño. Fuente: elaboración propia.....	302
lxxxviii.	Figura 7. Detalles del área inundable de las cuencas del Río de la Cala (PR 500 años), Jaboneros (PR 25 años) y Piletas-Pollo Zamora (PR 500 años) obtenida usando el modelo hidrológico-hidráulico habitual. Fuente: Elaboración propia (ver mapas 1, 2 y 4 del Anexo 10, de Cartografía).	306
lxxxix.	Figura 8. Detalles del área inundada en las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora (imagen superior) y Jaboneros (imagen inferior) en los eventos tormentosos de marzo de 2004 y noviembre de 2006 respectivamente. Fuente: Elaboración propia (ver mapas 8 y 9 del Anexo 10, de Cartografía).	307
xc.	Figura 9. Arroyo Jaboneros (noviembre de 2006): Colmatación con sedimentos y material sólido heterométrico en un puente próximo a la desembocadura. Fuente: Francisco Cantarero Prados.	308
xci.	Figura 10. Arroyo Jaboneros (noviembre de 2006): Excavación en pilares. Fuente: Francisco Cantarero Prados.	309
xcii.	Figura 11. Arroyo Jaboneros (noviembre de 2006): Muestra de alteraciones geomorfológicas e hidráulicas tras al evento: creación de depósitos sedimentarios que modifican el eje principal del flujo con aguas bajas. Fuente: Francisco Cantarero Prados.	309
xciii.	Figura 12. Arroyo Jaboneros (noviembre de 2006): Arrastre de restos leñosos retenidos junto a la orilla. Fuente: Francisco Cantarero Prados.	309
xciv.	Figura 13. Arroyo Jaboneros (noviembre de 2006): muestra de la carga sedimentaria del flujo durante el evento estudiado. Fuente: María Jesús Perles Roselló.....	310
xcv.	Figura 14. Arroyo Jaboneros (noviembre de 2006): Muestra de la situación en que quedó una edificación precaria situada en la llanura de inundación tras el evento. Fuente: Francisco Cantarero Prados.....	310
xcvi.	Figura 15. Arroyo Piletas (marzo de 2004); Detalle del cauce del Arroyo Piletas durante el evento pluviométrico de marzo de 2004. Fuente: Junta de Andalucía.	311
xcvii.	Figura 16. Arroyo Piletas (marzo de 2004): máquina retroexcavadora retirando restos sólidos del cauce que taponaron una obra de paso. Fuente: Junta de Andalucía.....	311

xcviii.	Figura 17. Arroyo Pollo Zamora (marzo de 2004): Bloques de gran volumen, en buena parte relacionados con escolleras artificiales, arrastrados hasta el cauce del arroyo Pollo Zamora durante el evento. Fuente: Junta de Andalucía.	311
xcix.	Figura 18. Arroyo Pollo Zamora (marzo de 2004): movilización de depósitos antrópicos durante el evento. Fuente: TYPESA.	311
c.	Figura 19. Arroyo Pollo Zamora (marzo de 2004): Depósito sedimentario, en torno a los 1.100 m ² , sobre el cauce tras las inundaciones. Fuente: TYPESA.	312
ci.	Figura 20. Susceptibilidad a los movimientos de laderas en las cuencas de estudio. Fuente: elaboración propia.	317
cii.	Figura 21. Aludes de piedras en el cauce del río de la Cala, en la parte alta de la cuenca. Foto: autor.	318
ciii.	Figura 22. Procesos activos en laderas situadas en meandros del arroyo Jaboneros, localizados en los contactos entre distintas litologías. Apréciase la precariedad en la que quedan diversas construcciones del periurbano de la capital. Fotos: autor.	319
civ.	Figura 23. En la imagen de la izquierda puede observarse un importante deslizamiento de ladera que coincide con una zona de relleno para construcción de vial en la cuenca del Arroyo Pollo Zamora. En la imagen de la derecha, evidencias de erosión lateral del cauce del arroyo Piletas. Fotos: autor.	319
cv.	Figura 24. Cuantificación de la producción de residuos vegetales en las cuencas. Fuente: elaboración propia.	321
cvi.	Figura 25. Detalle, mediante recreación en Google Earth, de la lámina inundable según propuesta metodológica para las cuencas Piletas y Pollo Zamora. Fuente: Elaboración propia.	326
cvi.	Figura 26. Detalles de la superposición de las láminas de inundabilidad resultantes de los análisis convencional, unievento y de propuesta metodológica para las cuencas del Rincón de la Victoria, Málaga y Estepona. Fuente: elaboración propia.	327
cviii.	Figura 27. Cartografía de capacidad de infiltración o umbral de escorrentía en el año 1956 y cartografía de incremento/disminución entre 1956 y 2003. En la primera, el color azul indica la máxima capacidad de infiltración y el color rojo la mínima. En la cartografía de evolución, el color azul indica un aumento de la capacidad de infiltración, y el color rojo una disminución. Fuente: elaboración propia.	334
cix.	Figura 28. Cartografía de erosión potencial, según la formulación RUSLE, en las distintas cuencas de estudio en 2003. El color rojo indica la máxima erosión potencial y el color azul la mínima. Fuente: elaboración propia.	338
cx.	Figura 29. Erosión potencial de suelos. Localización relativa de las cuencas de estudio en los municipios del litoral malagueño. Fuente: elaboración propia.	339
cxi.	Figura 30. Cartografía de erosión potencial en las cuencas de estudio en 1956, y cartografía de incremento/disminución entre 1956 y 2003. En la primera cartografía, el color rojo indica la máxima erosión potencial y el color azul la mínima. En la cartografía de evolución, el color rojo indica un aumento de la erosión potencial, y el color azul una disminución. Fuente: elaboración propia.	342

Índice de tablas

CAPÍTULO II

i.	Tabla 1. Inventario cartográfico incorporado al Sistema de Información Geográfica de las áreas de estudio.	37
ii.	Tabla 2. Parámetros morfométricos con incidencia en la producción de caudal de los cauces principales y afluentes de los arroyos Piletas y Pollo Zamora. Fuente: elaboración propia.	39
iii.	Tabla 3. Litologías presentes en las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora. Fuente: IGME.43	
iv.	Tabla 4. Grado de sinuosidad según valor SI.	47
v.	Tabla 5. Parámetros morfométricos con incidencia en la producción de caudal del cauce principal y afluentes del Río de la Cala. Fuente: elaboración propia.	50
vi.	Tabla 6. Litologías presentes en la cuenca del río de la Cala. Fuente: IGME.	53
vii.	Tabla 7. Parámetros morfométricos con incidencia en la producción de caudal del cauce principal y afluentes del arroyo de los Jaboneros. Fuente: elaboración propia.	59
viii.	Tabla 8. Litologías presentes en la cuenca. Fuente: IGME.	62

CAPÍTULO III

ix.	Tabla 1: Programa de medidas y actividades específicas a desarrollar previstas por el Plan de Gestión de Riesgos de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas. Fuente: Anejo 2 del PGRI de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas (documento de consulta pública).	92
x.	Tabla 2. Clasificación y tipología de planes de reducción del riesgo de inundación en las regiones españolas. Fuente: Olcina, 2004.	93

CAPÍTULO V

xi.	Tabla 1. Porcentaje de superficie de la cuenca del río de la Cala que cambia de aprovechamiento del suelo entre las fechas 1956, 1999, 2003 y 2010. Fuente: elaboración propia.	144
xii.	Tabla 2. Porcentaje de superficie de la cuenca del arroyo de los Jaboneros que cambia de aprovechamiento del suelo entre las fechas 1956, 1999, 2003 y 2010. Fuente: elaboración propia.	147
xiii.	Tabla 3. Porcentaje de superficie de las cuencas del Rincón de la Victoria que cambian de aprovechamiento del suelo entre las fechas 1956, 1999, 2003 y 2010. Fuente: elaboración propia.	151
xiv.	Tabla 4. Precipitación media anual de los subsistemas de la demarcación de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas en los que se localizan las distintas áreas de estudio. Fuente: Red de Información Ambiental de Andalucía.	154
xv.	Tabla 5 e Figura 21. Distribución porcentual de los distintos tipos de suelo en la cuenca. Fuente: PGOU.	170
xvi.	Tabla 6 e Figura 23. Distribución porcentual de los distintos tipos de suelo en la cuenca. Fuente: PGOU.	172
xvii.	Tabla 7 e Figura 25. Distribución porcentual de los distintos tipos de suelo en la cuenca. Fuente: PGOU.	175

CAPÍTULO VI

- xviii. Tabla 1. Soluciones o aspectos a incorporar en relación al análisis de la peligrosidad por inundación en cuencas periurbanas del litoral mediterráneo andaluz. Fuente: elaboración propia..... 209

CAPÍTULO VII

- xix. Tabla 1. Erodabilidad según tipos de litofacies. Fuente: Moreira Madueño.227
- xx. Tabla 2. Valores del exponente m..... 228
- xxi. Tabla 3. Valores medios del factor C . Fuente: ICONA, 1982. 229
- xxii. Tabla 4. Valores medios del factor C para determinadas áreas. Fuente: Wischmeier, 1978. 229
- xxiii. Tabla 5. Valores mínimos de P para prácticas de contorno. Fuente: USDA. 230
- xxiv. Tabla 6. Densidades relativas de determinadas partículas minerales. Elaboración propia a partir de Maza (1987). 233
- xxv. Tabla 7. Factores incorporados al modelo de elaboración del mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa. Fuente: elaboración propia..... 239
- xxvi. Tabla 8. Producción media en Andalucía de residuos vegetales por hectárea y año para los principales aprovechamientos agrícolas y forestales. Fuente: Elaboración propia, a partir de ‘La Biomasa en Andalucía’ (Agencia andaluza de la energía, 2011)..... 243
- xxvii. Tabla 9. Ejemplo de cuantificación de la producción de residuos vegetales a partir de la tabla de usos del suelo del sistema de información de ocupación del suelo de Andalucía. Ver tabla completa en anexo 3. 244
- xxviii. Tabla 10. Procesos contribuyentes de residuos vegetales al caudal en inundaciones y porcentaje de probabilidad de incorporación del material vegetal al flujo. Fuente: elaboración propia. 245
- xxix. Tabla 11. Densidad de las principales especies vegetales del litoral mediterráneo andaluz. Fuente: Elaboración propia, a partir de ‘Descripción de los caracteres culturales de las principales especies forestales de España’ (Bravo y Montero, 2008). 246
- xxx. Tabla 12. Estimación inicial del umbral de escorrentía P_o (mm). Fuente: Ministerio de Fomento. 252
- xxxi. Tabla 13. Clasificación de suelos a efectos del umbral de escorrentía. Fuente: Ministerio de Fomento. 253
- xxxii. Tabla 14. Criterios de peligrosidad de calado máximo: referencias nacionales e internacionales. Fuente: elaboración propia, a partir de Russo, Gómez y Macchione (2011)..... 258
- xxxiii. Tabla 15. Criterios de peligrosidad de velocidad máxima: referencias nacionales e internacionales. Fuente: elaboración propia, a partir de Russo, Gómez y Macchione (2011)..... 258
- xxxiv. Tabla 16. Secuencia de pasos en el cálculo de la lámina de inundación modificada con las peligrosidades asociadas. 265
- xxxv. Tabla 17. Peligrosidad de la lámina de inundación según la proporción de residuos sólidos en el flujo. Por caudal limpio se entiende el obtenido del estudio hidrológico. Los sedimentos sólidos consideran la suma de los residuos por erosión de suelos, movilización de laderas y restos vegetales. Elaboración propia. 266

CAPÍTULO VIII

- xxxvi. Tabla 1. Esquema de métodos de análisis de la peligrosidad de inundación usados en este trabajo. Fuente: elaboración propia, a partir de la clasificación propuesta por Díez Herrero (Díez Herrero et al., 2008). 282
- xxxvii. Tabla 2. Registros pluviométricos en 24 horas de los eventos tormentosos considerados para la realización de los mapas unievento, y comparativa con estimaciones de máxima precipitación diaria en distintos periodos de retorno para las cuencas de los arroyos Piletas, Pollo Zamora y Jaboneros. Fuente: elaboración propia..... 286

CAPÍTULO IX

- xxxviii. Tabla 1. Máxima precipitación diaria para cada subcuenca y para los periodos de retorno de 25 y 500 años. En negritas se resaltan los valores para cada una de las cuencas principales. Fuente: elaboración propia. 299
- xxxix. Tabla 2. Datos de transformación precipitación-escorrentía en las cuencas de estudio para los distintos periodos de retorno considerados para el año 2003. Fuente: elaboración propia. 301
- xl. Tabla 3. Caudal instantáneo máximo para cada punto de control de las distintas cuencas de estudio, según el ‘Método racional’ modificado por Témez. Fuente: elaboración propia. 303
- xli. Tabla 4. Valores medios de los resultados hidráulicos en las secciones de control de cada cuenca de estudio. Fuente: elaboración propia. 304
- xl.ii. Tabla 5. Superficie inundable resultante por cuenca, para los periodos de retorno de 25 y 500 años. Fuente: elaboración propia. 304
- xl.iii. Tabla 6. Superficie inundable resultante por subcuenca y punto de control para los periodos de retorno de 25 y 500 años. Fuente: elaboración propia. 305
- xl.iiii. Tabla 7. Producción de sedimentos por erosión de suelos para un evento tormentoso dado, según formulación MUSLE. Fuente: elaboración propia. 314
- xl.v. Tabla 8. Transformación de los sedimentos producidos por erosión de suelo en volumen, y relación frente al volumen de caudal. Fuente: elaboración propia..... 316
- xl.vi. Tabla 9. Volumen de terreno susceptible de ser incorporado al flujo de inundación a causa de movimientos gravitatorios de las laderas anexas a los cauces, y porcentaje que representa dicho volumen respecto al caudal. Fuente: elaboración propia. 317
- xl.vii. Tabla 10. Volumen de residuos vegetales susceptibles de ser incorporados al flujo de inundación, y porcentaje que representa dicho volumen respecto al caudal. Fuente: elaboración propia..... 320
- xl.viii. Tabla 11. Porcentaje de elementos sólidos en el flujo por subcuenca y punto de caudal para cada peligrosidad individual asociada. Fuente: elaboración propia. 323
- xl.ix. Tabla 12. Volumen total, porcentaje y peligrosidad del flujo por presencia de partículas sólidas en el caudal. Fuente: elaboración propia. 324
- I. Tabla 13. Caudal instantáneo máximo modificado según propuesta metodológica de incorporación de elementos sólidos al caudal. Fuente: elaboración propia. 325
- li. Tabla 14. Superficie inundable según propuesta metodológica por punto de control, e incremento porcentual respecto al análisis convencional. Fuente: elaboración propia..... 328
- lii. Tabla 15. Valores medios de los resultados hidráulicos con los datos de caudal modificados según propuesta metodológica, y comparativa con respecto al estudio hidrológico-hidráulico inicial. Fuente: elaboración propia..... 329
- lii.iii. Tabla 16. Capacidad de infiltración o umbral de escorrentía (l/m^2) en 1956 y comparativa respecto a los valores de 2003. Fuente: elaboración propia..... 332

liv.	Tabla 17. Caudal instantáneo máximo de los distintos puntos de control en cada una de las cuencas estudiadas para la fecha de 1956 (periodo de retorno de 500 años) y evolución con respecto a 2003. Fuente: elaboración propia.	335
lv.	Tabla 18. Valores medios de los resultados hidráulicos en las secciones de control en 1956 y evolución con respecto a 2003. Fuente: elaboración propia.....	336
lvi.	Tabla 19. Erosión potencial de suelos según RUSLE en las distintas cuencas de trabajo en 2003. En negritas se resaltan los valores finales para cada cuenca. Fuente: elaboración propia.....	338
lvii.	Tabla 20. Erosión potencial media de suelos según RUSLE en 1956, y variación absoluta y porcentual con respecto a 2003. Fuente: elaboración propia.....	340

CAPÍTULO X

lviii.	Tabla 1. Listado de actividades específicas del programa de medidas del PGRI de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas (Junta de Andalucía, 2015b) que son recogidas por la presente propuesta metodológica. Se incluye fechas de inicio y finalización previstas para cada actividad, y administración responsable de su ejecución. Fuente: Elaboración propia.....	356
--------	---	-----

Índice de ecuaciones

CAPÍTULO VII

i.	Ecuación 1. Pérdida de suelo promedio anual según USLE revisada (RUSLE).....	225
ii.	Ecuación 2. Índice medio de erosividad anual de la lluvia (Lombardi Nieto y Moldenhauer, 1980)	226
iii.	Ecuación 3. Longitud del declive (factor L).	228
iv.	Ecuación 4. Inclinación de la pendiente (factor S).	228
v.	Ecuación 5. Factor topográfico para pendientes inferiores al 20%.	228
vi.	Ecuación 6. Factor topográfico para pendientes superiores al 20%.	228
vii.	Ecuación 7. Pérdida de suelo estimada en una cuenca para una lluvia concreta (M.U.S.L.E.).....	231
viii.	Ecuación 8. Volumen de escorrentía total para el evento pluviométrico considerado, en metros cúbicos.	231
ix.	Ecuación 9. Precipitación neta o escorrentía directa resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al periodo de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm].	231
x.	Ecuación 10. Estimación del cuantil local.	249
xi.	Ecuación 11. Tiempo de concentración.	254
xii.	Ecuación 12. Intensidad media de la precipitación.	255
xiii.	Ecuación 13. Caudal.	255
xiv.	Ecuación 14. Coeficiente de uniformidad de la precipitación.	255
xv.	Ecuación 15. Caudal (modificación Témez).	256

CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS FLUVIALES PERIURBANAS CON RIESGO DE
INUNDACIÓN EN ÁMBITOS MEDITERRÁNEOS Y PROPUESTA DE CARTOGRAFÍA
DE PELIGROSIDAD ADAPTADA

ANEXOS

Antonio Jesús Gallegos Reina
Málaga, 2015

Tesis Doctoral



Dirección de tesis:

Dra. María Jesús Perles Roselló

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA
Departamento de Geografía

PROGRAMA DE DOCTORADO 'EL ANÁLISIS GEOGRÁFICO EN LA
ORDENACIÓN DEL TERRITORIO'. UNIVERSIDADES DE GRANADA Y MÁLAGA.



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

MEMORIA PARA OPTAR A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE DOCTOR

**"CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS FLUVIALES PERIURBANAS CON RIESGO DE
INUNDACIÓN EN ÁMBITOS MEDITERRÁNEOS Y PROPUESTA DE CARTOGRAFÍA
DE PELIGROSIDAD ADAPTADA"**

ANEXOS

Antonio Jesús Gallegos Reina

Dirección de tesis
Dra. María Jesús Perles Roselló
Universidad de Málaga

Málaga, 2015

Anexos

1. Legislación relacionada con los riesgos naturales y su gestión y ordenación territorial.
2. Perfiles longitudinales.
3. Cuantificación de la producción de residuos vegetales a partir de la tabla de usos del suelo del sistema de información de ocupación del suelo de Andalucía.
4. Adaptación de los usos del suelo y geología a la Instrucción 5.2-IC, de drenaje superficial.
5. Fichas y tablas-resumen de cálculo de caudales.
6. Secciones transversales de control.
7. Cartografía de coeficientes de rugosidad de *Manning*.
8. Actividades e instalaciones potencialmente contaminantes según la Ley 5/2013 de prevención y control integrados de la contaminación.
9. Tablas de resultados hidráulicos.
10. Cartografía.

Anexo 1

Legislación relacionada con los riesgos naturales y su gestión y ordenación territorial.

Índice.

1. Legislación internacional
 - 1.1. ONU
 - 1.2. ONU-Iberoamérica
 - 1.3. Estados Unidos
 - 1.4. Japón
 - 1.5. Francia
2. Legislación europea
3. Legislación estatal
4. Legislación autónoma andaluza
5. Legislación otras comunidades autónomas
 - 5.1. Aragón
 - 5.2. Asturias
 - 5.3. Canarias
 - 5.4. Cantabria
 - 5.5. Cataluña
 - 5.6. Comunidad Valenciana
 - 5.7. Murcia
 - 5.8. País Vasco

1. Legislación internacional

1.1. ONU

Directrices para la reducción de riesgos	1976	Normativa que contempla o ampara la realización de estudios de peligrosidad natural.
Directrices ambientales para la planificación y gestión de asentamientos	1987	Directrices orientadas a aquellos países con escasa cobertura legal en temas de suelo y Ordenación del Territorio, aunque también eran válidas para el resto. Puede considerarse el primer documento notable de un organismo internacional en el que se otorga importancia a la consideración de la peligrosidad natural en la Ordenación del Territorio.
Agenda 21	1992	Normativa que contempla o ampara la realización de estudios de peligrosidad natural.
Declaración de Estambul sobre los Asentamientos humanos y Programa de Hábitat	1996	Normativa que contempla o ampara la realización de estudios de peligrosidad natural.
Estrategia internacional de reducción de desastres	2001	Normativa que contempla o ampara la realización de estudios de peligrosidad natural.
Flood risk management: a strategic approach	2013	Recoge reglas esenciales en la gestión del riesgo de inundación.

1.2. ONU-Iberoamérica

Manuales sobre "Prevención y mitigación de desastres"	1981	Normativa que contempla o ampara la realización de estudios de peligrosidad natural.
Declaración de Guatemala: marco estratégico para la reducción de la vulnerabilidad y los desastres	1998	Establece líneas esenciales para la prevención y mitigación de daños y para la gestión de emergencias.
Manual "Fundamentos de planificación de sitios"	2000	Normativa que contempla o ampara la realización de estudios de peligrosidad natural.
Marco estratégico para la reducción de la vulnerabilidad y los desastres	2000	Normativa que contempla o ampara la realización de estudios de peligrosidad natural.
Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres	2002	Normativa que contempla o ampara la realización de estudios de peligrosidad natural.

1.3. Estados Unidos

Rivers Flood Acts	1968	Normativa que contempla o ampara la realización de estudios de peligrosidad natural.
-------------------	------	--

1.4. Japón

Ley básica de medidas ante desastres	1959	Normativa que contempla o ampara la realización de estudios de peligrosidad natural.
--------------------------------------	------	--

1.5. Francia

Ley 95/101 de 2 de febrero de 1995, relativa al reforzamiento de la protección del medio ambiente (Ley Barnier)	1995	Supuso un hito en la normativa europea de protección ambiental, y más concretamente en el caso de la peligrosidad natural. Inaugura el desarrollo de normas que abordan la reducción del riesgo desde la Ordenación del Territorio. Incluye medidas específicas para la peligrosidad, como la expropiación por riesgo natural (art. 11 y 12), así como planes de prevención de riesgos naturales previsibles (PPR), estableciendo una zonificación con limitaciones y recomendaciones.
---	------	--

2. Legislación europea

Carta europea de Ordenación del Territorio	1983	Establecía los objetivos fundamentales de la Ordenación del Territorio y la protección del Medio Ambiente, si bien aún no hacía mención alguna a la peligrosidad natural como condicionante de la planificación del territorio.
Reglamento UE 1836/93 de Gestión Medioambiental	1993	En las de carácter territorial debe incluirse un análisis de peligrosidad natural.
Estrategia Territorial Europea	1999	Primer documento oficial europeo donde se incluyen referencias específicas sobre los "riesgos para los recursos hídricos", citando la importancia de considerar las sequías e inundaciones en la planificación sostenible del territorio.
Directiva 2000/60/CE, por la que se establece un marco comunitario en política de Aguas	2000	Normativa que contempla o ampara la realización de estudios de peligrosidad natural.
Principios directores para el desarrollo territorial sostenible del continente europeo	2000	Establece 10 principios generales para una política de ordenación sostenible en Europa, entre los que se incluye uno directamente relacionado con los riesgos naturales: "limitación preventiva de los efectos de las catástrofes naturales". Se indica que deberán adoptarse medidas preventivas en el marco de la Ordenación del Territorio para limitar el volumen de daños y hacer menos vulnerables los asentamientos humanos.
Directiva 2001/42/CE, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente	2001	Incluye la evaluación ambiental estratégica, que se incorpora al ordenamiento jurídico español con la ley 8/2007 de suelo.
Comunicación de la Comisión al Consejo Europeo. Gestión de los riesgos de inundación. Prevención, protección y mitigación de las inundaciones	2004	Establece directrices para los estados miembros para la elaboración y la aplicación de planes de gestión de los riesgos de inundación, y de mapas de riesgo de inundaciones
Directiva 2007/60/CE, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación	2007	Su transposición al derecho español es el RD 903/2010. Orienta de forma concreta sobre la necesidad de unificar riesgos que poseen funcionamiento y consecuencias asociadas. Así, en el artículo 6.5 solicita, a la hora de cartografiar zonas inundables, la indicación de zonas en las que puedan producirse inundaciones con alto contenido de sedimentos transportados, flujos de derrubios, trasgresión marina o contacto con fuentes de contaminación, así como zonas con erosión de orillas y sedimentación de arrastres.

Documento de trabajo de la Comisión Europea: Risk assessment and mapping guidelines for disaster management	2010	Surgió tras la reunión del 23 de febrero de 2009, en la que se adoptó un enfoque comunitario para la prevención de catástrofes naturales y provocadas por el hombre, para establecer un marco general de prevención de desastres y proponer medidas para reducir al mínimo los impactos de los desastres.
---	------	---

3. Legislación estatal

Decreto 2508/75, de 18 de septiembre, sobre previsión de daños por avenidas	1975	Normativa específica para corregir los efectos de las inundaciones o sequías, que estuvo vigente durante más de 10 años, y que establecía la necesidad de fortalecer la intervención administrativa en las zonas que alcanzan la máxima avenida extraordinaria.
Ley 87/1978, de 28 de diciembre, de Seguros Agrarios Combinados.	1978	Incluye la necesidad de realizar estudios de peligrosidad de episodios atmosféricos de rango extraordinario (heladas, granizos, viento, etc.).
Real Decreto 1132/1984, de 26 de marzo, sobre traspaso de funciones y servicios a la Comunidad Autónoma de Andalucía en materia de abastecimientos, saneamientos, encauzamientos, defensa de márgenes y regadíos.	1984	Transferencia de competencias del Estado a la Comunidad Autónoma andaluza en relación a encauzamientos y defensa de márgenes
Ley 2/1985, de 21 de enero, sobre protección civil	1985	Normativa que contempla o ampara la realización de estudios de peligrosidad natural.
Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas	1985	Derogada por el RD 1/2001 de la ley de aguas.
Decreto 849/1986, de 11 de abril, de DPH	1986	Derogada por el RD 9/2008 que modifica el decreto de DPH.
Orden de 12 de noviembre de 1987, que desarrolla el Reglamento de DPH (Decreto 849/1986)	1987	Derogada por el RD 9/2008 que modifica el decreto de DPH.
RD 927/88, que aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica	1988	Gestión de sequías e inundaciones.
Instrucción de carreteras 5.2-1C de drenaje superficial	1990	Establece normas y recomendaciones para proyectar obras de drenaje superficial de las carreteras. Ha actuado como modelo para la ejecución de los estudios hidrológico-hidráulicos.
RDL 1/1992, de 26 de junio, Texto Refundido de la Ley sobre el Régimen del Suelo y Ordenación Urbana	1992	Derogada por la ley 6/1998 sobre régimen del suelo y valoraciones, y posteriormente ley 8/2007 de suelo.
Real Decreto 407/1992, Norma Básica de Protección Civil	1992	Desarrollado para inundaciones en la directriz básica de planificación de protección civil ante el riesgo de inundaciones (1995).
RESOLUCIÓN de 31 de enero de 1995, por la que se aprueba la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones	1995	Desarrolla la Norma básica de protección civil. Cita el caso concreto de la peligrosidad asociada, contemplando lo siguiente: "Por su posible influencia en la generación de daños a personas, edificaciones o infraestructuras, el análisis deberá completarse con la catalogación de puntos conflictivos y la localización de las áreas potencialmente afectadas por fenómenos geológicos asociados a precipitaciones o avenidas".
Ley 6/1998 sobre Régimen del Suelo y Valoraciones	1998	Zonas con riesgo natural deben declararse SNU. Derogada por la ley 8/2007 de Suelo.
Real Decreto 1664/1998, de 24 de Julio de 1998, por el que se aprueban los Planes Hidrológicos de Cuenca	1998	Normativa que contempla o ampara la realización de estudios de peligrosidad natural.

Ley 10/2001 del Plan Hidrológico Nacional	2001	Incorpora la directiva marco europea de aguas. en su artículo 28, dicta normas complementarias para la protección del DPH y actuaciones en zonas inundables, como “promover convenios entre el Ministerio de Medio Ambiente y las administraciones autonómicas y locales que tengan por finalidad eliminar las construcciones y demás instalaciones situadas en DPH y en zonas inundables que pudieran implicar un grave riesgo para las personas y los bienes y la protección del mencionado dominio (apartado 28.3).
Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas	2001	Normativa que contempla o ampara la realización de estudios de peligrosidad natural. Establece perímetros de protección de Dominio Público Hidráulico.
Ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del Real Decreto legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental.	2001	El proceso de evaluación de impacto ambiental para acciones relacionadas con la implantación de nuevos usos del suelo incluye un estudio de impacto ambiental en el que debe relacionarse un análisis de riesgos.
Ley 62/2003 de medidas fiscales, administrativas y de orden social	2003	Incorpora la directiva marco europea de aguas.
Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que se desarrolla los Títulos preliminar, I, IV, V, VI y VIII de la ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.	2003	Aporta una nueva definición del cauce y de la zonificación de sus riberas y márgenes. Con esto, el D.P.H., la zona de flujo preferente o el área inundable se calcularán de modo diferente a como se venía haciendo históricamente. Más allá del estudio hidrológico-hidráulico, incorpora la necesidad de considerar la geomorfología de los cauces, las características ecológicas e incluso el estudio de las inundaciones históricas.
Real Decreto Legislativo 7/2004, de 29 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido del Estatuto Legal del Consorcio de Compensación de Seguros	2004	Establece el papel del Consorcio de Compensación de Seguros en relación a los riesgos extraordinarios y concretamente en relación al riesgo de inundaciones
Texto refundido de la Ley de Aguas	2004	En su artículo 42.1 epígrafe n), cita “la obligatoriedad de comprender los criterios sobre estudios, actuaciones y obras para prevenir y evitar los daños debidos a inundaciones, avenidas y otros fenómenos hidráulicos”.
Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España.	2007	Es la transposición de la directiva Inspire (2007/2/CE).
Ley 8/2007, de Suelo	2007	Contiene algunas referencias sobre los riesgos naturales en general, y las inundaciones en particular. Incorpora la evaluación ambiental estratégica que nace con la directiva 2007/60/CE. Establece que las zonas con riesgo natural deben declararse suelo rústico. Incorpora mapas de riesgo en documentos de planeamiento.
RD 907/2007 del Reglamento de Planificación Hidrológica	2007	Establecen la obligatoriedad de incluir en los planes hidrológicos de cuencas criterios sobre estudios, actuaciones y obras para prevenir y evitar los daños debidos a inundaciones, avenidas y otros fenómenos hidráulicos. Incluye también la necesidad de incorporar medidas para prevenir o reducir contaminaciones accidentales provenientes de inundaciones.
Orden ARM/2656/2008, Instrucción de planificación hidrológica	2008	
RDL 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Suelo	2008	En el artículo 15, de evaluación y seguimiento de la sostenibilidad del desarrollo urbano, establece que el informe de sostenibilidad ambiental de los instrumentos de ordenación de actuaciones de urbanización deberá incluir un mapa de riesgos naturales del ámbito objeto de ordenación.

Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 abril.	2008	Aunque no es una trasposición de la directiva europea 2007/60/CE, sí que incorpora los criterios que se establecen en esa directiva sobre zonas inundables, exigiendo una evaluación preliminar del riesgo de inundación, mapas de peligrosidad y mapas de riesgo de inundación, planes de gestión del riesgo y el informe de sostenibilidad ambiental de los instrumentos de ordenación de actuaciones de urbanización debe incluir un mapa de riesgos naturales del ámbito objeto de ordenación (artículo 15.2 LS).
RD 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación	2010	El objeto de este RD es incorporar la directiva europea 2007/60/CE.
Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental	2013	Normativa que contempla o ampara la realización de estudios de peligrosidad natural.

4. Legislación autonómica andaluza.

Ley 1/1994, 11 enero, de Ordenación Territorial	1994	Señala en su artículo 7 que el Plan de Ordenación Territorial de Andalucía debe incluir entre sus contenidos “la indicación de las zonas con riesgos catastróficos y la definición de los criterios territoriales de actuación a contemplar para la prevención de los mismos”. Ello se plasmó en la elaboración del estudio “Riesgos catastróficos y OT en Andalucía, coordinado por Pita López, y que luego sirvió de base para la redacción del documento de directrices de OT de Andalucía.
Decreto 189/2002, de 2 de julio, del plan de prevención de avenidas e inundaciones en cauces urbanos andaluces	2002	Su principal objetivo consiste en establecer las medidas necesarias para evitar o minimizar las inundaciones en los núcleos urbanos. Constituye el marco general de intervención en materia de prevención de avenidas e inundaciones en Andalucía.
Ley 7/2002 de Ordenación Urbanística de Andalucía	2002	Las determinaciones de los Planes de Ordenación del Territorio, los Planes Generales de Ordenación Urbanística deben optar por el modelo y soluciones de ordenación que mejor aseguren, entre otras cosas, la preservación del proceso de urbanización para el desarrollo urbano de los terrenos en los que se hagan presentes riesgos naturales. Modificada por las leyes 13/2005 y 1/2006.
ORDEN de 22 de octubre de 2004, por la que se aprueba la modificación de los anexos I y IV del Plan de Prevención de avenidas e inundaciones en cauces urbanos andaluces	2004	Únicamente modifica algunas actuaciones prioritarias y algunos puntos de riesgo.

<p>Decreto 206/2006, de 29 de diciembre de 2006, por el que se aprueba el Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía</p>	<p>2006</p>	<p>El POT trata los riesgos naturales en la sección I del Capítulo III del Título III (sistema de prevención de riesgos), marcándose 6 objetivos, entre los que se incluye 'el establecimiento de medidas para la prevención de riesgos' o 'impulsar el conocimiento de los procesos y riesgos con mayor incidencia en Andalucía'.</p> <p>Cita igualmente 8 líneas estratégicas. Entre ellas 'incorporar a todos los niveles de la planificación la consideración de los riesgos como elemento necesario en la ordenación de usos', 'mejorar la calidad y eficacia de las determinaciones de la planificación urbanística y territorial en materia de prevención de riesgos', 'establecer criterios territoriales para la prevención de riesgos de inundaciones' o 'impulsar los trabajos dirigidos a un mejor conocimiento sobre riesgos naturales y tecnológicos en Andalucía y de sus factores de riesgo en Andalucía y, especialmente, a elaborar una cartografía de referencia con el detalle adecuado para la toma de decisiones de localización y ordenación de usos'.</p> <p>Y en relación a la cartografía de riesgos, apunta que 'el Plan prevé, en coordinación con los servicios de Protección Civil, un programa de cartografía temática a la escala adecuada y de estudios de referencia, que orienten el tratamiento y prevención de los distintos tipos de riesgos [SG-05]' y que 'los riesgos que deben considerarse prioritarios son los siguientes: inundaciones, sísmicos, otros geológicos (erosión costera, fallas activas, movimientos de laderas, suelos expansivos, subsidencias), incendios forestales y los tecnológicos'.</p>
<p>Ley 7/2007, de 9 de Julio, de Gestión Integral de la Calidad Ambiental</p>	<p>2007</p>	<p>Incorpora a la normativa andaluza la evaluación ambiental estratégica, que incluye el estudio de los riesgos naturales en el procedimiento de toma de decisiones del planeamiento, lo que supone una postura más preventiva al tratarse de una etapa previa del planeamiento.</p>
<p>Ley 9/2010, de 30 de julio, de Aguas para Andalucía</p>	<p>2010</p>	<p>Incluye un título exclusivo para la prevención de efectos por fenómenos externos (título VII), tratando su primer capítulo de los 'instrumentos de prevención del riesgo de inundación', destacando la incorporación de la evaluación preliminar del riesgo de inundación o de los planes de gestión del riesgo de inundación, e incluyendo un artículo de zonificación en el que cita la necesidad de incorporar, entre otros aspectos, los sedimentos transportados por el flujo, los flujos de derrubios o la posible extensión accidental de contaminación con el flujo.</p>

5. Legislación otras comunidades autónomas.

5.1. Aragón

Ley 5/1999, de 25 de marzo, Urbanística	1999	<i>Tendrán la consideración de suelo no urbanizable los terrenos del suelo no urbanizable a los que el Plan General reconozca tal carácter y en todo caso los enumerados en la letra a) del artículo anterior y los terrenos que, en razón de sus características, puedan presentar graves y justificados problemas de índole geotécnica, geomorfológico, morfológica o hidrológica o cualquier otro riesgo natural que desaconseje su destino a un aprovechamiento urbanístico por los riesgos para la seguridad de las personas o bienes. Derogada el 30 de septiembre de 2009.</i>
---	------	---

5.2. Asturias

Decreto Legislativo 1/2004, de 22 de abril, por el que se aprueba el Texto Refundido de las disposiciones legales vigentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo.	2004	<i>Constituirán suelo o urbanizable los terrenos que estén o deban estar sometidos a algún régimen especial de protección, fijado en planes o normas sectoriales, o en el planeamiento sectorial, que sea incompatible con su transformación urbanística. Esta protección podrá derivarse, entre otras posibilidades, de los valores paisajísticos, históricos, arqueológicos, científicos, ambientales o culturales de los citados terrenos, de los riesgos naturales que en ellos concurren, de su sujeción a limitaciones o servidumbres para la protección del dominio público.</i>
---	------	---

5.3. Canarias

Decreto Legislativo 1/2000, de 8 de mayo, por el que se aprueba el Texto Refundido de las Leyes de Ordenación del Territorio de Canarias y de Espacios Naturales de Canarias.	2000	<i>Integrarán el suelo rústico los terrenos que el planeamiento adscriba a esta clase de suelo, mediante su clasificación por: ... resultar inadecuado, conforme a los criterios establecidos por las correspondientes Normas Técnicas de Planeamiento Urbanístico, para servir de soporte a aprovechamientos urbanos, por los costes desproporcionados que requeriría su transformación o por los riesgos ciertos de erosión, desprendimientos, corrimientos o fenómenos análogos que comporten sus características geotécnicas o morfológicas.</i>
---	------	--

5.4. Cantabria

<p>Ley de Cantabria 2/2001, de 25 de junio, de Ordenación Territorial y Régimen Urbanístico del Suelo de Cantabria.</p>	<p>2001</p>	<p>Tendrán la condición de suelo rústico de especial protección los terrenos en los que concurra algunas de las circunstancias siguientes: ... que estén sometidos a un régimen especial de protección incompatible con su transformación urbana, conforme a los planes y normas de ordenación territorial o a la legislación sectorial pertinente en razón de sus valores paisajísticos, históricos, arqueológicos, científicos, ambientales, culturales, agrícolas, de riesgos naturales acreditados, o en función de su sujeción a limitaciones o servidumbres para la protección del dominio público.</p>
---	-------------	---

5.5. Cataluña

<p>Ley 2/2002 de Urbanismo de Cataluña</p>	<p>2002</p>	<p>Las directrices definitorias de la estrategia de evolución urbana y ocupación del territorio fijarán criterios y objetivos que tengan por finalidad la consecución de la sostenibilidad del municipio y, en concreto y como mínimo, respecto de la prevención de riesgos naturales o inducidos, para lo cual se establecerán criterios de compatibilidad del territorio para el desarrollo urbano con los riesgos naturales o inducidos constatables en el término municipal.</p>
<p>Decreto 305/2006, de 18 de julio, del Reglamento de la Ley de Urbanismo de Cataluña</p>	<p>2006</p>	<p>Se establecen las directrices para el planeamiento urbanístico, regulando la articulación necesaria con la planificación hidrológica en cuanto a la preservación frente a los riesgos de inundación, así como los criterios a aplicar en ausencia de la referida planificación.</p>

5.6. Comunidad Valenciana

<p>Ley 6/1989 de Ordenación del Territorio</p>	<p>1989</p>	<p>Cita la necesidad de localizar áreas y zonas inundables.</p>
<p>Ley 4/2004 de la Comunidad Valenciana, Ordenación del Territorio y Protección del Paisaje</p>	<p>2004</p>	<p>El planeamiento urbanístico deberá orientar los futuros desarrollos urbanísticos hacia las zonas no inundables o, en el supuesto de que toda la superficie del municipio así lo fuera, hacia las áreas de menor riesgo, siempre que permita el asentamiento. Cualquier decisión de planeamiento que se aparte de este criterio deberá justificar su idoneidad en un estudio de inundabilidad más específico, realizado con motivo de la actuación que se pretende.</p>
<p>Ley 16/2005, de 30 de diciembre, de la Generalitat, Urbanística Valenciana</p>	<p>2005</p>	<p>La Estrategia Territorial de la Comunidad Valenciana incorporará líneas de acción, iniciativas y orientaciones definidas de forma coherente para el desarrollo territorial de ámbito comunitario incluyendo, al menos, los criterios, directrices y acciones de carácter territorial a considerar en la prevención de los riesgos naturales.</p>

5.7. Murcia

<i>Ley 4/1992 de Ordenación y Protección del Territorio de la Región de Murcia</i>	1992	<i>Se cita la necesidad de evaluar los riesgos actuales y futuros para los asentamiento shumanos y actividades económicas, aunque no se concreta mucho más.</i>
<i>Decreto 258/2007, por el que se establece el contenido y procedimiento de los estudios de inundabilidad en el ámbito del POT del Litoral de la Región de Murcia</i>	2007	<i>Ésta normativa ha sido tomada de ejemplo para el desarrollo de muchos estudios de inundabilidad incluso en otras comunidades autónomas a partir de dicha fecha.</i>

5.8. País Vasco

<i>Directrices de Ordenación del Territorio del País Vasco</i>	1992	<i>El tratamiento de los riesgos aparece transversalmente en determinadas políticas, estableciendo 3 categorías de ordenación relacionadas con ellos: áreas con riesgo de erosión, áreas inundables y áreas vulnerables a la contaminación de acuíferos. Se incluye también la elaboración de un PPlan Territorial Sectorial de Prevención de Riesgos Naturales, centrado fundamentalmente en deslizamientos e inundaciones.</i>
--	------	--

Anexo 2

Perfiles longitudinales

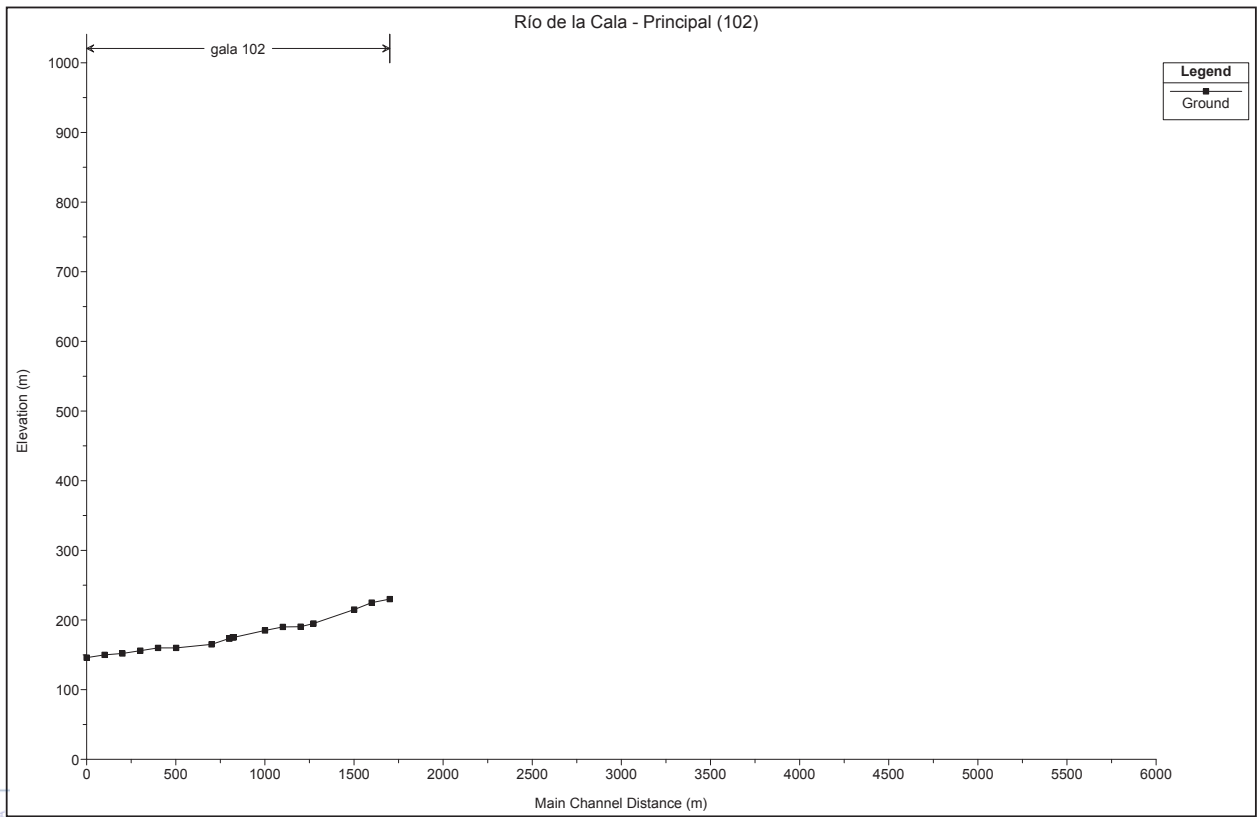
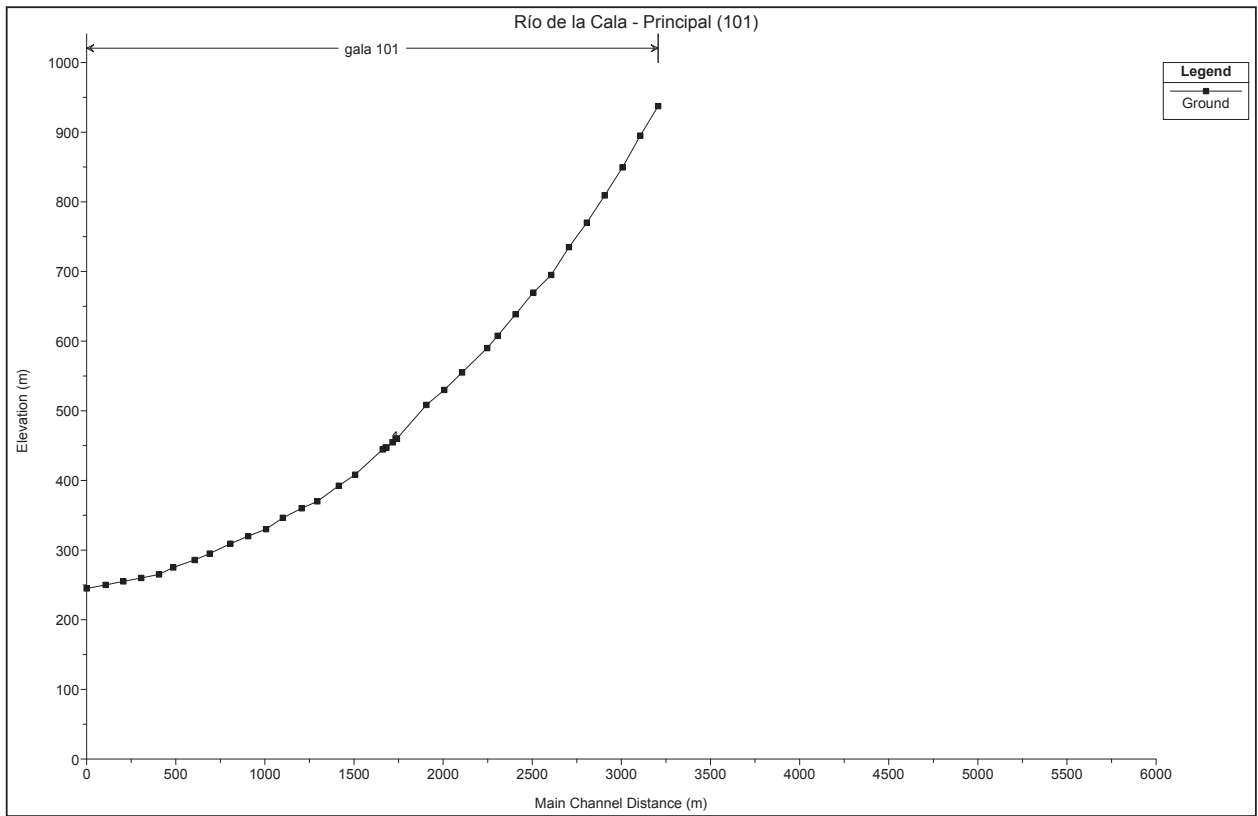
Índice.

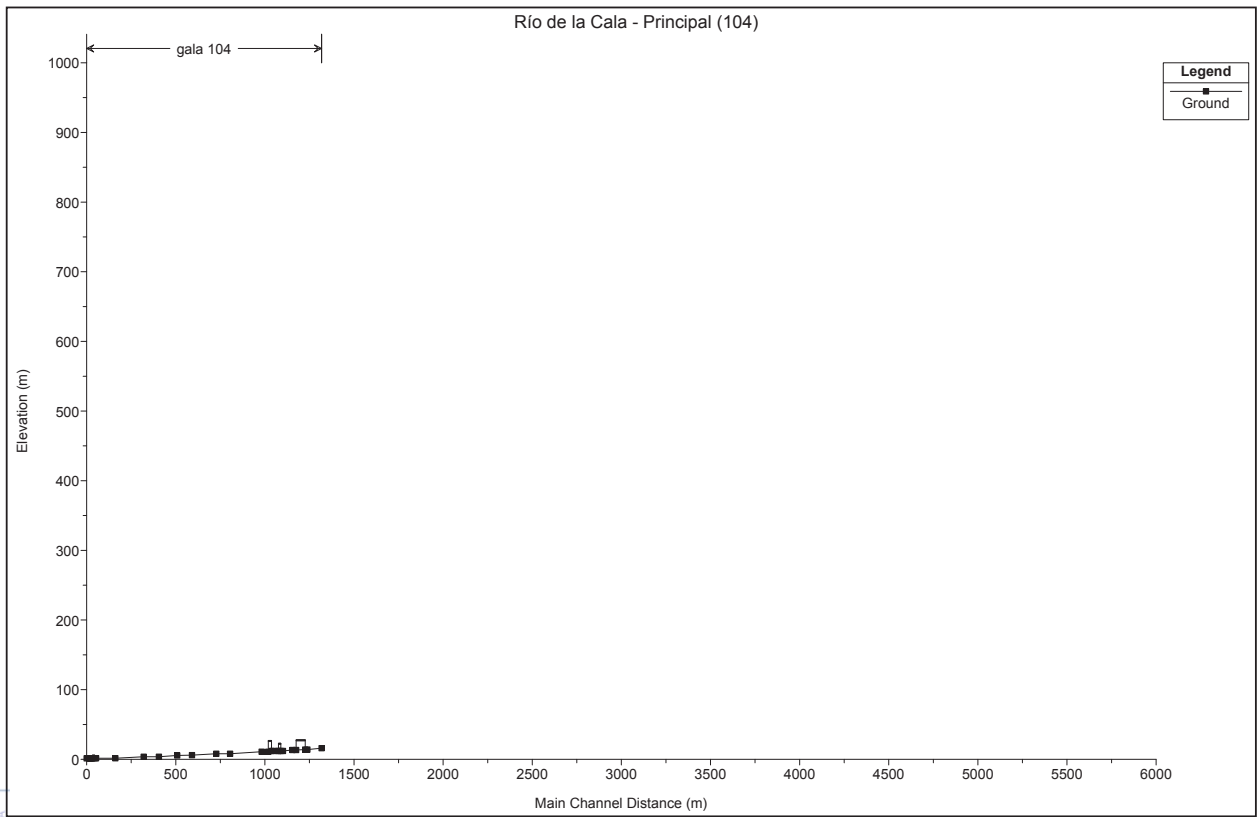
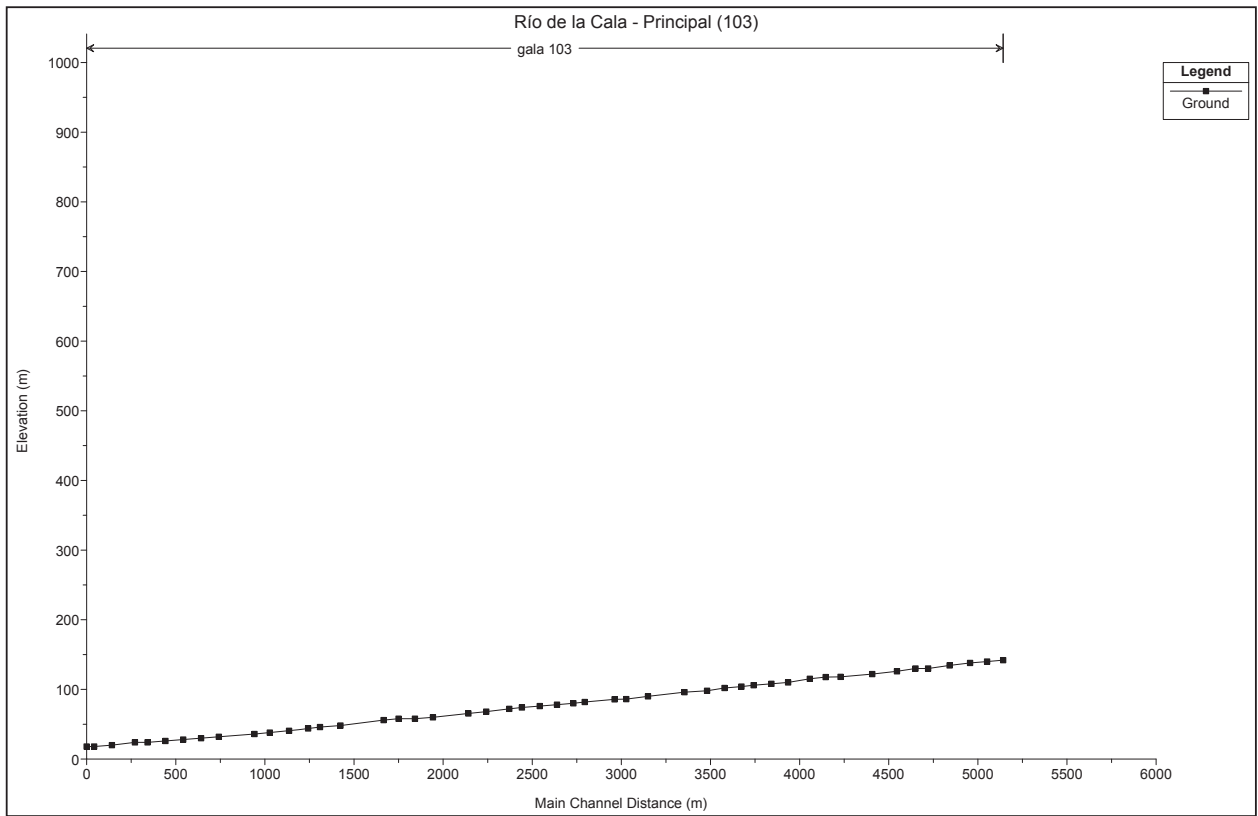
1. Cuenca del río de la Cala.
2. Cuenca del arroyo de los Jaboneros.
3. Cuenca del arroyo Piletas.
4. Cuenca del arroyo Pollo Zamora.

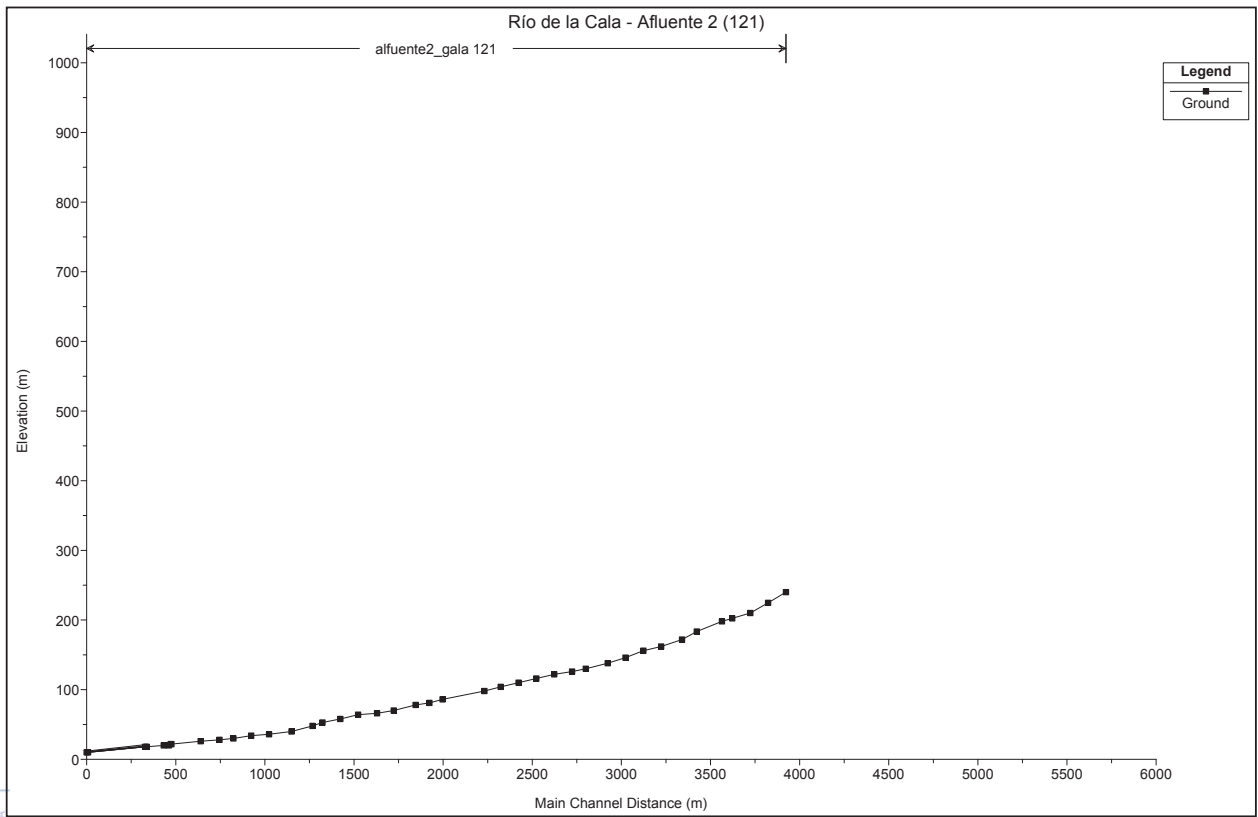
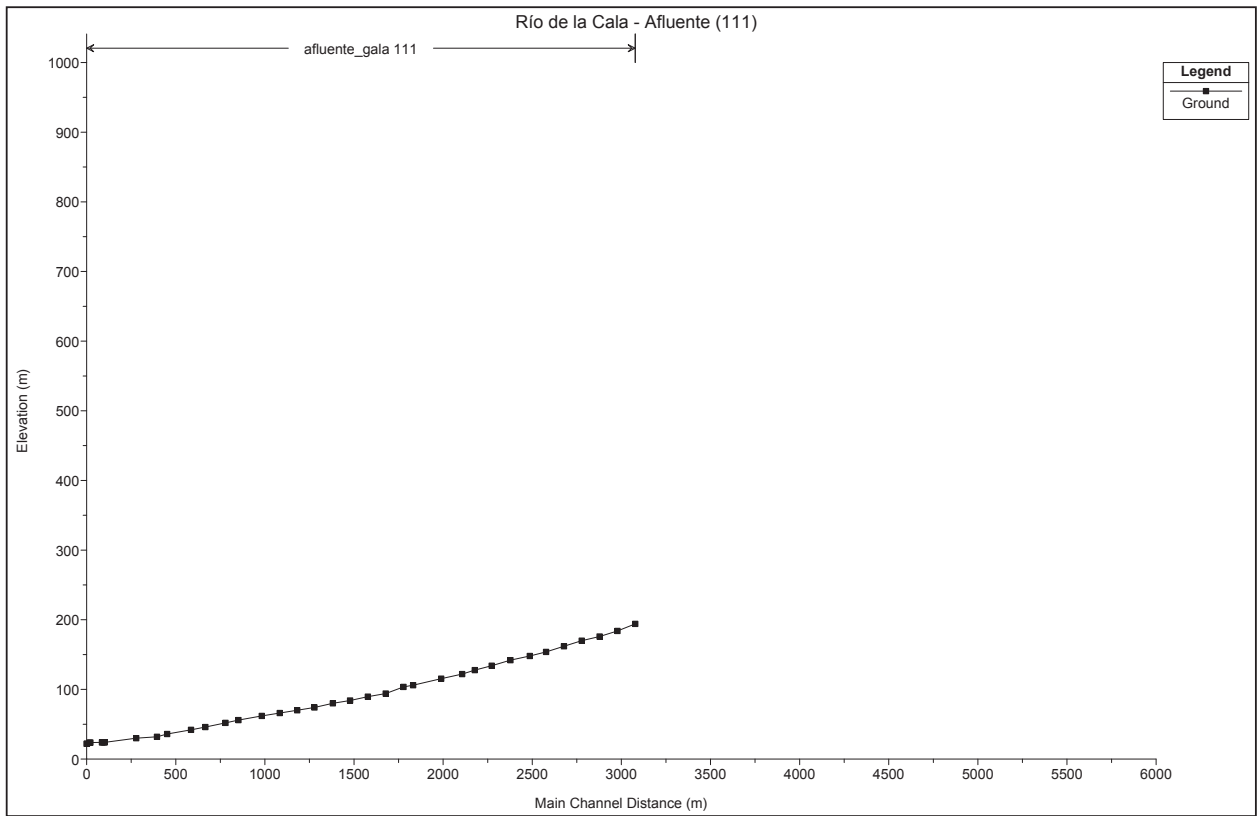
- 101 – Río de la Cala, Eje principal, tramo 1
102 – Río de la Cala, Eje principal, tramo 2
103 – Río de la Cala, Eje principal, tramo 3
104 – Río de la Cala, Eje principal, tramo 4
111 – Río de la Cala, Afluente 1
121 – Río de la Cala, Afluente 2
202 – Arroyo de los Jaboneros, Eje principal, tramo 2
203 – Arroyo de los Jaboneros, Eje principal, tramo 3
204 – Arroyo de los Jaboneros, Eje principal, tramo 4
211 – Arroyo de los Jaboneros, Afluente 1
221 – Arroyo de los Jaboneros, Afluente 2
231 – Arroyo de los Jaboneros, Afluente 3
241 – Arroyo de los Jaboneros, Afluente 4
251 – Arroyo de los Jaboneros, Afluente 5
301 – Arroyo Piletas, Eje principal, tramo 1
302 – Arroyo Piletas, Eje principal, tramo 2
303 – Arroyo Piletas, Eje principal, tramo 3
304 – Arroyo Piletas, Eje principal, tramo 4
311 – Arroyo Piletas, Afluente 1
321 – Arroyo Piletas, Afluente 2
331 – Arroyo Piletas, Afluente 3
401 – Arroyo Pollo Zamora, Eje principal, tramo 1
402 – Arroyo Pollo Zamora, Eje principal, tramo 2
411 – Arroyo Pollo Zamora, Afluente 1

1.

Perfiles longitudinales. Arroyo de la Cala.

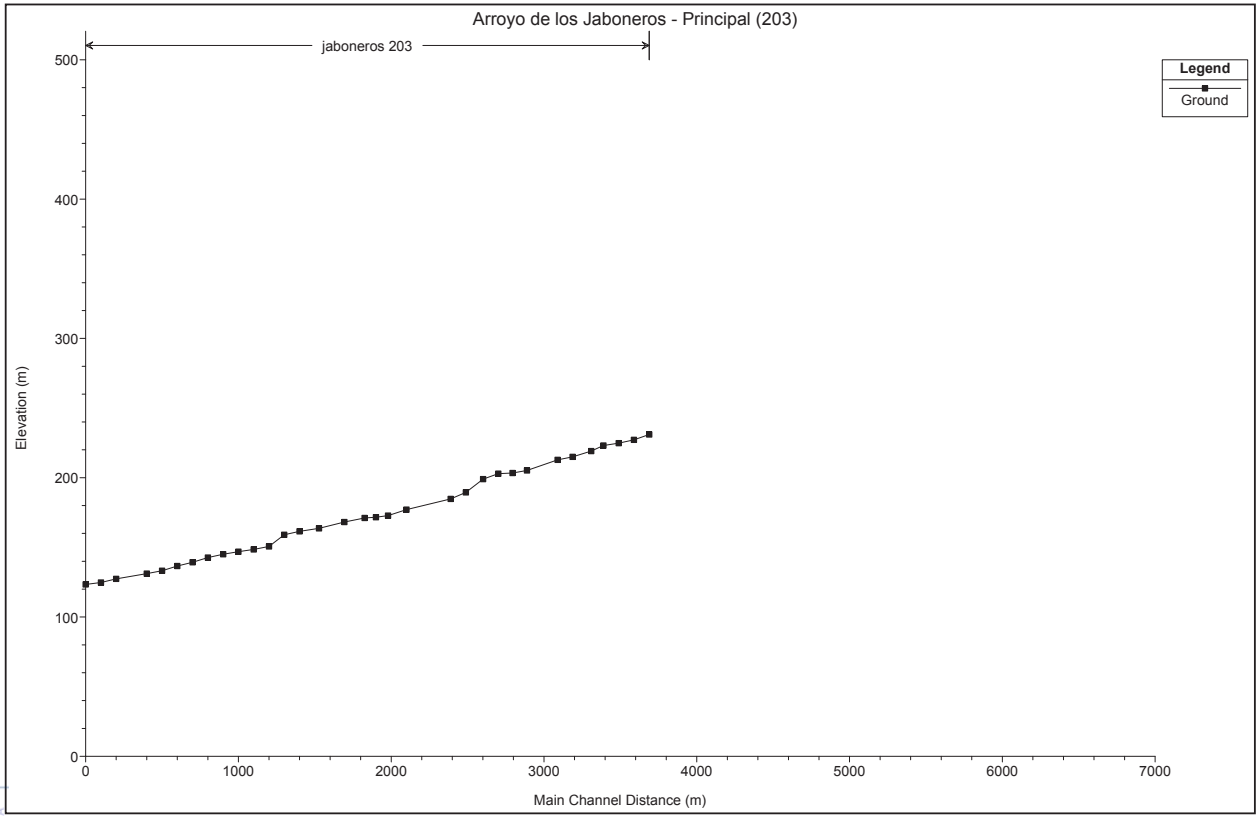
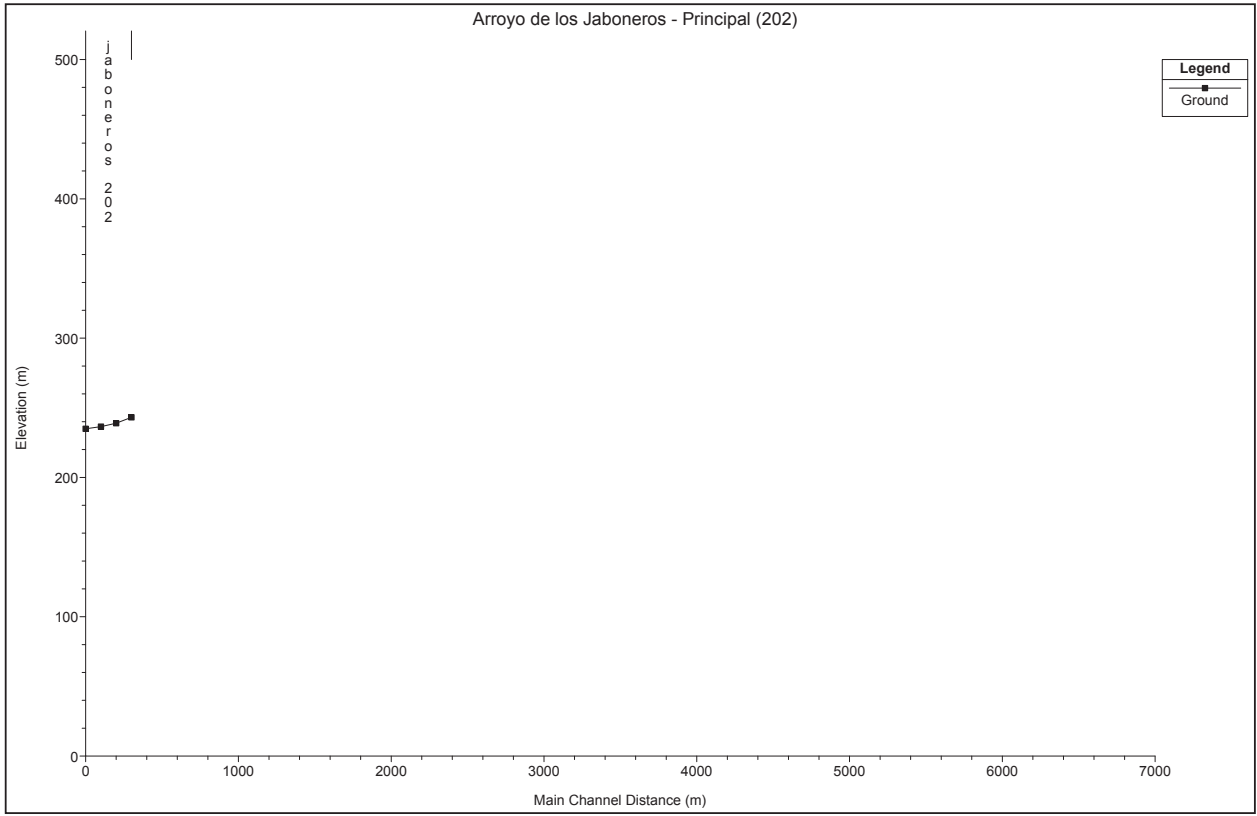


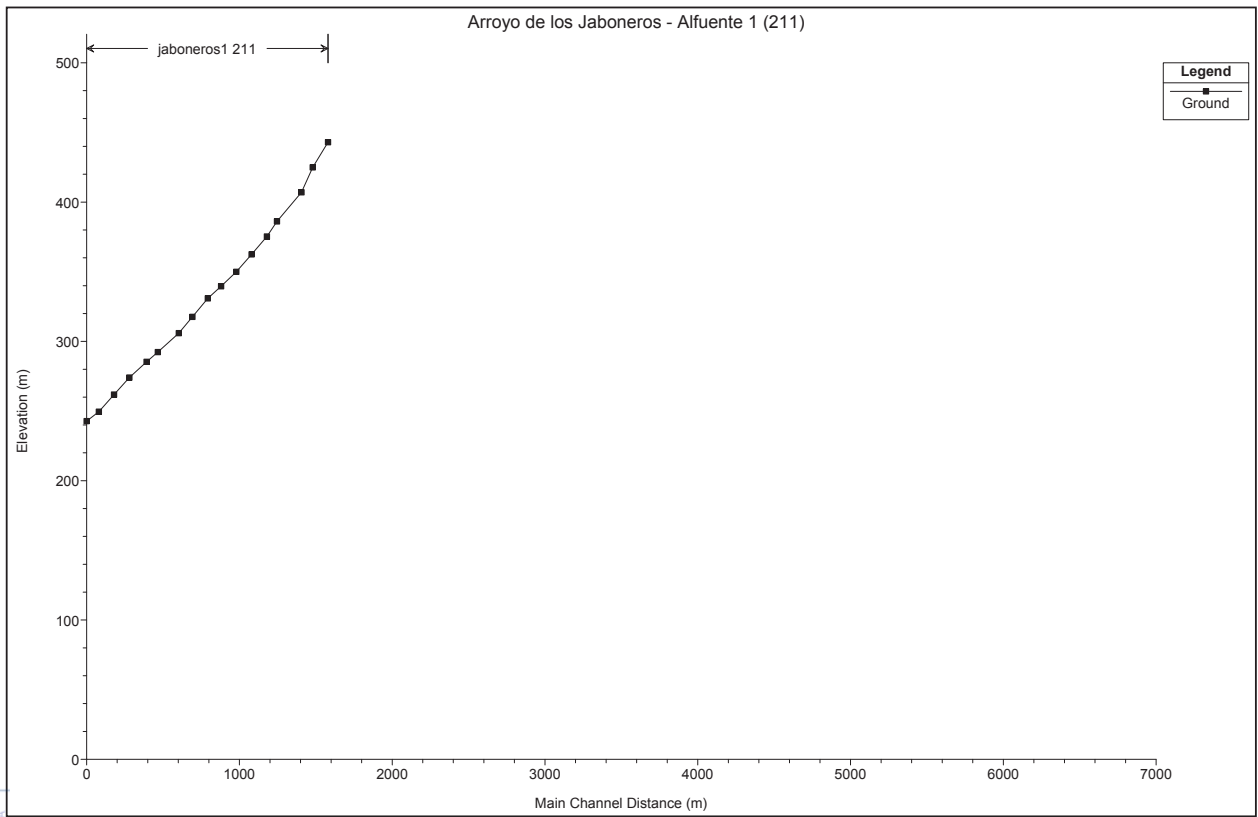
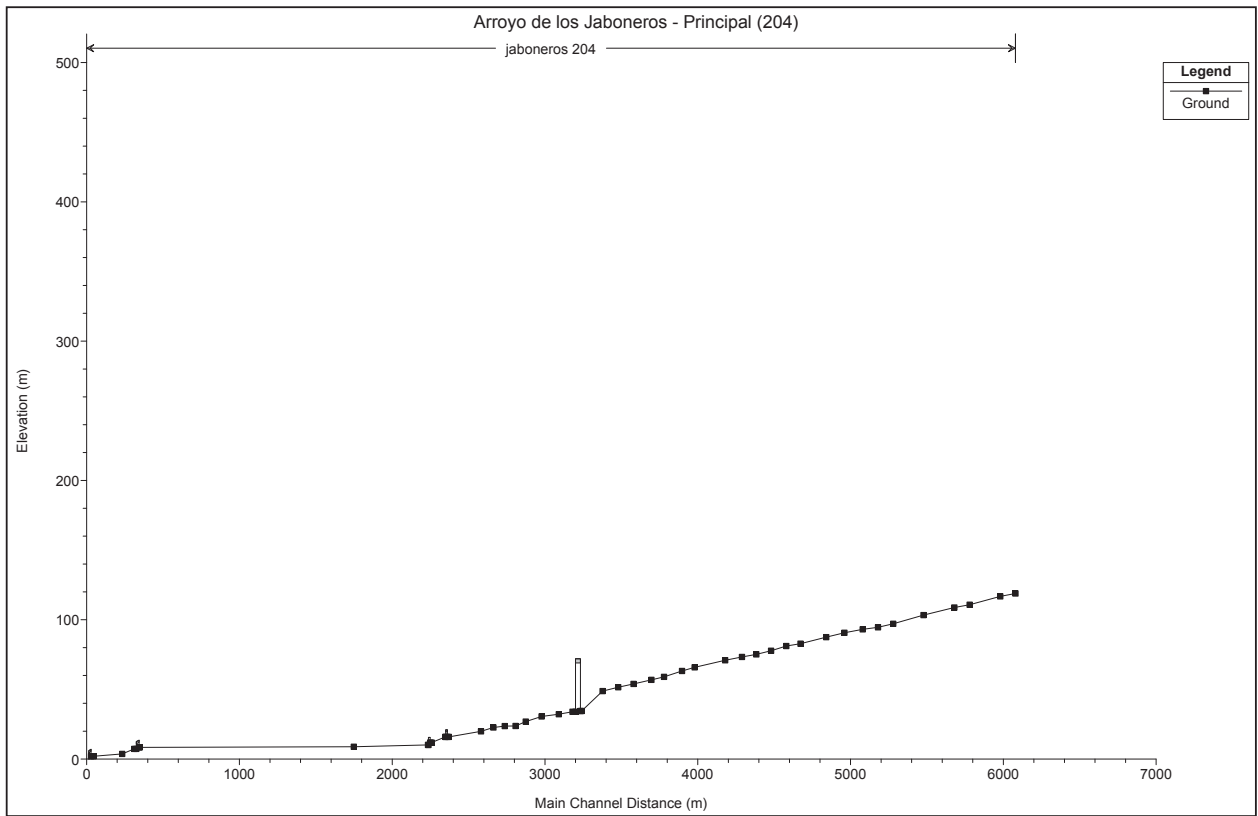


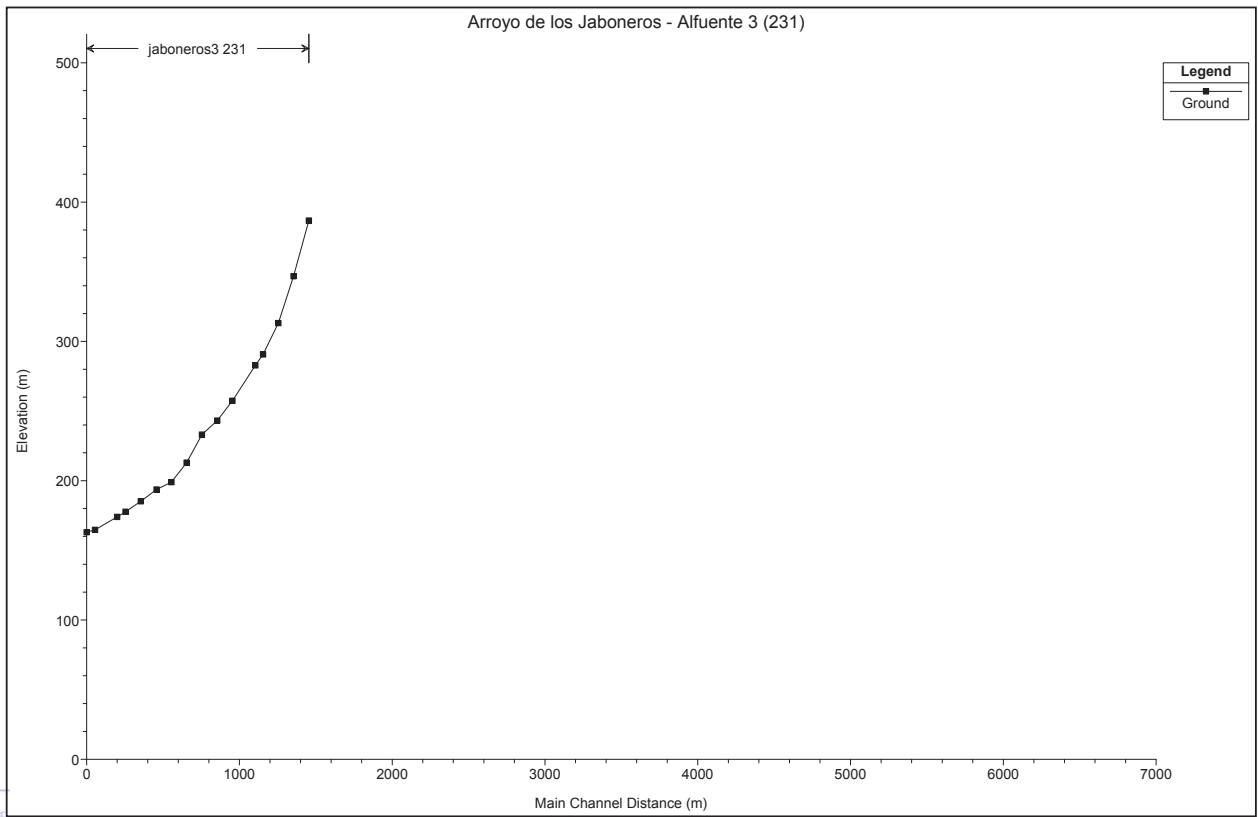
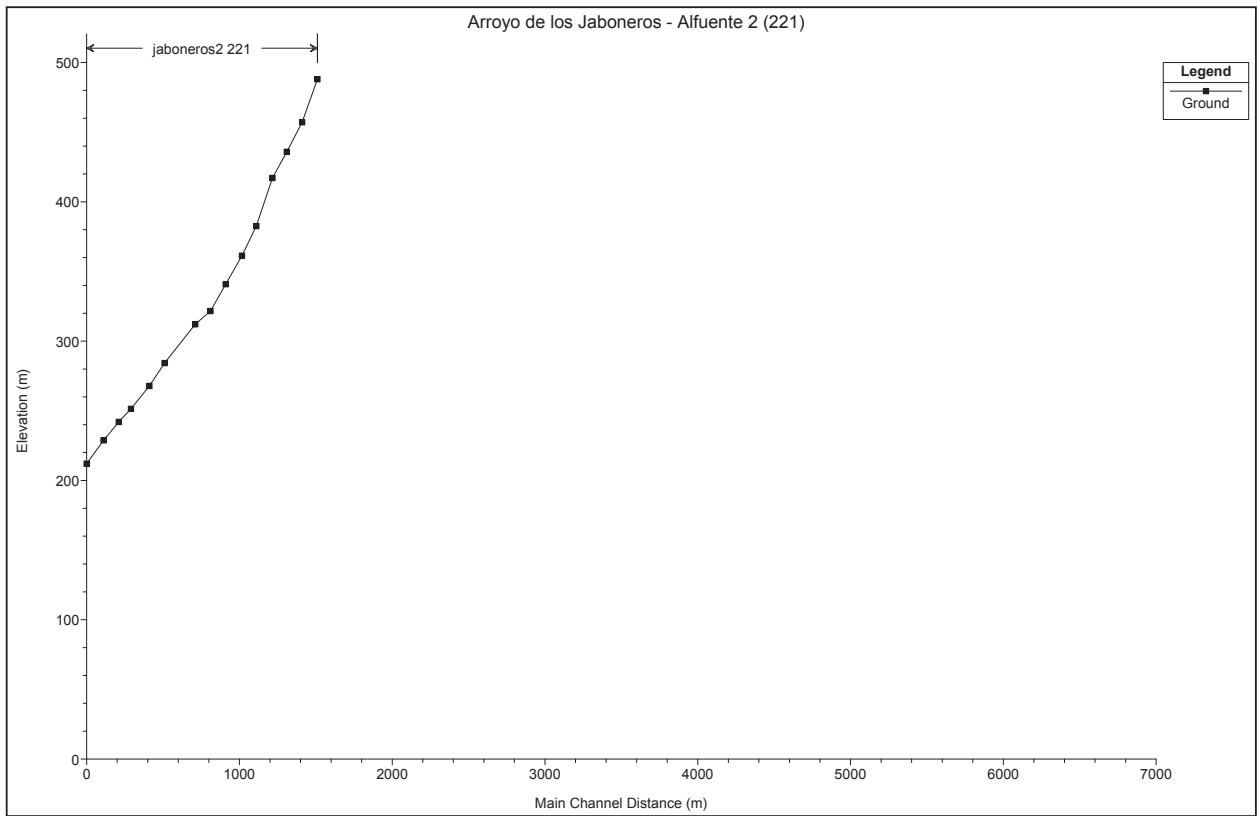


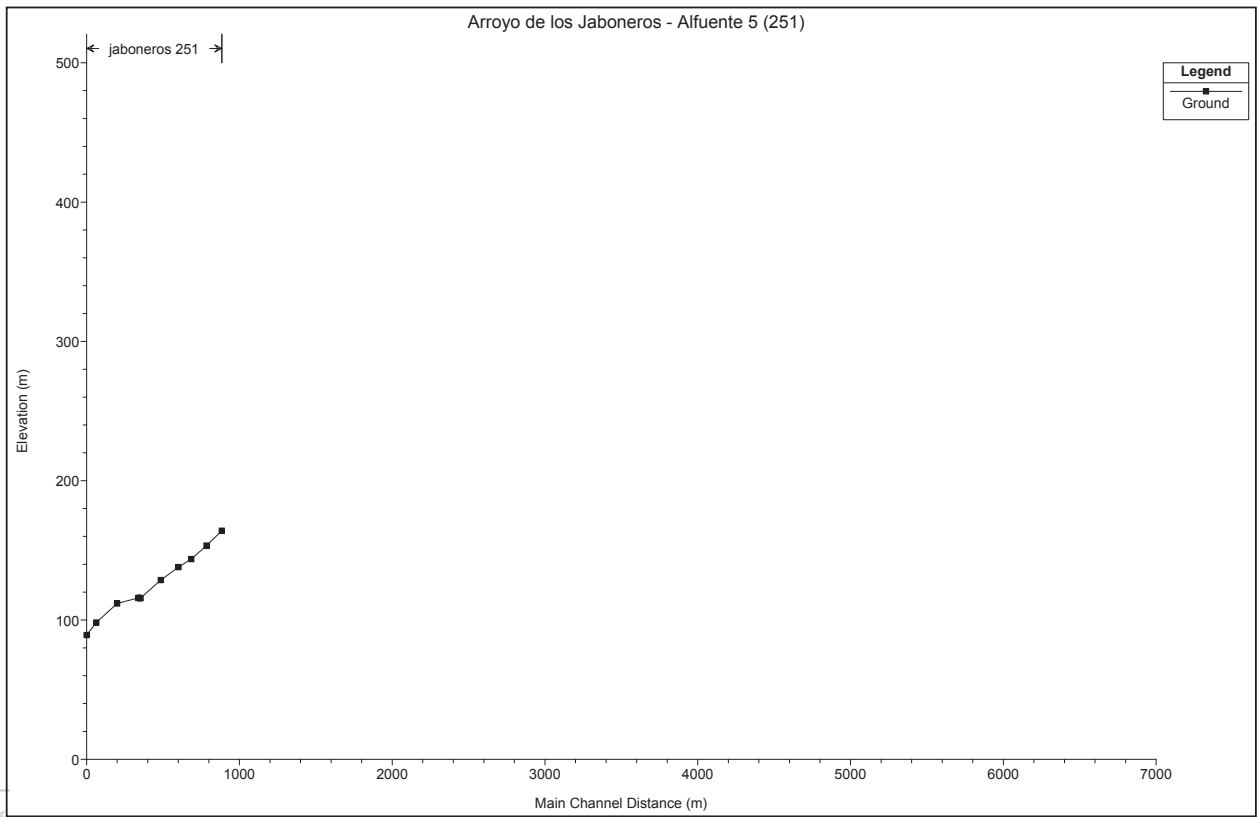
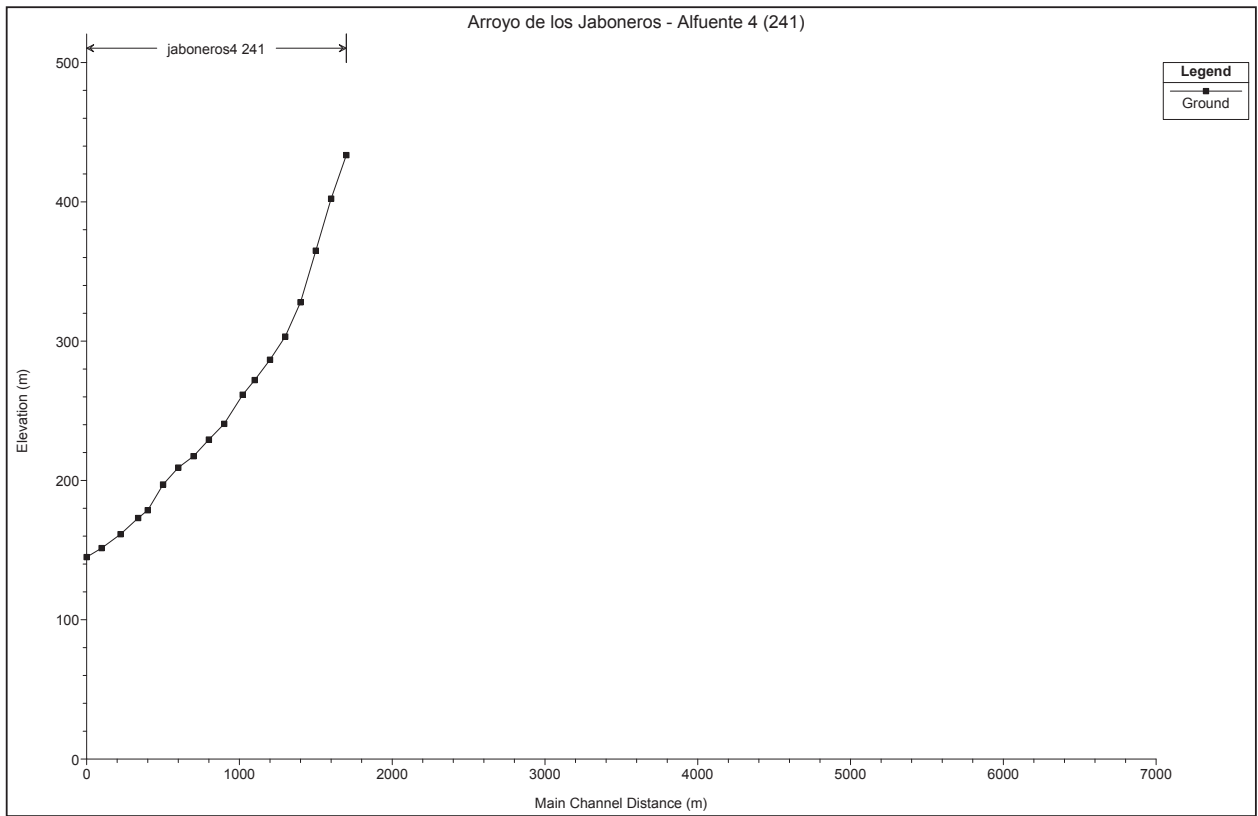
2.

Perfiles longitudinales. Arroyo de los Jaboneros.



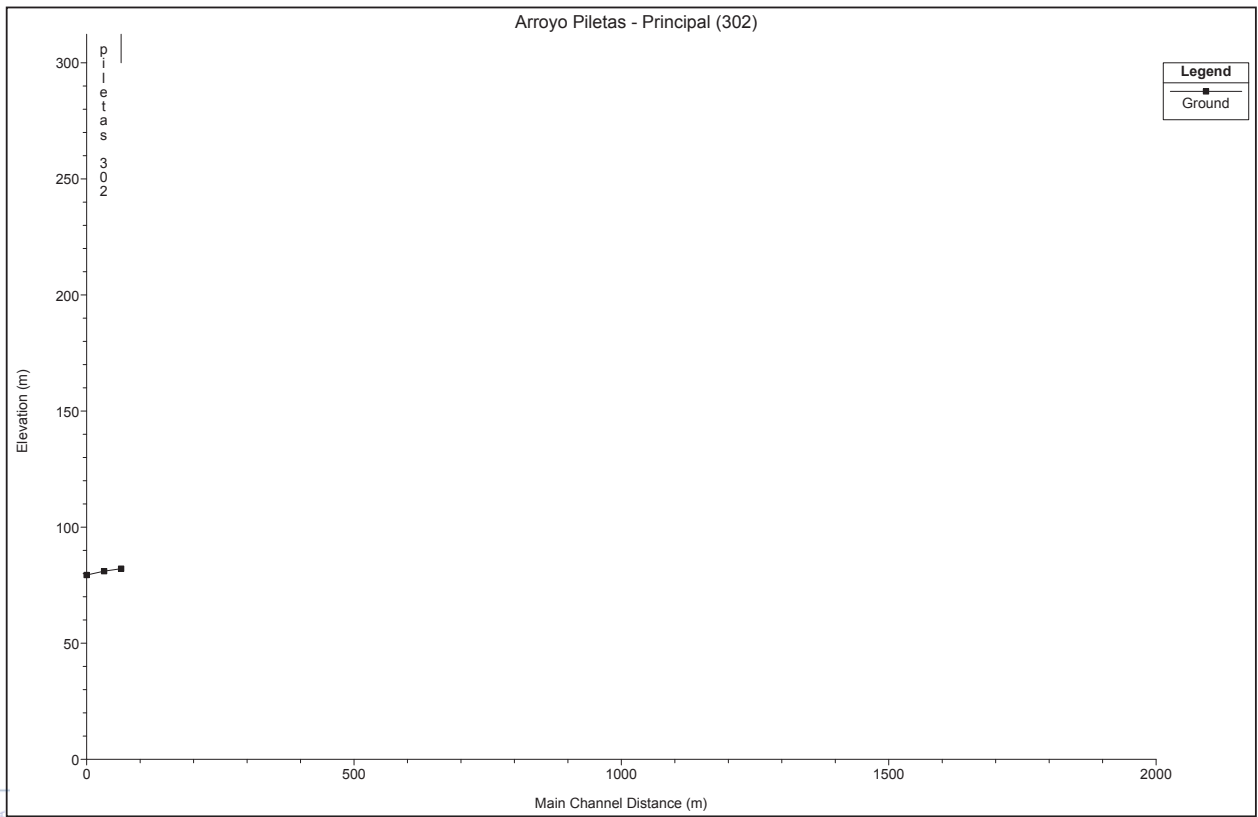
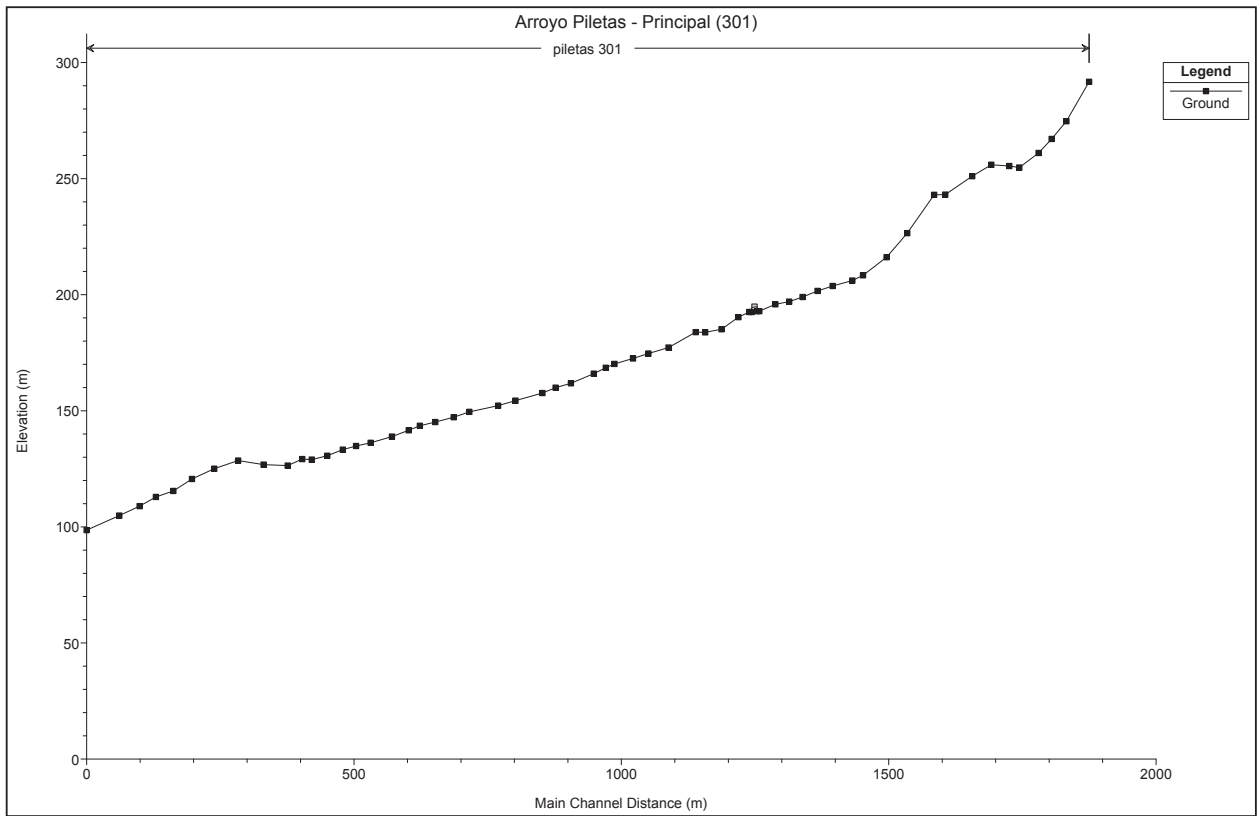


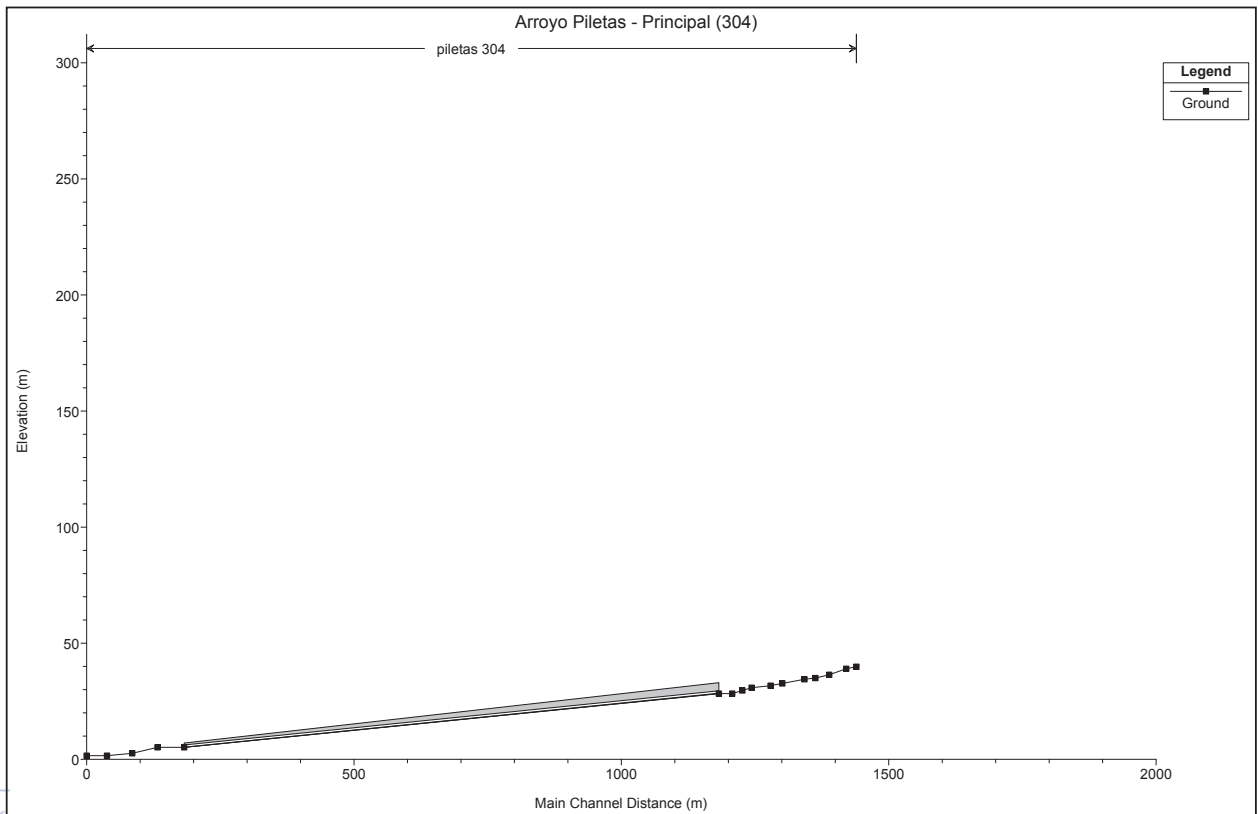
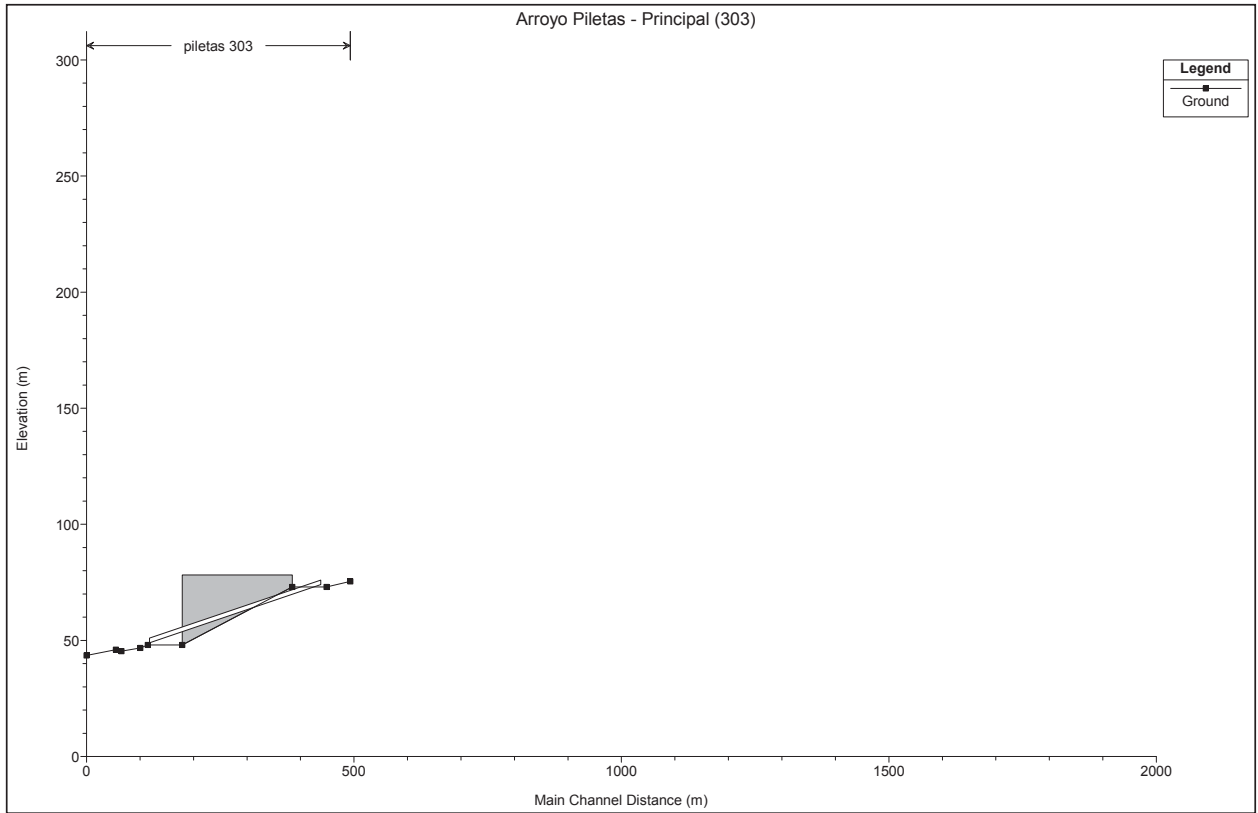


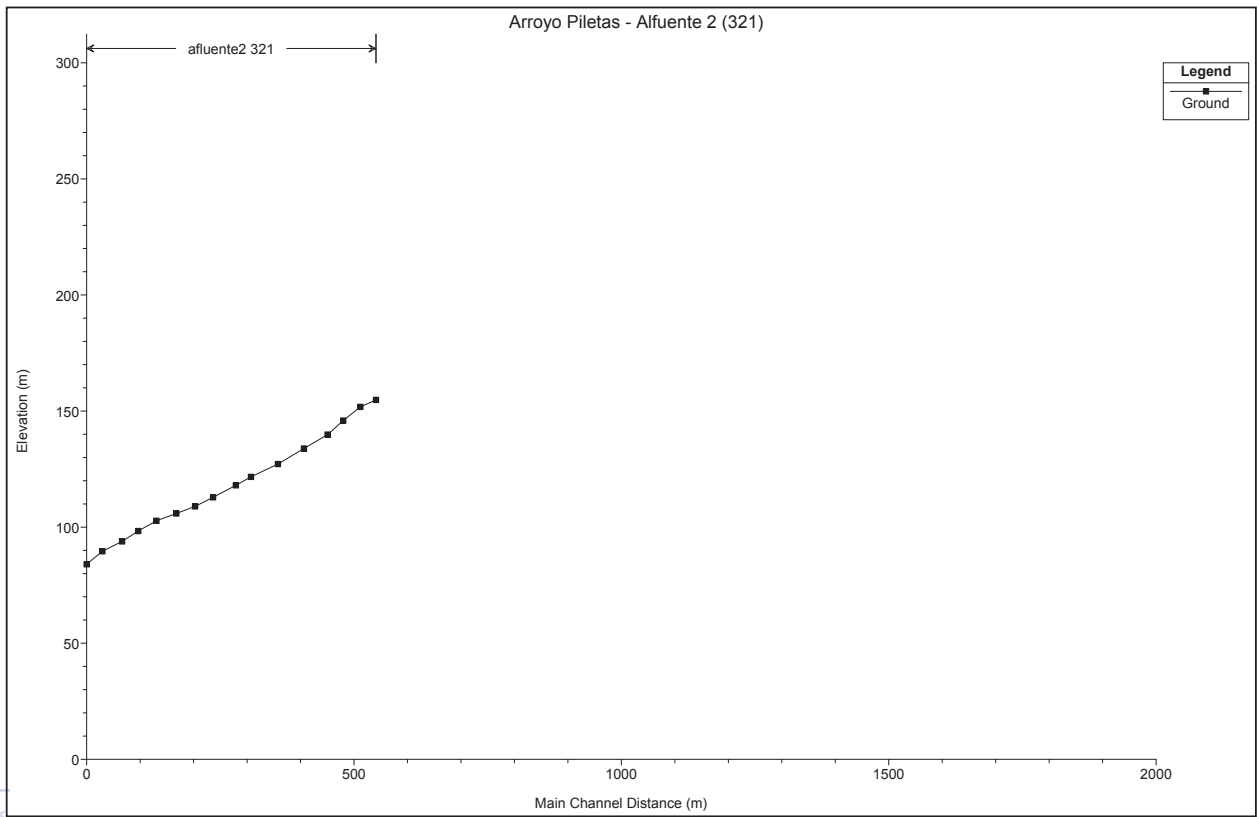
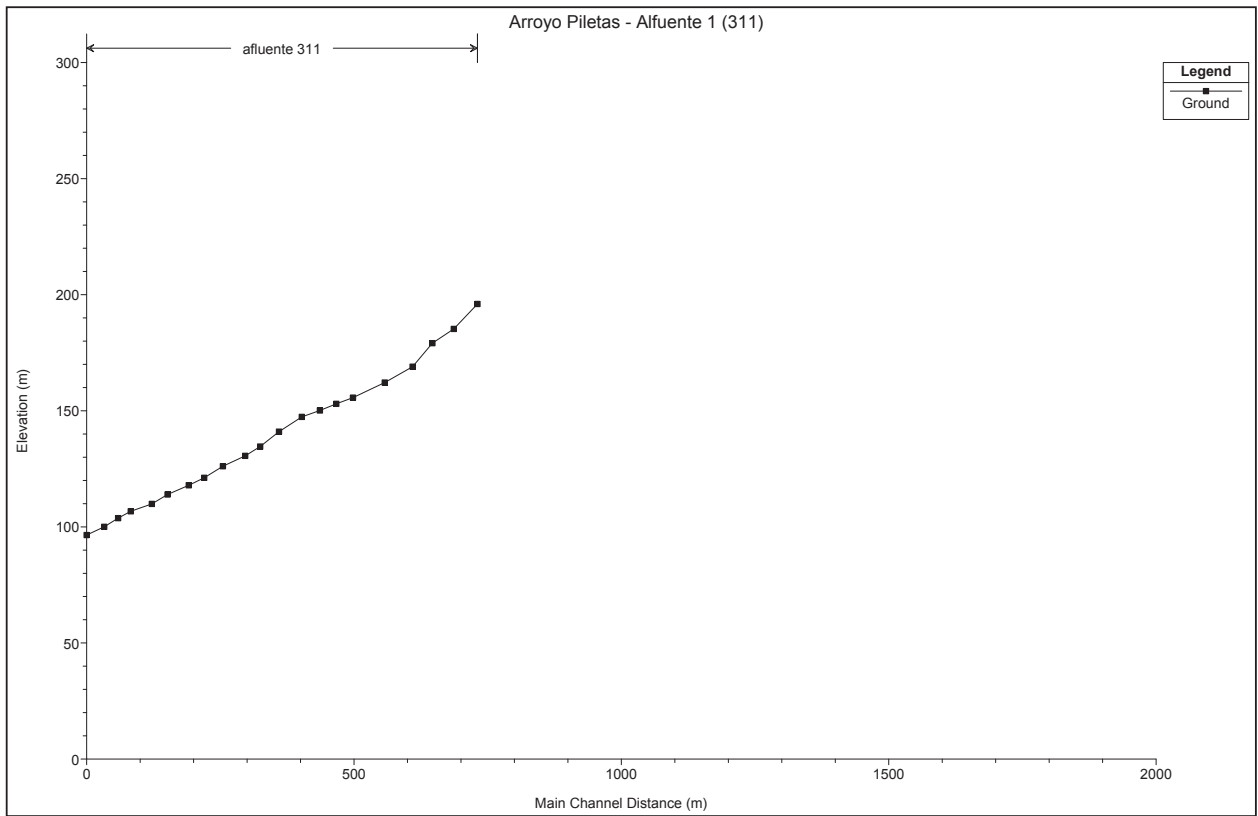


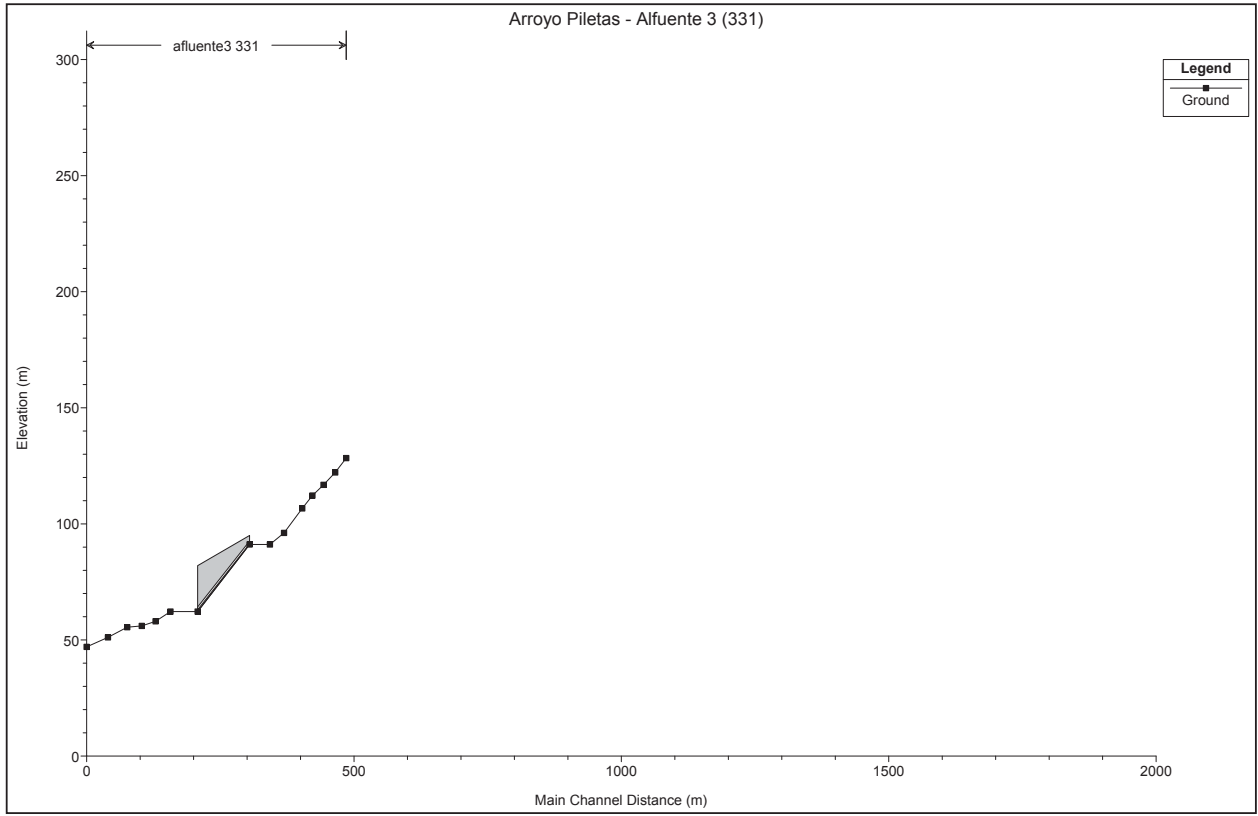
3.

Perfiles longitudinales. Arroyo Piletas.



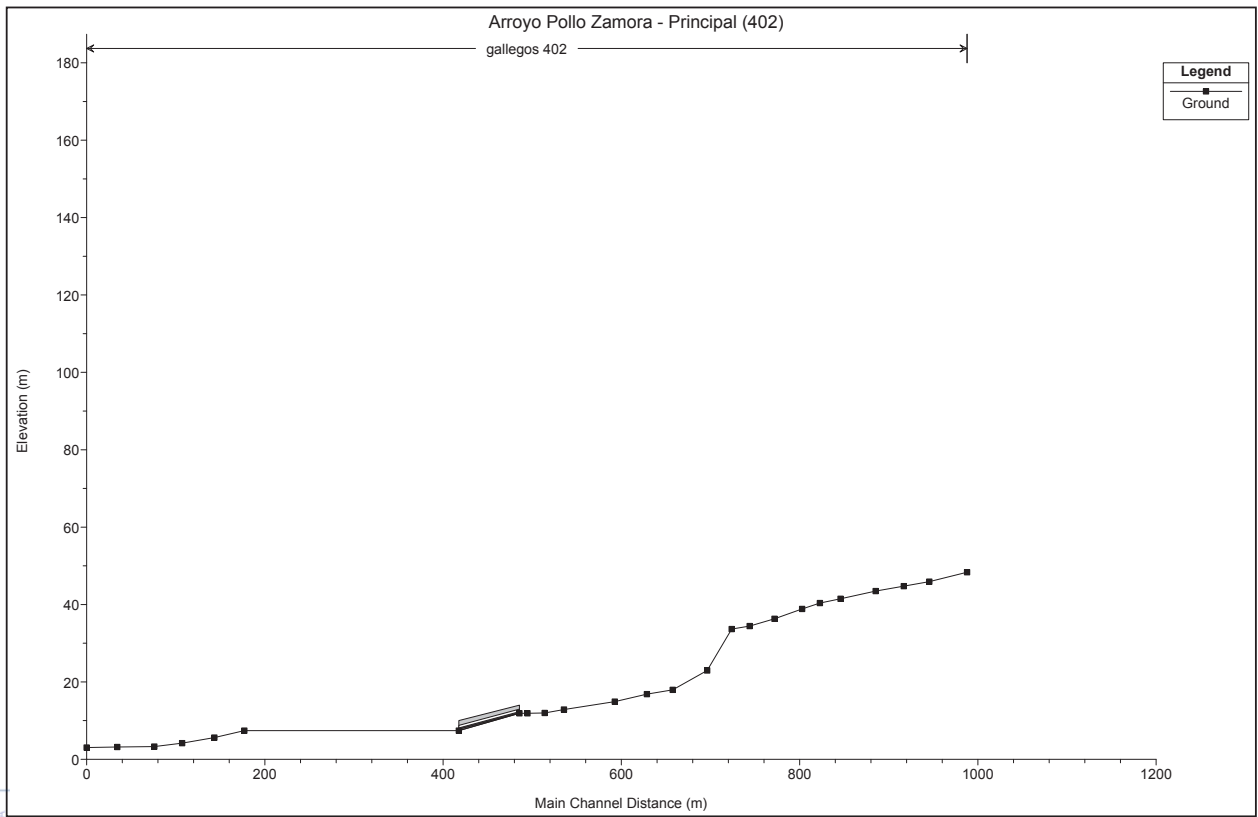
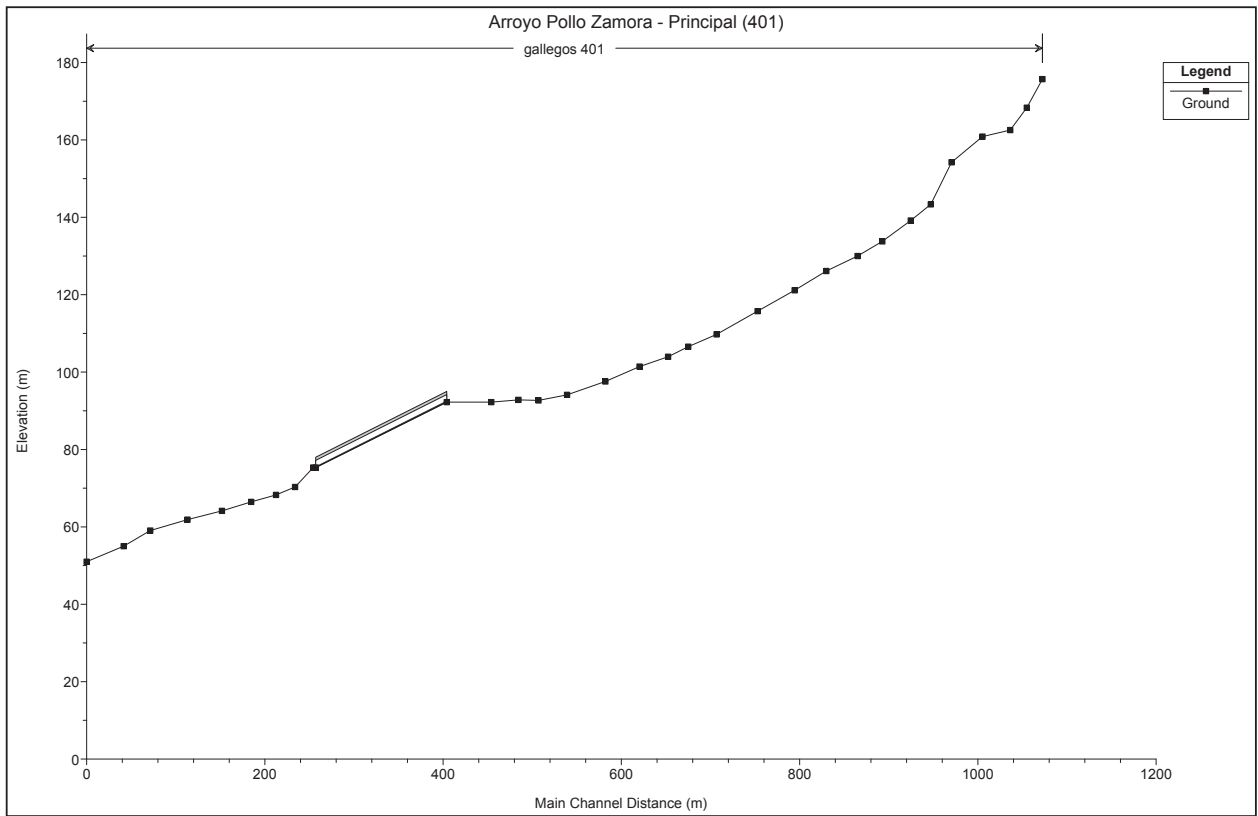


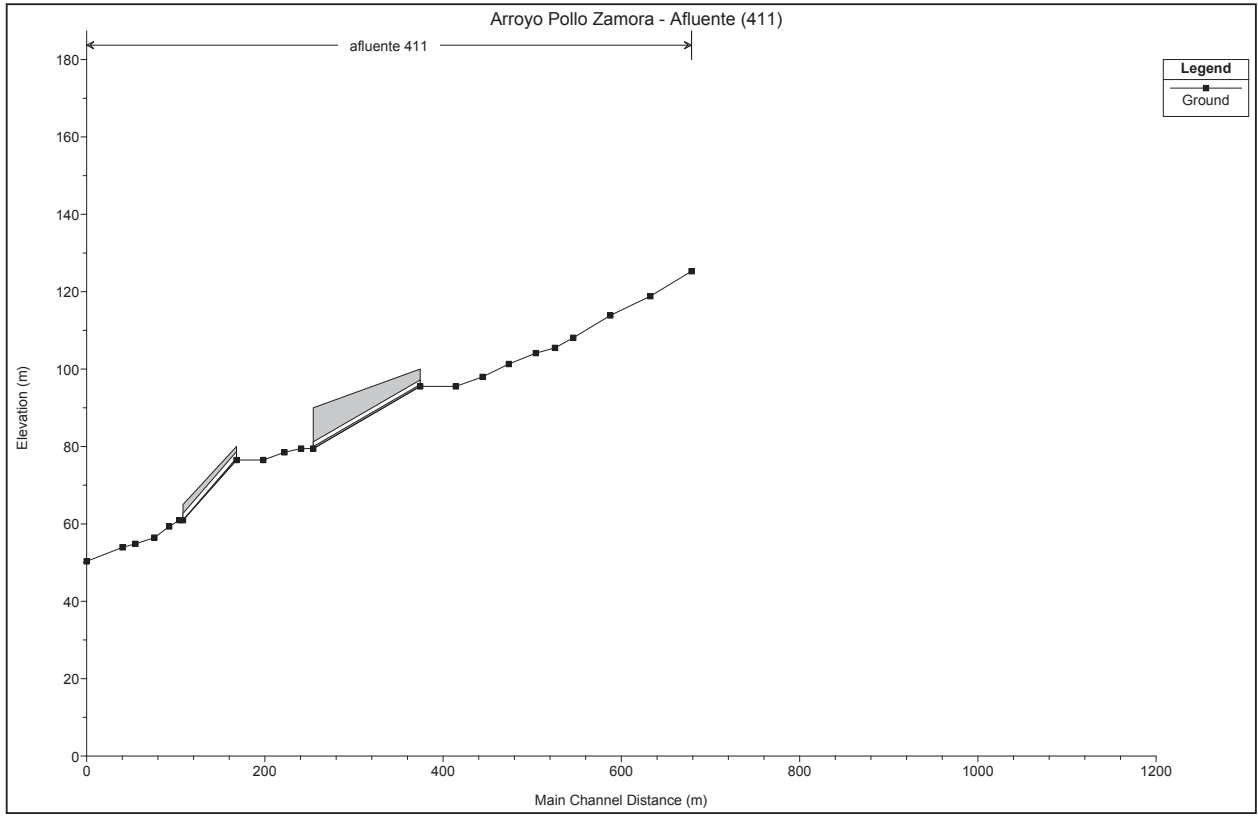




4.

Perfiles longitudinales. Arroyo Pollo Zamora.





Anexo 3

Cuantificación de la producción de residuos vegetales a partir de la tabla de usos del suelo del sistema de información de ocupación del suelo de Andalucía.

Código SIOSE	Descripción SIOSE	Plantación	Código regadío	En construcción	Cobertura vegetal	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo	Suelo	Producción residuos según tipo masa forestal	Valor final de residuos vegetales
		S/N	-1/3	S/N	%	%	%	%	%	t/ha.año	t/ha.año
101	CASCO	N	-1	N							.
112	NUCLEO RURAL AISLADO	N	-1	N							.
113	AGRICOLA/GANADERO	N	-1	N							.
117	AGRICOLA RESIDENCIAL	N	-1	N							9.5
130	ADMINISTRATIVO INSTITUCIONAL	N	-1	N							.
132	CEMENTERIO	N	-1	N							.
134	PENITENCIARIO	N	-1	N							.
136	CULTURAL	N	-1	N							.
160	OTRAS CONSTRUCCIONES	N	-1	N							.
165	SUELO NO EDIFICADO	N	-1	N							.
169	SANITARIO	N	-1	N							.
170	EDUCACIÓN	N	-1	N							.
171	RELIGIOSO	N	-1	N							.
172	CAMPINGS	N	-1	N							.
2000	ENSANCHE DISPOSICIÓN ABIERTA	N	-1	N							.
2001	ENSANCHE DISPOSICIÓN CERRADA	N	-1	N							.
2002	DISCONTINUO DISPOSICIÓN ABIERTA	N	-1	N							.
2003	DISCONTINUO DISPOSICIÓN CERRADA	N	-1	N							.
2004	VIAL, APARCAMIENTO O ZONA PEATONAL SIN VEGETACION	N	-1	N							.
2006	EDIFICACION	N	-1	N							.
2008	LÁMINA DE AGUA ARTIFICIAL (URBANO)	N	-1	N							.
118	COMPLEJO INDUSTRIAL	N	-1	N							.
119	POLIGONO INDUSTRIAL ORDENADO	N	-1	N							.
120	POLIGONO INDUSTRIAL SIN ORDENAR	N	-1	N							.
122	COMERCIAL Y OFICINAS	N	-1	N							.
124	COMPLEJO HOTELERO	N	-1	N							.
145	EÓLICA	N	-1	N							.
146	SOLAR	N	-1	N							.
147	HIDROELÉCTRICA	N	-1	N							.
148	NUCLEAR	N	-1	N							.
149	TÉRMICA	N	-1	N							.
150	ELECTRICA	N	-1	N							.
152	DEPURADORAS Y POTABILIZADORAS	N	-1	N							.
154	CONDUCCIONES Y CANALES (URBANO)	N	-1	N							.
156	PROTECCIÓN COSTERA: DIQUE ESPIGÓN	N	-1	N							.
159	TELECOMUNICACIONES	N	-1	N							.
162	PLANTAS DE TRATAMIENTO	N	-1	N							.
164	DESAGUACES Y CHATARRERÍA	N	-1	N							.

168	INDUSTRIA AISLADA	N	-1	N								-
174	GASEODUCTO/OLEDUCTO	N	-1	N								-
175	DESALINIZADORAS	N	-1	N								-
176	INSTALACIONES MILITARES	N	-1	N								-
194	INSTALACION FORESTAL	N	-1	N								3.1
222	PISCIFACTORIA	N	-1	N								-
131	AUTOVIAS, AUTOPISTAS Y ENLACES VIARIOS	N	-1	N								-
133	RED FERROVIARIA	N	-1	N								-
183	CAMINO	N	-1	N	0-19	0-19	0-19	0-19	80-100	0.9		0.0
127	PUERTO DEPORTIVO Y/O PESQUERO	N	-1	N								-
128	PUERTO INDUSTRIAL	N	-1	N								-
137	AEROPUERTOS	N	-1	N								-
123	PARQUE RECREATIVO	N	-1	N								-
138	CAMPOS DE FÚTBOL	N	-1	N								-
139	HIPODROMOS E INSTALACIONES	N	-1	N								-
140	CIRCUITOS DE VELOCIDAD Y PRUEBAS	N	-1	N								-
142	CAMPOS DE GOLF	N	-1	N								-
144	OTRAS INSTALACIONES DEPORTIVAS	N	-1	N								-
158	GRANDES PARQUES Y ZONAS VERDES METROPOLITANAS	N	-1	N								-
173	POLIDEPORTIVOS	N	-1	N								-
177	PARQUES, PLAZAS, JARDINES, PASEOS MARÍTIMOS	N	-1	N								-
2005	ZONA VERDE ARTIFICIAL Y ARBOLADO URBANO	N	-1	N								-
151	ZONAS MINERAS	N	-1	N								-
153	ESCOMBRERAS Y VERTEDEROS	N	-1	N								-
157	BALSAS DE ALPECHIN	N	-1	N								-
346	BALSAS INDRUSTIALES O MINERAS	N	-1	N								-
2007	ZONAS DE EXTRACCIÓN O VERTIDO (URBANO)	N	-1	N								-
155	ZONAS EN CONSTRUCCION	N	-1	N								-
166	AREA EN CONSTRUCCIÓN.ZONA NATURAL	N	-1	N								9.5
405	OTROS CULTIVOS HERBÁCEOS	N	2	N								3.8
416	OLIVAR	N	-1	N								1.6
428	FRUTAL DE CÁSCARA-OLIVAR	N	1	N								1.1
445	OLIVAR-VIÑEDO	N	2	N								1.5
963	FRUTAL DE HUESO-OLIVAR	N	1	N								1.1
964	FRUTAL DE PEPITA-OLIVAR	N	1	N								1.1
965	TROPICAL-OLIVAR	N	1	N								1.6
988	OLIVAR-CÍTRICOS	N	3	N								1.6
990	CULTIVOS HERBÁCEOS - OLIVAR	N	3	N								3.2
998	OLIVAR - OTROS CULTIVOS LEÑOSOS	N	3	N								1.6
417	VIÑEDO	N	2	N								1.4
967	FRUTAL DE HUESO-VIÑEDO	N	1	N								1.1
968	FRUTAL DE CÁSCARA - VIÑEDO	N	1	N								1.1
969	FRUTAL DE PEPITA - VIÑEDO	N	3	N								1.1
970	TROPICAL - VIÑEDO	N	3	N								1.2
989	CÍTRICOS-VIÑEDO	N	3	N								1.3
995	CULTIVOS HERBÁCEOS - VIÑEDOS	N	3	N								2.6
3003	VIÑEDO - OTROS CULTIVOS LEÑOSOS	N	1	N								1.4
460	FRUTALES DE CÁSCARA	N	2	N								1.1
961	FRUTALES DE HUESO	N	2	N								1.1
962	FRUTALES DE PEPITA	N	2	N								1.1
974	FRUTAL-CÁSCARA - FRUTAL PEPITA	N	2	N								1.1
978	FRUTAL HUESO - FRUTAL PEPITA	N	2	N								1.1

991	CULTIVOS HERBÁCEOS - FRUTAL CÁSCARA	N	2	N								2.5
401	CAÑA DE AZÚCAR	N	1	N								3.8
403	INVERNADERO DE ESTRUCTURAS PERMANENTES	N	-1	N								9.5
404	INVERNADERO DE ESTRUCTURAS ITINERANTES O TEMPORALES	N	-1	N								9.5
421	ARROZALES	N	-1	N								3.8
431	CÍTRICOS	N	3	N								1.6
435	FRUTALES TROPICALES	N	3	N								1.1
495	HUERTA FAMILIAR	N	-1	N								9.5
973	FRUTAL CÁSCARA - FRUTAL HUESO	N	3	N								1.1
975	FRUTAL CÁSCARA - TROPICAL	N	1	N								1.1
977	FRUTAL CÁSCARA - CÍTRICOS	N	1	N								1.1
979	FRUTAL HUESO - TROPICAL	N	1	N								1.1
981	FRUTAL HUESO - CÍTRICOS	N	1	N								1.1
982	FRUTAL PEPITA - TROPICAL	N	1	N								1.1
984	FRUTAL PEPITA - CÍTRICOS	N	3	N								1.1
986	TROPICAL - CÍTRICOS	N	1	N								1.4
992	CULTIVOS HERBÁCEOS - FRUTAL HUESO	N	3	N								2.5
993	CULTIVOS HERBÁCEOS - FRUTAL PEPITA	N	1	N								2.5
994	CULTIVOS HERBÁCEOS - TROPICAL	N	1	N								2.4
996	CULTIVOS HERBÁCEOS - CÍTRICOS	N	1	N								2.7
997	OTROS CULTIVOS LEÑOSOS	N	1	N								1.6
1001	FRUTAL DE CÁSCARA - OTROS CULTIVOS LEÑOSOS	N	3	N								1.1
1002	FRUTAL DE HUESO - OTROS CULTIVOS LEÑOSOS	N	3	N								1.1
1003	FRUTAL DE PEPITA - OTROS CULTIVOS LEÑOSOS	N	3	N								1.1
1004	TROPICAL - OTROS CULTIVOS LEÑOSOS	N	3	N								1.1
3001	CULTIVOS HERBÁCEOS-OTRAS MEZCLAS DE CULTIVOS LEÑOSOS	N	-1	N								2.5
3002	OTRAS MEZCLAS DE CULTIVOS LEÑOSOS	N	3	N								1.6
3004	CÍTRICOS - OTROS CULTIVOS LEÑOSOS	N	1	N								1.6
471	MOSAICOS DE CULTIVOS HERBÁCEOS Y PASTIZALES	N	-1	N								3.8
473	MOSAICOS DE CULTIVOS HERBÁCEOS Y VEGETACIÓN NATURAL LEÑOSA	N	-1	N								1.6
475	MOSAICOS DE CULTIVOS LEÑOSOS Y PASTIZALES	N	-1	N								1.6
477	MOSAICOS DE CULTIVOS LEÑOSOS Y VEGETACIÓN NATURAL LEÑOSA	N	-1	N								1.6
479	ASOCIACION DE CULTIVOS (LEÑOSOS Y HERBACEOS) Y VEGETACIÓN NATURAL (OTROS MOSAICOS DE CULTIVOS Y VEGETACIÓN NATURAL)	N	-1	N								2.8
481	ASOCIACION DE OLIVAR CON VEGETACION NATURAL (OLIVAR ABANDONADO)	N	-1	N								1.6
482	ASOCIACION DE VIÑEDO CON VEGETACION NATURAL	N	-1	N								1.4
485	MOSAICO DE CULTIVOS (LEÑOSOS Y HERBACEOS) Y VEGETACIÓN NATURAL	N	-1	N								1.6
489	ASOCIACION DE CULTIVOS LEÑOSOS CON VEGETACION NATURAL (OTROS CULTIVOS LEÑOSOS ABANDONADOS)	N	-1	N								2.8
510	FORMACIÓN ARBOLADA DENSA: QUERCINEAS	N	-1	N	20-100	50-100	0-49	0-49	0-49	0.9		0.4
520	FORMACIÓN ARBOLADA DENSA: CONIFERAS	N	-1	N	50-100	50-100	0-49	0-49	0-49	1.4		0.8
530	FORMACIÓN ARBOLADA DENSA: EUCALIPTOS	N	-1	N	50-100	50-100	0-49	0-49	0-49	2.8		1.5

540	FORMACIÓN ARBOLADA DENSA: OTRAS FRONDOSAS	N	-1	N	50-100	50-100	0-49	0-49	0-49	1.4	0.8
550	FORMACIÓN ARBOLADA DENSA: QUERCINEAS+CONIFERAS	N	-1	N	50-100	50-100	0-49	0-49	0-49	1.2	0.6
560	FORMACIÓN ARBOLADA DENSA: QUERCINEAS+EUCALIPTOS	N	-1	N	50-100	50-100	0-49	0-49	0-49	1.7	0.9
570	FORMACIÓN ARBOLADA DENSA: CONIFERAS+EUCALIPTOS	N	-1	N	50-100	50-100	0-49	0-49	0-49	2.2	1.2
580	FORMACIÓN ARBOLADA DENSA: OTRAS MEZCLAS	N	-1	N	50-100	50-100	0-49	0-49	0-49	1.8	1.0
315	RIOS Y CAUCES NATURALES: BOSQUE GALERÍA	N	-1	N	50-100	50-100	0-49	0-49	0-49	3.1	1.7
317	RIOS Y CAUCES NAT.:OTRAS FORM. RIPARIAS	N	-1	N	20-100	0-50	0-100	0-100	0-80	3.1	0.7
611	MATORRAL DENSO ARBOLADO: QUERCINEAS DENSAS	N	-1	N	75-100	25-49	50-74	0-24	0-24	0.9	0.5
615	MATORRAL DENSO ARBOLADO: QUERCINEAS DISPERSAS	N	-1	N	55-100	50-95	50-95	0-45	0-45	0.9	0.4
711	MATORRAL DISPERSO ARBOLADO: QUERCINEAS. DENSO	N	-1	N	55-100	25-49	20-49	0-45	0-55	0.9	0.4
715	MATORRAL DISPERSO ARBOLADO: QUERCINEAS. DISPERSO	N	-1	N	25-100	5-24	20-49	0-45	0-75	0.9	0.2
621	MATORRAL DENSO ARBOLADO: CONIFERAS DENSAS	N	-1	N	75-100	25-49	50-74	0-24	0-24	1.4	0.8
625	MATORRAL DENSO ARBOLADO: CONIFERAS DISPERSAS	N	-1	N	55-100	50-95	50-95	0-45	0-45	1.4	0.7
721	MATORRAL DISPERSO ARBOLADO: CONIFERAS. DENSO	N	-1	N	55-100	25-49	20-49	0-45	0-55	1.4	0.6
725	MATORRAL DISPERSO ARBOLADO: CONIFERAS. DISPERSO	N	-1	N	25-100	5-24	20-49	0-75	0-75	1.4	0.3
630	MATORRAL DENSO ARBOLADO: EUCALIPTOS	N	-1	N	55-100	50-95	50-95	0-45	0-45	2.8	1.4
730	MATORRAL DISPERSO ARBOLADO: EUCALIPTOS	N	-1	N	25-100	5-49	20-49	0-75	0-75	2.8	0.8
640	MATORRAL DENSO ARBOLADO: OTRAS FRONDOSAS	N	-1	N	55-100	50-95	50-95	0-45	0-45	1.4	0.7
650	MATORRAL DENSO ARBOLADO: QUERCINEAS+CONIFERAS	N	-1	N	55-100	50-95	50-95	0-45	0-45	1.2	0.6
660	MATORRAL DENSO ARBOLADO: QUERCINEAS+EUCALIPTOS	N	-1	N	55-100	50-95	50-95	0-45	0-45	1.7	0.8
670	MATORRAL DENSO ARBOLADO: CONIFERAS+EUCALIPTOS	N	-1	N	55-100	50-95	50-95	0-45	0-45	2.2	1.1
680	MATORRAL DENSO ARBOLADO: OTRAS MEZCLAS	N	-1	N	55-100	50-95	50-95	0-45	0-45	1.8	0.9
740	MATORRAL DISPERSO ARBOLADO: OTRAS FRONDOSAS	N	-1	N	25-100	5-49	20-49	0-75	0-75	1.4	0.4
750	MATORRAL DISPERSO ARBOLADO: QUERCINEAS+CONIFERAS	N	-1	N	25-100	5-49	20-49	0-75	0-75	1.2	0.3
760	MATORRAL DISPERSO ARBOLADO: QUERCINEAS+EUCALIPTOS	N	-1	N	25-100	5-49	20-49	0-75	0-75	1.7	0.5
770	MATORRAL DISPERSO ARBOLADO: CONIFERAS+EUCALIPTOS	N	-1	N	25-100	5-49	20-49	0-75	0-75	1.7	0.5
780	MATORRAL DISPERSO ARBOLADO: OTRAS MEZCLAS	N	-1	N	25-100	5-49	20-49	0-75	0-75	1.8	0.5
811	PASTIZAL ARBOLADO: QUERCINEAS. DENSO	N	-1	N	25-100	25-49	0-19	0-75	0-75	0.9	0.3
815	PASTIZAL ARBOLADO: QUERCINEAS. DISPERSO	N	-1	N	20-100	5-24	0-19	0-95	0-80	0.9	0.1
891	CULTIVO HERBACEO ARBOLADO: QUERCINEAS. DENSO	N	-1	N							3.8
895	CULTIVO HERBACEO ARBOLADO: QUERCINEAS. DISPERSO	N	-1	N							3.8
821	PASTIZAL ARBOLADO: CONIFERAS. DENSO	N	-1	N	25-100	25-49	0-19	0-75	0-75	1.4	0.4
825	PASTIZAL ARBOLADO: CONIFERAS. DISPERSO	N	-1	N	20-100	25-49	0-19	0-95	0-80	1.4	0.4
830	PASTIZAL ARBOLADO: EUCALIPTOS	N	-1	N	20-100	5-49	0-19	0-75	0-75	2.8	0.7
840	PASTIZAL ARBOLADO: OTRAS FRONDOSAS	N	-1	N	20-100	5-49	0-19	0-75	0-75	1.4	0.4
850	PASTIZAL ARBOLADO: QUERCINEAS+CONIFERAS	N	-1	N	20-100	5-49	0-19	0-75	0-75	1.7	0.4
860	PASTIZAL ARBOLADO: QUERCINEAS+EUCALIPTOS	N	-1	N	20-100	5-49	0-19	0-75	0-75	2.2	0.6

870	PASTIZAL ARBOLADO: CONIFERAS+EUCALIPTOS	N	-1	N	20-100	5-49	0-19	0-75	0-75	2.2	0.6
880	PASTIZAL ARBOLADO: OTRAS MEZCLAS	N	-1	N	20-100	5-49	0-19	0-75	0-75	1.8	0.5
911	MATORRAL DENSO	N	-1	N	50-100	0-4	50-100	0-45	0-45	1.8	0.6
915	MATORRAL DISPERSO CON PASTIZAL	N	-1	N	20-100	0-4	20-49	30-50	0-50	1.8	0.3
921	PASTIZAL CONTINUO	N	-1	N	20-100	0-4	0-19	75-100	0-5	1.8	0.1
931	PLAYAS, DUNAS Y ARENALES	N	-1	N	0-19	0-19	0-19	0-19	80-100	1.8	0.1
950	GLACIARES Y NIEVES PERMANENTES	N	-1	N	0-19	0-19	0-19	0-19	80-100	1.8	0.1
917	MATORRAL DISPERSO CON PASTO Y ROCA O SUELO	N	-1	N	20-100	0-4	20-49	0-30	20-80	1.8	0.4
925	PASTIZAL CON CLAROS (ROCA, SUELO)	N	-1	N	20-100	0-4	0-19	20-95	20-80	1.8	0.1
933	AREAS CON FUERTES PROCESOS EROSIVOS	N	-1	N	0-19	0-19	0-19	0-19	80-100	1.8	0.1
935	ZONAS SIN VEGETACION POR ROTURACION	N	-1	N	0-19	0-19	0-19	0-19	80-100	1.8	0.1
941	ACANTILADOS MARINOS	N	-1	N	0-19	0-19	0-19	0-19	80-100	1.8	0.1
943	COLADAS LÁVICAS CUATERNARIAS	N	-1	N							-
945	SUELO DESNUDO	N	-1	N	0-19	0-19	0-19	0-19	80-100	1.8	0.1
999	ZONA CONTINENTAL FUERA DE ANDALUCIA	N	-1	N		0-19	0-19	0-19	80-100	1.8	0.0
1006	CORTAFUEGOS	N	-1	N	0-100	0-4	0-100	0-100	0-100	1.8	0.2
1007	ZONAS TALADAS	N	-1	N	0-19	0-19	0-19	0-19	80-100	9.5	0.4
934	ZONAS INCENDIADAS	N	-1	N	0-19	0-19	0-19	0-19	80-100	9.5	0.4
310	CAUCE SIN VEGETACIÓN	N	-1	N	0-19	0-19	0-19	0-19	80-100	1.8	0.1
318	CURSOS DE AGUA NATURALES: LÁMINA DE AGUA	N	-1	N							-
960	RAMBLAS	N	-1	N	0-19	0-19	0-19	0-19	80-100	3.1	0.1
200	VEGETACION PERILAGUNAR	N	-1	N	20-100	20-100	20-100	20-100	0-19	3.1	0.9
201	TURBERAS	N	-1	N	20-100	0-4	0-4	50-100	0-50	3.1	0.1
332	LAGOS Y LAGUNAS	N	-1	N							-
341	EMBALSES	N	-1	N							-
345	BALSAS DE RIEGO Y GANADERAS	N	-1	N							-
211	MARISMA MAREAL CON VEGETACION	N	-1	N	20-100	0-4	0-100	0-100	0-80	1.8	0.3
215	MARISMA NO MAREAL CON VEGETACION	N	-1	N	20-100	0-4	0-100	0-100	0-80	1.8	0.3
217	MARISMA RECIENTE SIN VEGETACION	N	-1	N	0-19	0-4	0-19	0-19	80-100	1.8	0.1
203	SALINAS INDUSTRIALES	N	-1	N							-
221	SALINAS TRADICIONALES	N	-1	N	0-19	0-4	0-19	0-19	80-100	1.8	0.1
241	ESTUARIOS Y CANALES DE MAREA	N	-1	N							-
291	MARES Y OCEANOS	N	-1	N							-

Anexo 4

Adaptación de los usos del suelo y geología a la Instrucción 5.2-IC, de drenaje superficial.

Índice.

1. Correlación de códigos utilizados en la cartografía de usos de suelo editada por el Institut Cartogràfic y Geològic de Catalunya y códigos de usos del suelo considerados en el método del SCS (Agència Catalana de l'Aigua, 2003).
2. Códigos de la cartografía geológica del Institut Cartogràfic y Geològic de Catalunya, tanto en formato papel como digital, correspondientes a los distintos grupos de suelo de la clasificación del SCS (Agència Catalana de l'Aigua, 2003).

1.

Correlación de códigos utilizados en la cartografía de usos de suelo editada por el Institut Cartogràfic y Geològic de Catalunya y códigos de usos del suelo considerados en el método del SCS (Agència Catalana de l'Aigua, 2003).

ICGC	SCS
Agua continental	Zona impermeable
Agua marina	Zona impermeable
Acumulaciones de nieve	Zona impermeable*
Infraestructuras viarias	Zona impermeable
Urbanizaciones	Zona impermeable
Núcleos urbanos	Zona impermeable
Zonas industriales y comerciales	Zona impermeable
Cultivos herbáceos de secano	Cereales de invierno
Cultivos herbáceos de regadío	Rotación de cultivos densos
Frutales de secano	Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal pobre
Frutales de regadío	Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal medio
Viñas	Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal pobre
Prados supraforestales	Pradería pobra
Arbustos y prados	Masa forestal media
Bosques esclerófilos	Masa forestal espesa
Bosques caducifolios	Masa forestal espesa
Bosques caducifolios	Masa forestal espesa
Vegetación de zonas húmedas	Roca permeable
Suelo con vegetación escasa o nula	Barbecho
Zonas quemadas	Barbecho
Zonas de arena y playas	Barbecho

2.

Códigos de la cartografía geológica del Institut Cartogràfic y Geològic de Catalunya, tanto en formato papel como digital, correspondientes a los distintos grupos de suelo de la clasificación del SCS (Agència Catalana de l'Aigua, 2003).

SCS	ICGC		
D	Anatexitas en gneiss moscovítico; biotíticos	GNB	GNB
C	Arcillas versicolores y evaporitas	T3-4	T34
C	Arcillas versicolores, evaporitas	T1-4A	T14
C	Arcillas y cantos rodados	Q2E	Q2E
B	Arcosas	P8A	P8J
B	Arcosas y conglomerados	N1E	N1G
B	Arcosas y lutitas	N2B	N2F
B	Arcosas, lutitas y conglomerados	N2-3B	N13B
A	Arenas	Q3A	Q3D
B	Areniscas	C6E	C6E
B	Areniscas	N3C	N3D
B	Areniscas arcósicas y conglomerados	K3E	K3E
B	Areniscas con glauconita	P7E	P7D
B	Areniscas silíceas y bioclásticas	N2A	N2A
B	Areniscas y lutitas	P6-7B	P67B
B	Areniscas y lutitas	P8I	P8H
B	Areniscas y margas grises	P6C	P6C
B	Areniscas, conglomerados, margas y niveles de lignitos	P7F	P7E
B	Areniscas, lutitas rojas y conglomerados	P1-6C	P16C
B	Areniscas, margas, calizas arrecifales	P7B	P7B
D	Basaltos	RVQA	BTM
D	Basaltos	RVNA	BTQ
D	Basanitas	RVQB	BNQ
B	Bloques y arcillas	Q2G	Q2G
B	Brechas	N2F	N2B
B	Brechas	P6-7C	P67C
B	Brechas carbonáticas	C1A	C1A
B	Brechas, conglomerados y areniscas	N1H	N1E
B	Brechas, dolomías, calizas, margas y calcarenitas, localmente evaporitas en la base	J1	J1
A	Calizas	P8F	P8A
A	Calizas arenosas	K3D	K3D
A	Calizas arrecifales	N1A	N1A
A	Calizas arrecifales	P7D	P7C
A	Calizas bioclásticas	N1B	N1B
B	Calizas bioclásticas con prealveolina y dolomías	K1-2C	K12B
C	Calizas bioclásticas con rudistas y orbitolinas	C4B	C4B
B	Calizas bioclásticas con ruditas y orbitolinas	C3C	C5B
A	Calizas bioclásticas y arrecifales	C2A	C12
A	Calizas bioclásticas y arrecifales	K4D	K4D
A	Calizas con alveolina	P2	P2
A	Calizas con esponjas	J3-C1A	J3CC
A	Calizas con nummolites	P6E	P6D
A	Calizas con nummolites y asilinas	P4E	P4C
B	Calizas con orbitolina	C6C	C6C
B	Calizas con prealveolina	K1C	K1C
B	Calizas con ruditas	K2D	K2D
C	Calizas grises nodulosas y pelitas	Dsc	DSC
B	Calizas lacustres y niveles de lignitos	K5-P1B	K51A
A	Calizas laminadas y margas con intercalaciones dolomíticas	J3-C1B	J3CA
B	Calizas micríticas con lignitos	C2C	C3C
C	Calizas y arcillas lateríticas	C2B	C2B

A	Calizas y calcarenitas localmente dolomitizadas	C2D	C2E
B	Calizas, dolomías y margas oscuras y azules	J2	J2
A	Calizas. Localmente incluye los materiales del Caradociano-Ashgiliano	COD	COC
A	Cantos rodados y limos	Q3F	Q3F
B	Conglomerados	N2E	N2C
B	Conglomerados	P6-7A	P67A
B	Conglomerados de cuarzo, areniscas y lutitas rojas	T1	T1
B	Conglomerados masivos	P8K	P8F
B	Conglomerados y areniscas	P6F	P6E
B	Conglomerados, arcillas y areniscas rojas	K5-P1A	K51
A	Conglomerados, arenas y lutitas	Q1D	Q1D
B	Conglomerados, areniscas y lutitas	N2D	N2D
B	Conglomerados, areniscas y lutitas	N3E	N3C
B	Conglomerados, areniscas y lutitas	P8J	P8G
B	Conglomerados, areniscas y lutitas	Q2F	Q2F
B	Conglomerados, areniscas, lutitas y piedra pómez ácida	P	P
C	Conglomerados, grauwacas, lutitas, calcofilitas y vulcanitas, calizas, pelitas, cuarzoarenitas; conglomerados, calcopelitas, pelitas, grauwacas y calizas	OA	O
D	Dioritas cuarcíferas, dioritas y rocas básicas	DI	DI
A	Dolomías	J1-C1	J1C1
A	Dolomías	T1-4B	T14A
A	Dolomías bien estratificadas	T4	T4
A	Dolomías y calizas	J3-C1C	J3CB
A	Dolomías y calizas	T1-2	T12
B	Dolomías, calizas y margas	T23	T23
A	Dolomías, calizas, calcarenitas y margas	J1-3	J13
D	Gneiss moscovítico; biotíticos	GNA	GNA
D	Granito leucocrático moscovítico (biotítico)	GLM	GRIT
D	Granitos biotíticos	GRC	GRC
D	Granitos leucocráticos	GRB	GRB
D	Granodioritas biotíticas	GRDA	GRDA
D	Granodioritas biotíticas con ortopiroxeno	GRDC	GRDC
D	Granodioritas biotítico-hornbléndicas	GRDB	GRDB
D	Granófiro	GRF	GRF
A	Gravas	Q2D	Q2D
A	Gravas, arenas y limos	Q3D	Q3A
B	Gravas, areniscas y lutitas	Q3G	Q3G
B	Grupo Pontils no diferenciado, localmente incluye la Fm. Mediona	P1-6F	P16F
C	Indiferenciado (variedad de calizas)	Dco	DCO
D	Lagos, embalses, etc.	LLAC	LLAC
D	Leucogranitos	GRA	GRA
C	Liditas con nódulos de fosfatos y calizas. Turbiditas, areniscas, pelitas y conglomerados poligénicos	CAA	CAA
C	Limos lacustres	Q2A	Q2A
B	Limos y cantos rodados	Q3E	Q3E
C	Limos, margas y areniscas bioclásticas	N1C	N1C
B	Lutitas con materia orgánica y turba	Q3B	Q3C
C	Lutitas rojas con niveles de yesos, intercalaciones locales de doleritas, paleocanales de areniscas y dolomías a techo	T2	T2
C	Lutitas rojas, areniscas y calizas	P8H	P8I
B	Lutitas rojas, areniscas y conglomerados	N2-3A	N13A
A	Lutitas rojas, brechas y conglomerados	P1-6B	P16B
B	Lutitas rojas, brechas y conglomerados	P1-6D	P16D
B	Lutitas y areniscas	N2C	N2E

B	Lutitas y areniscas y conglomerados y areniscas rojas	P1-6E	P16E
B	Lutitas, areniscas y conglomerados	N1F	N1F
C	Lutitas, areniscas, margas y calizas localmente dolomías y yesos, y localmente lignitos	P8G	P8B
C	Lutitas, limos y costras	Q2B	Q2B
C	Margas azules	P6B	P6B
C	Margas azules y niveles de areniscas	P7A	P7A
C	Margas con ammonites	C3A	C3A
C	Margas oscuras localmente con yesos	P5D	P5C
C	Margas y arcillas con lignitos	C6D	C6D
C	Margas y areniscas rojas y calizas	P3B	P3B
C	Margas y biocalcareniticas	C34	C34
C	Margas y calizas bioclásticas	K3-5	K35
C	Margas y margocalizas	C4A	C4A
B	Margas y yesos con intercalaciones calizas	P2-3	P23
C	Margas, margocalizas y brechas	P4D	P4B
D	Materiales volcánicos	COB	COB
D	Materiales volcánicos y porfiritas	OB	OA
A	Microconglomerados y areniscas	COB	C4C
A	Microconglomerados y areniscas	COB	COA
D	Microgranitoides, pegmatitas y aplitas graníticas	MPA	PEGA
B	Niveles de brechas locales	P7C	P7BA
B	Pelitas y areniscas con niveles de liditas a techo	Dp	DP
C	Pelitas, areniscas y grauvacas, con intercalaciones de microconglomerados y areniscas	CO-AB	CO
D	Piroclastos	PRQ	PRQ
C	Pizarras ampelíticas, localmente calizas liditas y radilaritas	S	S
D	Roques ultrabásicas	UTB	UTB
B	Sales sódicas y potásicas	P7G	P7F
B	Sedimentos marinos: lutitas, margas, areniscas, conglomerados y brechas	N3A	N3A
C	Tobas y lavas	St2	ST2
D	Tonalitas biotíticas o biotítico-hornbléndicas	TOA	TOA
D	Tonalitas biotíticas o biotítico-hornbléndicas con ortopiroxeno	TOB	TOB
D	Traquitas	RVN	TRM
A	Travertinos	Q1A	Q1A
A	Travertinos	Q2C	Q2C
C	Turbiditas, yesos a techo	P5A	P5AA
B	Yesos	N1D	N1
B	Yesos	P1-6A	P16A
B	Yesos	P5E	P5D
B	Yesos	P7H	P7G
B	Yesos	P8L	P8S
D	Zona de la silimalita; feldespato potásico, anatexitas	MRD	MRD
D	Zonas heterogéneas pluricomposicionales	HET	HET

Anexo 5

Fichas y tablas-resumen de cálculo de caudales.

Índice.

1. Simulación 2003

1.1. Cuenca del río de la Cala

1.1.1. Periodo de retorno 500 años

1.2. Cuenca del arroyo de los Jaboneros

1.2.1. Periodo de retorno 25 años

1.2.2. Periodo de retorno 500 años

1.3. Cuenca del arroyo Piletas

1.3.1. Periodo de retorno 500 años

1.4. Cuenca del arroyo Pollo Zamora

1.4.1. Periodo de retorno 500 años

2. Simulación 1957

2.1. Cuenca del río de la Cala

2.1.1. Periodo de retorno 500 años

2.2. Cuenca del arroyo de los Jaboneros

2.2.1. Periodo de retorno 500 años

2.3. Cuenca del arroyo Piletas

2.3.1. Periodo de retorno 500 años

2.4. Cuenca del arroyo Pollo Zamora

2.4.1. Periodo de retorno 500 años

1.1.

Fichas y tablas-resumen del cálculo de caudales. Simulación 2003. Río de la Cala.

1.1.1. Periodo de retorno 500 años

Cuenca / Sub-cuenca	RÍO DE LA CALA					
	Cauce principal				Afluente 1	Afluente 2
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 1	PC 1
Superficie (km ²)	3.37	5.69	7.65	11.3	1.54	1.41
Longitud cauce (m)	3692	5507	10736	12239	3446	3833
Cota cabecera (m)	1410	1410	1410	1410	290	310
Cota intersección (m)	240	150	20	0	20	30
Desnivel (m)	1170	1260	1390	1410	270	280
Pendiente media (%)	31.69	22.88	12.95	11.52	7.84	7.3
Tiempo de concentración (horas)	1.01	1.45	2.69	3.03	1.25	1.37
Umbral de escorrentía Po (l/m ²)	71.49	62.65	57.18	53.24	41.75	45.91
Coefficiente de escorrentía	0.34	0.38	0.41	0.44	0.52	0.65
CAUDAL (m³/s)	35.98	57.75	77.07	96.92	22.83	18.91

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 1-1 (Cuenca del río La Cala - Afluente 1)
 Punto de Caudal: 1
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **265.88** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
1.540	3.446	0.290	0.020	0.270	7.84	0.0784

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrenría resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrenría Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = \mathbf{0.52}$$

Umbral de escorrenría Po (mm) = **13.92** x **3.00** = **41.75**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right] \quad T_c = \mathbf{1.25} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right) \quad I_t = \mathbf{78.72} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **11.08** mm/h
 I1 / Id = **8.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.09}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{22.83}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 1-2 (Cuenca del río La Cala - Afluente 2)
 Punto de Caudal: 1
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **265.88** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
1.410	3.833	0.310	0.030	0.280	7.3	0.0730

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrenría resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrenría Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = \mathbf{0.49}$$

Umbral de escorrenría Po (mm) = **15.30** x **3.00** = **45.91**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right] \quad T_c = \mathbf{1.37} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right) \quad I_t = \mathbf{74.92} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **11.08** mm/h
 I1 / Id = **8.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.10}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{18.91}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 1-0 (Cuenca del río La Cala)
Punto de Caudal: 1
Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **266.20406** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
3.370	3.692	1.410	0.240	1.170	31.69	0.3169

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = \mathbf{0.34}$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **23.83** x **3.00** = **71.49**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right)^{0,76} \right] \quad T_c = \mathbf{1.01} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right)} \quad I_t = \mathbf{88.26} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **11.09** mm/h
I1 / Id = **8.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.07}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{35.98}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 1-0 (Cuenca del río La Cala)
Punto de Caudal: 2
Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **266.06768** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
5.690	5.507	1.410	0.150	1.260	22.88	0.2288

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} = \mathbf{0.38}$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **20.88** x **3.00** = **62.65**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) : **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right)^{0,76} \right] = \mathbf{1.45} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right)} \quad I_t = \mathbf{72.71} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **11.09** mm/h
I1 / Id = **8.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.10}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{57.75}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO
SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 1-0 (Cuenca del río La Cala)
Punto de Caudal: 3
Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **266.0364** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
9.180	10.736	1.410	0.020	1.390	12.95	0.1295

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} = 0.41$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **19.06** x **3.00** = **57.18**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) : **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76} \right] = 2.69 \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_L}{I_d} = \left(\frac{I_L}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right) = 51.30 \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **11.08** mm/h
I1 / Id = **8.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}} \quad K = 1.20$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = 77.07$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO
SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 1-0 (Cuenca del río La Cala)
Punto de Caudal: 4
Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **265.97384** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
11.300	12.239	1.410	0.000	1.410	11.52	0.1152

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} = 0.44$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **17.75** x **3.00** = **53.24**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) : **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76} \right] = 3.03 \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_L}{I_d} = \left(\frac{I_L}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right) = 47.85 \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **11.08** mm/h
I1 / Id = **8.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}} \quad K = 1.22$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = 96.92$$

1.2.

Fichas y tablas-resumen del cálculo de caudales. Simulación 2003. Arroyo de los Jaboneros.

1.2.1. Periodo de retorno 25 años

Cuenca / Sub-cuenca	ARROYO JABONEROS								
	Cauce principal				Afluente 1	Afluente 2	Afluente 3	Afluente 4	Afluente 5
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 1	PC 1	PC 1	PC 1	PC 1
Superficie (km ²)	11.08	18.4	24.76	29.98	1.26	0.74	0.88	0.68	0.85
Longitud cauce (m)	4927	6602	10350	14944	2301	1760	1678	2013	1827
Cota cabecera (m)	1020	1020	1020	1020	770	590	460	520	500
Cota intersección (m)	290	240	30	0	240	200	160	130	80
Desnivel (m)	730	780	990	1020	530	390	300	390	420
Pendiente media (%)	14.82	11.81	9.57	6.83	23.03	22.16	17.88	19.37	22.99
Tiempo de concentración (horas)	1.5	1.9	2.8	3.9	0.8	0.6	0.6	0.7	0.6
Umbral de escorrentía Po (l/m ²)	41.8	53.5	58.2	55.7	113.0	84.6	70.6	63.7	38.0
Coefficiente de escorrentía	0.30	0.22	0.19	0.21	0.01	0.09	0.14	0.17	0.32
CAUDAL (m³/s)	46.47	49.28	53.82	61.69	0.27	1.53	2.79	2.51	6.1

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-1 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 1)
 Punto de Caudal: 1
 Período de retorno: 25 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho período de retorno

Pd = **137.9** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
1.260	2.301	0.770	0.240	0.530	23.03	0.2303

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 1]^2} \quad C = \mathbf{0.01}$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **37.66** x **3.00** = **112.97**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{j^{1/4}} \right)^{0,76} \right] \quad T_c = \mathbf{0.75} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right)^{\left(\frac{28^{0,1} \cdot t^{0,1}}{28^{0,1} \cdot 1} \right)} \quad I_t = \mathbf{60.58} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **5.75** mm/h
 I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.05}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{0.27}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-2 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 2)
 Punto de Caudal: 1
 Período de retorno: 25 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho período de retorno

Pd = **135.75** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.740	1.760	0.590	0.200	0.390	22.16	0.2216

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 1]^2} \quad C = \mathbf{0.09}$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **28.21** x **3.00** = **84.62**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{j^{1/4}} \right)^{0,76} \right] \quad T_c = \mathbf{0.61} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right)^{\left(\frac{28^{0,1} \cdot t^{0,1}}{28^{0,1} \cdot 1} \right)} \quad I_t = \mathbf{66.59} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **5.66** mm/h
 I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.04}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{1.53}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-3 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 3)
 Punto de Caudal: 1
 Período de retorno: 25 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho período de retorno

Pd = **134.86** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.880	1.678	0.460	0.160	0.300	17.88	0.1788

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 1]^2} \quad C = \mathbf{0.14}$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **23.54** x **3.00** = **70.61**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{j^{1/4}} \right)^{0,76} \right] \quad T_c = \mathbf{0.62} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right)^{\left(\frac{28^{0,1} \cdot t^{0,1}}{28^{0,1} \cdot 1} \right)} \quad I_t = \mathbf{65.56} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **5.62** mm/h
 I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.04}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{2.79}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-4 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 4)
 Punto de Caudal: 1
 Período de retorno: 25 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho período de retorno

Pd = **137.15** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.680	2.013	0.520	0.130	0.390	19.37	0.1937

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 1]^2} \quad C = \mathbf{0.17}$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **21.23** x **3.00** = **63.70**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{j^{1/4}} \right)^{0,76} \right] \quad T_c = \mathbf{0.70} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right)^{\left(\frac{28^{0,1} \cdot t^{0,1}}{28^{0,1} \cdot 1} \right)} \quad I_t = \mathbf{62.44} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **5.71** mm/h
 I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.04}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{2.51}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-5 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 5)
 Punto de Caudal: 1
 Período de retorno: 25 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho período de retorno

Pd = **134.29** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.850	1.827	0.500	0.080	0.420	22.99	0.2299

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 1]^2} \quad C = \mathbf{0.32}$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **12.65** x **3.00** = **37.95**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76} \right] \quad T_c = \mathbf{0.63} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right)^{\left(\frac{28^{0,1} \cdot t^{0,1}}{28^{0,1} \cdot 1} \right)} \quad I_t = \mathbf{64.77} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **5.60** mm/h
 I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.04}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{6.10}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)
 Punto de Caudal: 1
 Período de retorno: 25 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho período de retorno

Pd = **138.65259** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
11.080	4.927	1.020	0.290	0.730	14.82	0.1482

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 1]^2} \quad C = \mathbf{0.30}$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **13.93** x **3.00** = **41.78**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76} \right] \quad T_c = \mathbf{1.45} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right)^{\left(\frac{28^{0,1} \cdot t^{0,1}}{28^{0,1} \cdot 1} \right)} \quad I_t = \mathbf{42.15} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **5.78** mm/h
 I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.10}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{46.47}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO
SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)
Punto de Caudal: 2
Periodo de retorno: 25 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **138.483** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
18.400	6.602	1.020	0.240	0.780	11.81	0.1181

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} = 0.22$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **17.84** x **3.00** = **53.52**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76} \right] = 1.89 \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0.1} \cdot t^{0.1}}{28^{0.1} \cdot 1} \right) = 36.04 \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **5.77** mm/h
I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1.25}}{14 + (Tc)^{1.25}} \quad K = 1.14$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = 49.28$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO
SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)
Punto de Caudal: 3
Periodo de retorno: 25 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **137.94111** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
24.760	10.350	1.020	0.030	0.990	9.57	0.0957

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} = 0.19$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **19.41** x **3.00** = **58.24**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76} \right] = 2.77 \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0.1} \cdot t^{0.1}}{28^{0.1} \cdot 1} \right) = 28.52 \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **5.75** mm/h
I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1.25}}{14 + (Tc)^{1.25}} \quad K = 1.20$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = 53.82$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)
 Punto de Caudal: 4
 Período de retorno: 25 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho período de retorno

Pd = **137.41929** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
29.980	14.944	1.020	0.000	1.020	6.83	0.0683

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} = \mathbf{0.21}$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **18.56** x **3.00** = **55.67**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{I} \right)^{0,76} \right] = \mathbf{3.90} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_L}{I_d} = \left(\frac{I_L}{I_d} \right)^{\left(\frac{28^{0,1} - 1}{28^{0,1} - 1} \right)} = \mathbf{22.94} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **5.73** mm/h

I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.28}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{61.69}$$

1.2.2. Periodo de retorno 500 años

Cuenca / Sub-cuenca	ARROYO JABONEROS								
	Cauce principal				Afluente 1	Afluente 2	Afluente 3	Afluente 4	Afluente 5
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 1	PC 1	PC 1	PC 1	PC 1
Superficie (km ²)	11.08	18.4	24.76	29.98	1.26	0.74	0.88	0.68	0.85
Longitud cauce (m)	4927	6602	10350	14944	2301	1760	1678	2013	1827
Cota cabecera (m)	1020	1020	1020	1020	770	590	460	520	500
Cota intersección (m)	290	240	30	0	240	200	160	130	80
Desnivel (m)	730	780	990	1020	530	390	300	390	420
Pendiente media (%)	14.82	11.81	9.57	6.83	23.03	22.16	17.88	19.37	22.99
Tiempo de concentración (horas)	1.45	1.89	2.77	3.9	0.75	0.61	0.62	0.7	0.63
Umbral de escorrentía Po (l/m ²)	41.78	53.52	58.24	55.67	112.97	84.62	70.61	63.7	37.95
Coefficiente de escorrentía	0.5	0.41	0.38	0.4	0.17	0.25	0.31	0.35	0.52
CAUDAL (m ³ /s)	154.51	185.68	193.91	211.64	8.16	7.67	11.14	9.33	17.84

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO
SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-1 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 1)
Punto de Caudal: 1
Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)	
Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno	
Pd =	248.44524 mm

DATOS DE LA CUENCA						
Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
1.260	2.301	0.770	0.240	0.530	23.03	0.2303

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)	
Escorrenría resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrenría Po [mm]	
$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 1]^2}$	C = 0.17
Umbral de escorrenría Po (mm) =	37.66 x 3.00 = 112.97
- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = 3.00	

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)	
Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada	
$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right]$	Tc = 0.75 horas

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)	
Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración	
$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right)$	It = 109.05 mm/h
Id = Pd / 24 =	10.35 mm/h
I1 / Id =	9.00 (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)	
Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez	
$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}}$	K = 1.05
$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K$	Q = 8.16

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO
SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-2 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 2)
Punto de Caudal: 1
Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)	
Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno	
Pd =	244.58443 mm

DATOS DE LA CUENCA						
Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.740	1.760	0.590	0.200	0.390	22.16	0.2216

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)	
Escorrenría resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrenría Po [mm]	
$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 1]^2}$	C = 0.25
Umbral de escorrenría Po (mm) =	28.21 x 3.00 = 84.62
- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = 3.00	

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)	
Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada	
$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right]$	Tc = 0.61 horas

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)	
Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración	
$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right)$	It = 119.89 mm/h
Id = Pd / 24 =	10.19 mm/h
I1 / Id =	9.00 (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)	
Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez	
$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}}$	K = 1.04
$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K$	Q = 7.67

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-3 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 3)
 Punto de Caudal: 1
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

$$Pd = 242.97567 \text{ mm}$$

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.880	1.678	0.460	0.160	0.300	17.88	0.1788

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = 0.31$$

$$\text{Umbral de escorrentía } P_o \text{ (mm)} = 23.54 \times 3.00 = 70.61$$

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = 3.00

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right)^{0,76} \right] \quad T_c = 0.62 \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right)} \quad I_t = 118.05 \text{ mm/h}$$

$$I_d = Pd / 24 = 10.12 \text{ mm/h}$$

$$I_1 / I_d = 9.00 \text{ (fig. 2.2)}$$

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = 1.04$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = 11.14$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-4 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 4)
 Punto de Caudal: 1
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

$$Pd = 247.1084 \text{ mm}$$

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.680	2.013	0.520	0.130	0.390	19.37	0.1937

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = 0.35$$

$$\text{Umbral de escorrentía } P_o \text{ (mm)} = 21.23 \times 3.00 = 63.70$$

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = 3.00

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right)^{0,76} \right] \quad T_c = 0.70 \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right)} \quad I_t = 112.62 \text{ mm/h}$$

$$I_d = Pd / 24 = 10.30 \text{ mm/h}$$

$$I_1 / I_d = 9.00 \text{ (fig. 2.2)}$$

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = 1.04$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = 9.33$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-5 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afuente 5)
 Punto de Caudal: 1
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **241.95054** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.850	1.827	0.500	0.080	0.420	22.99	0.2299

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrenría resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrenría Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = \mathbf{0.52}$$

Umbral de escorrenría Po (mm) = **12.65** x **3.00** = **37.95**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right] \quad T_c = \mathbf{0.63} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} \cdot 1} \right) \quad I_t = \mathbf{116.59} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **10.08** mm/h
 I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.04}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{17.84}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)
 Punto de Caudal: 1
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **249.80955** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
11.080	4.927	1.020	0.290	0.730	14.82	0.1482

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrenría resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrenría Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = \mathbf{0.50}$$

Umbral de escorrenría Po (mm) = **13.93** x **3.00** = **41.78**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right] \quad T_c = \mathbf{1.45} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} \cdot 1} \right) \quad I_t = \mathbf{75.92} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **10.41** mm/h
 I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.10}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{154.51}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)
 Punto de Caudal: 2
 Período de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho período de retorno

$$Pd = 249.504 \text{ mm}$$

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
18.400	6.602	1.020	0.240	0.780	11.81	0.1181

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 1]^2} = 0.41$$

$$\text{Umbral de escorrentía } P_o \text{ (mm)} = 17.84 \times 3.00 = 53.52$$

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5): 3.00

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right)^{0,76} \right] = 1.89 \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1}{28^{0,1} - 1} \right) = 64.96 \text{ mm/h}$$

$$I_d = Pd / 24 = 10.40 \text{ mm/h}$$

$$I_t / I_d = 9.00 \text{ (fig. 2.2)}$$

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = 1.14$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = 185.68$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)
 Punto de Caudal: 3
 Período de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho período de retorno

$$Pd = 248.52768 \text{ mm}$$

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
24.760	10.350	1.020	0.030	0.990	9.57	0.0957

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 1]^2} = 0.38$$

$$\text{Umbral de escorrentía } P_o \text{ (mm)} = 19.41 \times 3.00 = 58.24$$

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5): 3.00

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right)^{0,76} \right] = 2.77 \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1}{28^{0,1} - 1} \right) = 51.38 \text{ mm/h}$$

$$I_d = Pd / 24 = 10.36 \text{ mm/h}$$

$$I_t / I_d = 9.00 \text{ (fig. 2.2)}$$

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = 1.20$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = 193.91$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGUN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros)
 Punto de Caudal: 4
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **247.58752** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
29.980	14.944	1.020	0.000	1.020	6.83	0.0683

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 1]^2} = 0.40$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **18.56** x **3.00** = **55.67**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5): **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0.3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0.76}} \right) \right] = 3.90 \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (I_t)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0.1} - 1}{28^{0.1} - 1} \right) = 41.32 \text{ mm/h}$$

I_d = Pd / 24 = **10.32** mm/h
 I_t / I_d = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1.25}}{14 + (T_c)^{1.25}} \quad K = 1.28$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = 211.64$$

1.3.

Fichas y tablas-resumen del cálculo de caudales. Simulación 2003. Arroyo Piletas.

1.3.1. Periodo de retorno 500 años

Cuenca / Sub-cuenca	ARROYO PILETAS						
	Cauce principal				Afluente 1	Afluente 2	Afluente 3
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 1	PC 1	PC 1
Superficie (km ²)	0.77	0.96	1.16	1.53	0.17	0.1	0.09
Longitud cauce (m)	2009	2145	2700	3736	831	627	562
Cota cabecera (m)	400	400	400	400	260	190	140
Cota intersección (m)	90	80	40	0	90	80	40
Desnivel (m)	310	320	360	400	170	110	100
Pendiente media (%)	15.4	14.9	13.3	10.7	20.4	17.5	17.7
Tiempo de concentración (horas)	0.73	0.77	0.94	1.25	0.35	0.29	0.27
Umbral de escorrentía Po (l/m ²)	16.82	21.6	22.91	25.39	81.6	93.4	21.6
Coefficiente de escorrentía	0.77	0.7	0.69	0.65	0.26	0.22	0.7
CAUDAL (m³/s)	21.99	24.28	26.26	28.45	2.34	1.27	3.77

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO
SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 3-1 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 1)
Punto de Caudal: 1
Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)	
Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno	
Pd =	238.79196 mm

DATOS DE LA CUENCA						
Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.170	0.831	0.260	0.090	0.170	20.46	0.2046

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)	
Escorrenría resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrenría Po [mm]	
$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2}$	C = 0.26
Umbral de escorrenría Po (mm) =	27.20 x 3.00 = 81.60
- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = 3.00	

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)	
Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada	
$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right]$	Tc = 0.35 horas

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)	
Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración	
$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right)$	It = 155.79 mm/h
Id = Pd / 24 =	9.95 mm/h
I1 / Id =	9.00 (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)	
Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez	
$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}}$	K = 1.02
$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K$	Q = 2.34

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO
SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 3-2 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 2)
Punto de Caudal: 1
Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)	
Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno	
Pd =	238.79413 mm

DATOS DE LA CUENCA						
Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.100	0.627	0.190	0.080	0.110	17.54	0.1754

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)	
Escorrenría resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrenría Po [mm]	
$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2}$	C = 0.22
Umbral de escorrenría Po (mm) =	31.13 x 3.00 = 93.40
- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = 3.00	

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)	
Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada	
$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right]$	Tc = 0.29 horas

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)	
Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración	
$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right)$	It = 171.01 mm/h
Id = Pd / 24 =	9.95 mm/h
I1 / Id =	9.00 (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)	
Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez	
$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}}$	K = 1.01
$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K$	Q = 1.27

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 3-3 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 3)
 Punto de Caudal: 1
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **238.75833** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.090	0.562	0.140	0.040	0.100	17.79	0.1779

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = \mathbf{0.70}$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **7.20** x **3.00** = **21.60**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right] \quad T_c = \mathbf{0.27} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} \cdot 1} \right) \quad I_t = \mathbf{177.09} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **9.95** mm/h
 I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.01}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{3.77}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 3-0 (Cuenca del arroyo Piletas)
 Punto de Caudal: 1
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **238.75833** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.770	2.009	0.400	0.090	0.310	15.43	0.1543

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = \mathbf{0.77}$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **5.61** x **3.00** = **16.82**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right] \quad T_c = \mathbf{0.73} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} \cdot 1} \right) \quad I_t = \mathbf{106.37} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **9.95** mm/h
 I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.05}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{21.99}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 3-0 (Cuenca del arroyo Piletas)
 Punto de Caudal: 2
 Período de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho período de retorno

Pd = **238.76448** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.960	2.145	0.400	0.080	0.320	14.92	0.1492

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 1]^2} = 0.70$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **7.21** x **3.00** = **21.63**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) : **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right)^{0,76} \right] = 0.77 \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1}{28^{0,1} - 1} \right) = 103.35 \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **9.95** mm/h
 It / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = 1.05$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = 24.28$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 3-0 (Cuenca del arroyo Piletas)
 Punto de Caudal: 3
 Período de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho período de retorno

Pd = **238.7822** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
1.160	2.700	0.400	0.040	0.360	13.33	0.1333

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 1]^2} = 0.69$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **7.64** x **3.00** = **22.91**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) : **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right)^{0,76} \right] = 0.94 \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1}{28^{0,1} - 1} \right) = 92.67 \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **9.95** mm/h
 It / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = 1.06$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = 26.26$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGUN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 3-0 (Cuenca del arroyo Piletas)
 Punto de Caudal: 4
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **238.76448** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
1.530	3.736	0.400	0.000	0.400	10.71	0.1071

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 1]^2} = 0.65$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **8.46** x **3.00** = **25.39**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5): **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0.3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0.76}} \right) \right] = 1.25 \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (I_t)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0.1} - 1}{28^{0.1} - 1} \right) = 79.00 \text{ mm/h}$$

I_d = Pd / 24 = **9.95** mm/h
 I_t / I_d = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1.25}}{14 + (T_c)^{1.25}} \quad K = 1.09$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = 28.45$$

1.4.

Fichas y tablas-resumen del cálculo de caudales. Simulación 2003. Arroyo Pollo Zamora.

1.4.1. Periodo de retorno 500 años

Cuenca / Sub-cuenca	ARROYO POLLO ZAMORA		
	Cauce principal		Afluente
	PC 1	PC 2	PC 1
Superficie (km ²)	0.24	0.74	0.13
Longitud cauce (m)	1138	1955	740
Cota cabecera (m)	230	230	150
Cota intersección (m)	50	0	50
Desnivel (m)	180	230	100
Pendiente media (%)	15.8	11.7	13.5
Tiempo de concentración (horas)	0.47	0.75	0.35
Umbral de escorrentía Po (l/m ²)	7.00	6.10	5.00
Coefficiente de escorrentía	0.93	0.94	0.96
CAUDAL (m³/s)	10.25	25.46	6.6

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO
SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 4-1 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora - Afluente 1)
Punto de Caudal: 1
Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)	
Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno	
Pd =	238.74459 mm

DATOS DE LA CUENCA						
Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.130	0.740	0.150	0.050	0.100	13.51	0.1351

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)	
Escorrenría resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrenría Po [mm]	
$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2}$	C = 0.96
Umbral de escorrenría Po (mm) =	1.67 x 3.00 = 5.00
- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = 3.00	

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)	
Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada	
$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right]$	Tc = 0.35 horas

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)	
Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración	
$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right)$	It = 155.79 mm/h
Id = Pd / 24 =	9.95 mm/h
I1 / Id =	9.00 (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)	
Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez	
$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}}$	K = 1.02
$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K$	Q = 6.60

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO
SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 4-0 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora)
Punto de Caudal: 1
Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)	
Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno	
Pd =	238.73411 mm

DATOS DE LA CUENCA						
Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.240	1.138	0.230	0.050	0.180	15.82	0.1582

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)	
Escorrenría resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrenría Po [mm]	
$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2}$	C = 0.93
Umbral de escorrenría Po (mm) =	2.33 x 3.00 = 7.00
- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = 3.00	

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)	
Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada	
$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right]$	Tc = 0.47 horas

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)	
Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración	
$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right)$	It = 134.14 mm/h
Id = Pd / 24 =	9.95 mm/h
I1 / Id =	9.00 (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)	
Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez	
$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}}$	K = 1.03
$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K$	Q = 10.25

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGUN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 4-0 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora)
 Punto de Caudal: 2
 Período de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho período de retorno

Pd = **238.74315** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.740	1.955	0.230	0.000	0.230	11.76	0.1176

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 1]^2} = 0.94$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **2.03** x **3.00** = **6.10**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5): **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0.3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0.76}} \right) \right] = 0.75 \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (I_t)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0.1} - 1}{28^{0.1} - 1} \right) = 104.83 \text{ mm/h}$$

I_d = Pd / 24 = **9.95** mm/h
 I_t / I_d = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1.25}}{14 + (T_c)^{1.25}} \quad K = 1.05$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = 25.46$$

2.1.

Fichas y tablas-resumen del cálculo de caudales. Simulación 1957. Río de la Cala.

2.1.1. Periodo de retorno 500 años

Cuenca / Sub-cuenca	RÍO DE LA CALA					
	Cauce principal				Afluente 1	Afluente 2
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 1	PC 1
Superficie (km ²)	3.37	5.69	7.65	11.3	1.54	1.41
Longitud cauce (m)	3692	5507	10736	12239	3446	3833
Cota cabecera (m)	1410	1410	1410	1410	290	310
Cota intersección (m)	240	150	20	0	20	30
Desnivel (m)	1170	1260	1390	1410	270	280
Pendiente media (%)	31.69	22.88	12.95	11.52	7.84	7.3
Tiempo de concentración (horas)	1.01	1.45	2.69	3.03	1.25	1.37
Umbral de escorrentía Po (l/m ²)	127.08	124.67	106.88	92.70	55.25	66.89
Coefficiente de escorrentía	0.16	0.17	0.21	0.25	0.42	0.65
CAUDAL (m³/s)	16.93	25.84	39.48	55.07	18.44	13.89

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 1-1 (Cuenca del río La Cala - Afluente 1 - 1956)
 Punto de Caudal: 1
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **265.88** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
1.540	3.446	0.290	0.020	0.270	7.84	0.0784

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrenría resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrenría Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = \mathbf{0.42}$$

Umbral de escorrenría Po (mm) = **18.42** x **3.00** = **55.25**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right] \quad T_c = \mathbf{1.25} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right) \quad I_t = \mathbf{78.72} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **11.08** mm/h
 I1 / Id = **8.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.09}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{18.44}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 1-2 (Cuenca del río La Cala - Afluente 2)
 Punto de Caudal: 1
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **265.88** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
1.410	3.833	0.310	0.030	0.280	7.3	0.0730

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrenría resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrenría Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = \mathbf{0.49}$$

Umbral de escorrenría Po (mm) = **15.30** x **3.00** = **45.91**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right] \quad T_c = \mathbf{1.37} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right) \quad I_t = \mathbf{74.92} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **11.08** mm/h
 I1 / Id = **8.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.10}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{18.91}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 1-0 (Cuenca del río La Cala)
Punto de Caudal: 1
Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **266.20406** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
3.370	3.692	1.410	0.240	1.170	31.69	0.3169

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = \mathbf{0.34}$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **23.83** x **3.00** = **71.49**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right] \quad T_c = \mathbf{1.01} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right) \quad I_t = \mathbf{88.26} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **11.09** mm/h
I1 / Id = **8.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.07}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{35.98}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 1-0 (Cuenca del río La Cala)
Punto de Caudal: 2
Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **266.06768** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
5.690	5.507	1.410	0.150	1.260	22.88	0.2288

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} = \mathbf{0.38}$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **20.88** x **3.00** = **62.65**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) : **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right] = \mathbf{1.45} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right) \quad I_t = \mathbf{72.71} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **11.09** mm/h
I1 / Id = **8.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.10}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{57.75}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO
SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 1-0 (Cuenca del río La Cala)
Punto de Caudal: 3
Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **266.0364** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
9.180	10.736	1.410	0.020	1.390	12.95	0.1295

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} = 0.41$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **19.06** x **3.00** = **57.18**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) : **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76} \right] = 2.69 \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_L}{I_d} = \left(\frac{I_L}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1}{28^{0,1} - 1} \right) = 51.30 \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **11.08** mm/h
I1 / Id = **8.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}} \quad K = 1.20$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = 77.07$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO
SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 1-0 (Cuenca del río La Cala)
Punto de Caudal: 4
Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **265.97384** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
11.300	12.239	1.410	0.000	1.410	11.52	0.1152

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} = 0.44$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **17.75** x **3.00** = **53.24**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) : **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76} \right] = 3.03 \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_L}{I_d} = \left(\frac{I_L}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1}{28^{0,1} - 1} \right) = 47.85 \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **11.08** mm/h
I1 / Id = **8.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}} \quad K = 1.22$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = 96.92$$

2.2.

Fichas y tablas-resumen del cálculo de caudales. Simulación 1957. Aroyo de los Jaboneros.

2.2.1. Periodo de retorno 500 años

Cuenca / Sub-cuenca	ARROYO JABONEROS								
	Cauce principal				Afluente 1	Afluente 2	Afluente 3	Afluente 4	Afluente 5
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 1	PC 1	PC 1	PC 1	PC 1
Superficie (km ²)	11.08	18.4	24.76	29.98	1.26	0.74	0.88	0.68	0.85
Longitud cauce (m)	4927	6602	10350	14944	2301	1760	1678	2013	1827
Cota cabecera (m)	1020	1020	1020	1020	770	590	460	520	500
Cota intersección (m)	290	240	30	0	240	200	160	130	80
Desnivel (m)	730	780	990	1020	530	390	300	390	420
Pendiente media (%)	14.82	11.81	9.57	6.83	23.03	22.16	17.88	19.37	22.99
Tiempo de concentración (horas)	1.45	1.89	2.77	3.9	0.75	0.61	0.62	0.7	0.63
Umbral de escorrentía Po (l/m ²)	34.58	43.96	47.83	47.54	44.99	76.55	73.62	68.47	51.73
Coefficiente de escorrentía	0.57	0.48	0.45	0.45	0.47	0.29	0.3	0.33	0.41
CAUDAL (m ³ /s)	176.14	217.38	229.63	238.09	22.55	8.89	10.78	8.79	14.07

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-1 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 1 - 1956)
 Punto de Caudal: 1
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **248.44524** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
1.260	2.301	0.770	0.240	0.530	23.03	0.2303

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrenría resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrenría Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = \mathbf{0.47}$$

Umbral de escorrenría Po (mm) = **15.00** x **3.00** = **44.99**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right] \quad T_c = \mathbf{0.75} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} \cdot 1} \right) \quad I_t = \mathbf{109.05} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **10.35** mm/h
 I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.05}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{22.55}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-2 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 2 - 1956)
 Punto de Caudal: 1
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **244.58443** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.740	1.760	0.590	0.200	0.390	22.16	0.2216

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrenría resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrenría Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = \mathbf{0.29}$$

Umbral de escorrenría Po (mm) = **25.52** x **3.00** = **76.55**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right] \quad T_c = \mathbf{0.61} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} \cdot 1} \right) \quad I_t = \mathbf{119.89} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **10.19** mm/h
 I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.04}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{8.89}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-3 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 3 - 1956)
 Punto de Caudal: 1
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **242.97567** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.880	1.678	0.460	0.160	0.300	17.88	0.1788

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrenría resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrenría Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = \mathbf{0.30}$$

Umbral de escorrenría Po (mm) = **24.54** x **3.00** = **73.62**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right] \quad T_c = \mathbf{0.62} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} \cdot 1} \right) \quad I_t = \mathbf{118.05} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **10.12** mm/h
 I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.04}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{10.78}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-4 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 4 - 1956)
 Punto de Caudal: 1
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **247.1084** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.680	2.013	0.520	0.130	0.390	19.37	0.1937

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrenría resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrenría Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = \mathbf{0.33}$$

Umbral de escorrenría Po (mm) = **22.82** x **3.00** = **68.47**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right] \quad T_c = \mathbf{0.70} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} \cdot 1} \right) \quad I_t = \mathbf{112.62} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **10.30** mm/h
 I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.04}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{8.79}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros - 1956)
 Punto de Caudal: 1
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **249.80955** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
11.080	4.927	1.020	0.290	0.730	14.82	0.1482

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = \mathbf{0.57}$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **11.53** x **3.00** = **34.58**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\frac{L}{J^{0,76}} \right] \quad T_c = \mathbf{1.45} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right) \quad I_t = \mathbf{75.92} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **10.41** mm/h
 I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.10}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{176.14}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros - 1956)
 Punto de Caudal: 2
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **249.504** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
18.400	6.602	1.020	0.240	0.780	11.81	0.1181

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} = \mathbf{0.48}$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **14.65** x **3.00** = **43.96**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) : **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\frac{L}{J^{0,76}} \right] = \mathbf{1.89} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right) \quad I_t = \mathbf{64.96} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **10.40** mm/h
 I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.14}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{217.38}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros - 1956)
 Punto de Caudal: 3
 Período de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho período de retorno

Pd = **248.52768** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
24.760	10.350	1.020	0.030	0.990	9.57	0.0957

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 1]^2} = 0.45$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **15.94** x **3.00** = **47.83**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5): **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right)^{0,76} \right] = 2.77 \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1}{28^{0,1} - 1} \right) = 51.38 \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **10.36** mm/h
 It / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = 1.20$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = 229.63$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-0 (Cuenca del arroyo Jaboneros - 1956)
 Punto de Caudal: 4
 Período de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho período de retorno

Pd = **247.58752** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
29.980	14.944	1.020	0.000	1.020	6.83	0.0683

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 1]^2} = 0.45$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **15.85** x **3.00** = **47.54**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5): **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right)^{0,76} \right] = 3.90 \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1}{28^{0,1} - 1} \right) = 41.32 \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **10.32** mm/h
 It / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = 1.28$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = 238.09$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 2-5 (Cuenca del arroyo Jaboneros - Afluente 5 - 1956)
 Punto de Caudal: 1
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **241.95054** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.850	1.827	0.500	0.080	0.420	22.99	0.2299

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = \mathbf{0.41}$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **17.24** x **3.00** = **51.73**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right)^{0,76} \right] \quad T_c = \mathbf{0.63} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} + 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right) \quad I_t = \mathbf{116.59} \text{ mm/h}$$

I_d = Pd / 24 = **10.08** mm/h

I₁ / I_d = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.04}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{14.07}$$

2.3.

Fichas y tablas-resumen del cálculo de caudales. Simulación 1957. Arroyo Piletas.

2.3.1. Periodo de retorno 500 años

Cuenca / Sub-cuenca	ARROYO PILETAS						
	Cauce principal				Afluente 1	Afluente 2	Afluente 3
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 1	PC 1	PC 1
Superficie (km ²)	0.77	0.96	1.16	1.53	0.17	0.1	0.09
Longitud cauce (m)	2009	2145	2700	3736	831	627	562
Cota cabecera (m)	400	400	400	400	260	190	140
Cota intersección (m)	90	80	40	0	90	80	40
Desnivel (m)	310	320	360	400	170	110	100
Pendiente media (%)	15.4	14.9	13.3	10.7	20.4	17.5	17.7
Tiempo de concentración (horas)	0.73	0.77	0.94	1.25	0.35	0.29	0.27
Umbral de escorrentía Po (l/m ²)	58.92	64.09	63.52	65.59	91.96	103.43	79.47
Coefficiente de escorrentía	0.36	0.34	0.34	0.33	0.22	0.19	0.27
CAUDAL (m³/s)	10.28	11.8	12.94	14.44	1.98	1.1	1.45

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 3-1 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 1 - 1956)
 Punto de Caudal: 1
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **238.79196** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.170	0.831	0.260	0.090	0.170	20.46	0.2046

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = \mathbf{0.22}$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **30.65** x **3.00** = **91.96**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right] \quad T_c = \mathbf{0.35} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} \cdot 1} \right) \quad I_t = \mathbf{155.79} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **9.95** mm/h
 I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.02}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{1.98}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 3-2 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 2 - 1956)
 Punto de Caudal: 1
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **238.79413** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.100	0.627	0.190	0.080	0.110	17.54	0.1754

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = \mathbf{0.19}$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **34.48** x **3.00** = **103.43**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right] \quad T_c = \mathbf{0.29} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} \cdot 1} \right) \quad I_t = \mathbf{171.01} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **9.95** mm/h
 I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.01}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{1.10}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 3-3 (Cuenca del arroyo Las Piletas - Afluente 3 - 1956)
 Punto de Caudal: 1
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **238.75833** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.090	0.562	0.140	0.040	0.100	17.79	0.1779

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrenría resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrenría Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = \mathbf{0.27}$$

Umbral de escorrenría Po (mm) = **26.49** x **3.00** = **79.47**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right] \quad T_c = \mathbf{0.27} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right) \quad I_t = \mathbf{177.09} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **9.95** mm/h
 I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.01}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{1.45}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 3-0 (Cuenca del arroyo Piletas - 1956)
 Punto de Caudal: 1
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **238.75833** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.770	2.009	0.400	0.090	0.310	15.43	0.1543

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrenría resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrenría Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = \mathbf{0.36}$$

Umbral de escorrenría Po (mm) = **19.64** x **3.00** = **58.92**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right] \quad T_c = \mathbf{0.73} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right) \quad I_t = \mathbf{106.37} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **9.95** mm/h
 I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.05}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{10.28}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 3-0 (Cuenca del arroyo Piletas - 1956)
 Punto de Caudal: 2
 Período de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho período de retorno

Pd = **238.76448** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.960	2.145	0.400	0.080	0.320	14.92	0.1492

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 1]^2} = 0.34$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **21.36** x **3.00** = **64.09**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) : **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right] = 0.77 \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1}{28^{0,1} - 1} \right) = 103.35 \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **9.95** mm/h
 It / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = 1.05$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = 11.80$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 3-0 (Cuenca del arroyo Piletas - 1956)
 Punto de Caudal: 3
 Período de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho período de retorno

Pd = **238.7822** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
1.160	2.700	0.400	0.040	0.360	13.33	0.1333

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 1]^2} = 0.34$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **21.17** x **3.00** = **63.52**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) : **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right] = 0.94 \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1}{28^{0,1} - 1} \right) = 92.67 \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **9.95** mm/h
 It / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1,25}}{14 + (T_c)^{1,25}} \quad K = 1.06$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = 12.94$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGUN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 3-0 (Cuenca del arroyo Piletas - 1956)
 Punto de Caudal: 4
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **238.76448** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
1.530	3.736	0.400	0.000	0.400	10.71	0.1071

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 1]^2} = 0.33$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **21.86** x **3.00** = **65.59**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5): **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0.3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0.76}} \right) \right] = 1.25 \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (I_t)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0.1} - 1}{28^{0.1} - 1} \right) = 79.00 \text{ mm/h}$$

I_d = Pd / 24 = **9.95** mm/h
 I_t / I_d = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1.25}}{14 + (T_c)^{1.25}} \quad K = 1.09$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = 14.44$$

2.4.

Fichas y tablas-resumen del cálculo de caudales. Simulación 1957. Arroyo Pollo Zamora.

2.4.1. Periodo de retorno 500 años

Cuenca / Sub-cuenca	ARROYO POLLO ZAMORA		
	Cauce principal		Afluente
	PC 1	PC 2	PC 1
Superficie (km ²)	0.24	0.74	0.13
Longitud cauce (m)	1138	1955	740
Cota cabecera (m)	230	230	150
Cota intersección (m)	50	0	50
Desnivel (m)	180	230	100
Pendiente media (%)	15.8	11.7	13.5
Tiempo de concentración (horas)	0.47	0.75	0.35
Umbral de escorrentía Po (l/m ²)	26.10	46.05	39.23
Coefficiente de escorrentía	0.65	0.45	0.51
CAUDAL (m³/s)	7.16	12.19	3.51

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 4-1 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora - Afluente 1 - 1956)
 Punto de Caudal: 1
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **238.74459** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.130	0.740	0.150	0.050	0.100	13.51	0.1351

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrenría resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrenría Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = \mathbf{0.51}$$

Umbral de escorrenría Po (mm) = **13.08** x **3.00** = **39.23**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right] \quad T_c = \mathbf{0.35} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} \cdot 1} \right) \quad I_t = \mathbf{155.79} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **9.95** mm/h
 I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.02}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{3.51}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGÚN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 4-0 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora - 1956)
 Punto de Caudal: 1
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **238.73411** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km2)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.240	1.138	0.230	0.050	0.180	15.82	0.1582

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrenría resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrenría Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2} \quad C = \mathbf{0.65}$$

Umbral de escorrenría Po (mm) = **8.70** x **3.00** = **26.10**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5) = **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0,3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0,76}} \right) \right] \quad T_c = \mathbf{0.47} \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (It)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0,1} - 1^{0,1}}{28^{0,1} \cdot 1} \right) \quad I_t = \mathbf{134.14} \text{ mm/h}$$

Id = Pd / 24 = **9.95** mm/h
 I1 / Id = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m3/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(Tc)^{1,25}}{14 + (Tc)^{1,25}} \quad K = \mathbf{1.03}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = \mathbf{7.16}$$

CÁLCULO DE CAUDALES CON EL MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

SEGUN INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2-IC <<DRENAJE SUPERFICIAL>>

Cuenca: 4-0 (Cuenca del arroyo Pollo Zamora - 1956)
 Punto de Caudal: 2
 Periodo de retorno: 500 años

PLUVIOMETRÍA (Pd)

Precipitación total diaria [mm] correspondiente a dicho periodo de retorno

Pd = **238.74315** mm

DATOS DE LA CUENCA

Superficie (km ²)	Longitud cauce principal (km)	Cota de la cabecera (km)	Cota de intersección (km)	Desnivel (km)	Pendiente media (%)	Pendiente media (m/m)
0.740	1.955	0.230	0.000	0.230	11.76	0.1176

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Escorrentía resultante según la precipitación diaria Pd [mm] correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía Po [mm]

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 1]^2} = 0.45$$

Umbral de escorrentía Po (mm) = **15.35** x **3.00** = **46.05**

- Factor corrector de la humedad del suelo al comienzo del aguacero (fig. 2.5): **3.00**

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Tiempo de concentración [horas] para la cuenca estudiada

$$T_c = 0.3 \times \left[\left(\frac{L}{J^{0.76}} \right) \right] = 0.75 \text{ horas}$$

INTENSIDAD MEDIA DE LA PRECIPITACIÓN (I_t)

Intensidad media de la precipitación [mm/h] correspondiente al tiempo de concentración

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0.1} - 1}{28^{0.1} - 1} \right) = 104.83 \text{ mm/h}$$

I_d = Pd / 24 = **9.95** mm/h
 I_t / I_d = **9.00** (fig. 2.2)

CAUDAL (Q)

Cálculo del caudal instantáneo máximo [m³/s] según el método racional modificado por J. R. Témez

$$K = 1 + \frac{(T_c)^{1.25}}{14 + (T_c)^{1.25}} \quad K = 1.05$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3} \cdot K \quad Q = 12.19$$

Anexo 6

Secciones transversales de control

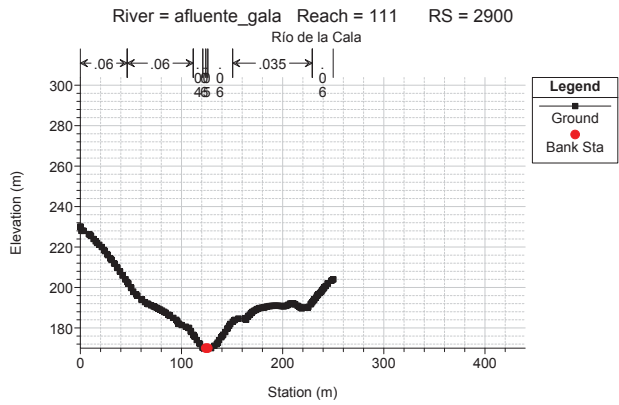
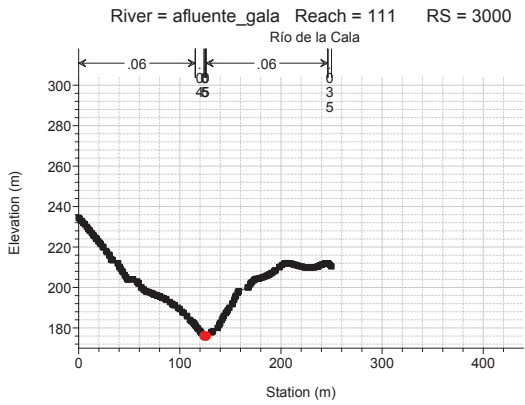
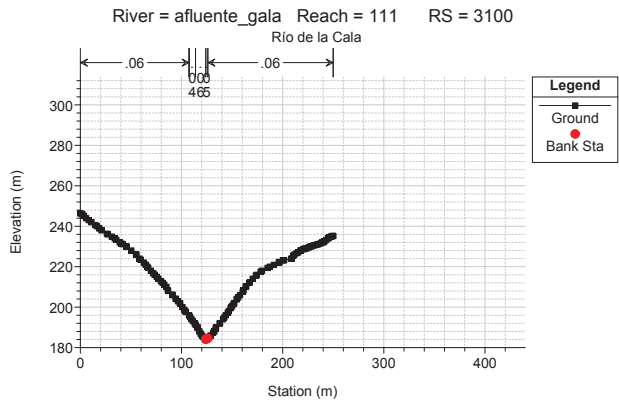
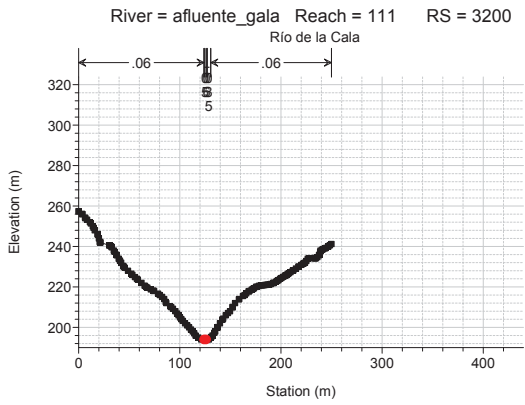
Índice.

1. Cuenca del río de la Cala.
2. Cuenca del arroyo de los Jaboneros.
3. Cuenca del arroyo Piletas.
4. Cuenca del arroyo Pollo Zamora.

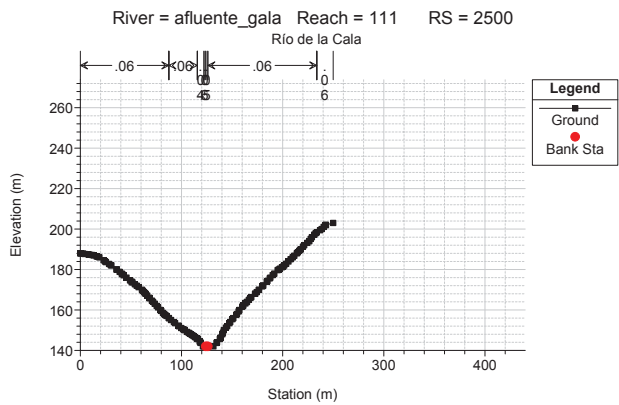
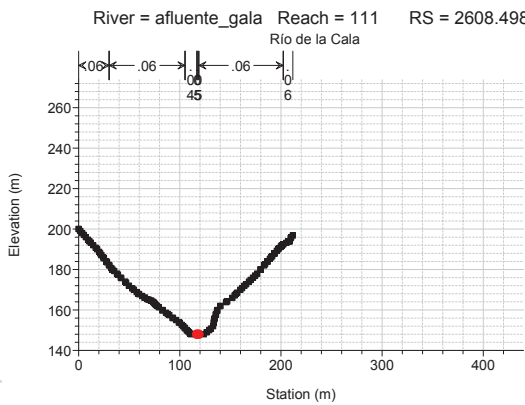
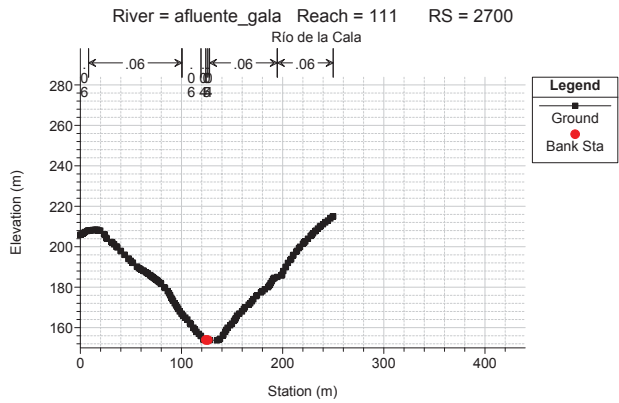
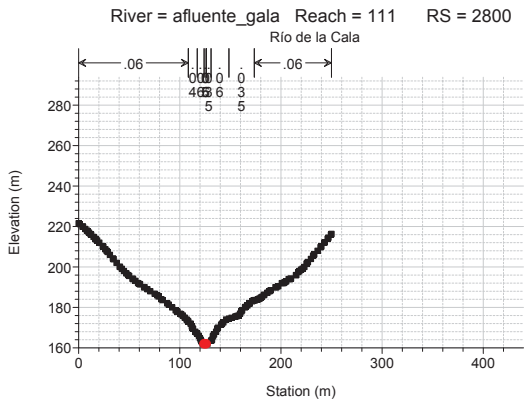
111 – Río de la Cala, Afluente 1
121 – Río de la Cala, Afluente 2
101 – Río de la Cala, Eje principal, tramo 1
102 – Río de la Cala, Eje principal, tramo 2
103 – Río de la Cala, Eje principal, tramo 3
104 – Río de la Cala, Eje principal, tramo 4
202 – Arroyo de los Jaboneros, Eje principal, tramo 2
203 – Arroyo de los Jaboneros, Eje principal, tramo 3
204 – Arroyo de los Jaboneros, Eje principal, tramo 4
211 – Arroyo de los Jaboneros, Afluente 1
221 – Arroyo de los Jaboneros, Afluente 2
231 – Arroyo de los Jaboneros, Afluente 3
241 – Arroyo de los Jaboneros, Afluente 4
251 – Arroyo de los Jaboneros, Afluente 5
311 – Arroyo Piletas, Afluente 1
321 – Arroyo Piletas, Afluente 2
331 – Arroyo Piletas, Afluente 3
301 – Arroyo Piletas, Eje principal, tramo 1
302 – Arroyo Piletas, Eje principal, tramo 2
303 – Arroyo Piletas, Eje principal, tramo 3
304 – Arroyo Piletas, Eje principal, tramo 4
411 – Arroyo Pollo Zamora, Afluente 1
401 – Arroyo Pollo Zamora, Eje principal, tramo 1
402 – Arroyo Pollo Zamora, Eje principal, tramo 2

1.

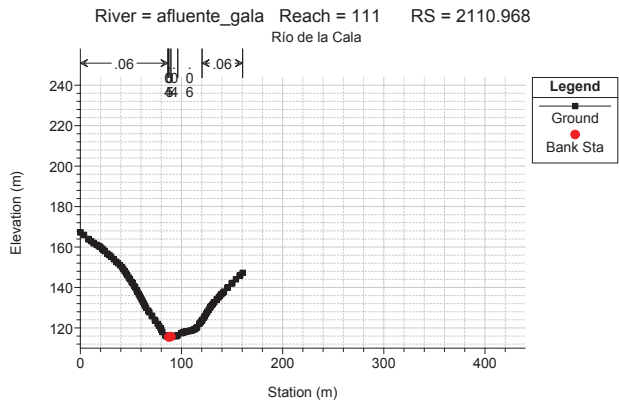
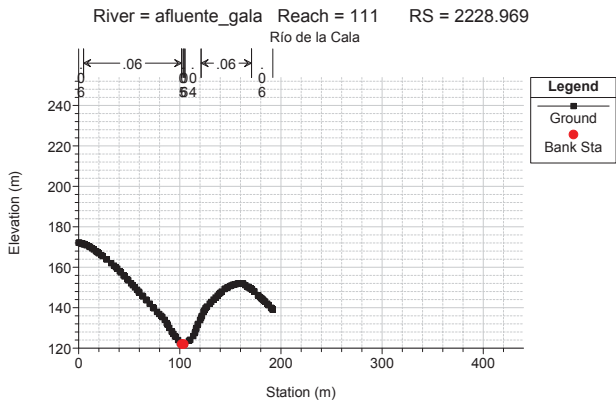
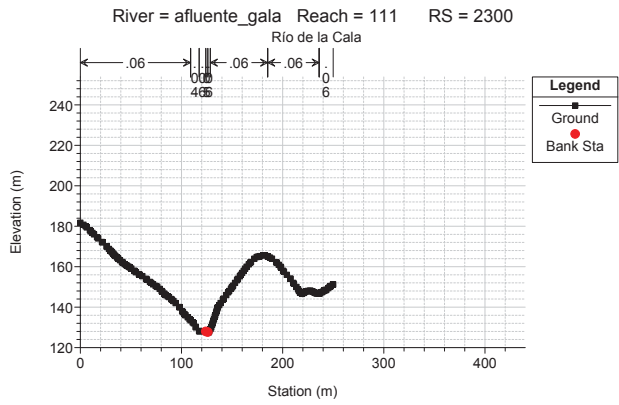
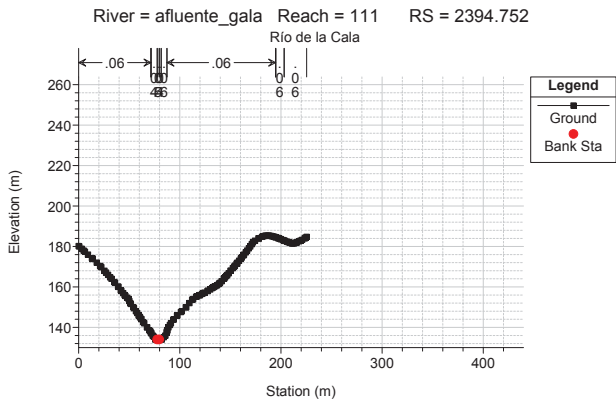
Secciones transversales de control. Arroyo de la Cala.



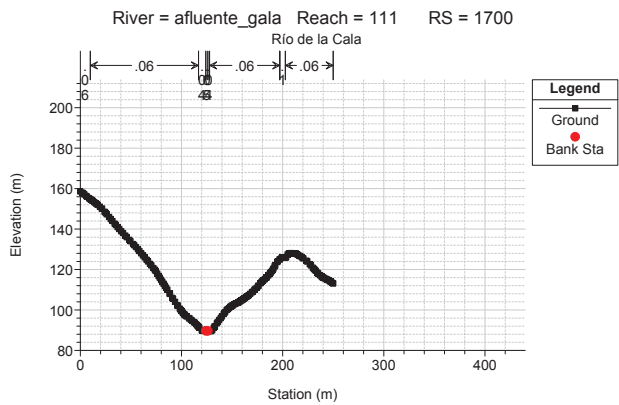
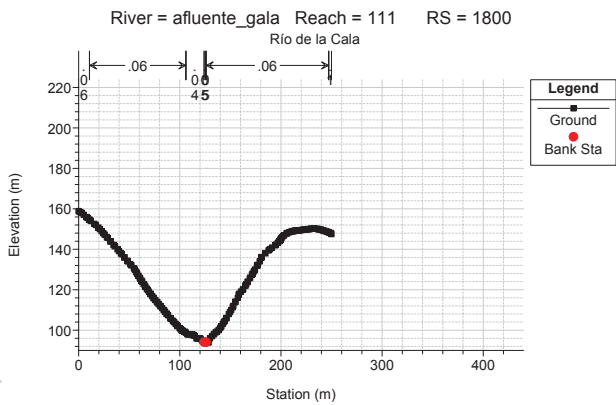
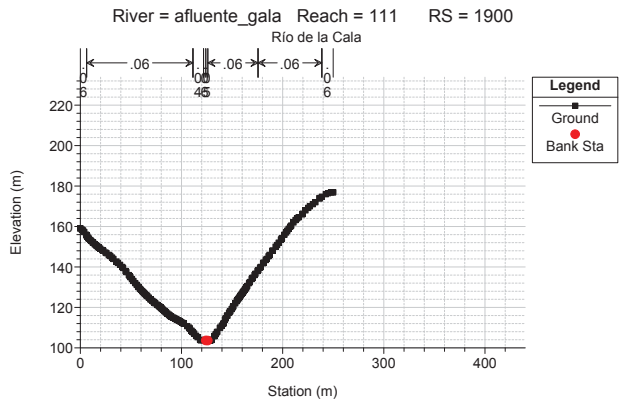
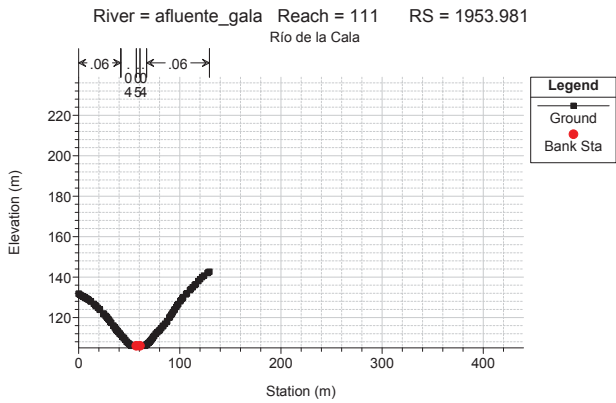
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



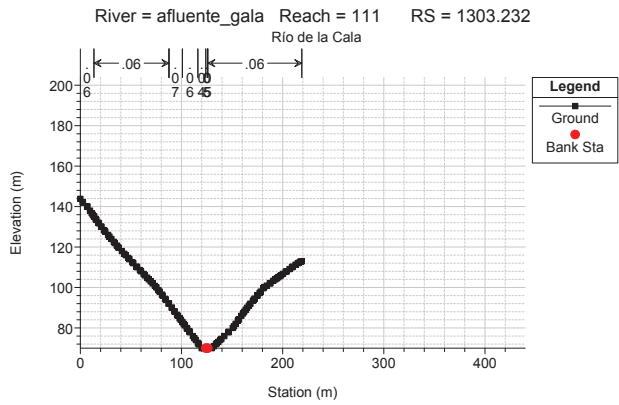
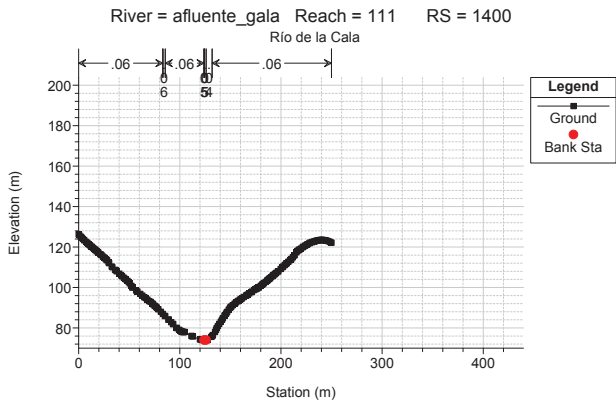
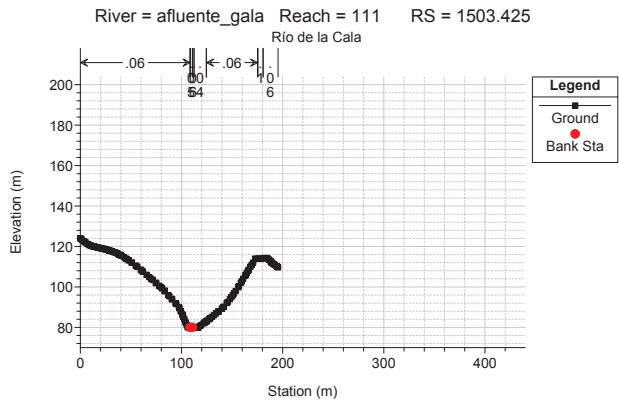
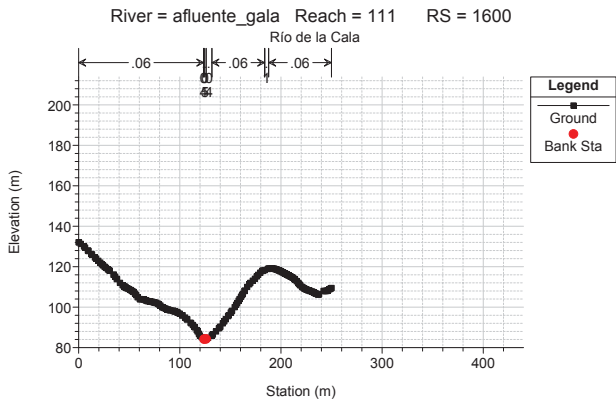
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



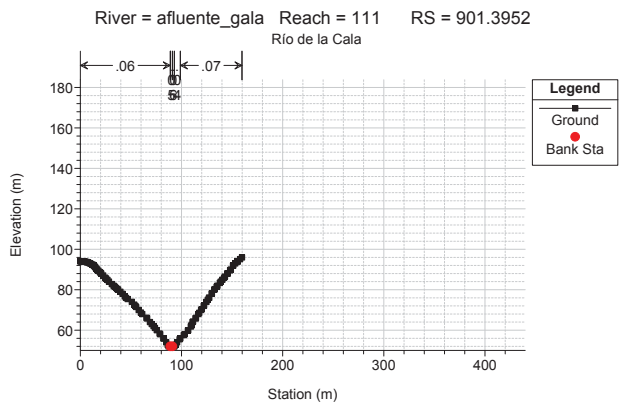
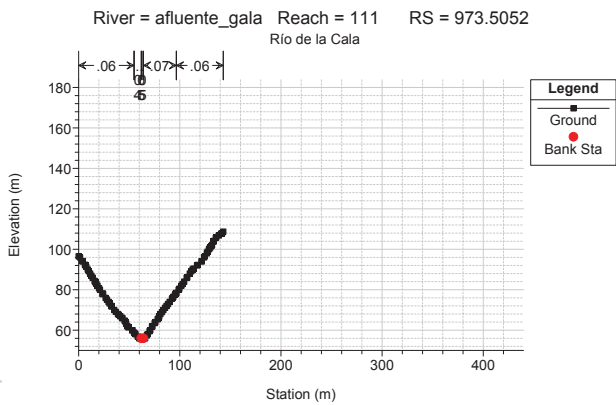
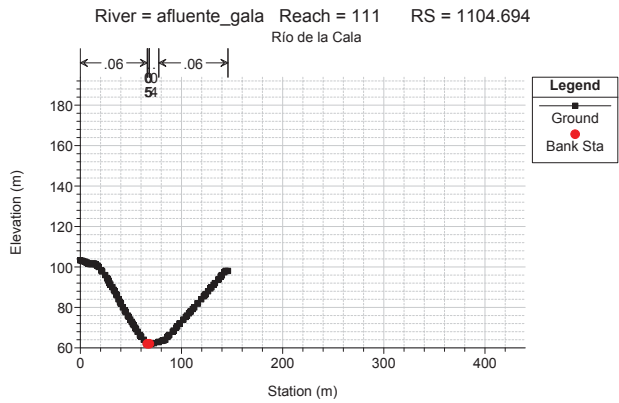
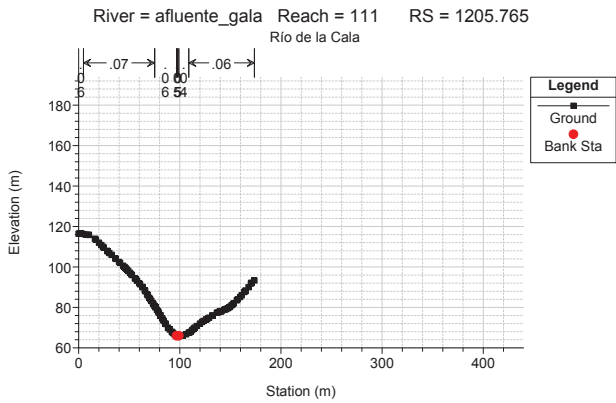
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



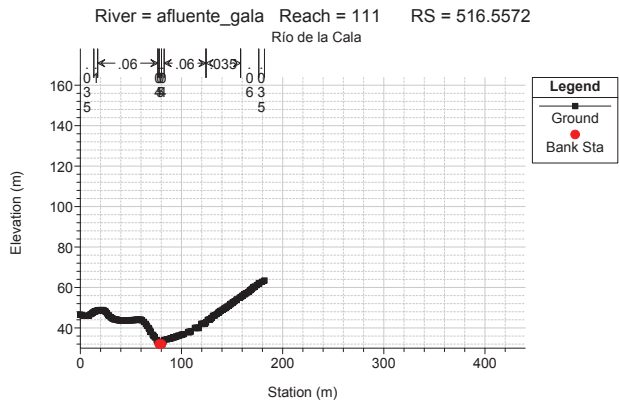
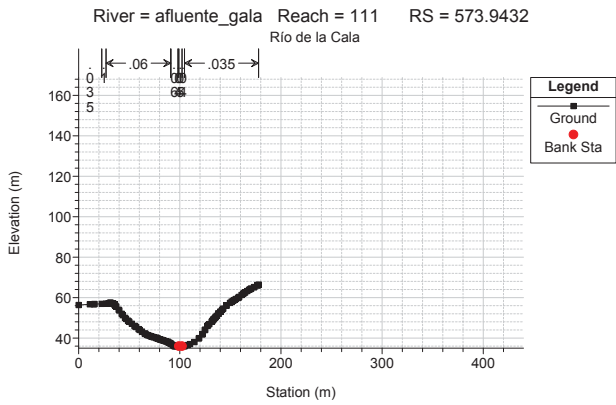
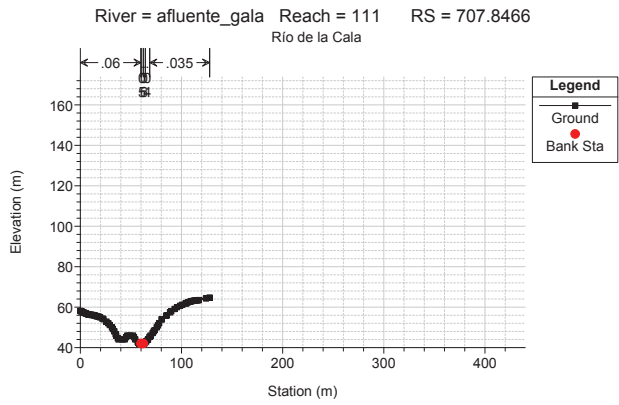
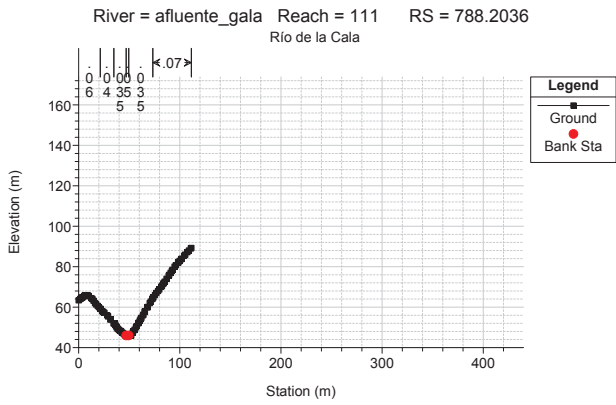
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



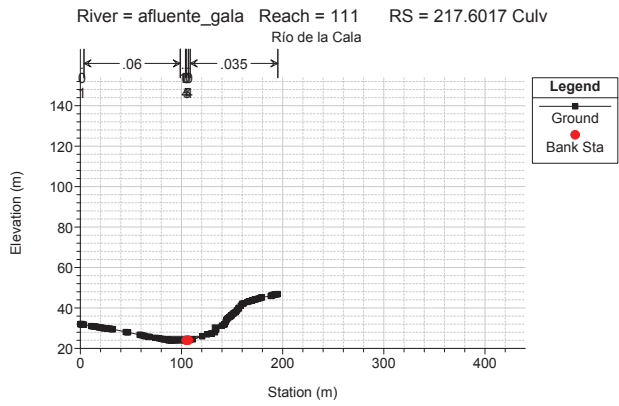
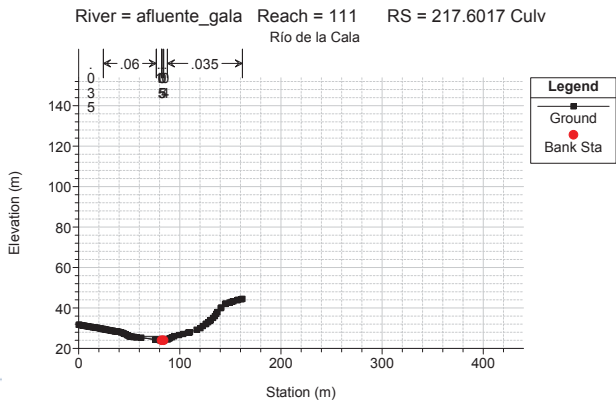
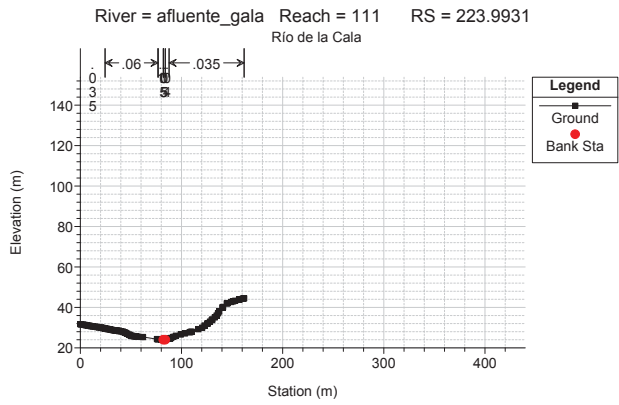
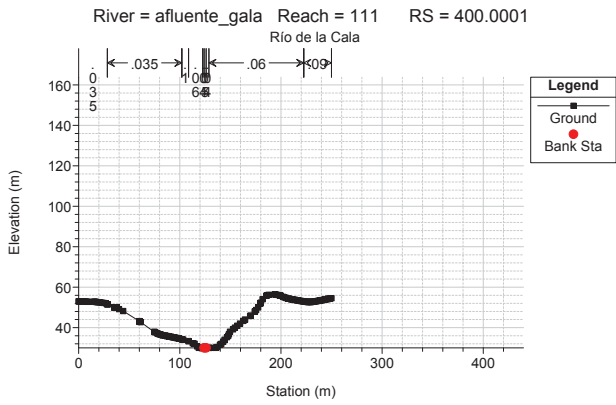
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



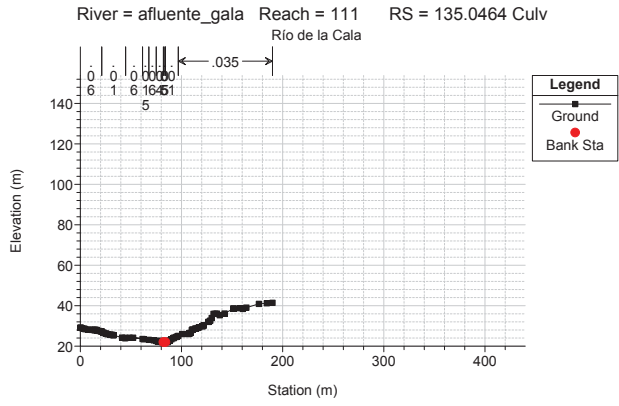
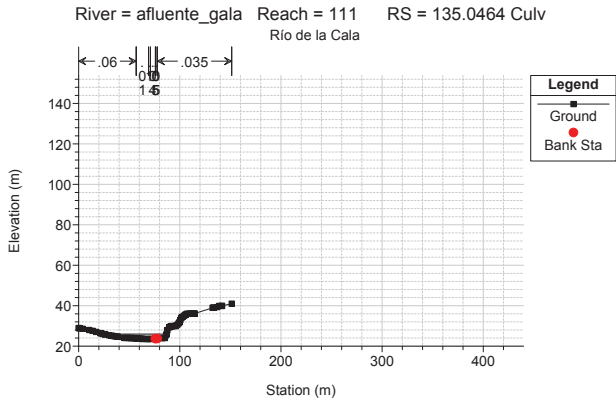
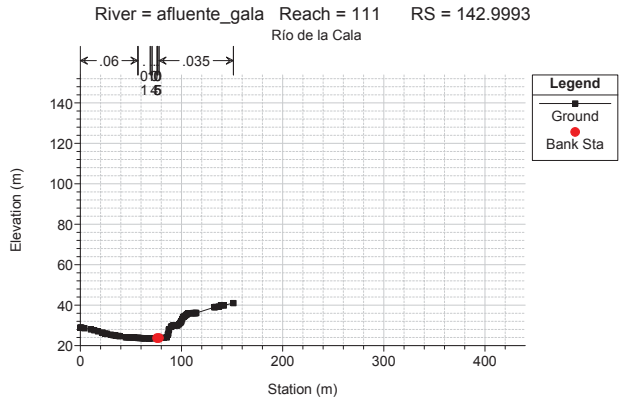
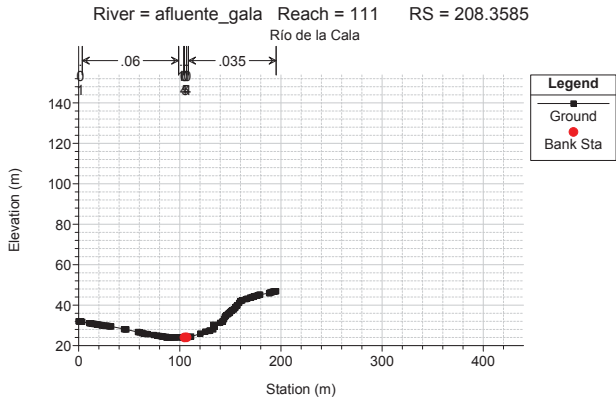
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



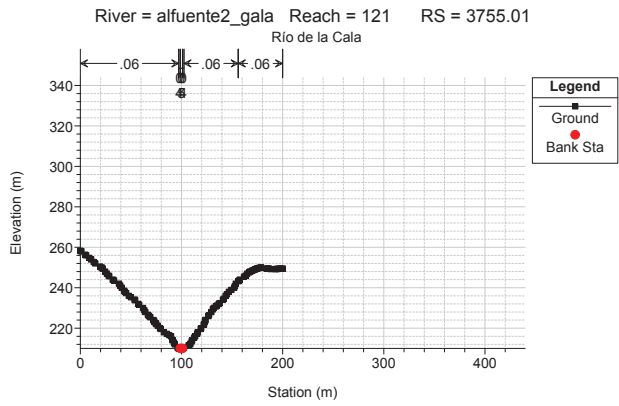
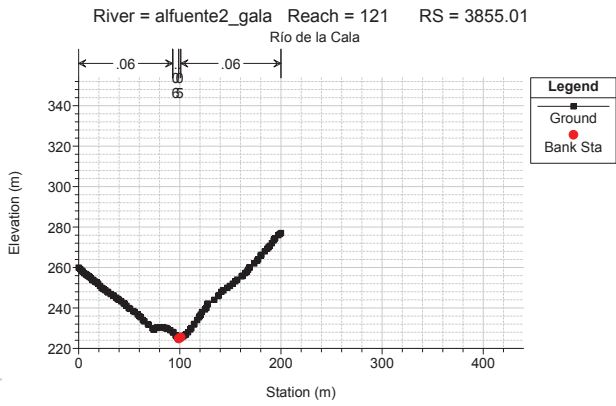
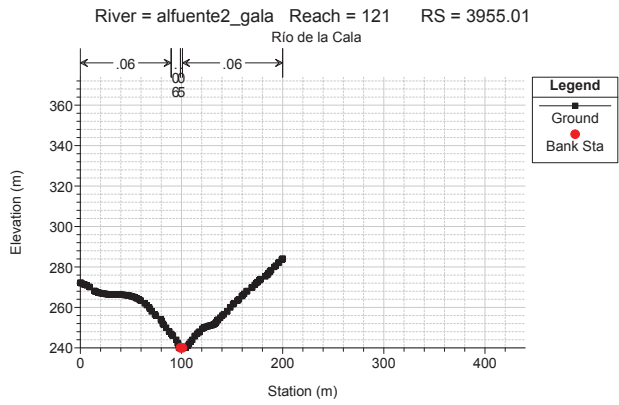
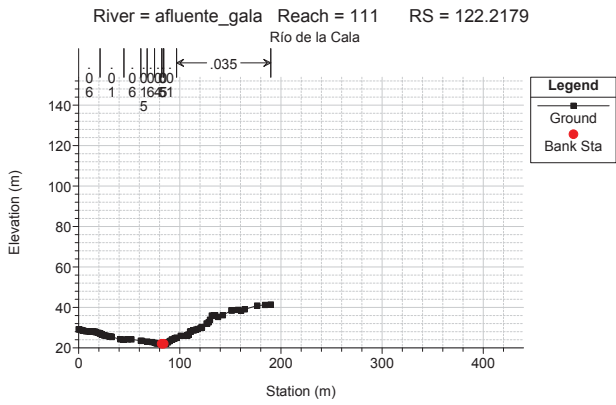
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



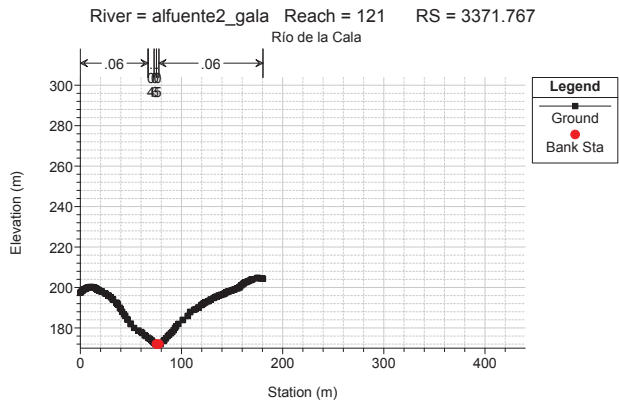
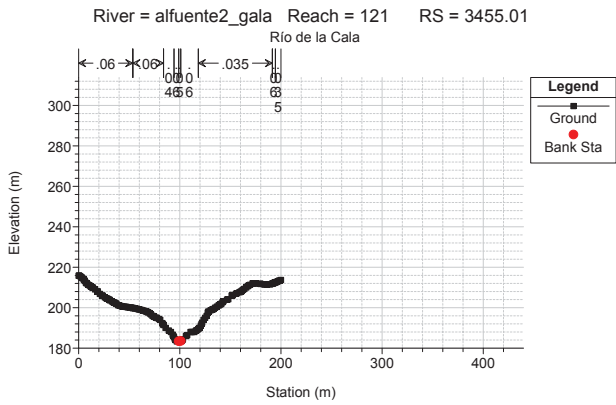
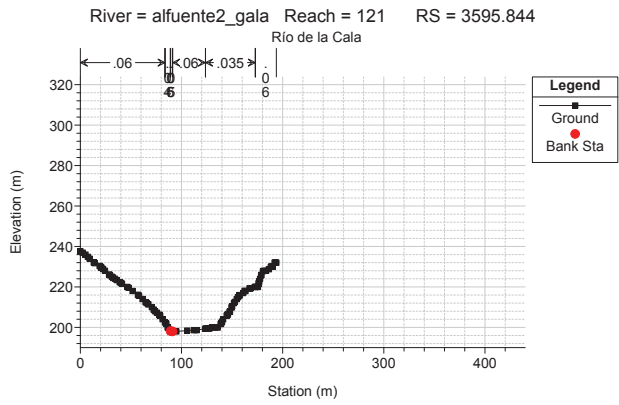
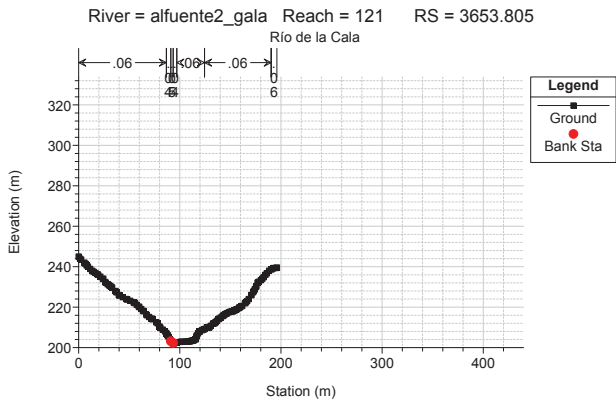
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



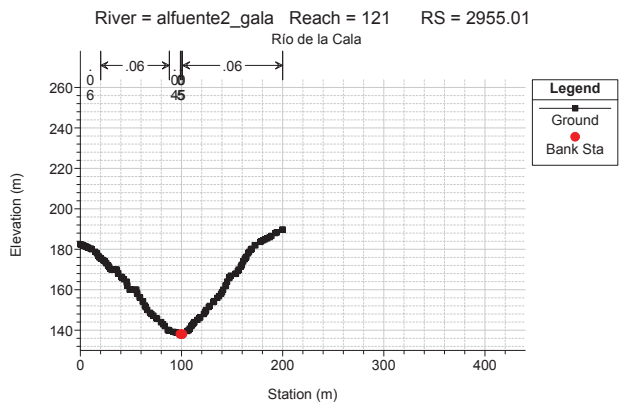
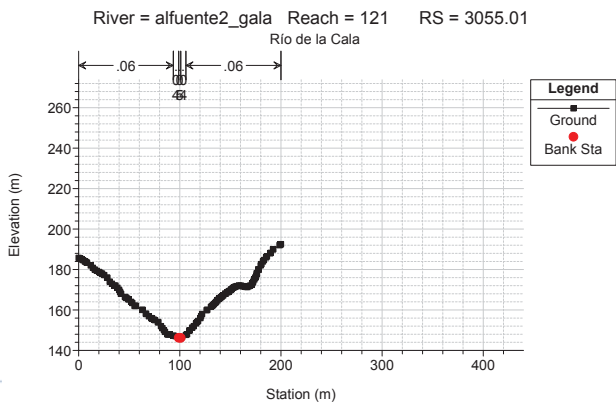
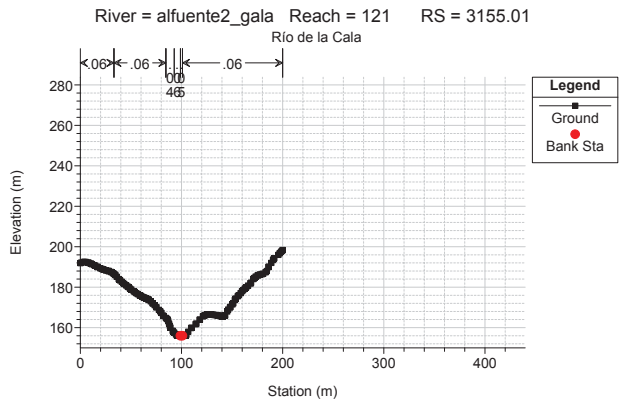
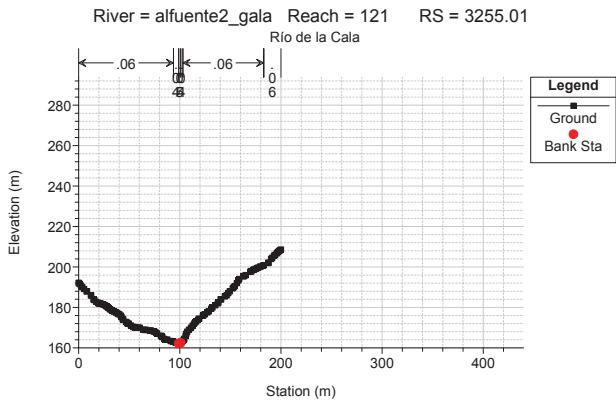
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



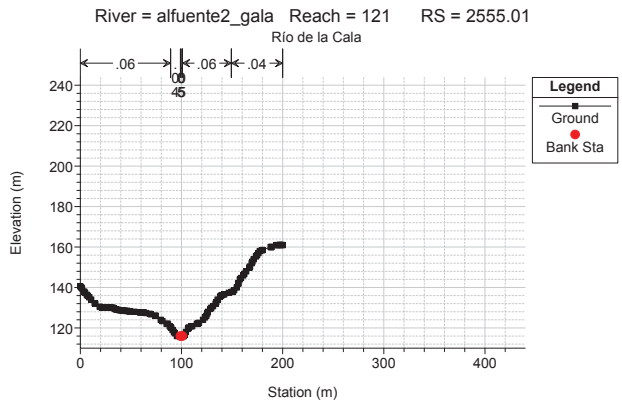
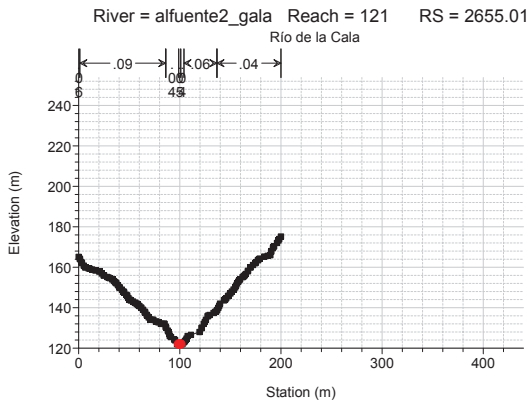
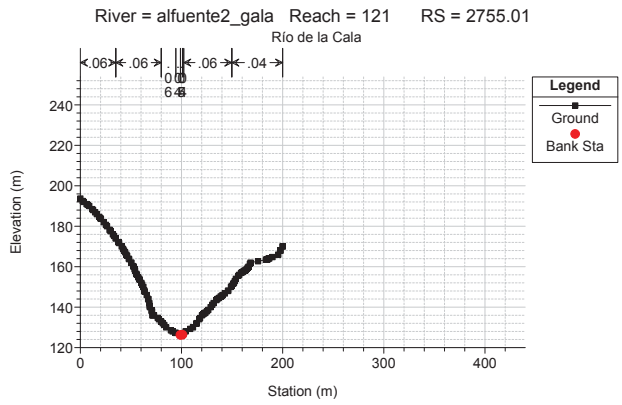
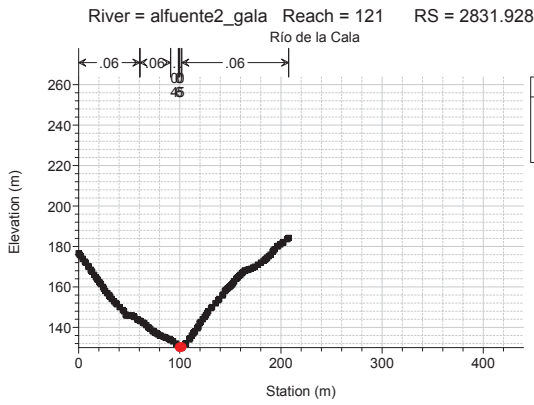
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



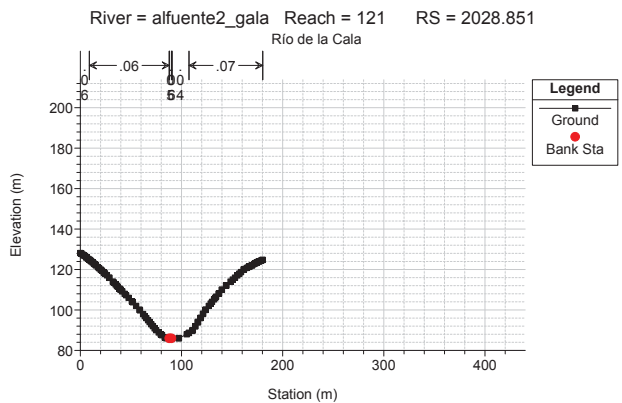
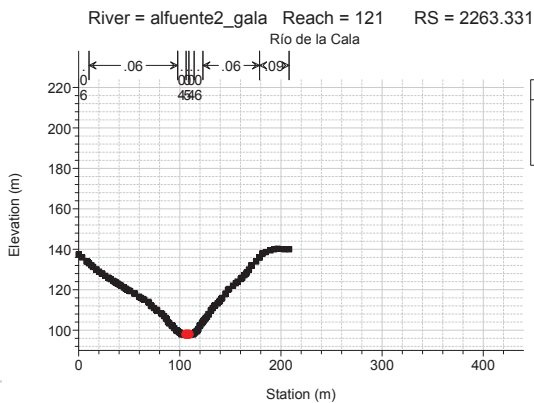
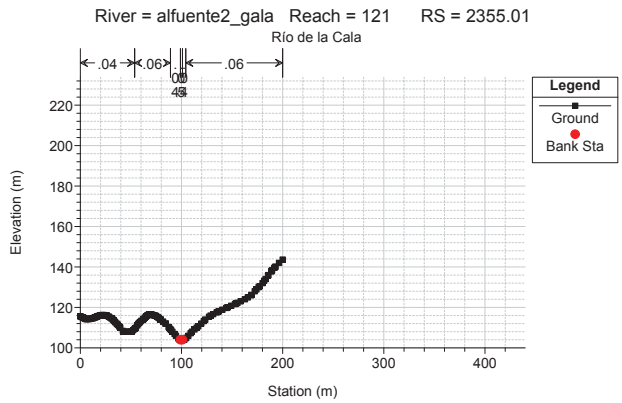
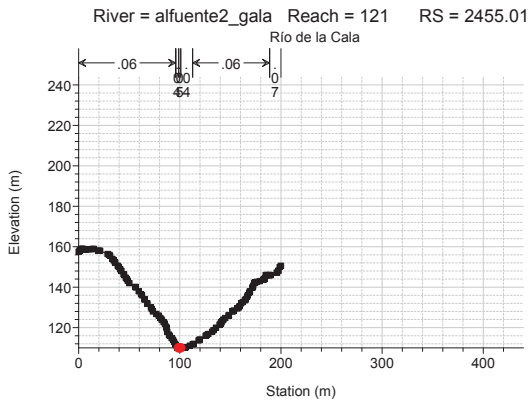
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



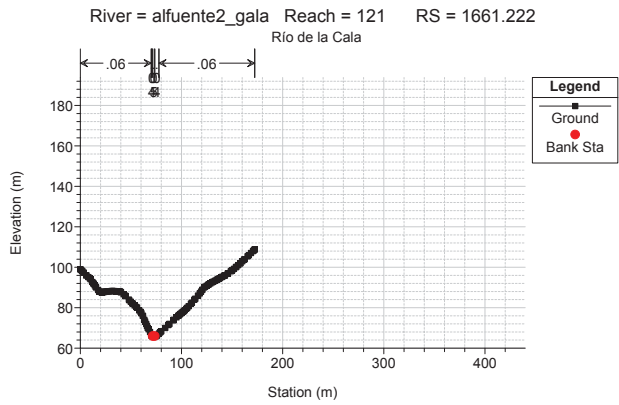
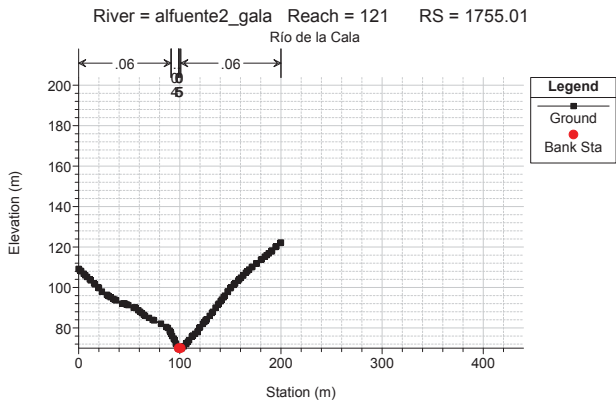
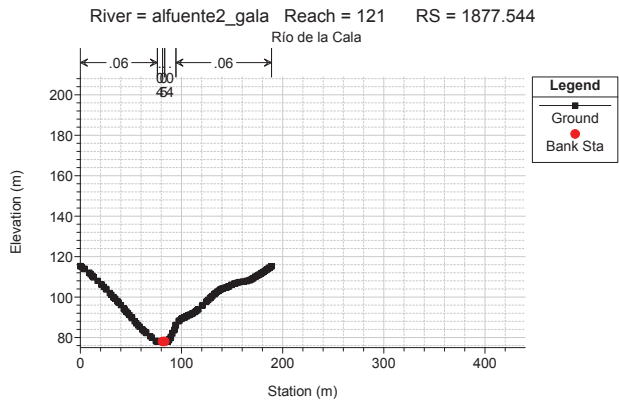
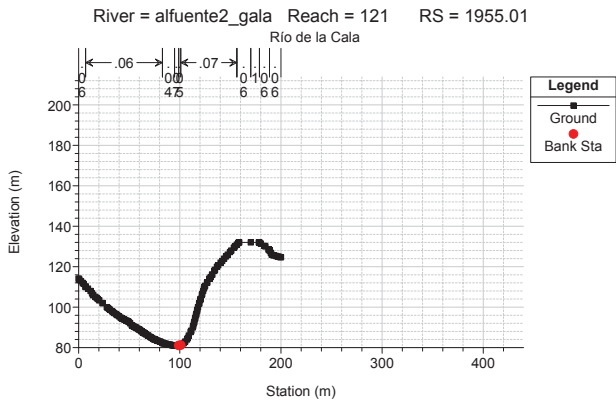
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



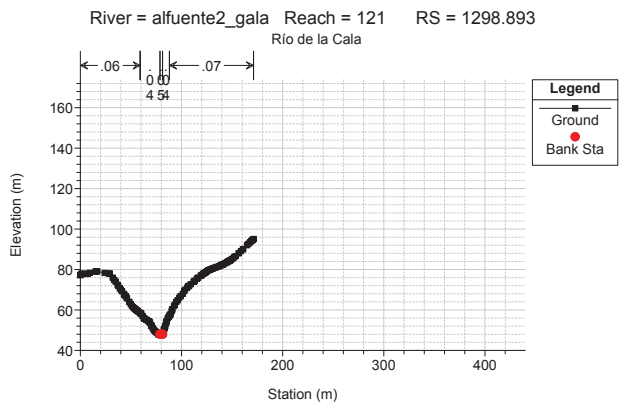
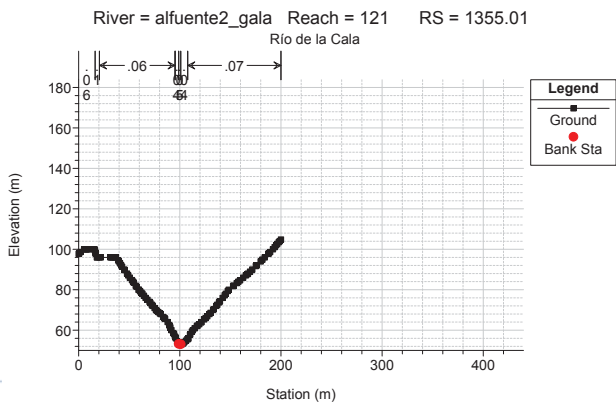
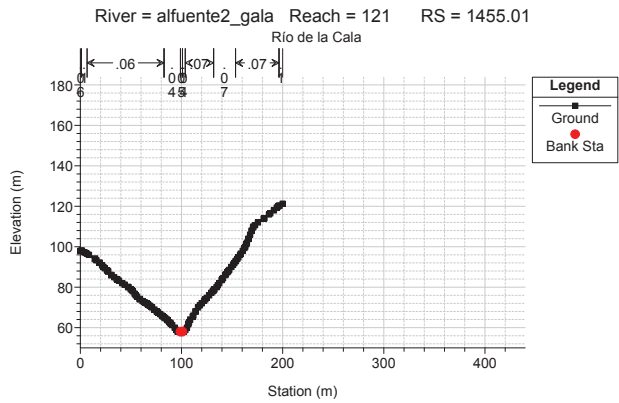
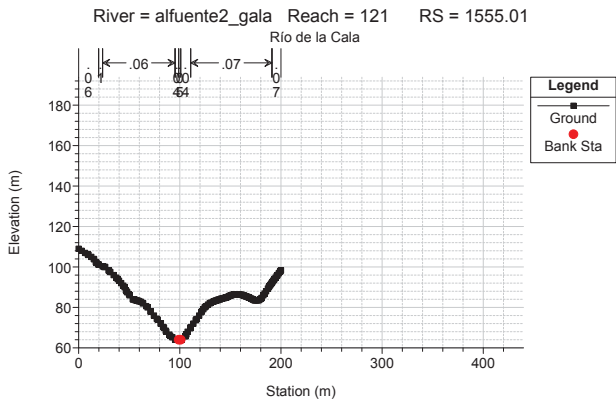
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



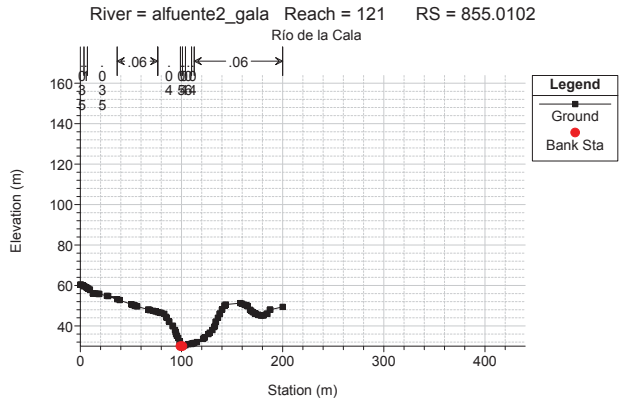
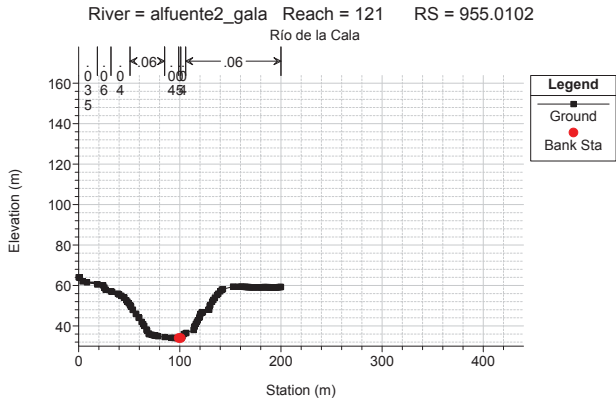
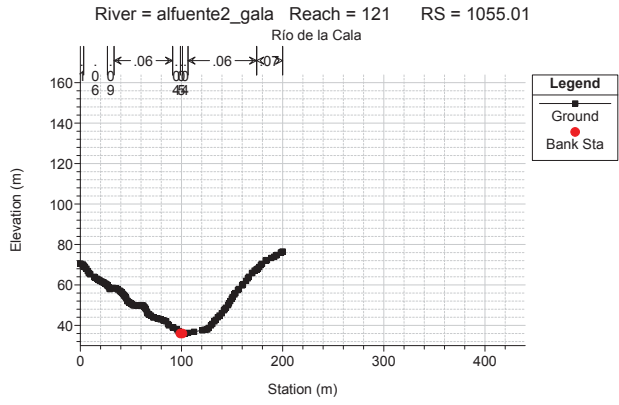
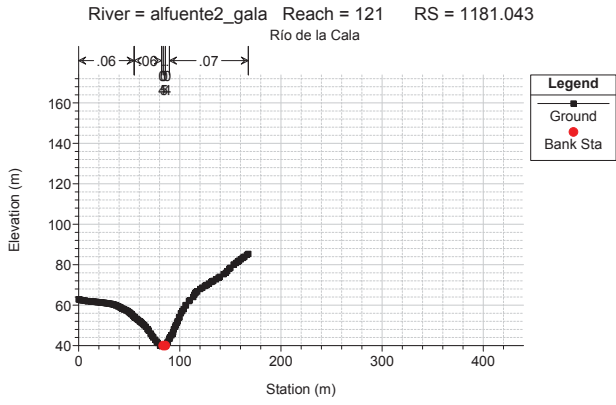
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



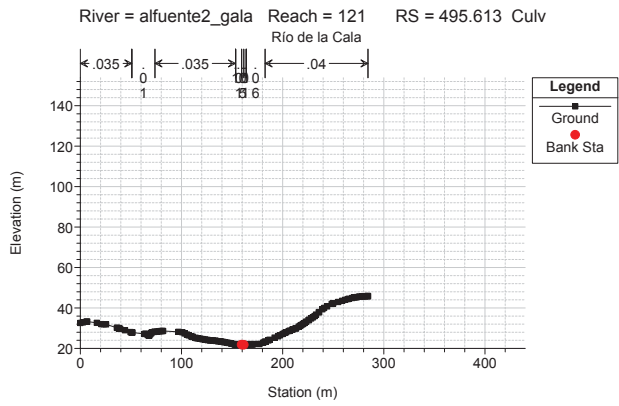
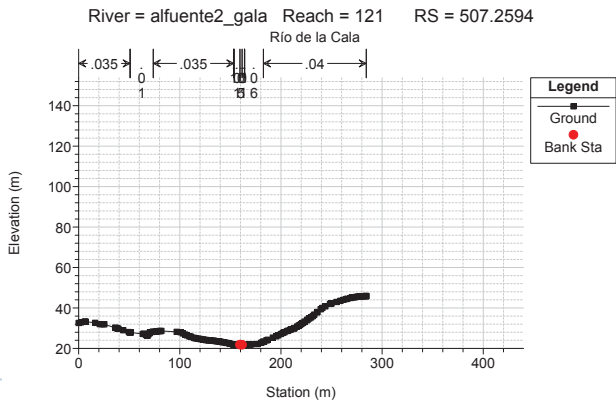
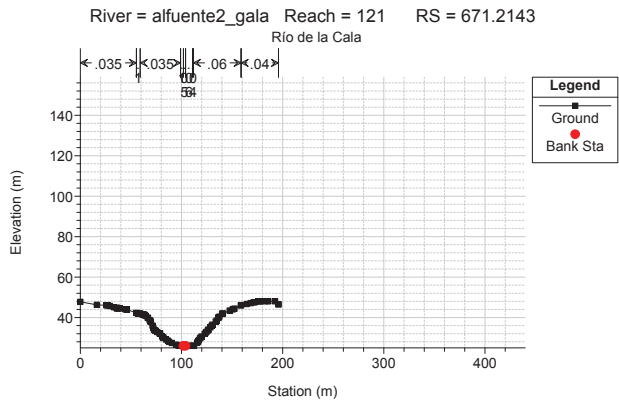
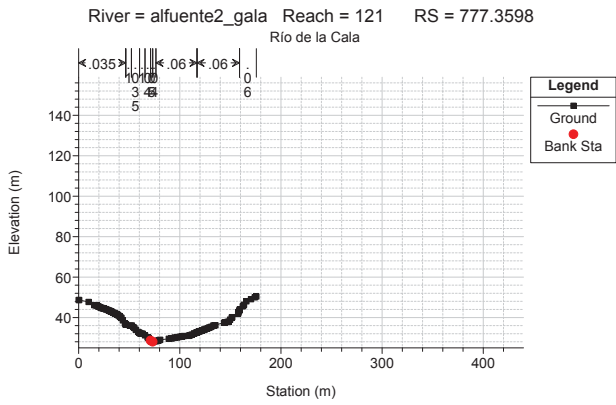
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



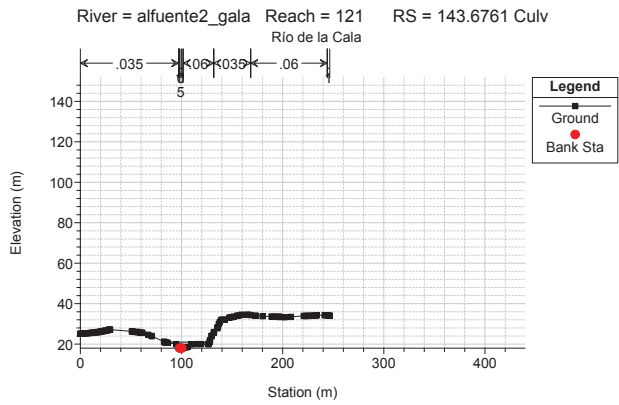
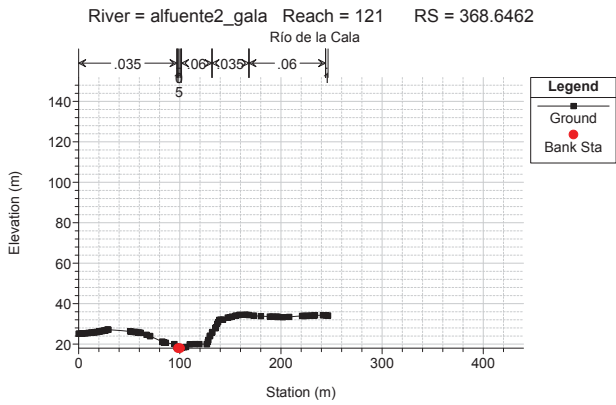
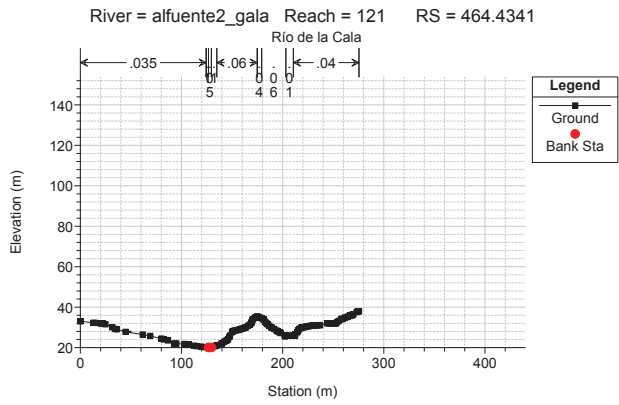
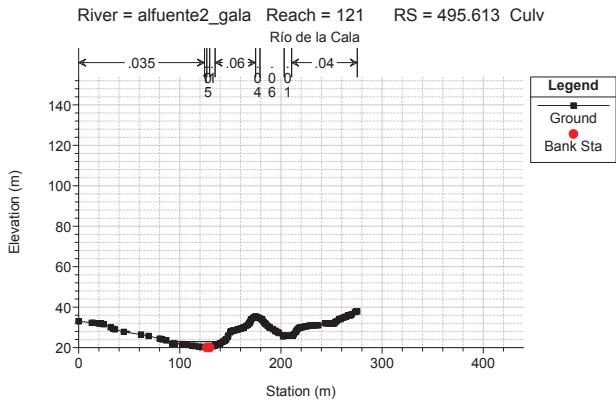
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



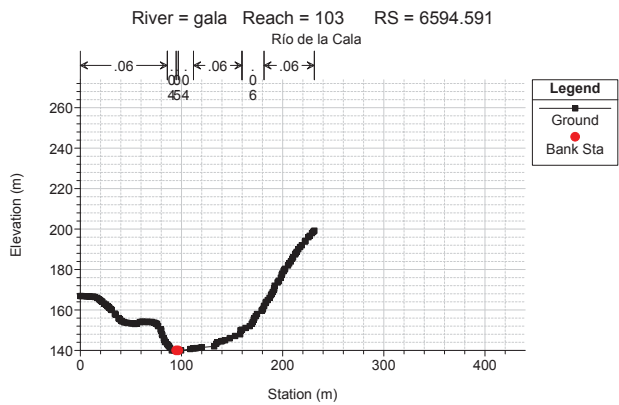
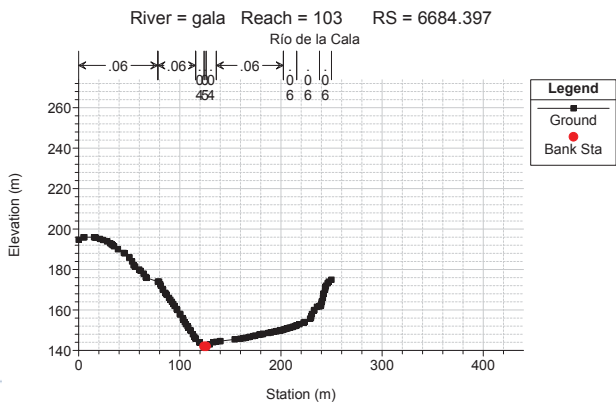
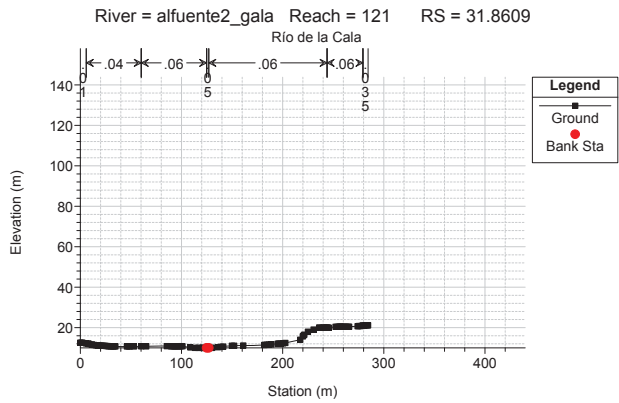
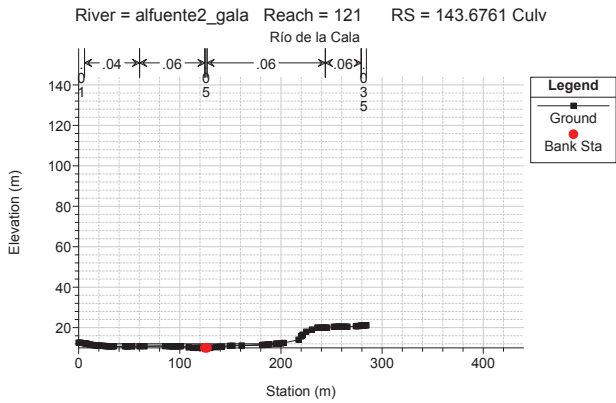
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



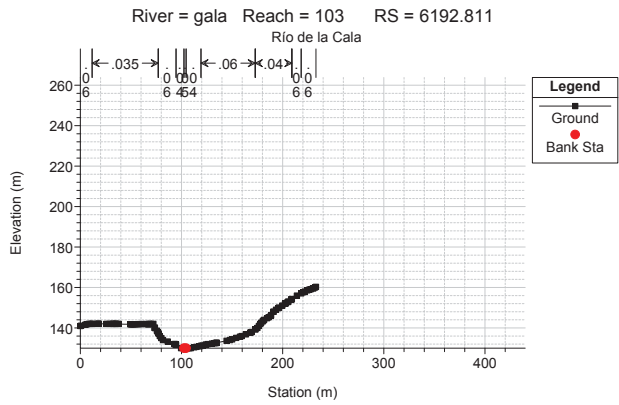
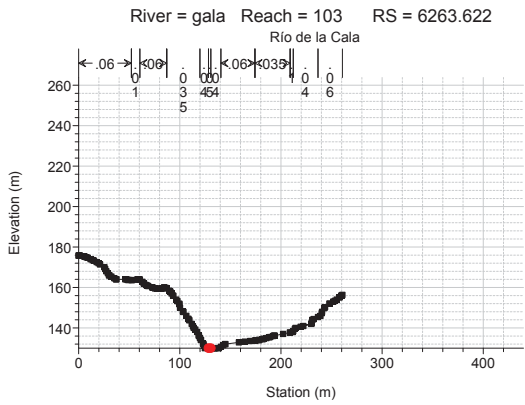
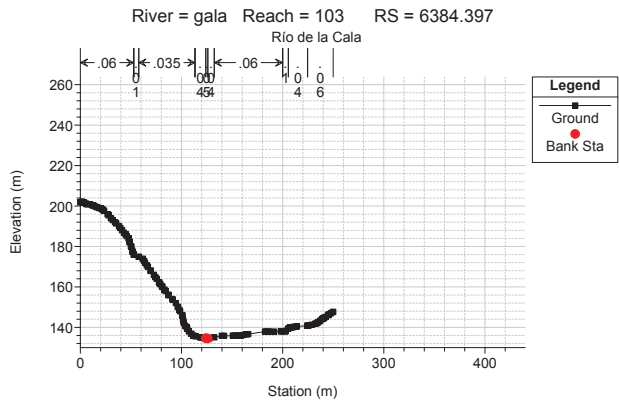
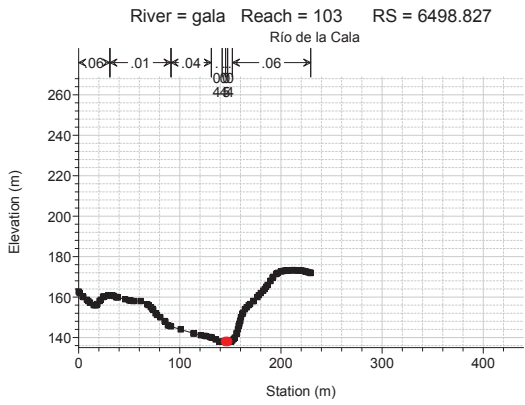
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



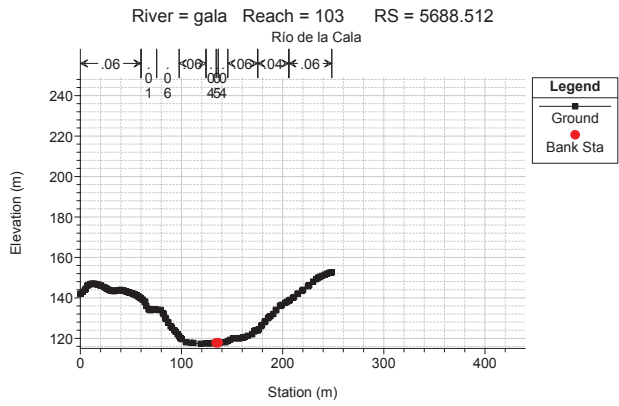
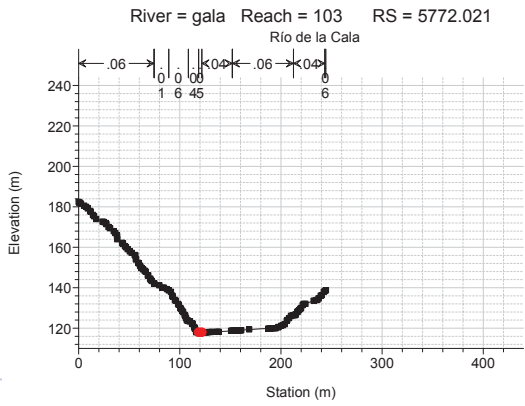
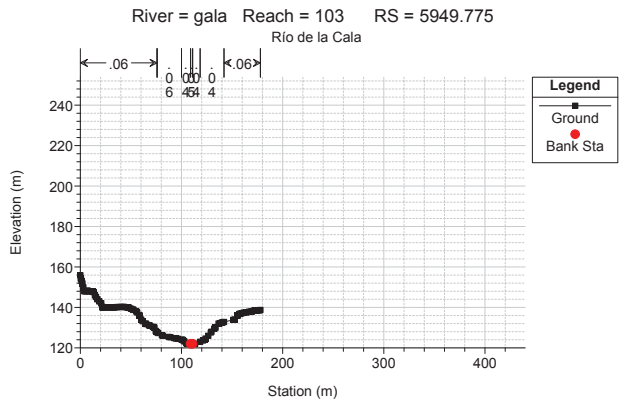
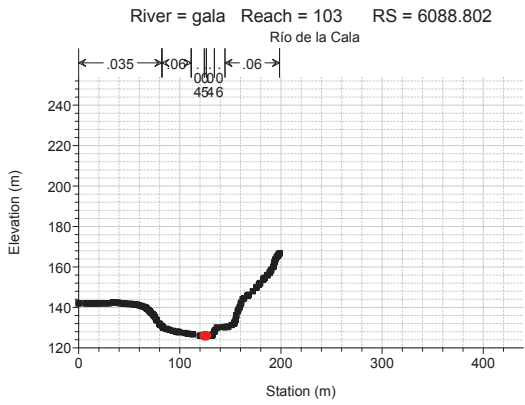
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



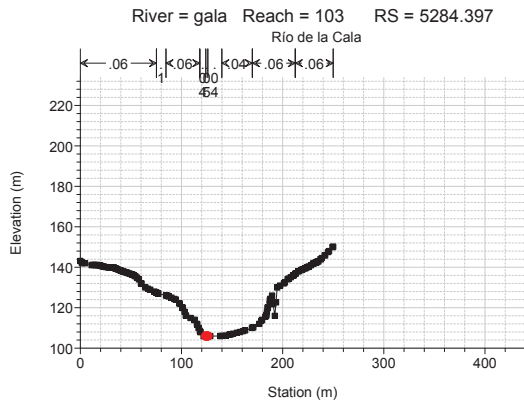
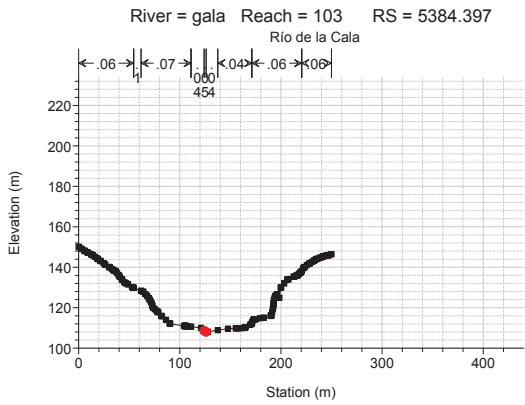
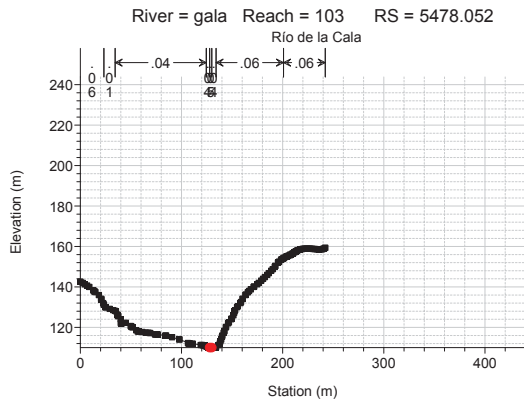
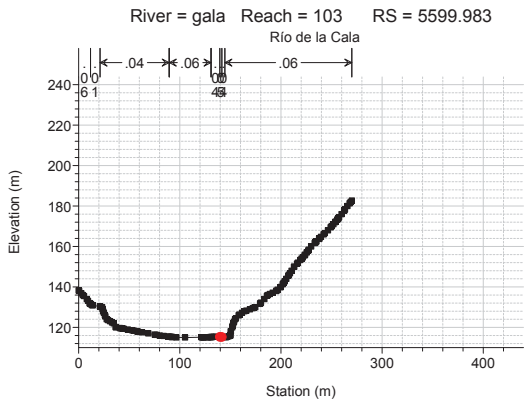
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



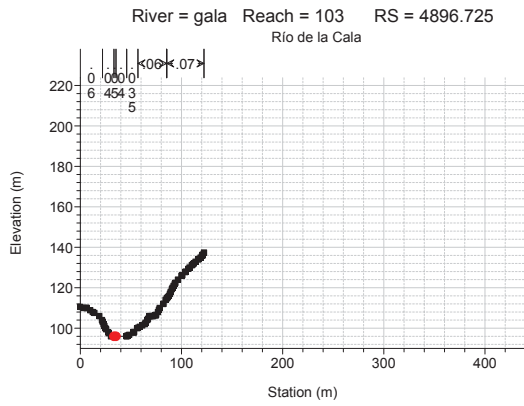
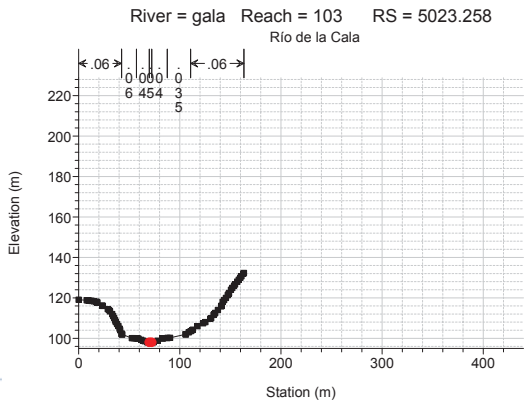
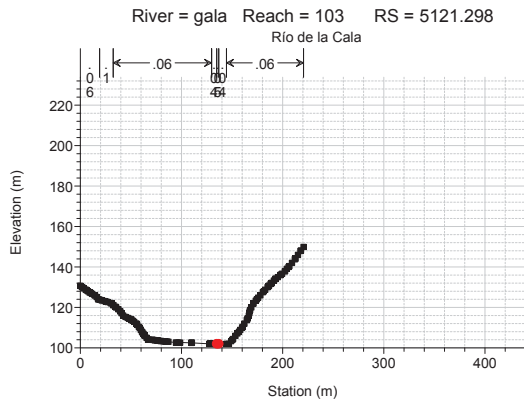
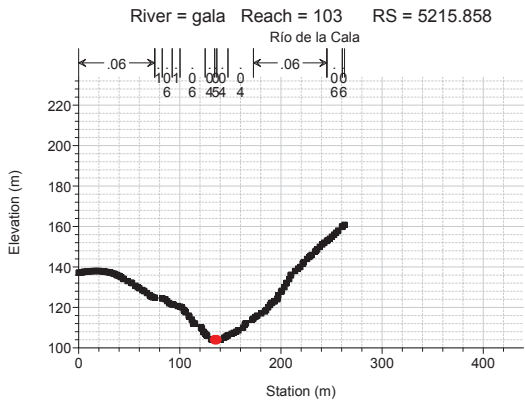
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



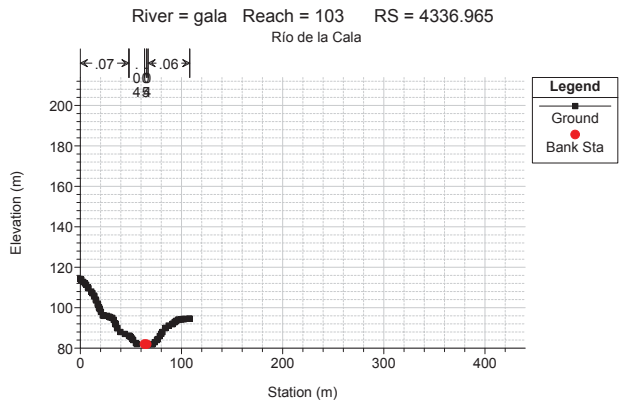
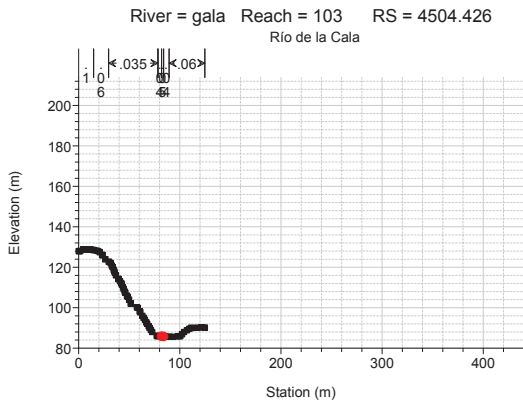
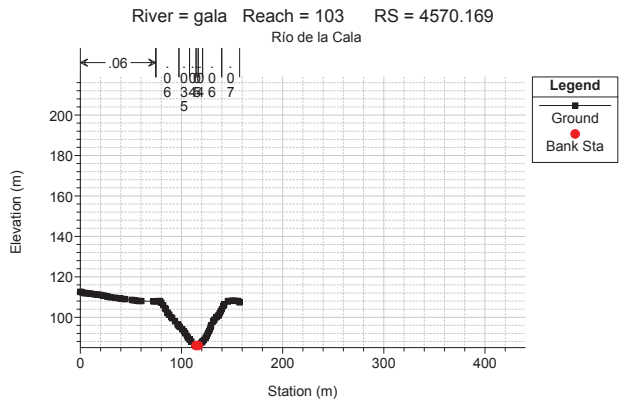
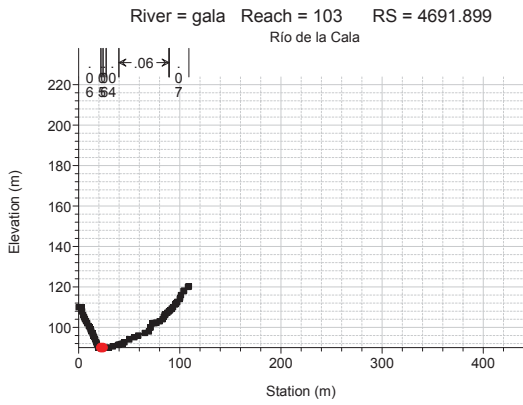
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



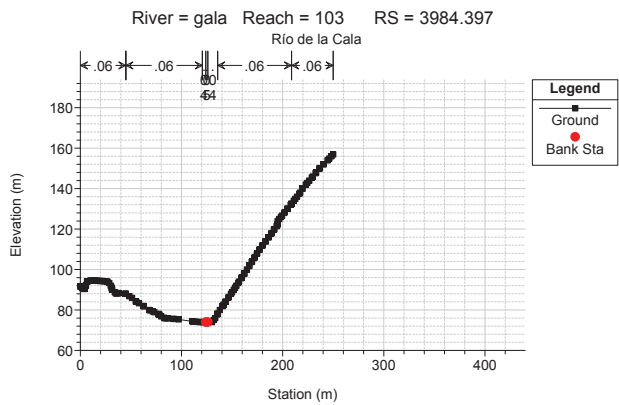
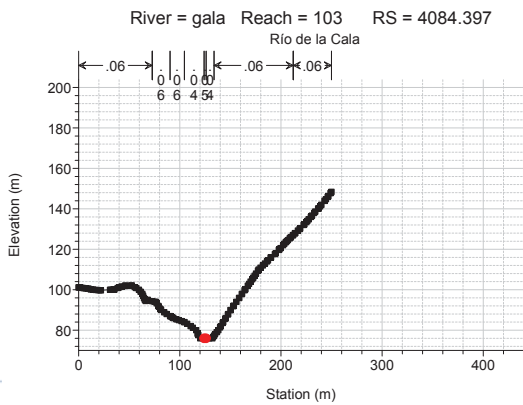
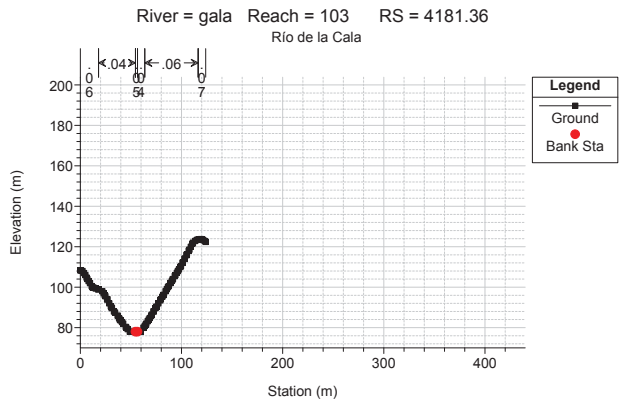
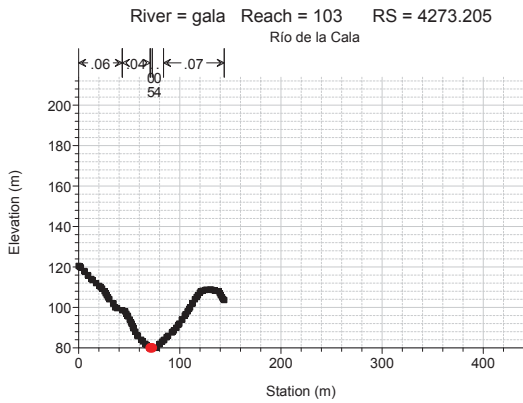
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



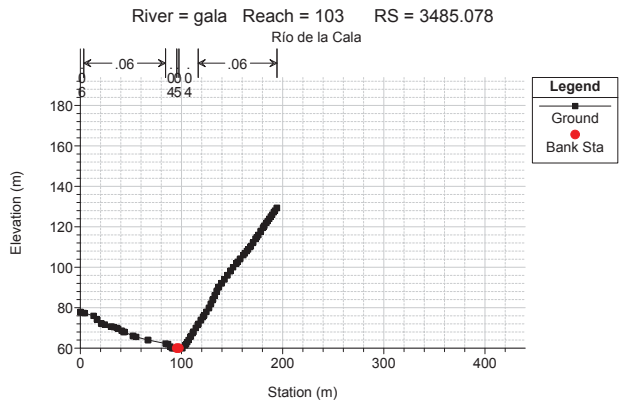
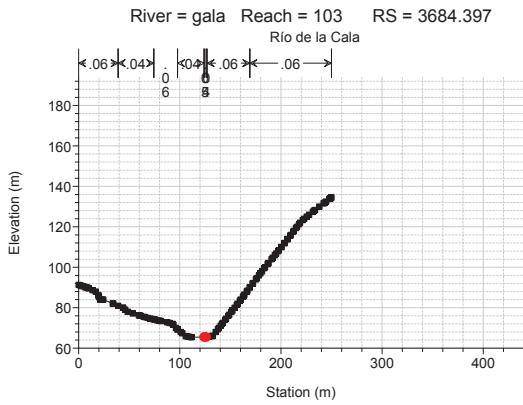
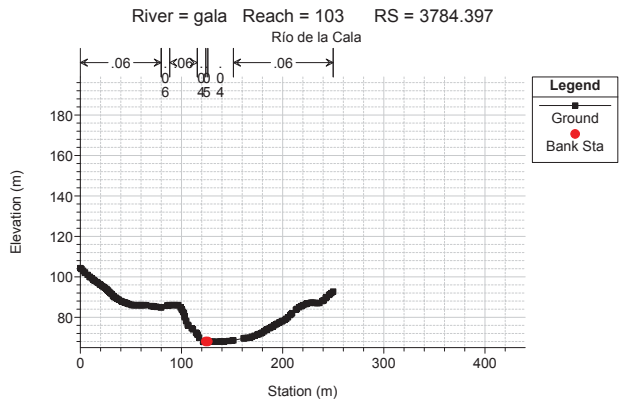
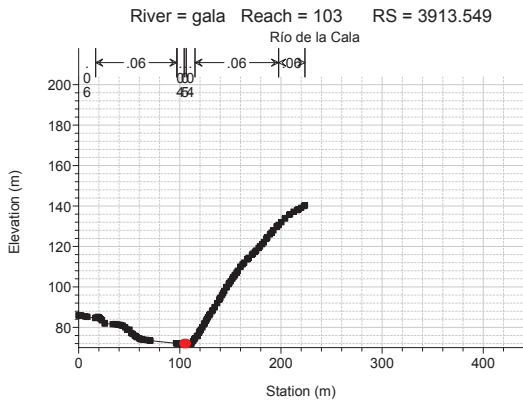
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



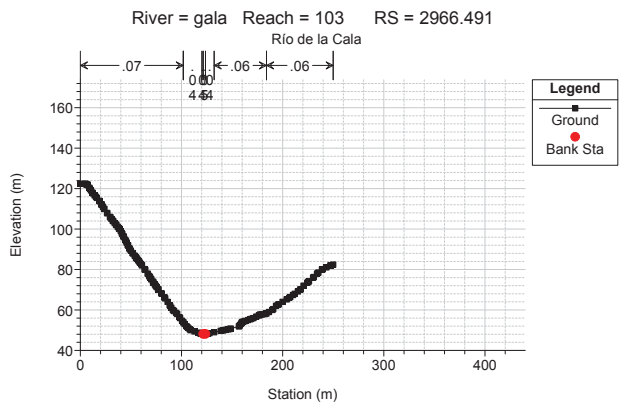
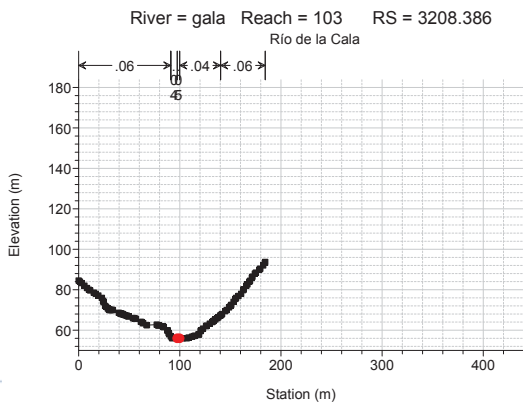
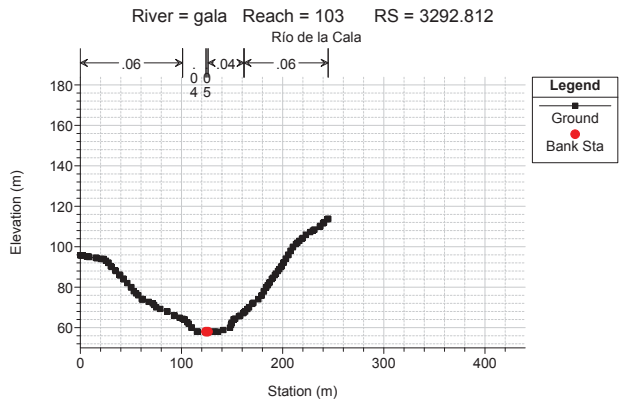
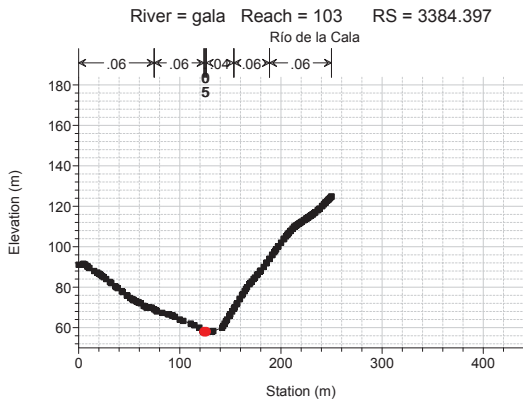
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



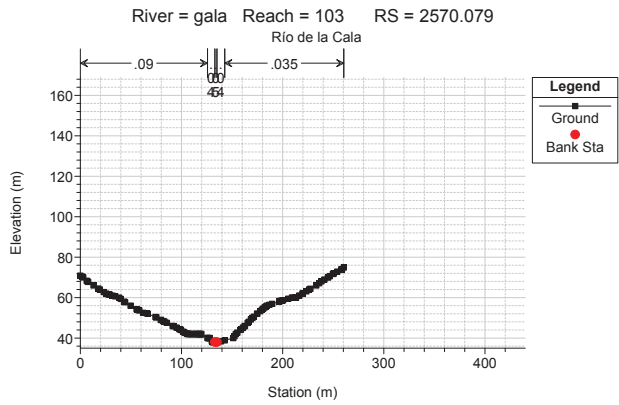
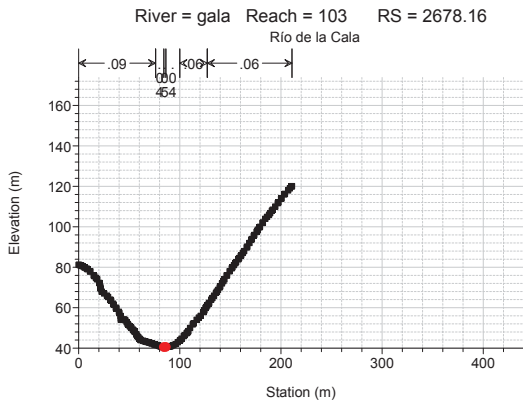
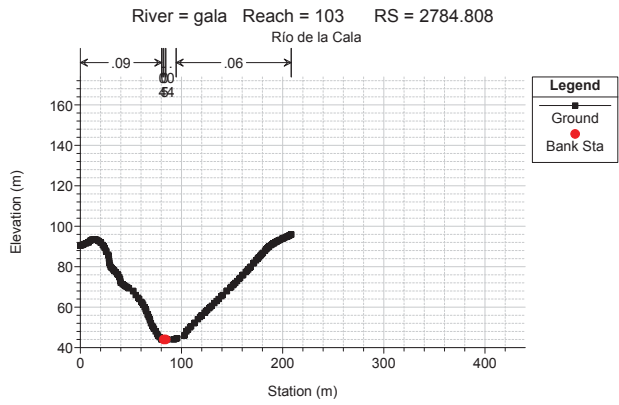
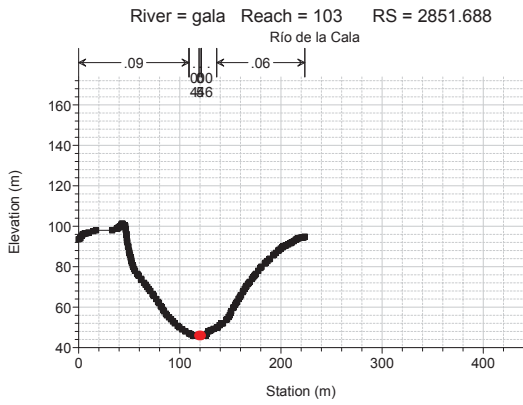
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



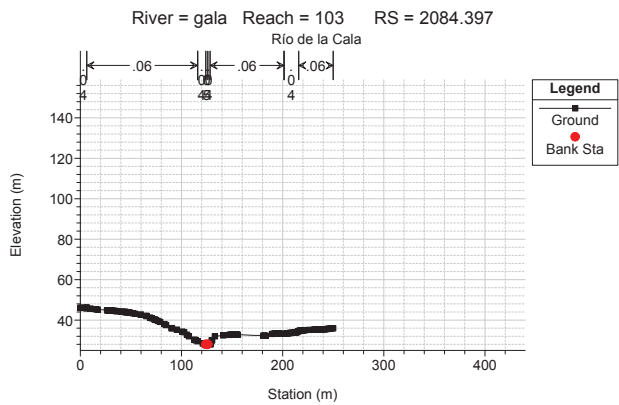
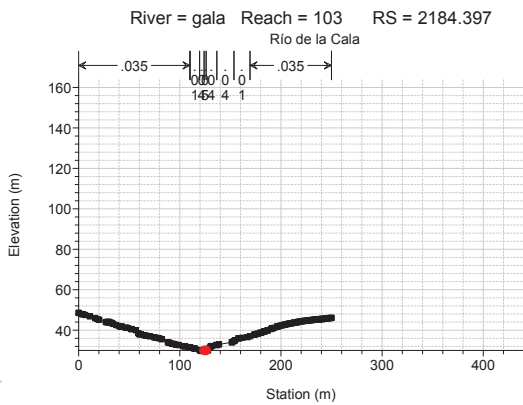
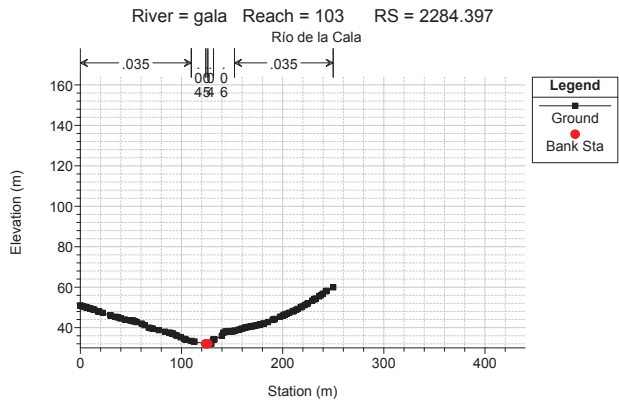
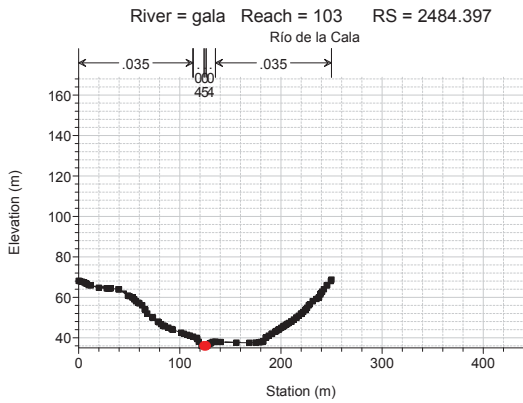
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



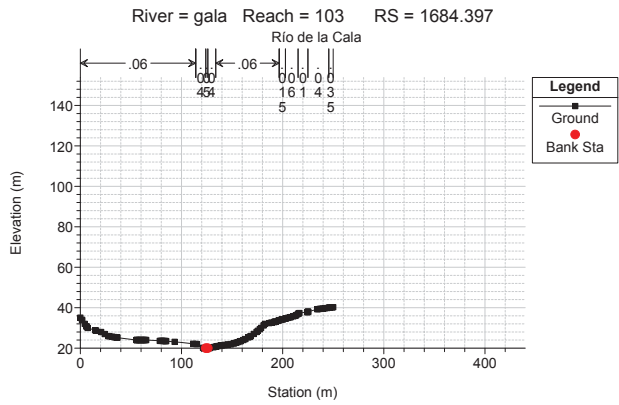
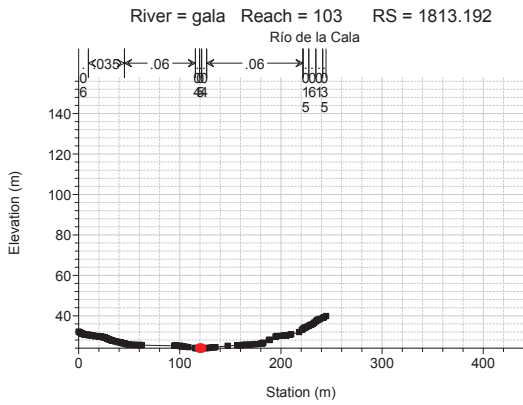
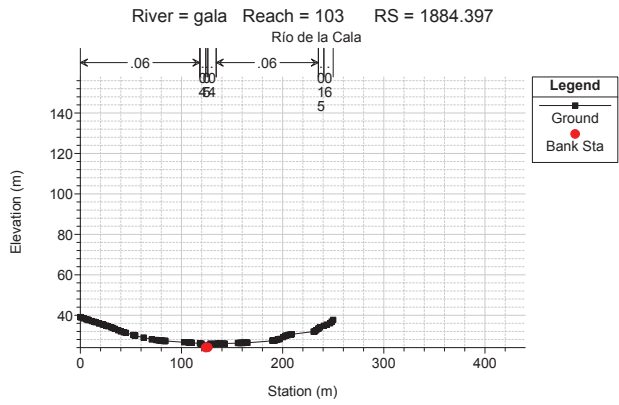
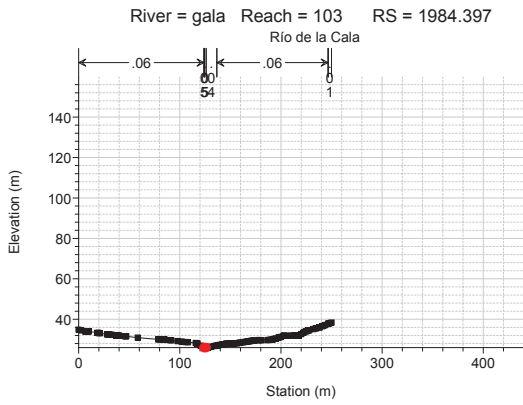
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



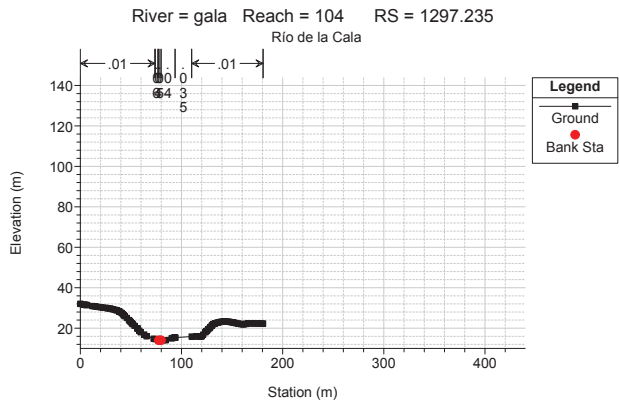
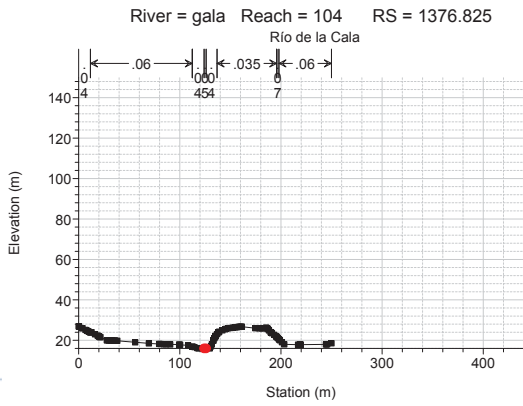
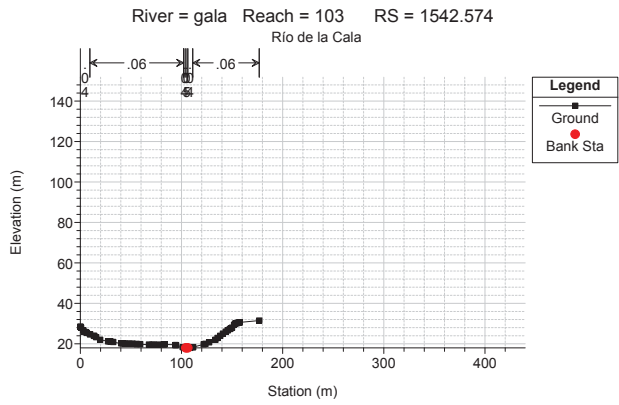
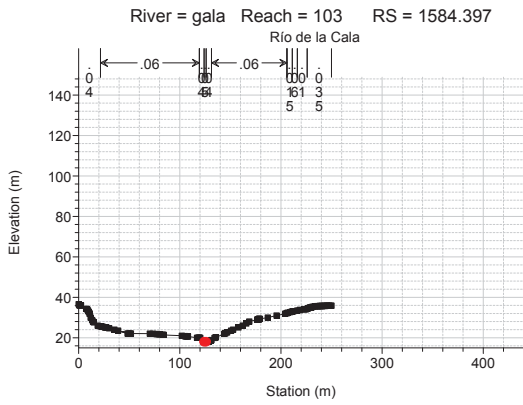
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



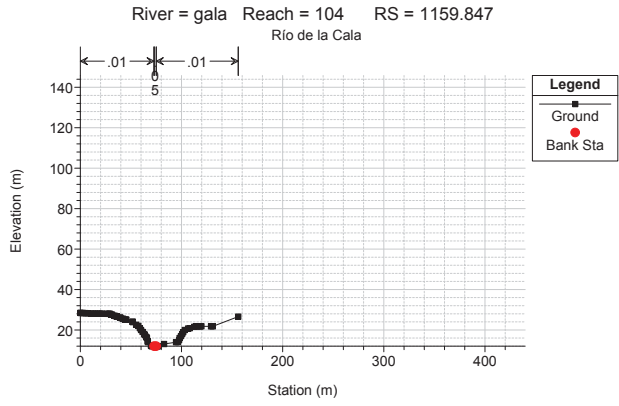
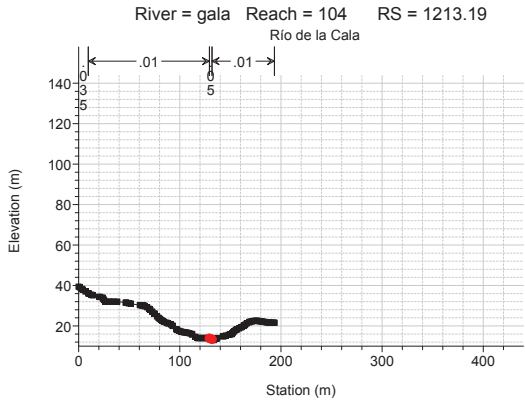
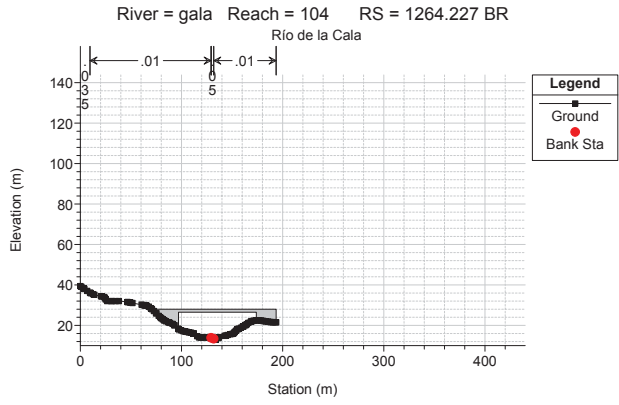
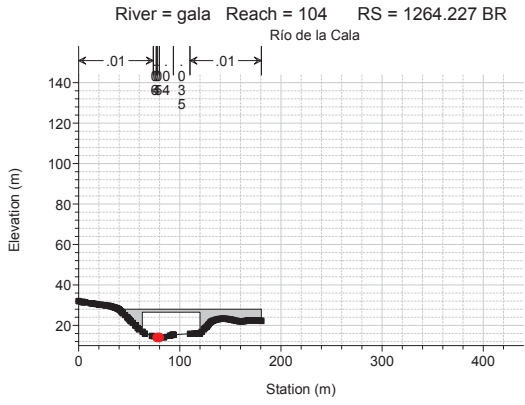
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



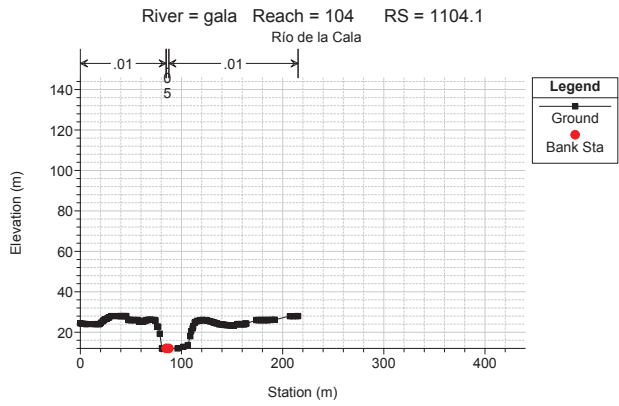
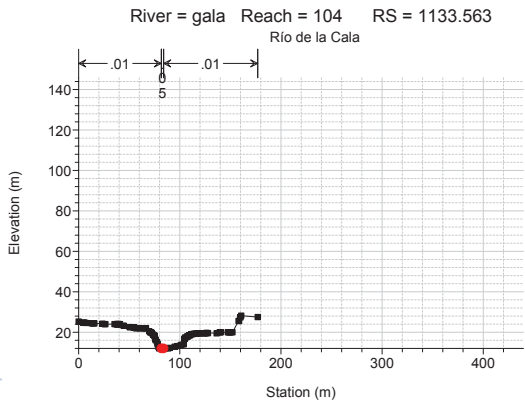
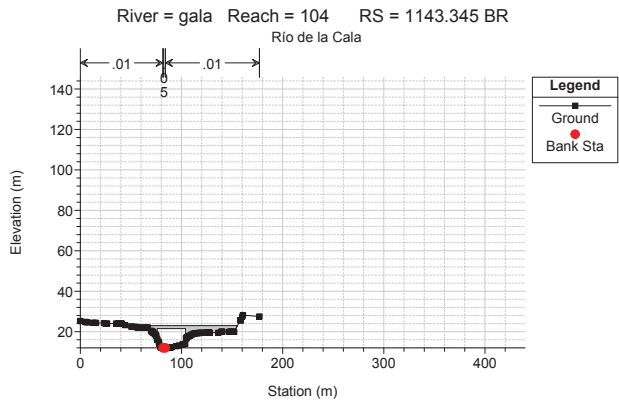
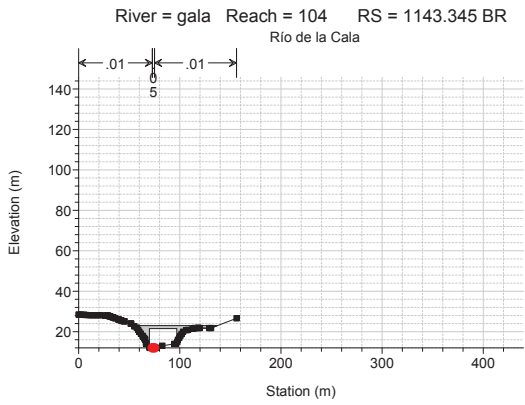
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



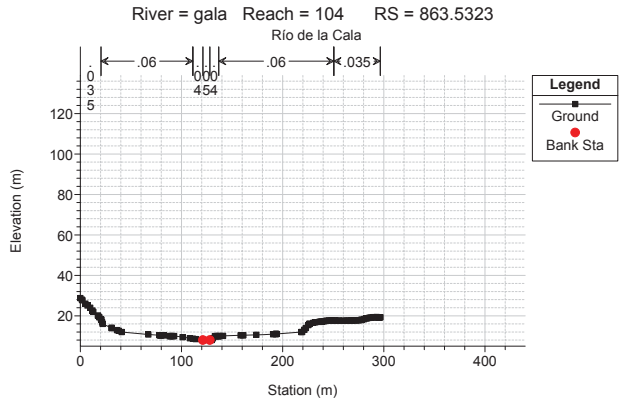
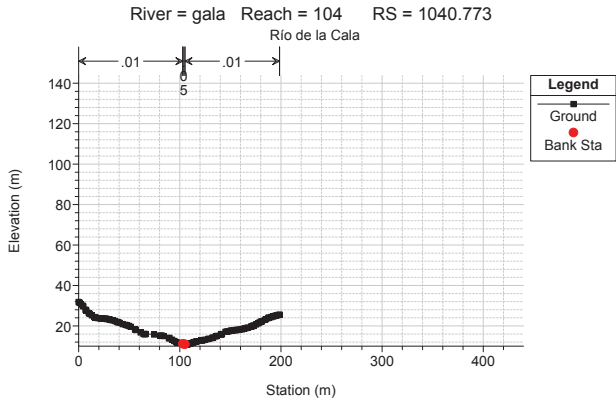
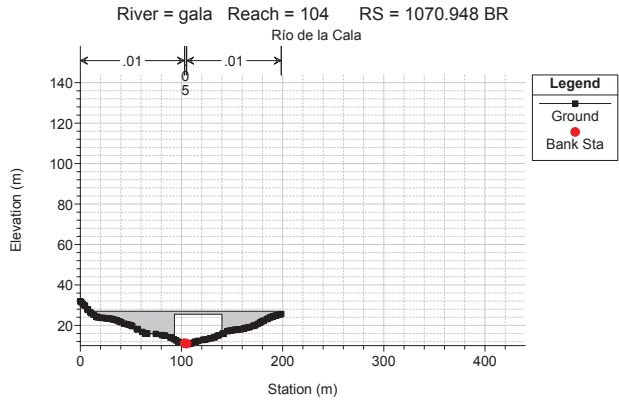
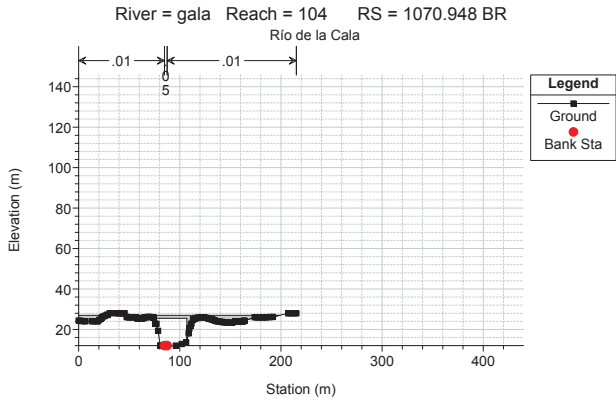
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



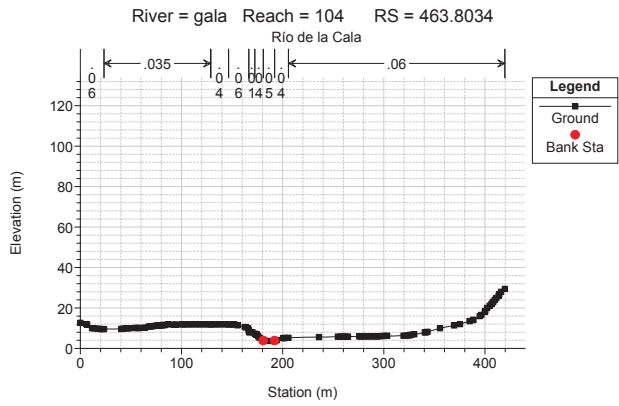
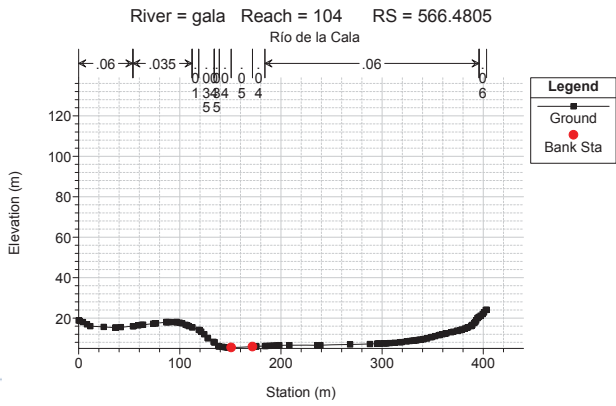
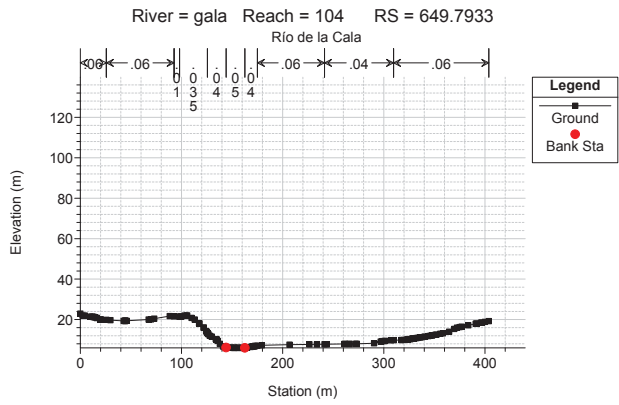
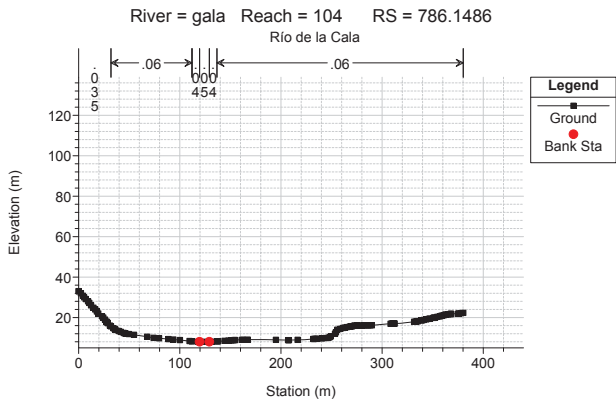
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



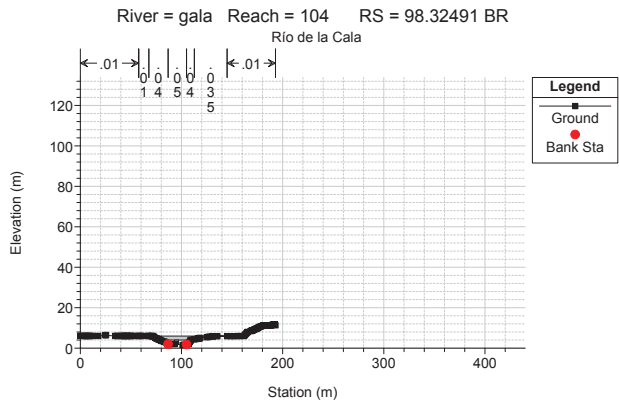
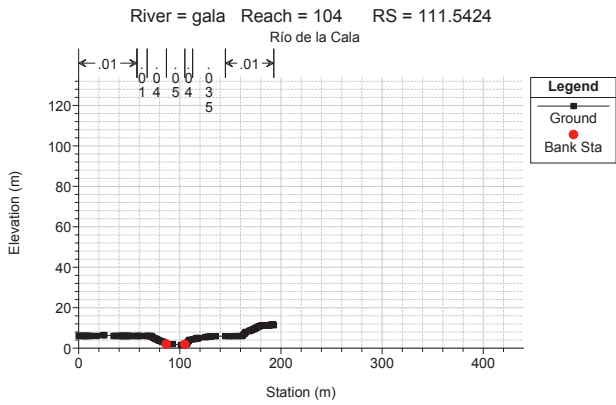
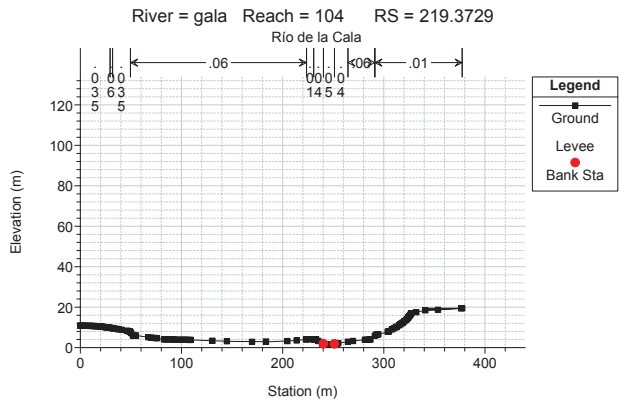
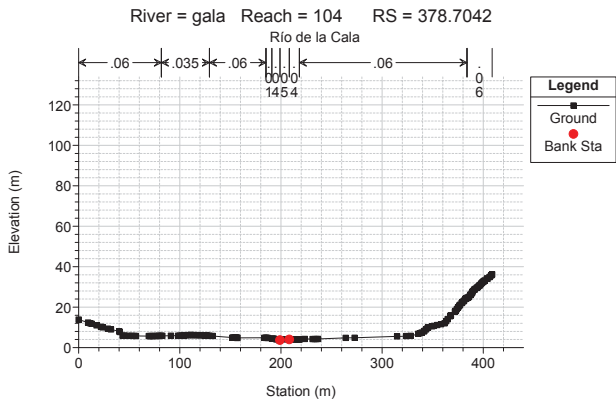
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



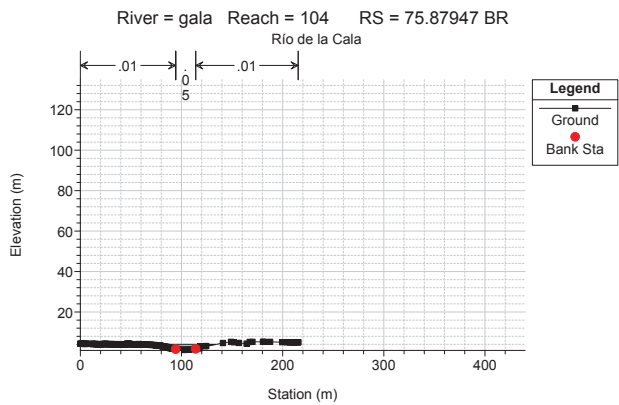
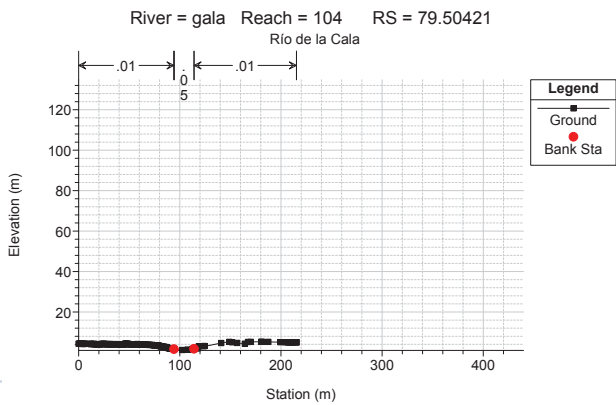
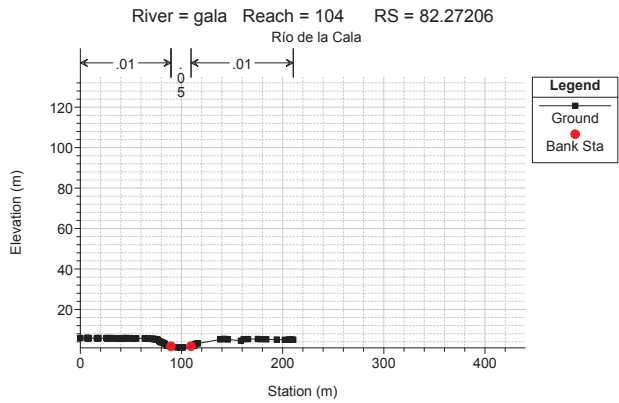
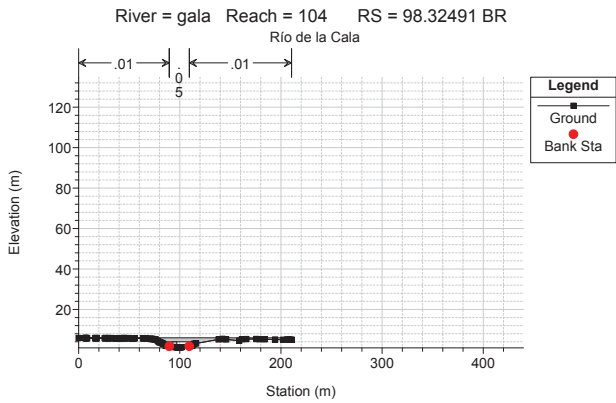
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



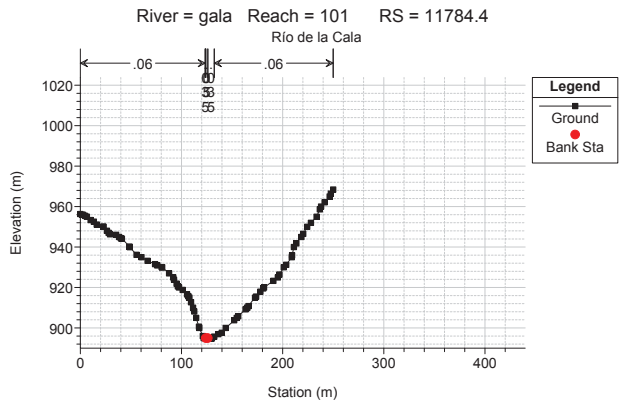
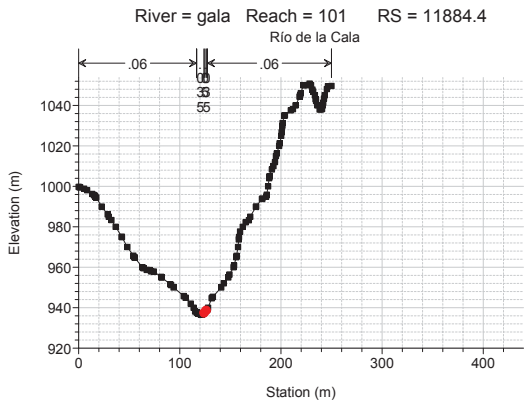
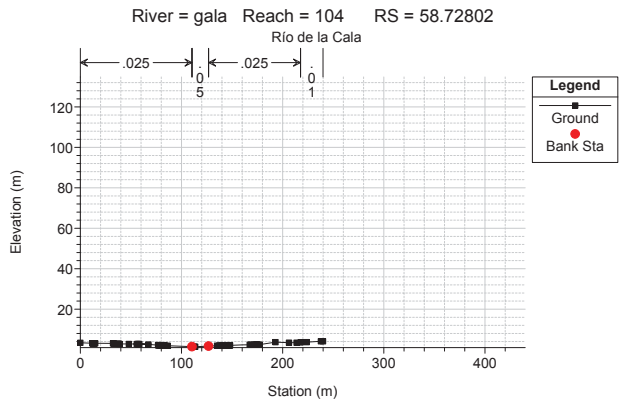
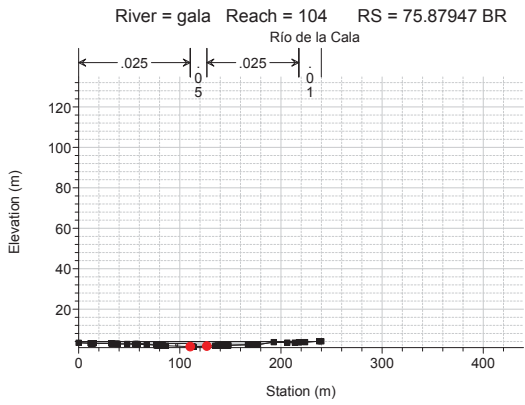
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



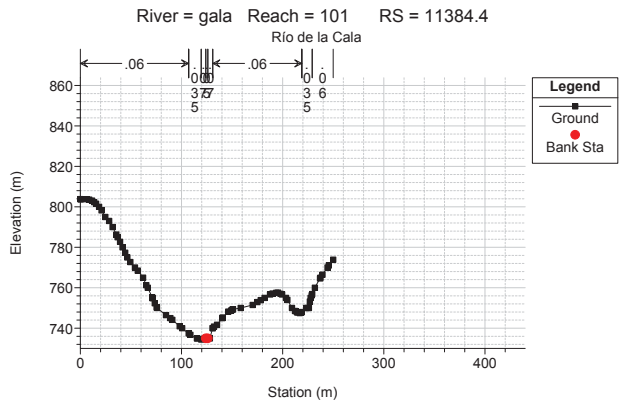
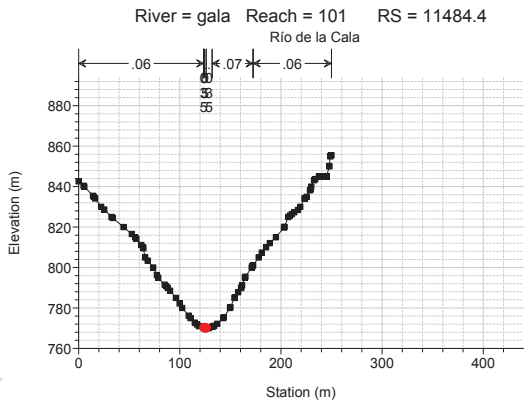
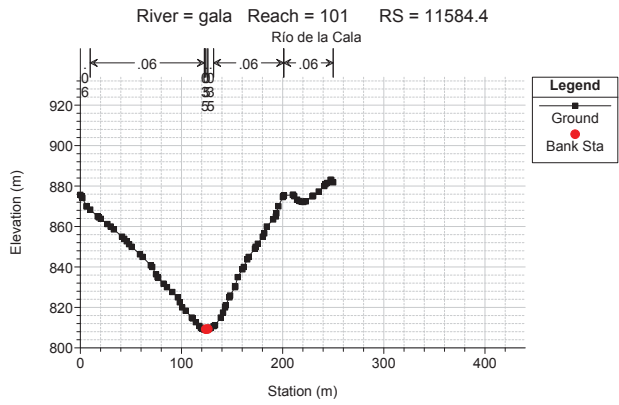
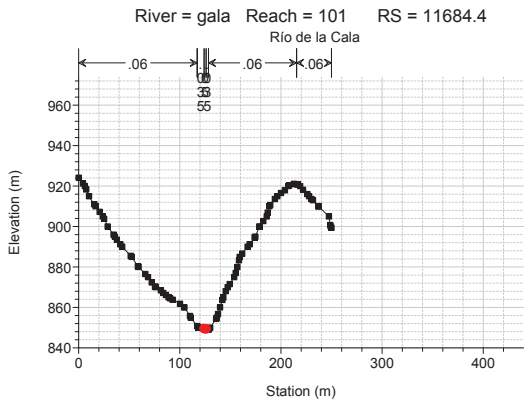
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



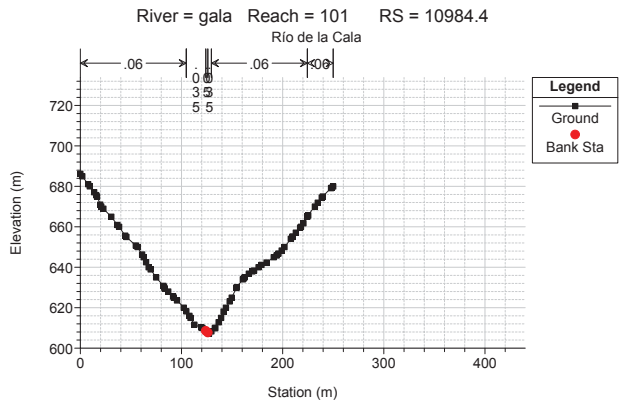
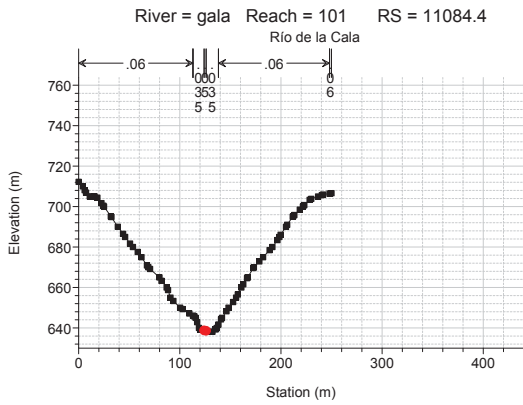
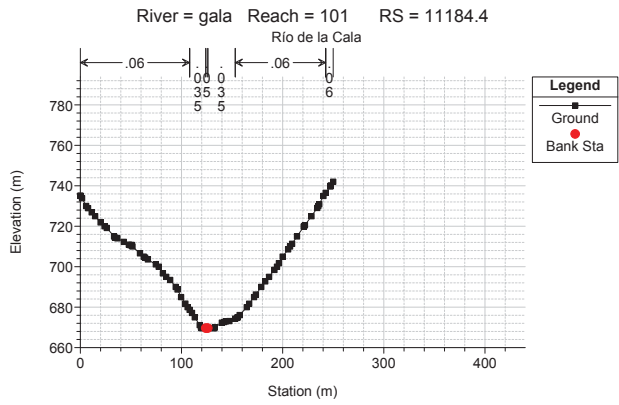
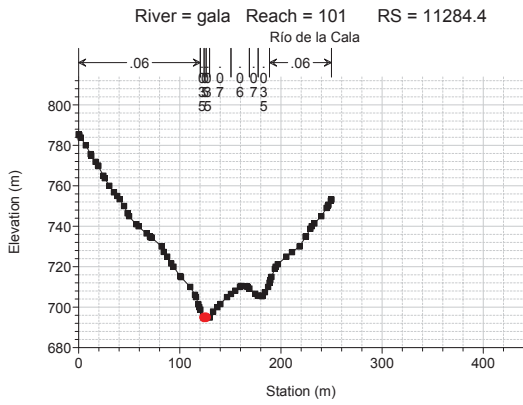
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



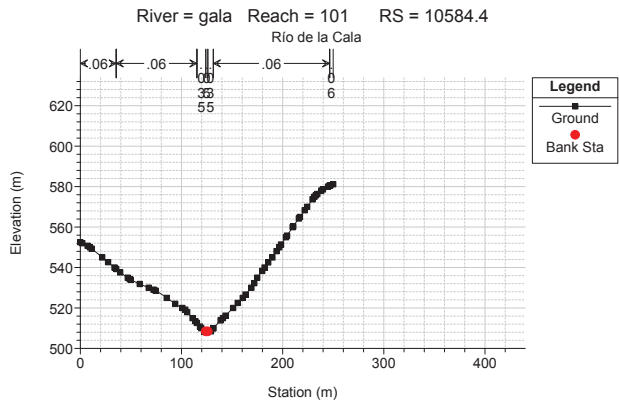
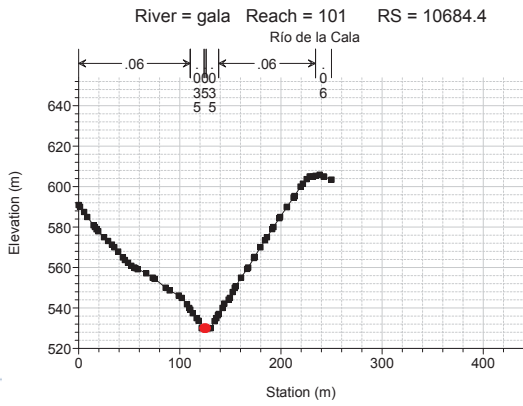
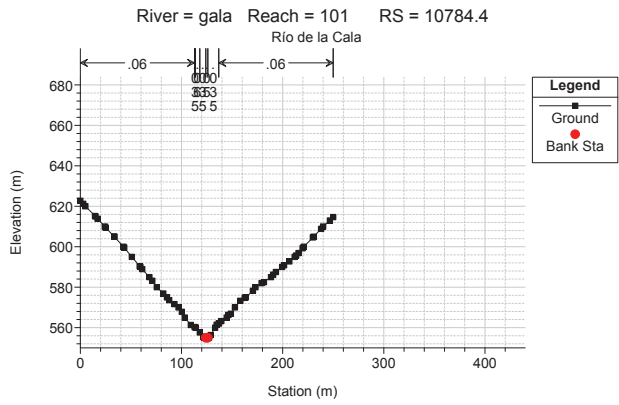
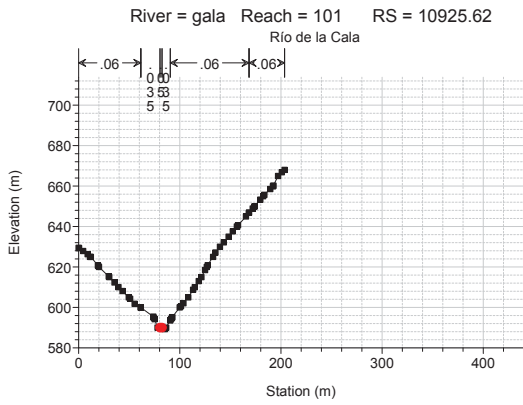
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



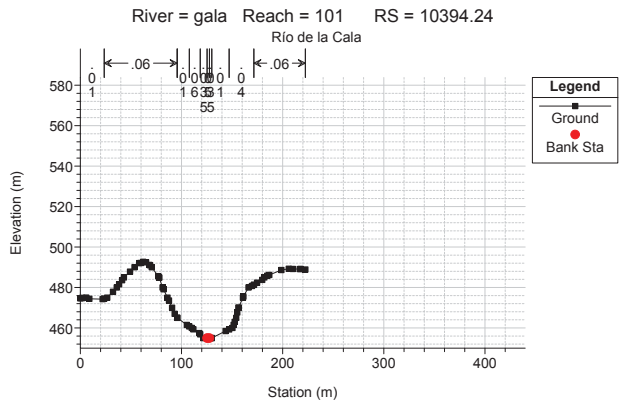
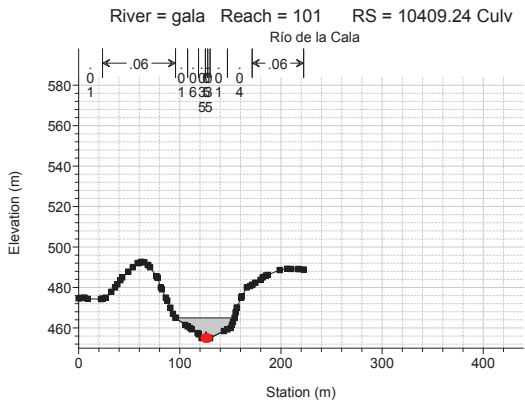
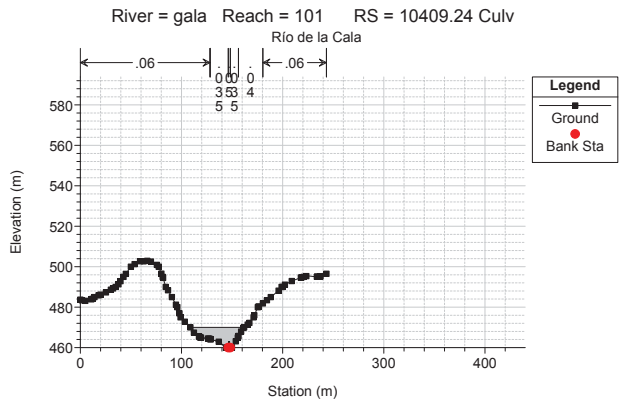
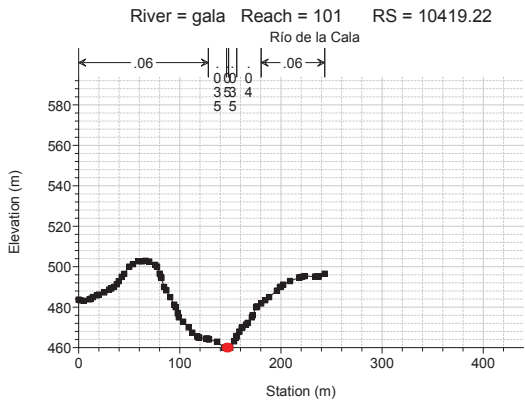
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



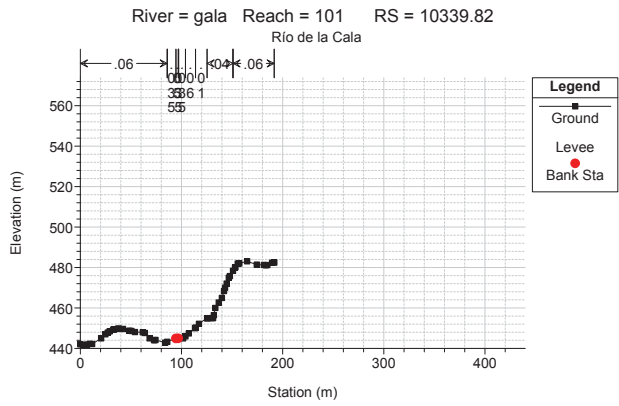
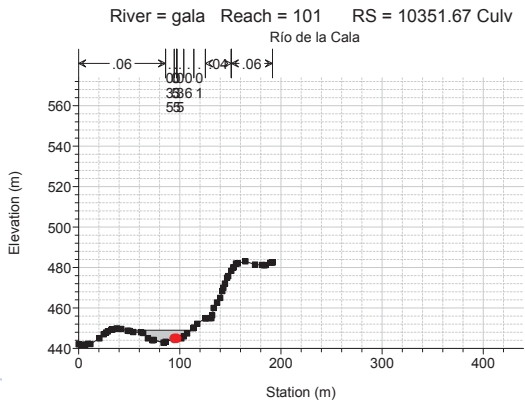
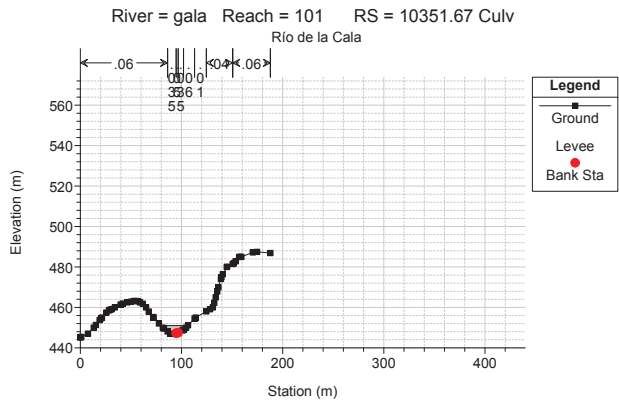
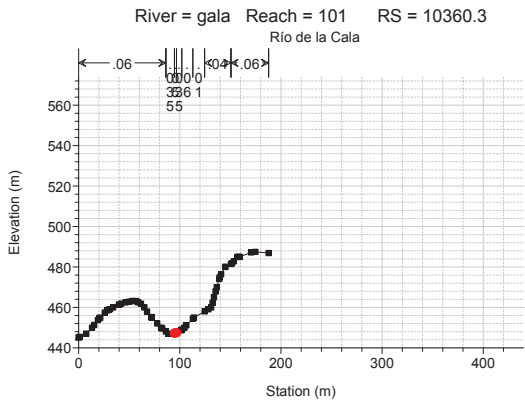
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



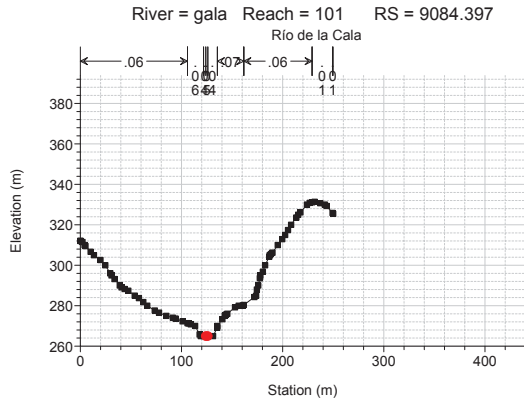
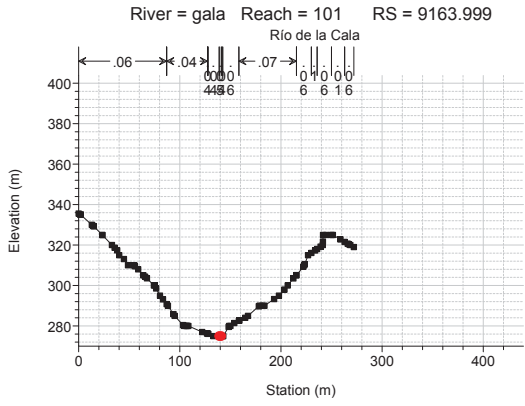
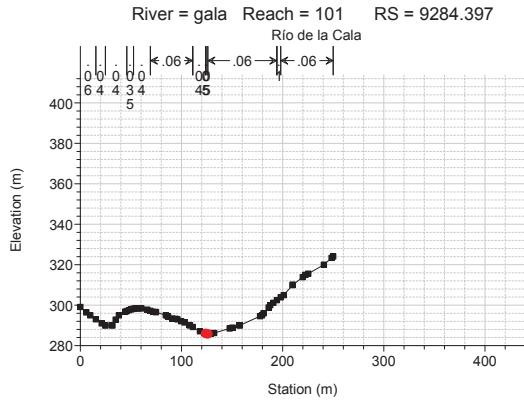
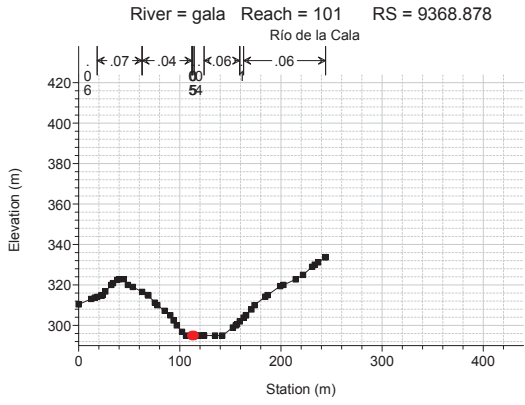
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



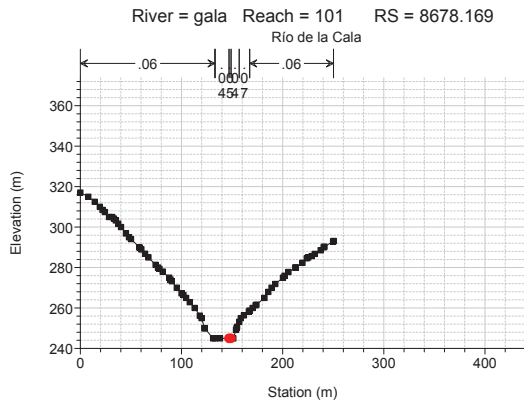
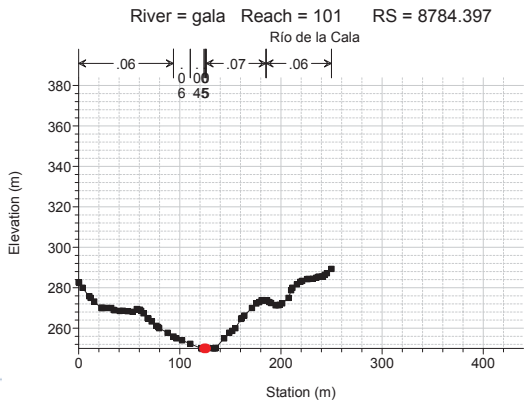
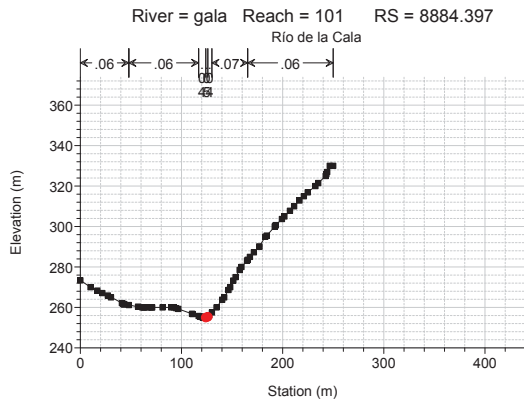
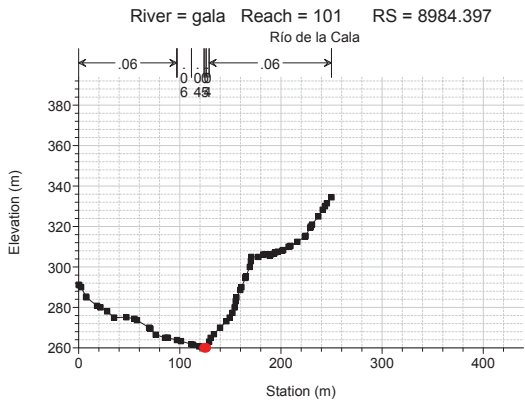
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



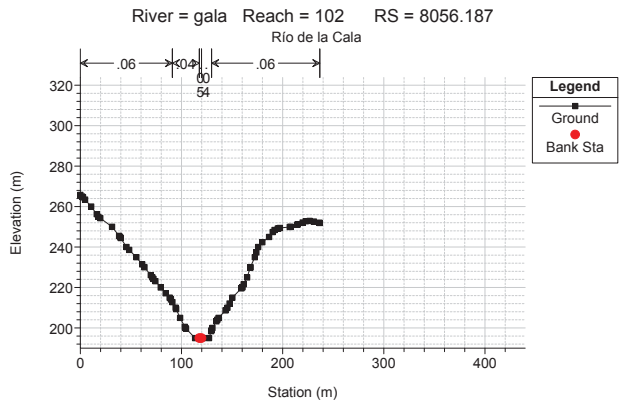
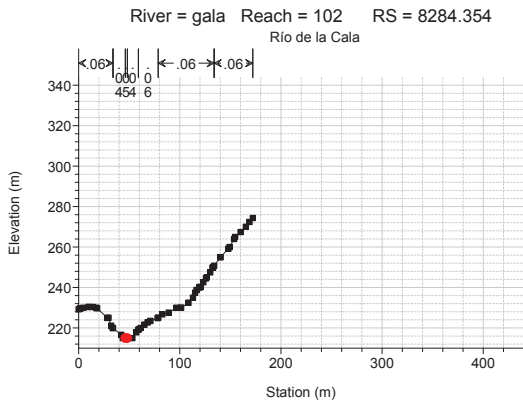
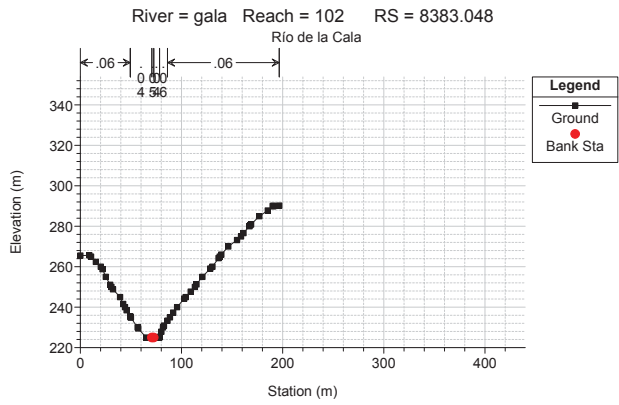
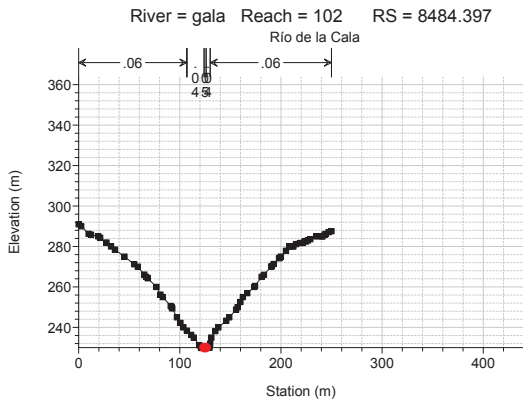
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



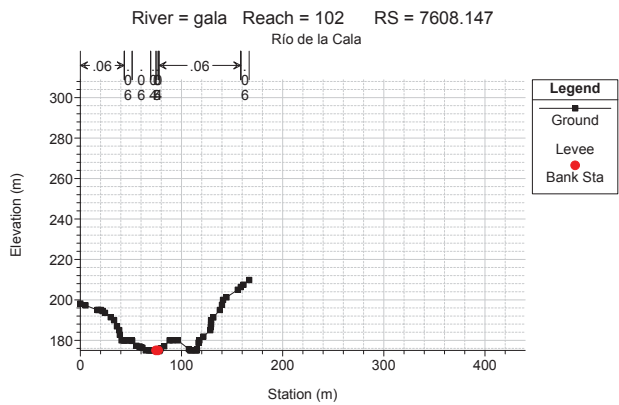
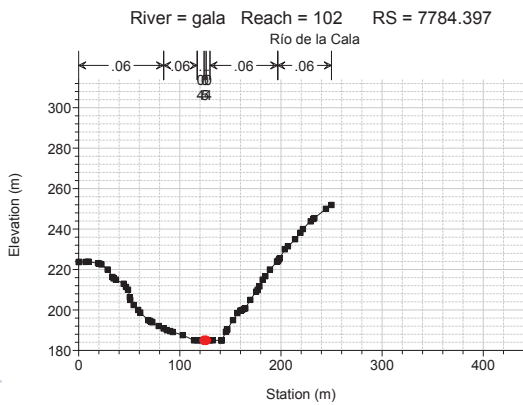
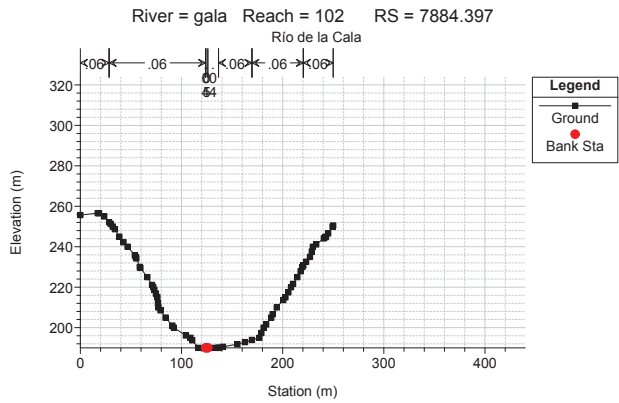
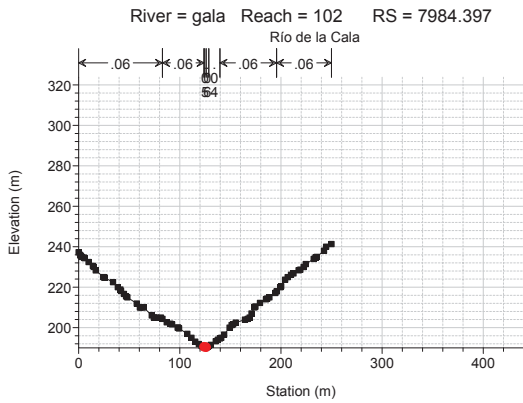
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



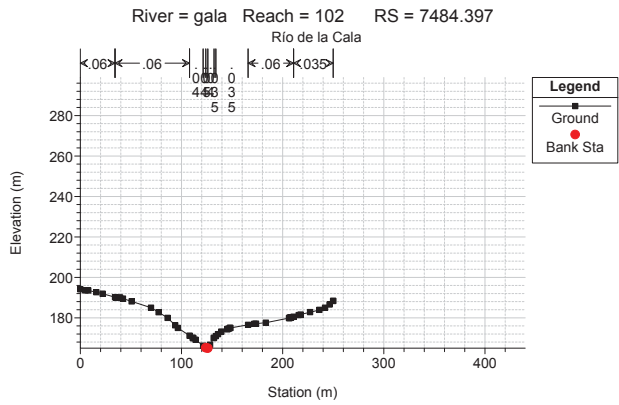
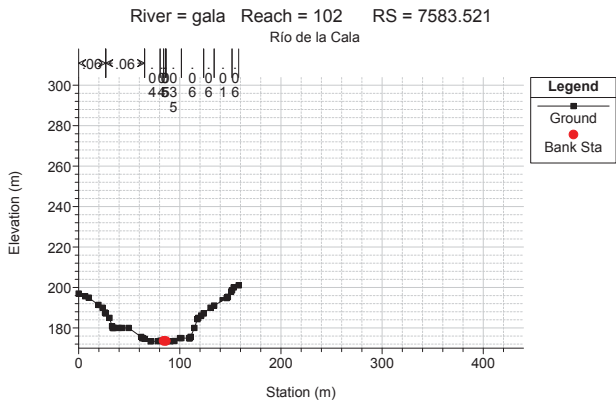
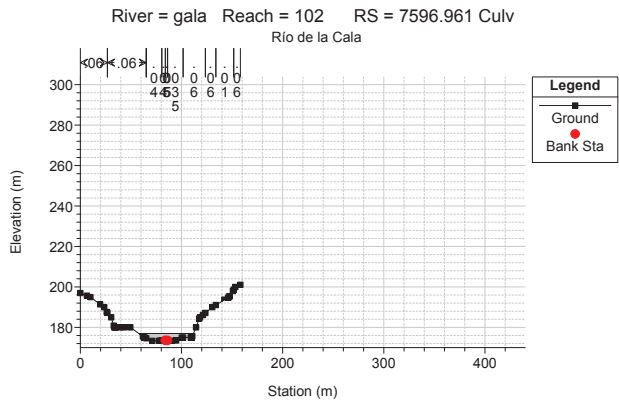
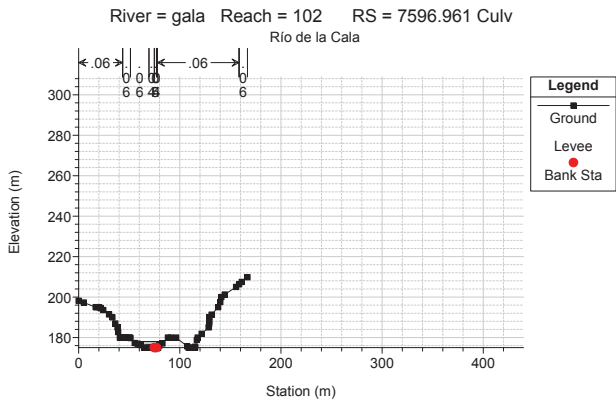
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



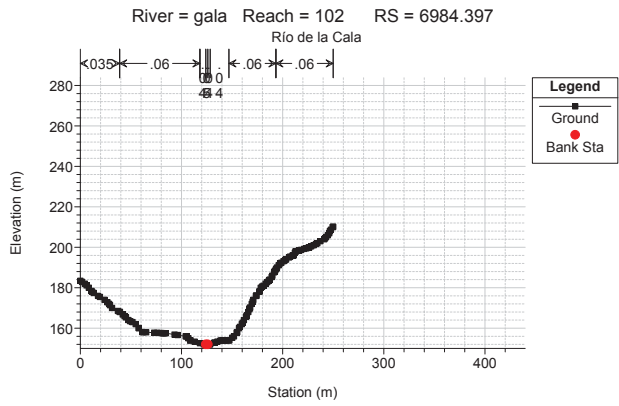
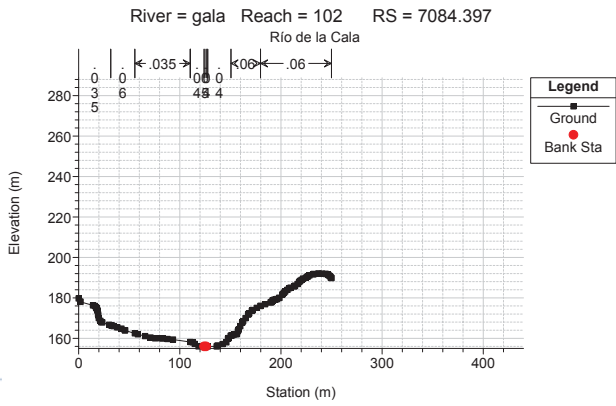
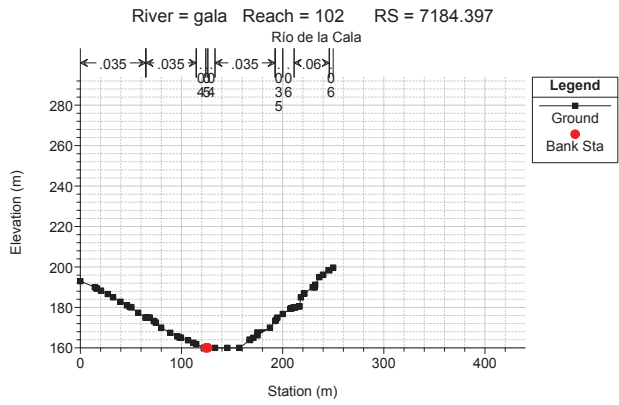
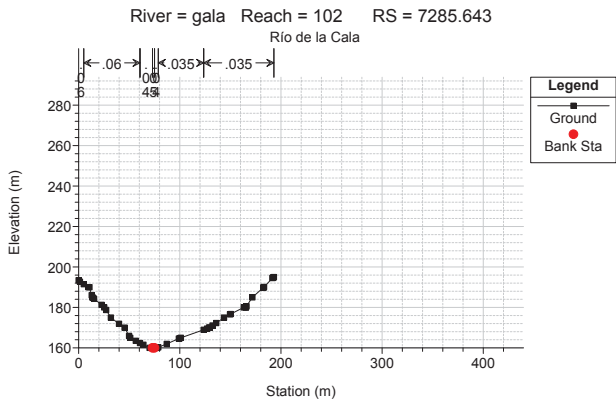
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



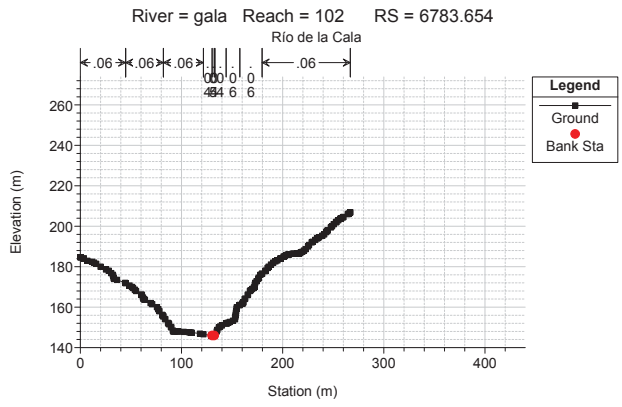
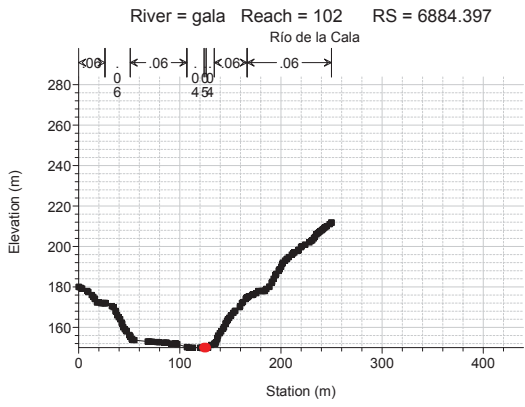
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m



1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m

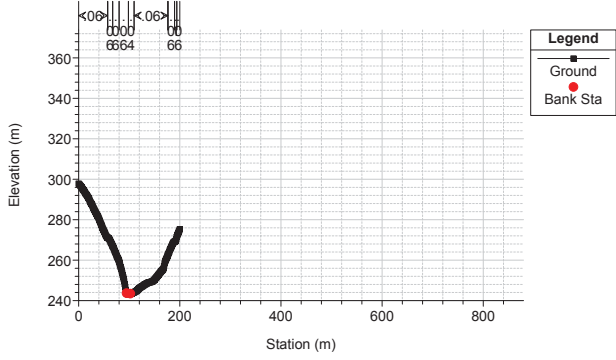


1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 25 m

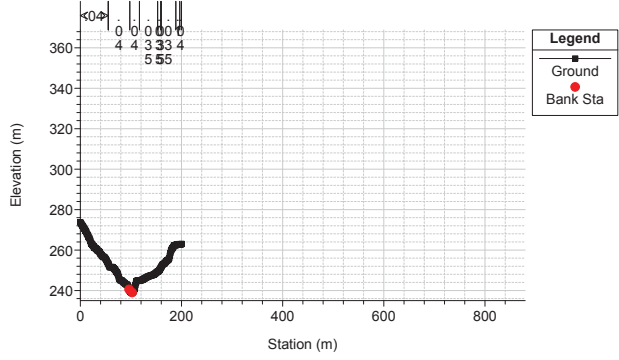
2.

Secciones transversales de control. Arroyo de los Jaboneros.

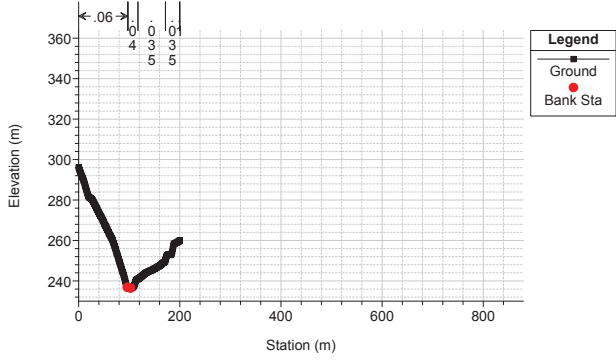
River = jaboneros Reach = 202 RS = 8728.752
Arroyo de los Jaboneros



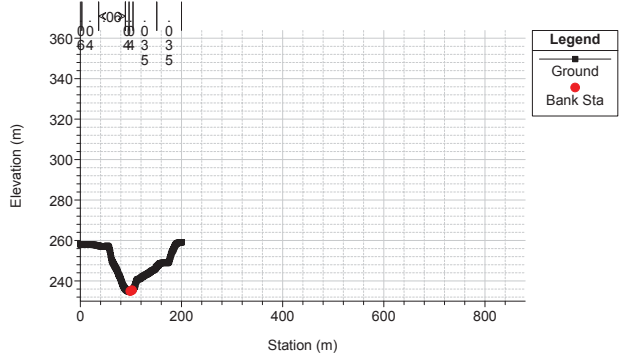
River = jaboneros Reach = 202 RS = 8628.752
Arroyo de los Jaboneros



River = jaboneros Reach = 202 RS = 8528.752
Arroyo de los Jaboneros

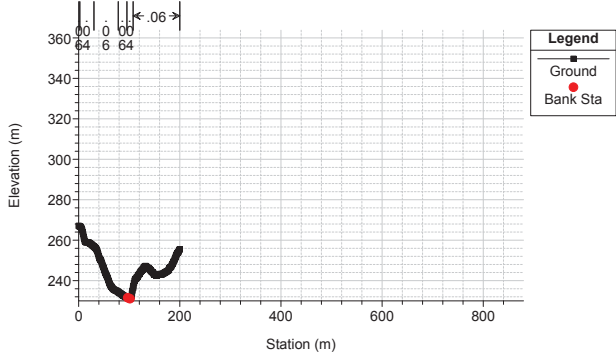


River = jaboneros Reach = 202 RS = 8428.752
Arroyo de los Jaboneros

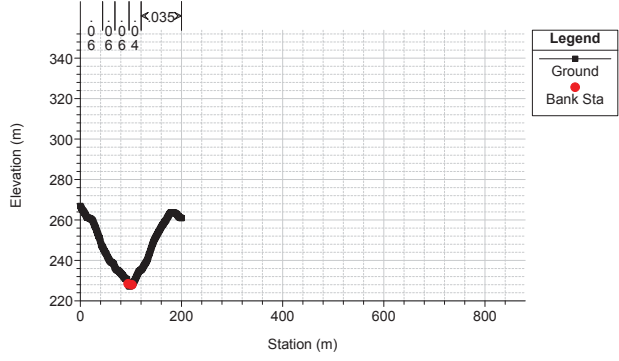


1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m

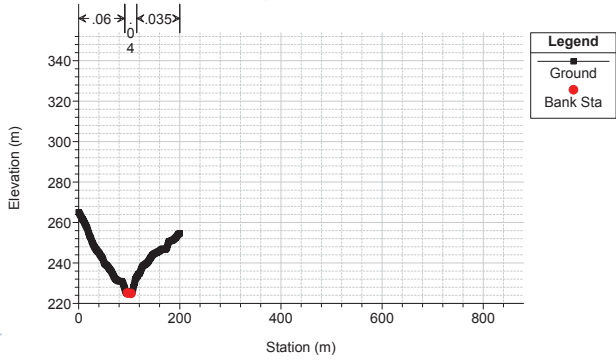
River = jaboneros Reach = 203 RS = 8328.752
Arroyo de los Jaboneros



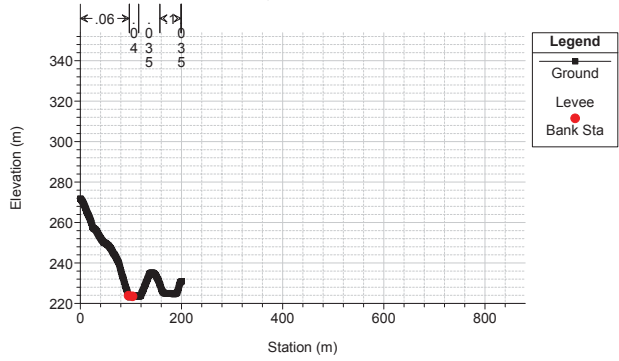
River = jaboneros Reach = 203 RS = 8228.752
Arroyo de los Jaboneros



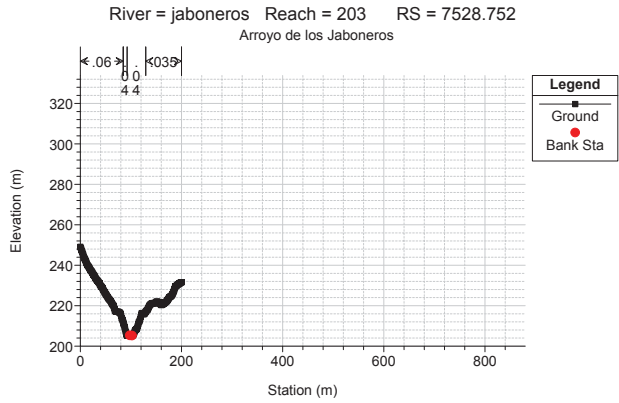
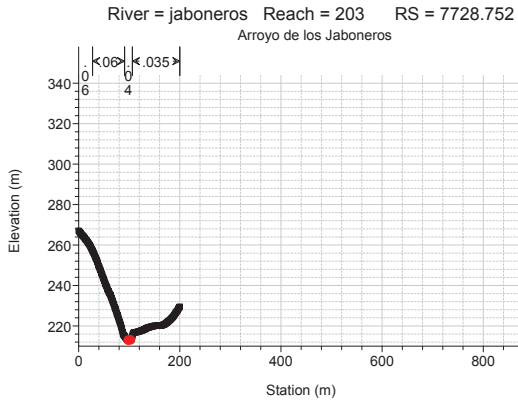
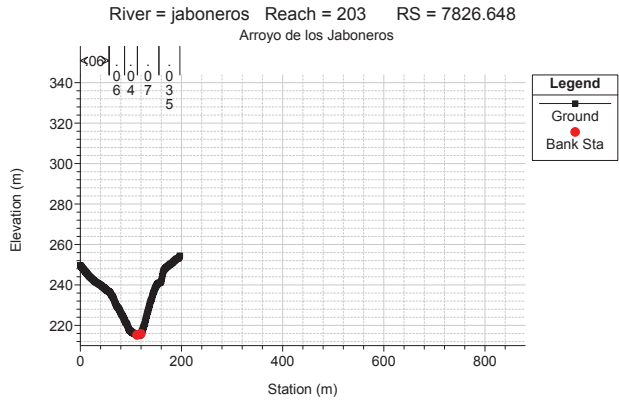
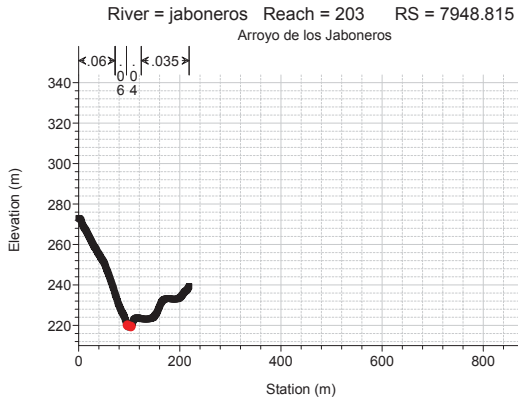
River = jaboneros Reach = 203 RS = 8128.752
Arroyo de los Jaboneros



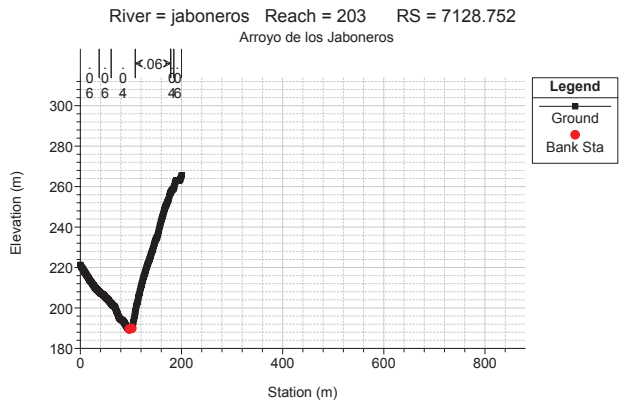
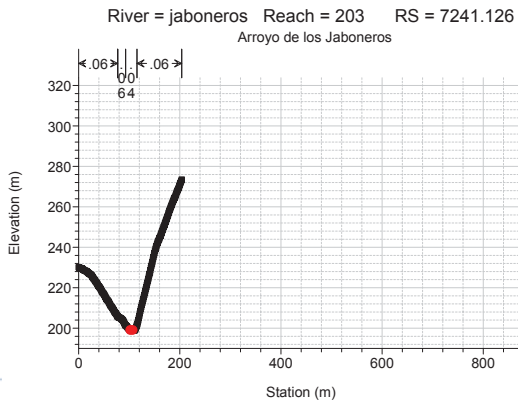
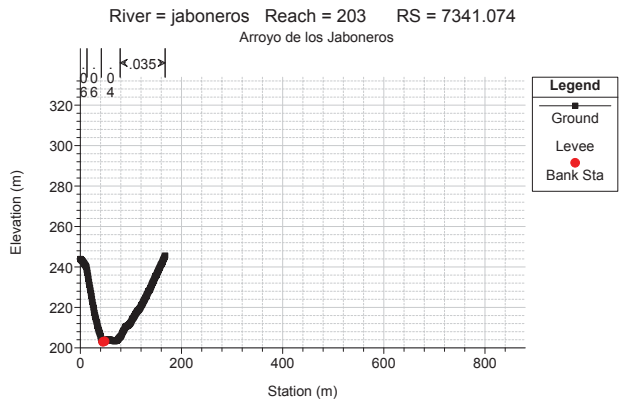
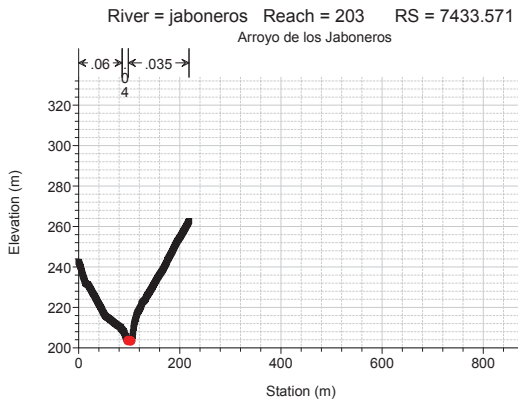
River = jaboneros Reach = 203 RS = 8028.752
Arroyo de los Jaboneros



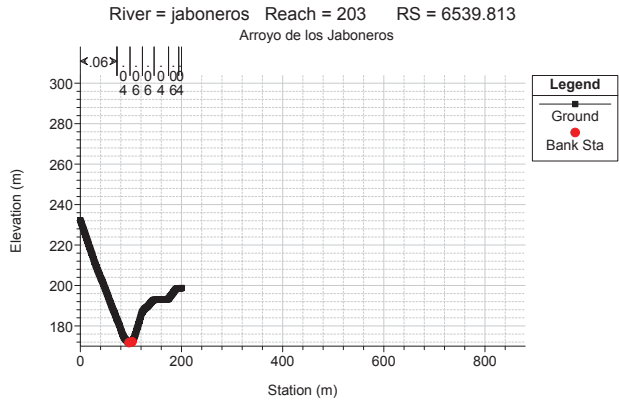
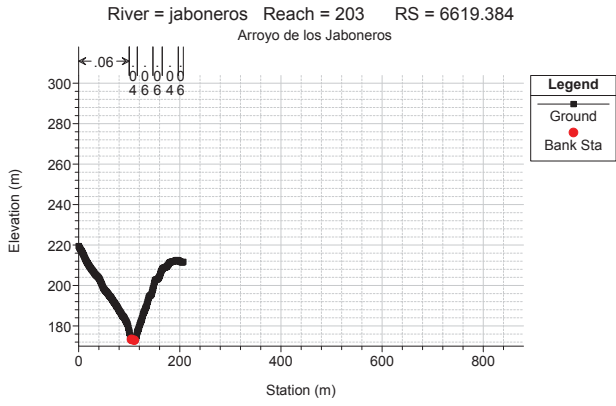
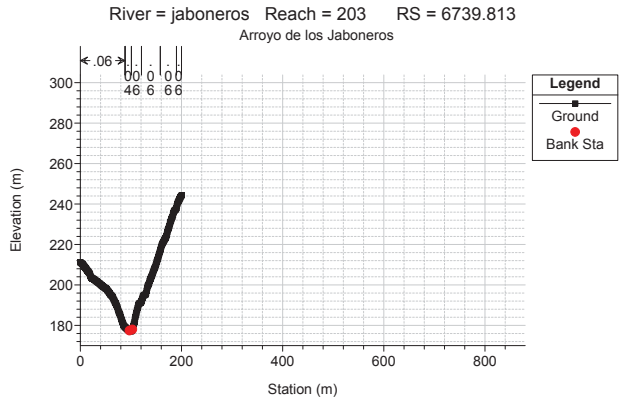
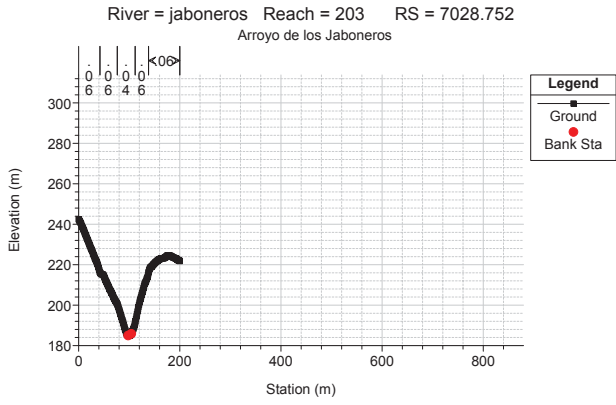
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



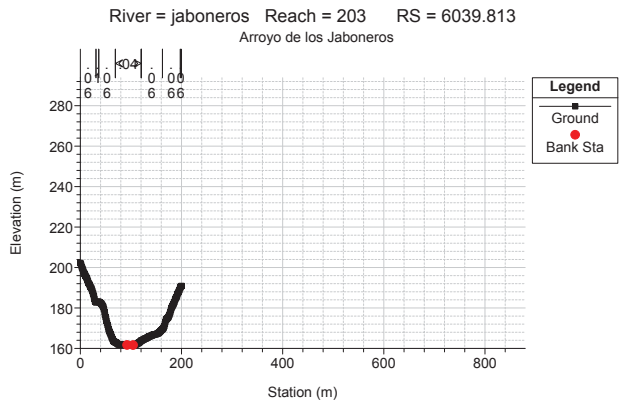
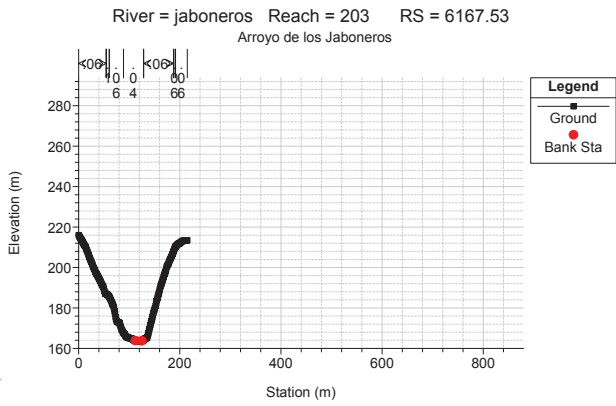
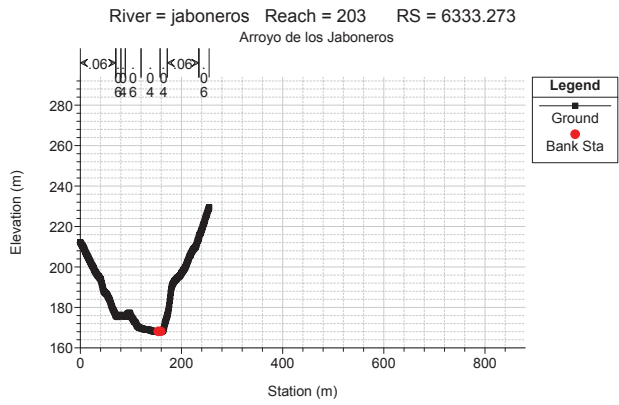
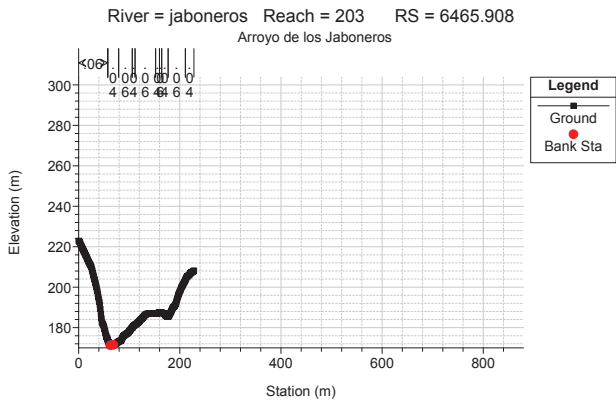
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m

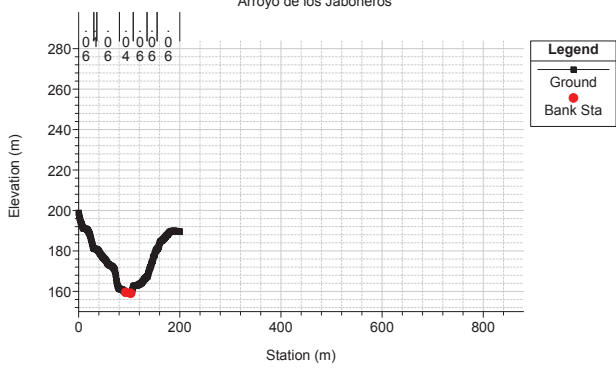


1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m

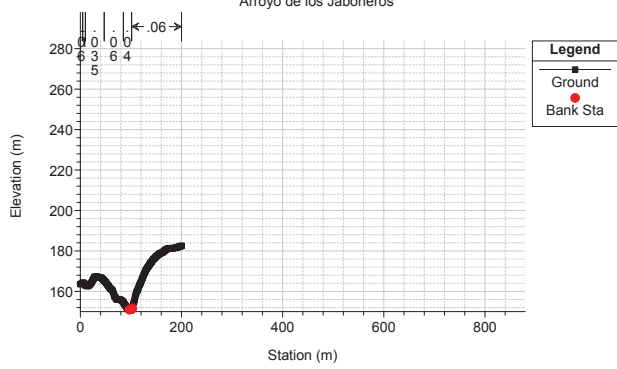


1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m

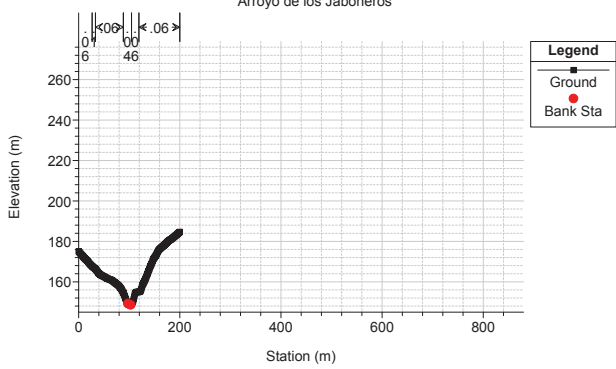
River = jaboneros Reach = 203 RS = 5939.813



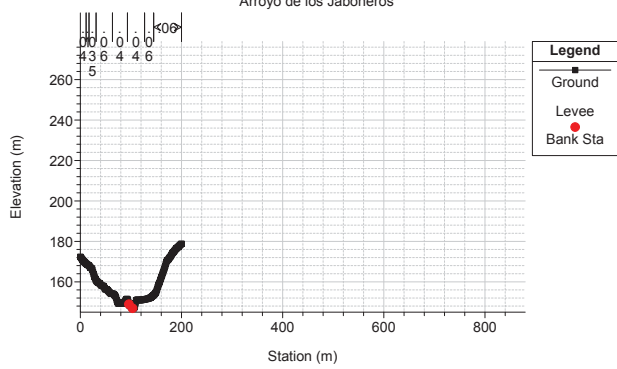
River = jaboneros Reach = 203 RS = 5839.813



River = jaboneros Reach = 203 RS = 5739.813

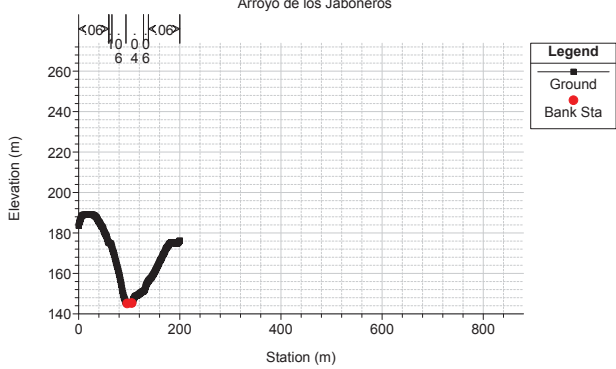


River = jaboneros Reach = 203 RS = 5639.813

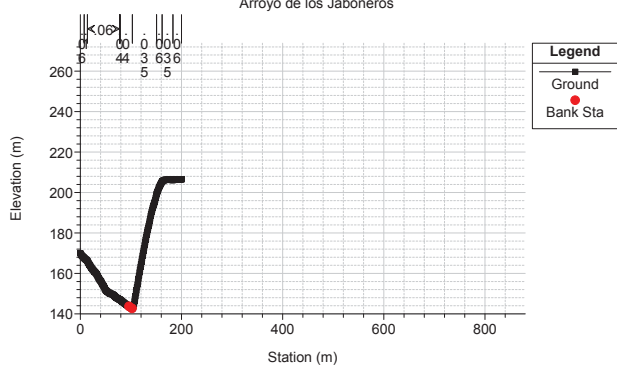


1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m

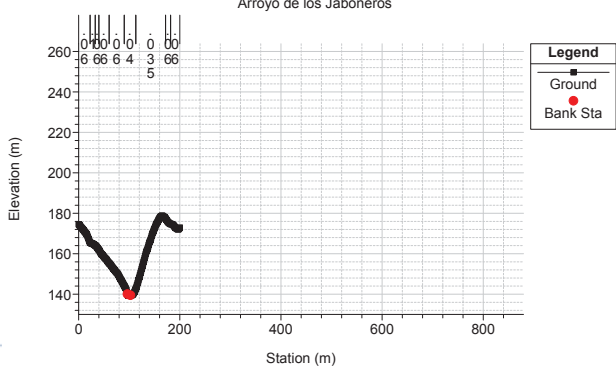
River = jaboneros Reach = 203 RS = 5539.813



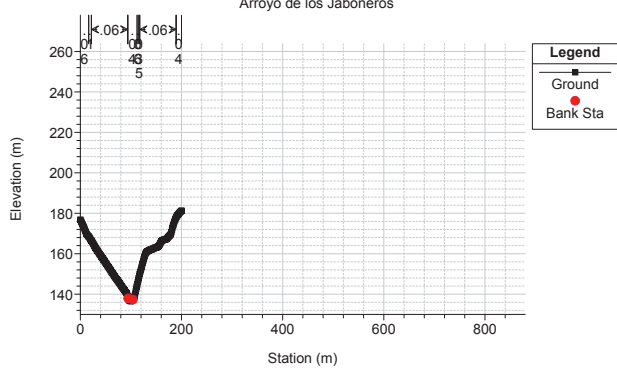
River = jaboneros Reach = 203 RS = 5439.813



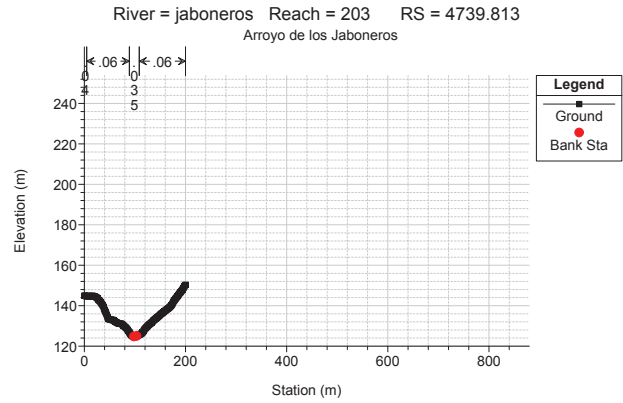
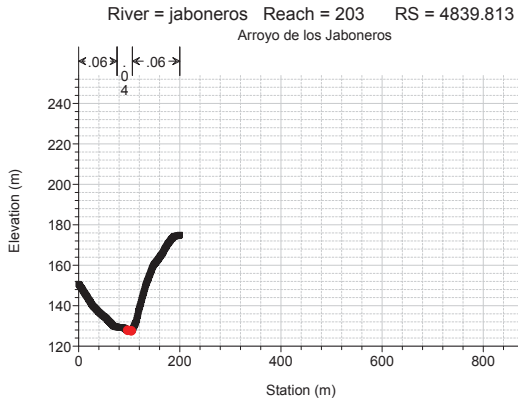
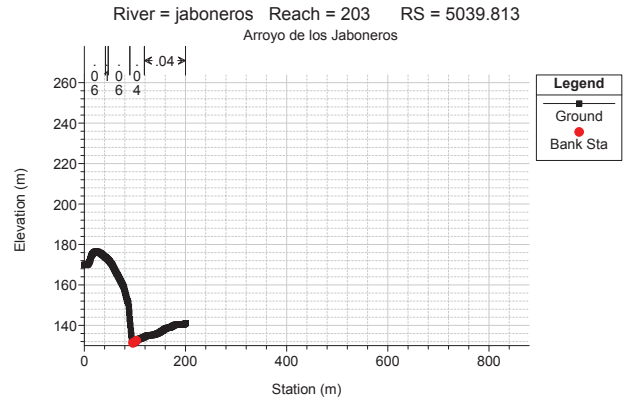
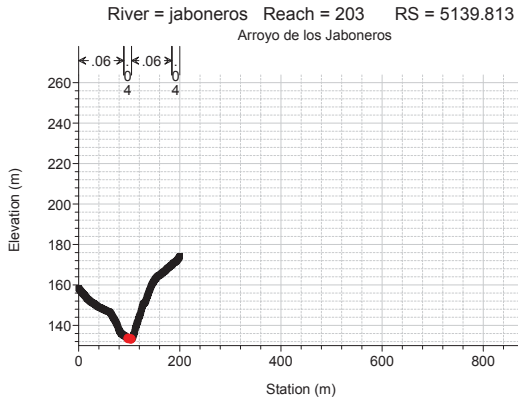
River = jaboneros Reach = 203 RS = 5339.813



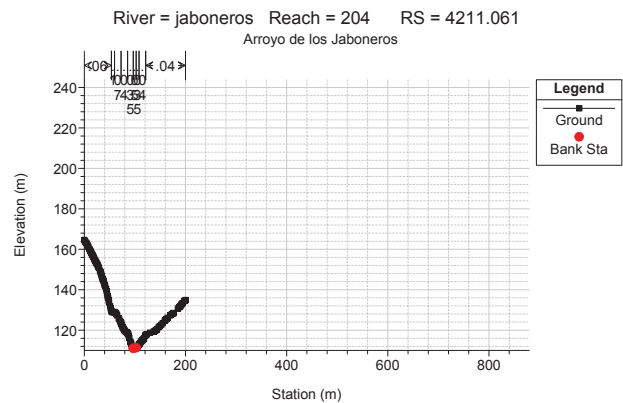
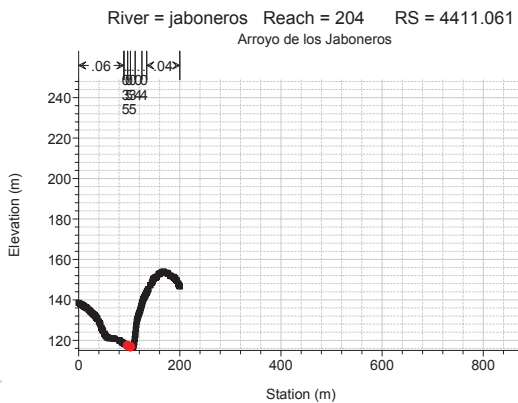
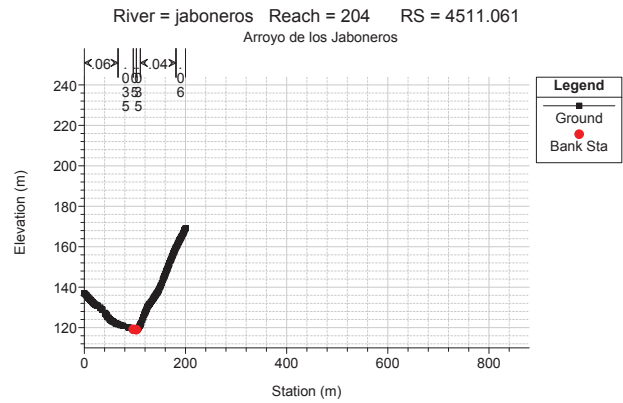
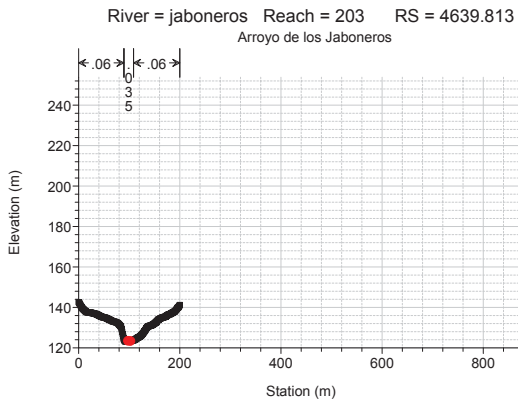
River = jaboneros Reach = 203 RS = 5239.813



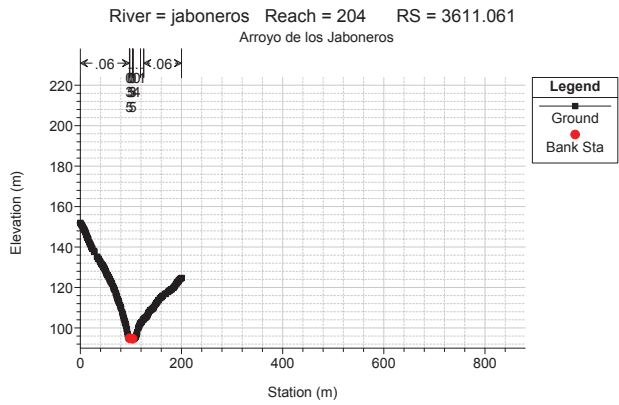
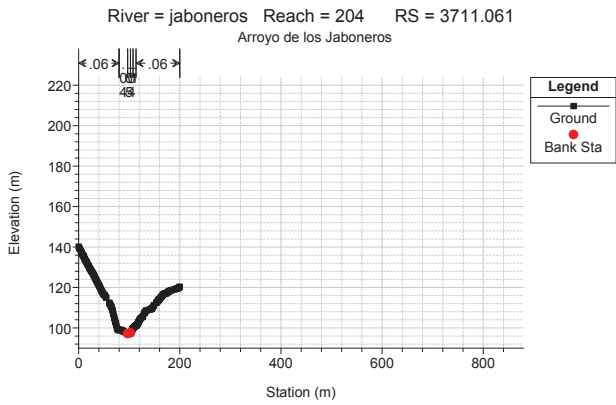
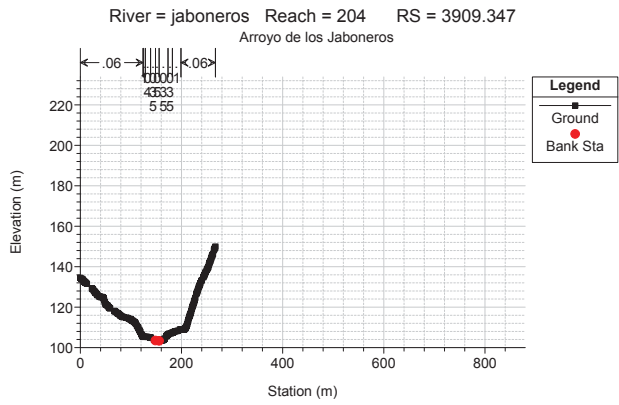
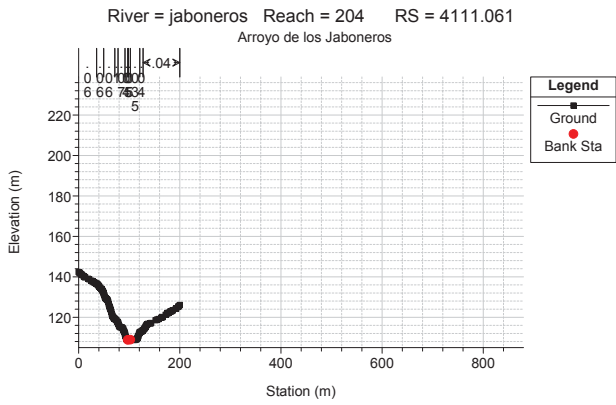
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



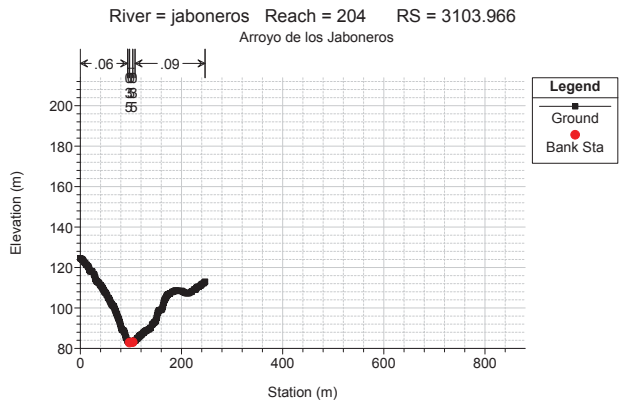
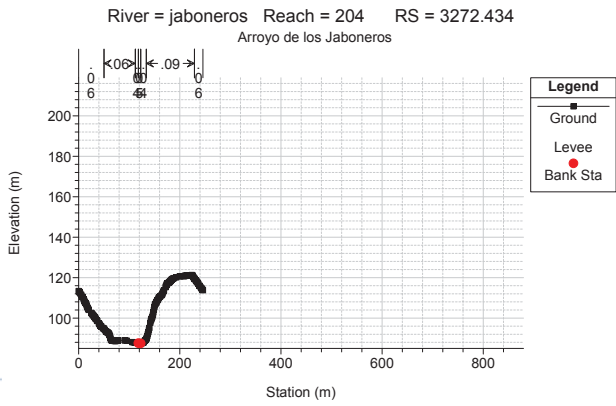
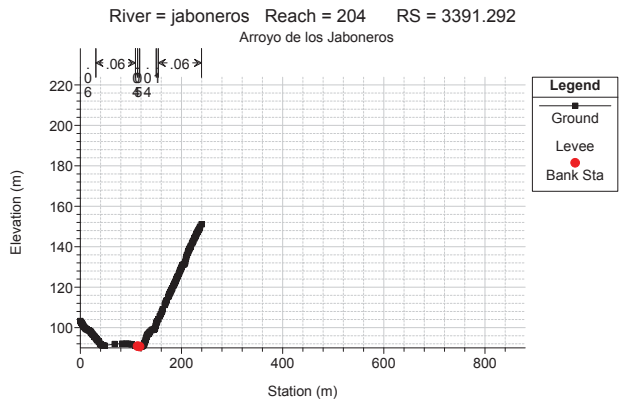
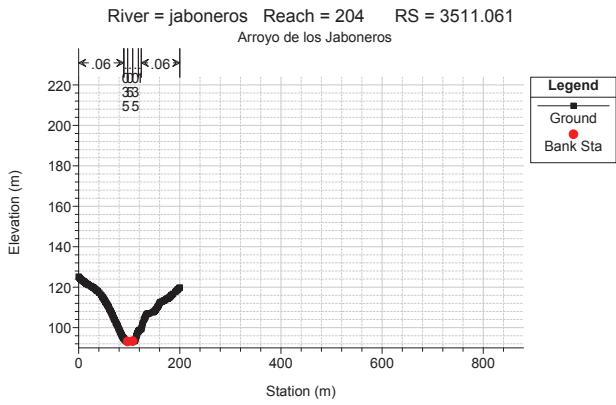
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m

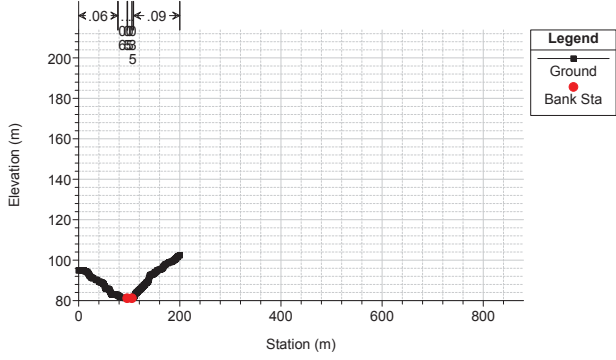


1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m

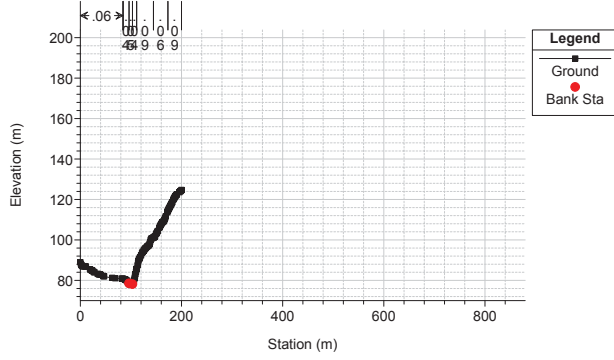


1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m

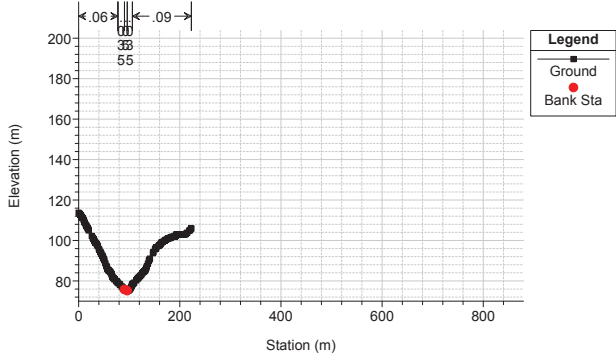
River = jaboneros Reach = 204 RS = 3011.061
Arroyo de los Jaboneros



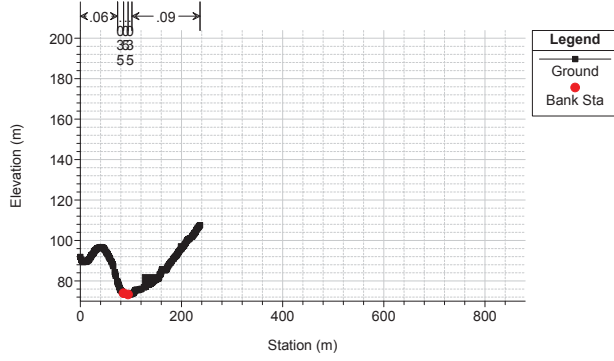
River = jaboneros Reach = 204 RS = 2911.061
Arroyo de los Jaboneros



River = jaboneros Reach = 204 RS = 2814.342
Arroyo de los Jaboneros

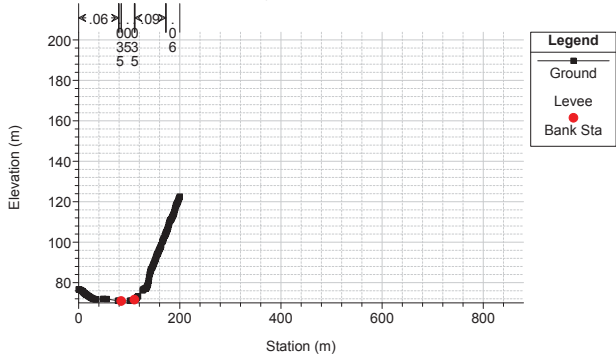


River = jaboneros Reach = 204 RS = 2720.967
Arroyo de los Jaboneros

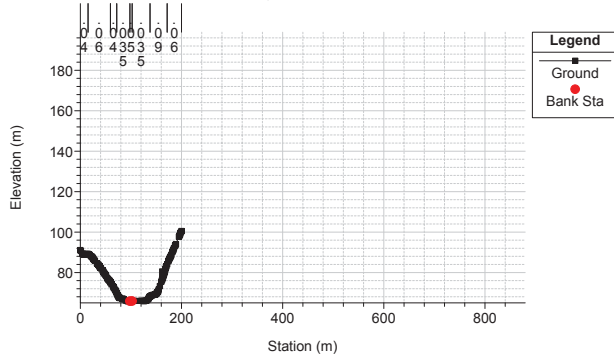


1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m

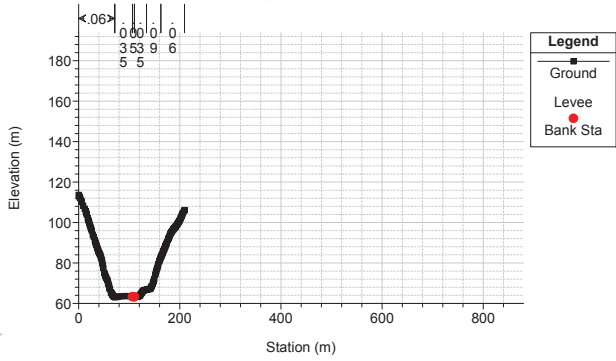
River = jaboneros Reach = 204 RS = 2611.061
Arroyo de los Jaboneros



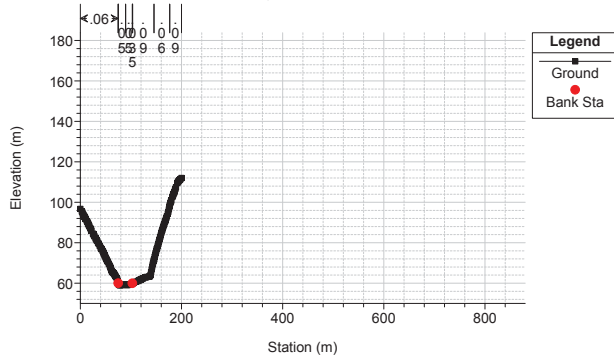
River = jaboneros Reach = 204 RS = 2411.061
Arroyo de los Jaboneros



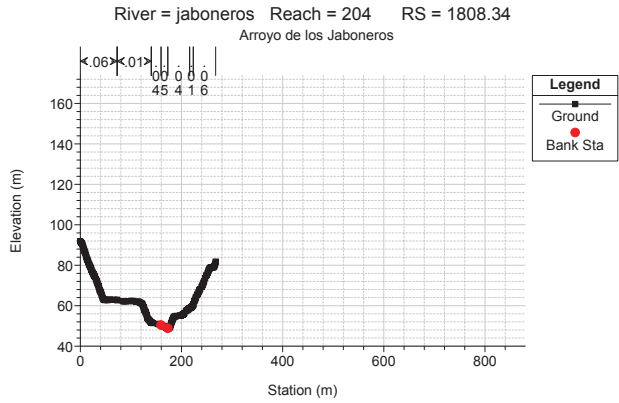
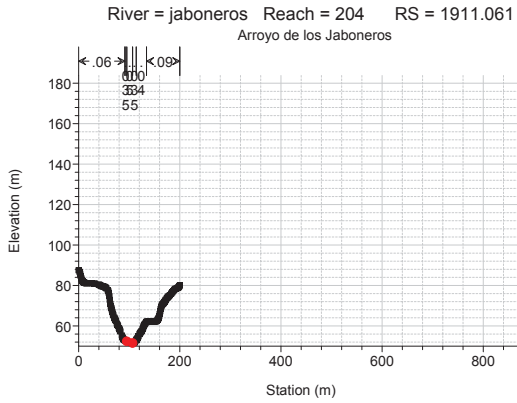
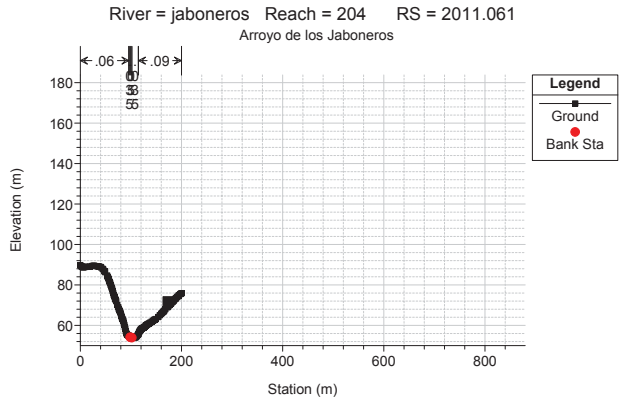
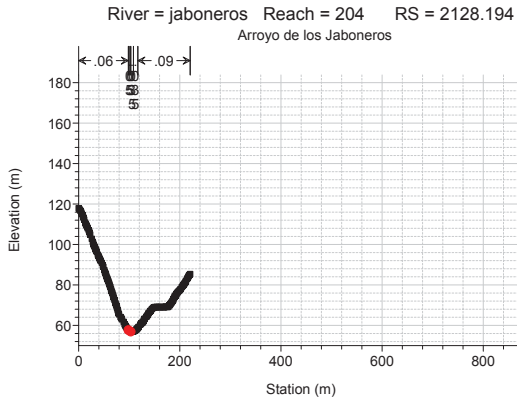
River = jaboneros Reach = 204 RS = 2328.173
Arroyo de los Jaboneros



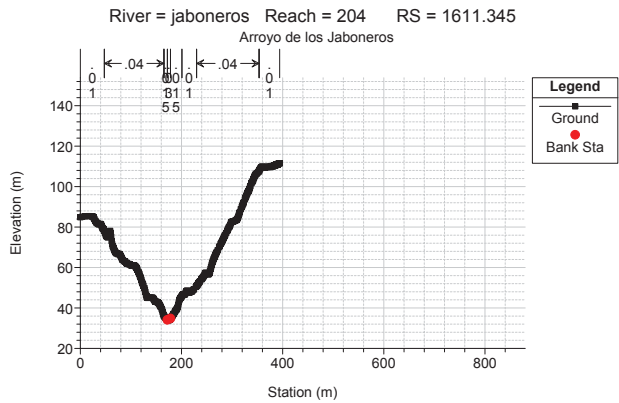
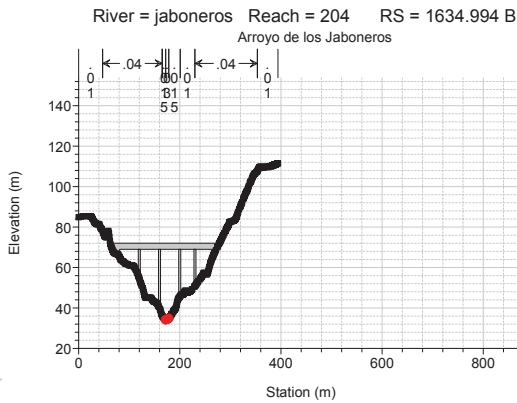
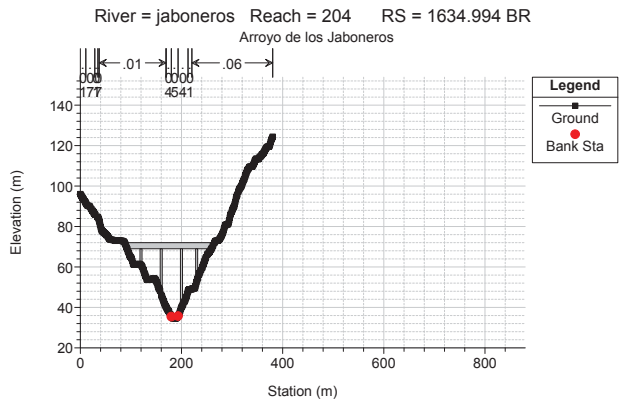
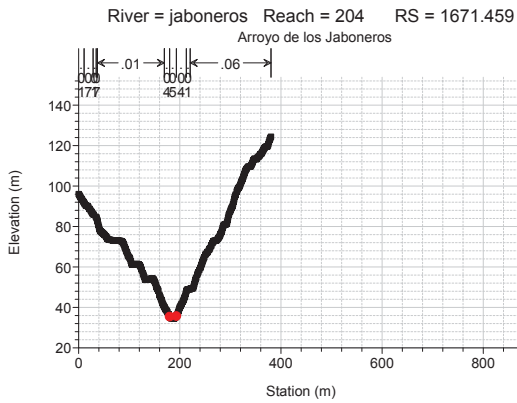
River = jaboneros Reach = 204 RS = 2211.061
Arroyo de los Jaboneros



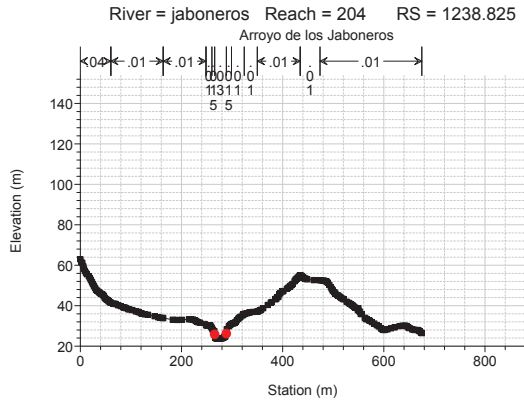
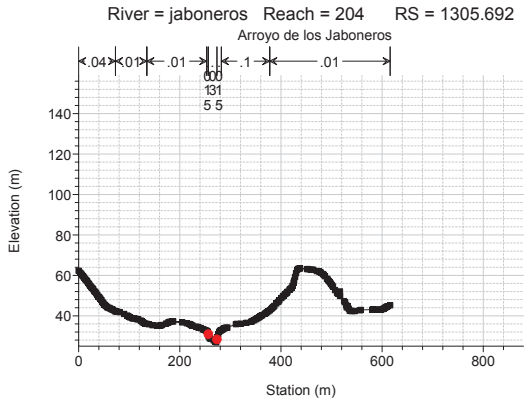
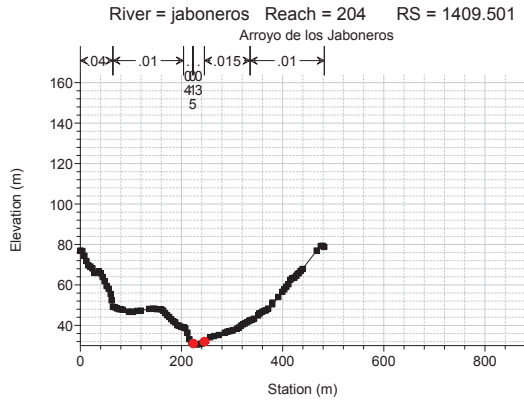
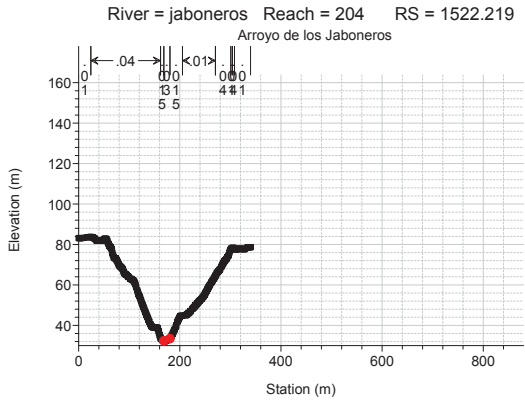
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



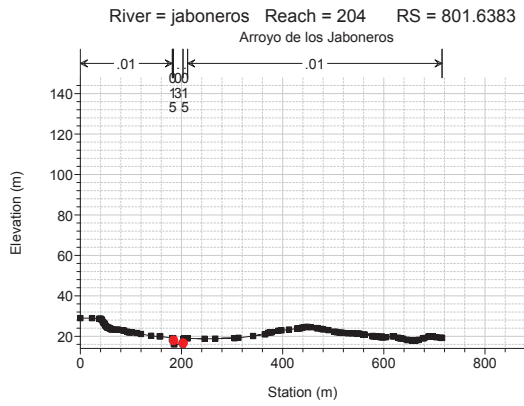
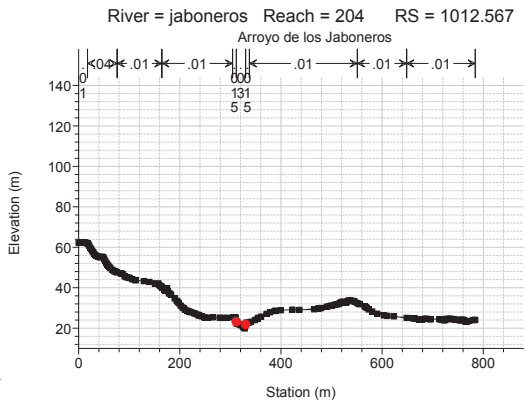
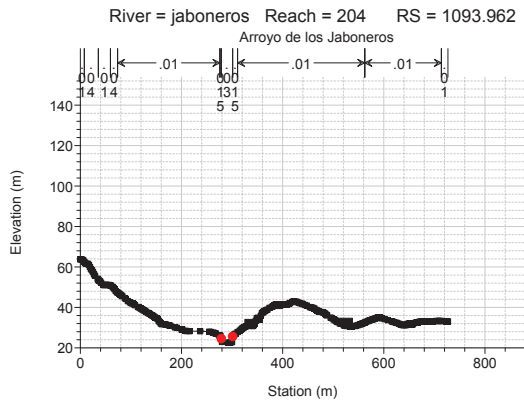
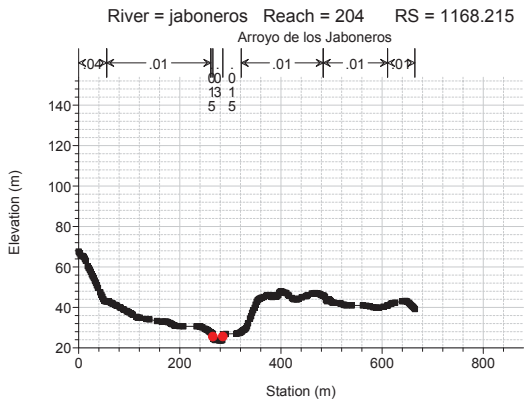
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



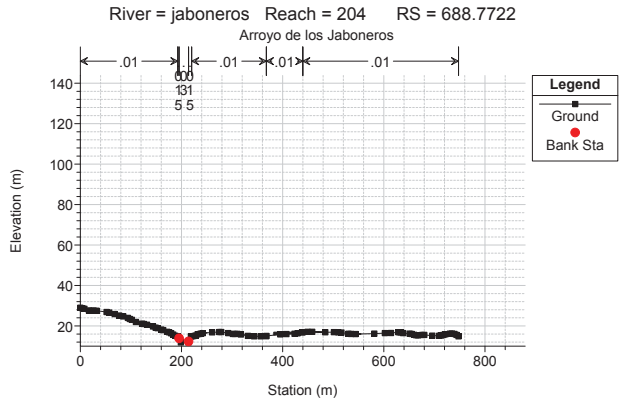
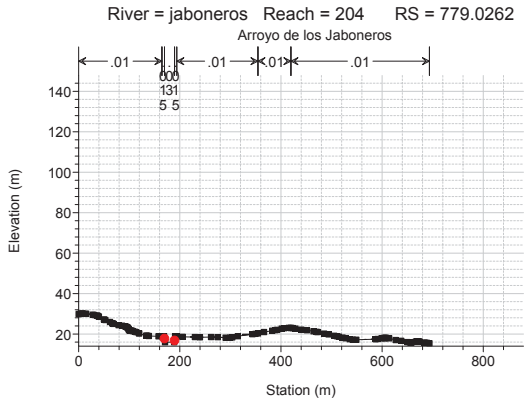
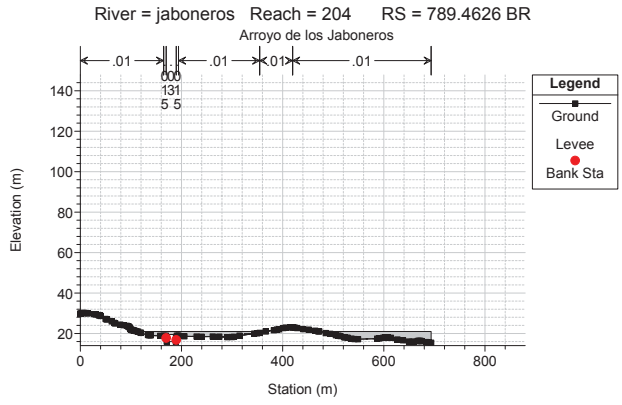
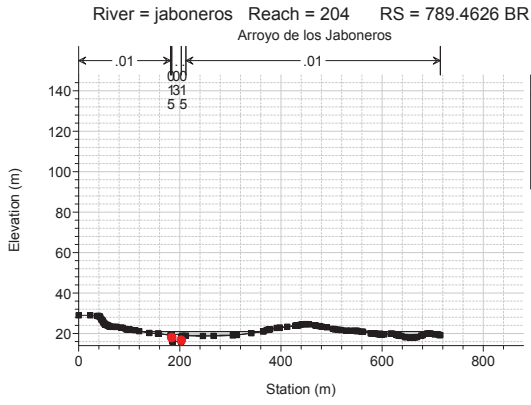
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



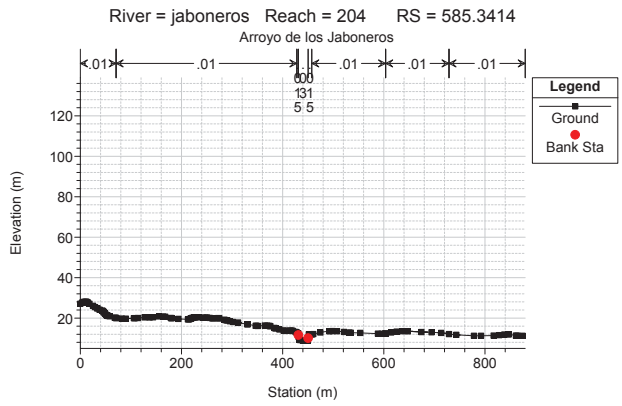
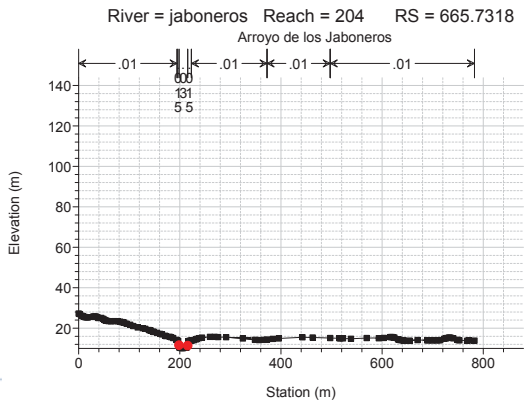
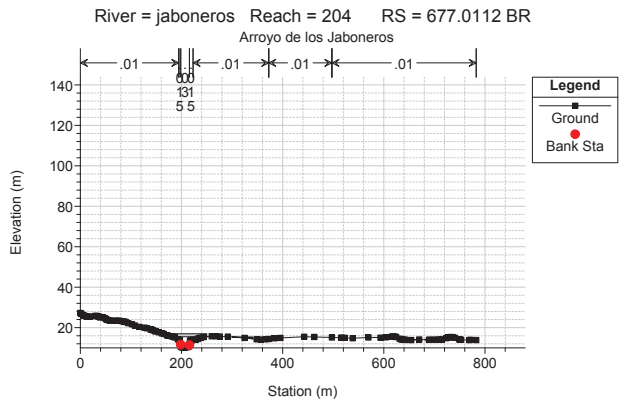
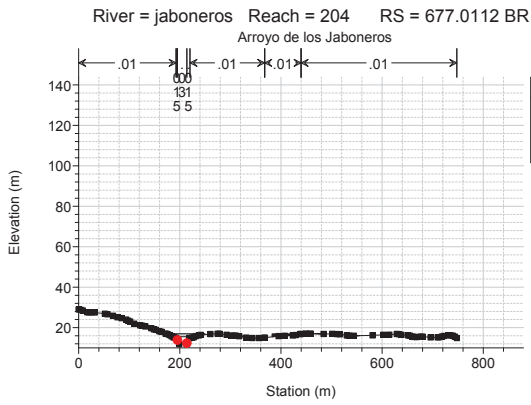
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



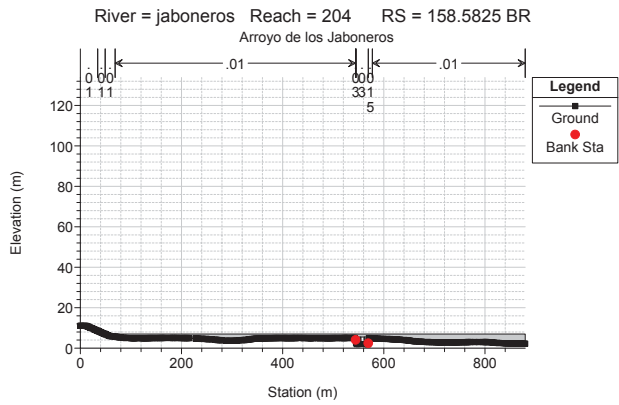
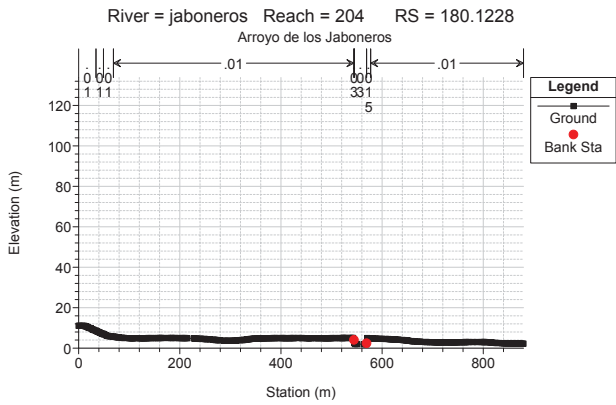
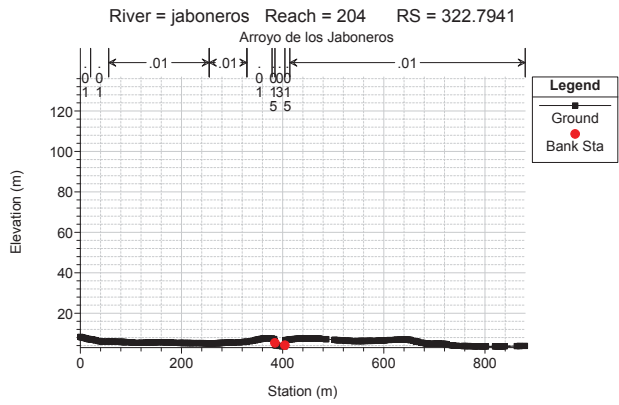
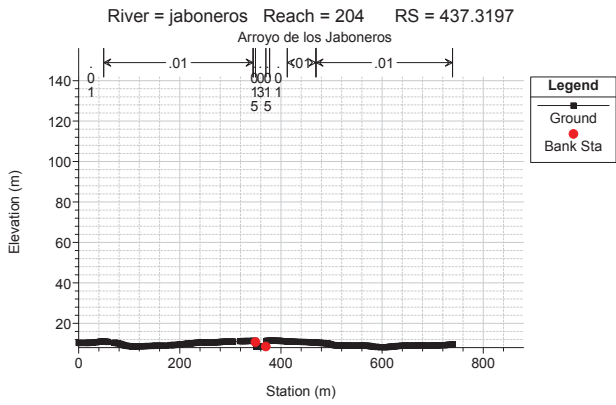
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



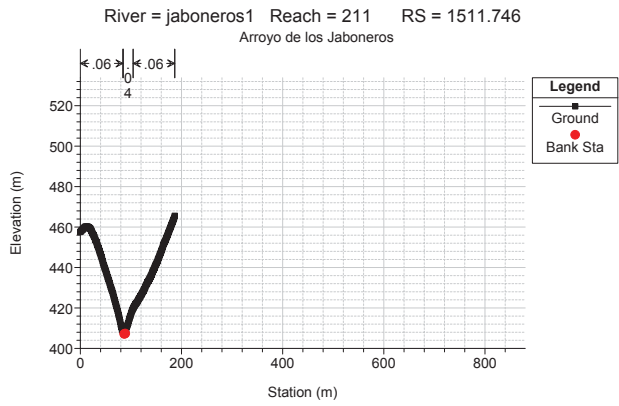
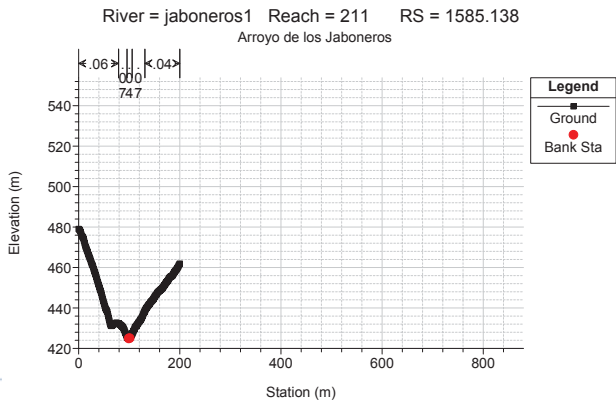
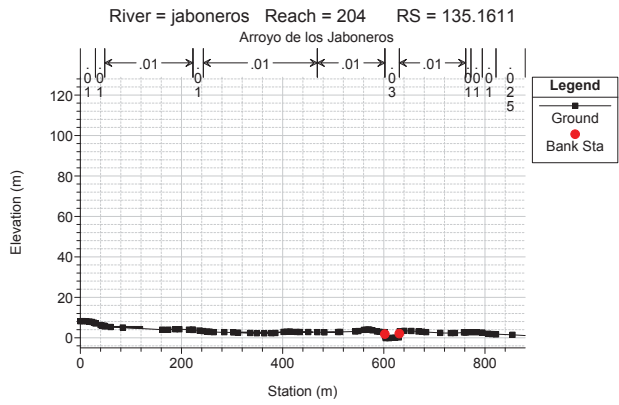
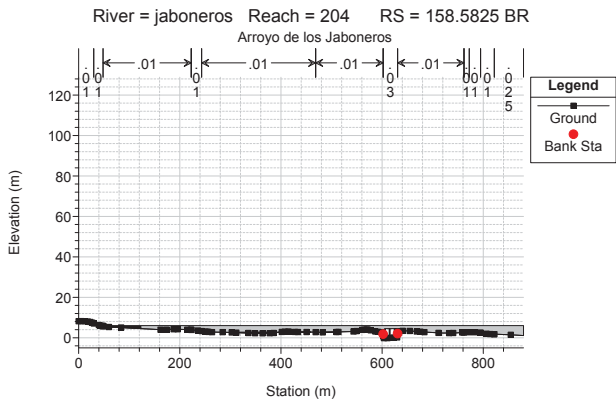
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



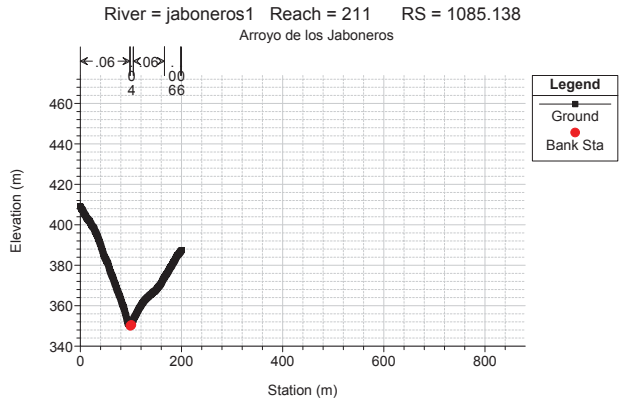
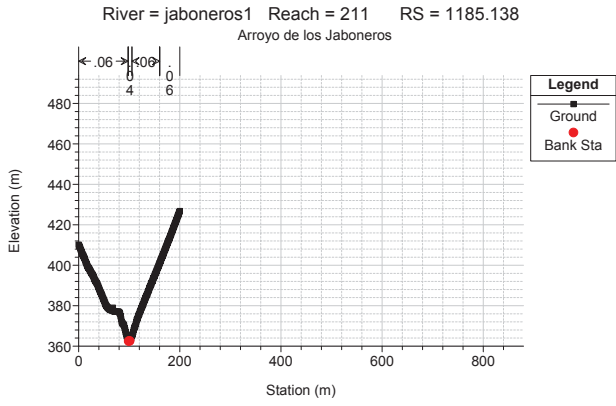
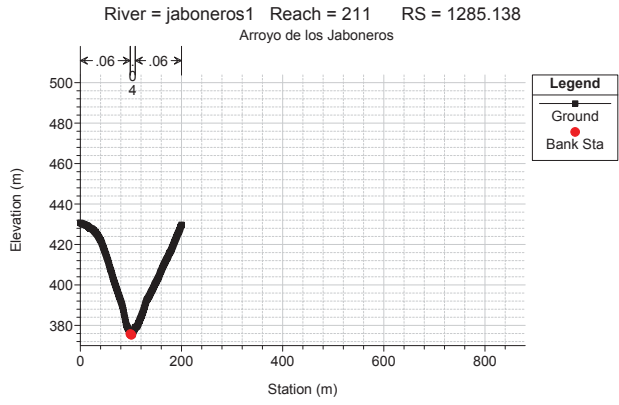
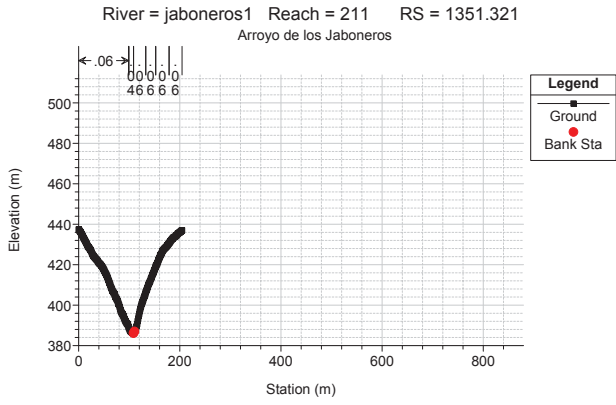
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



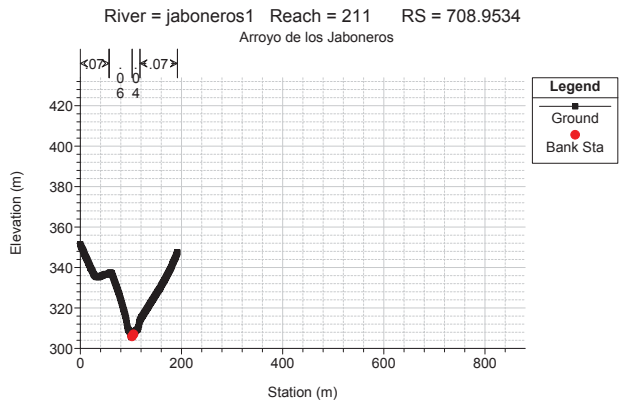
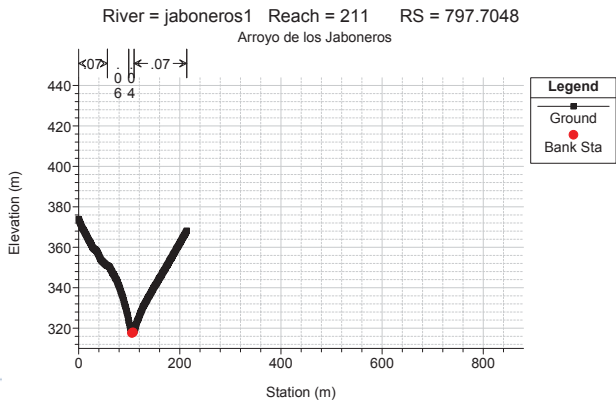
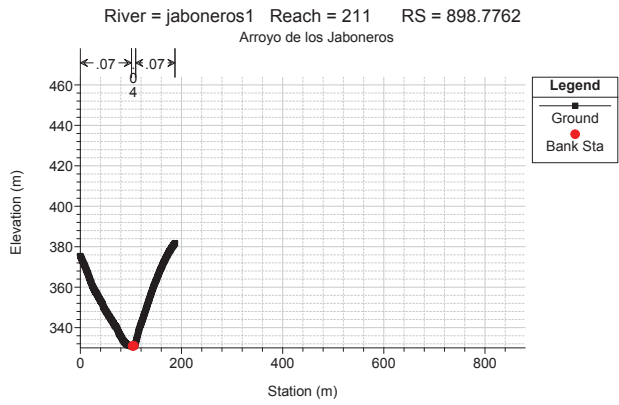
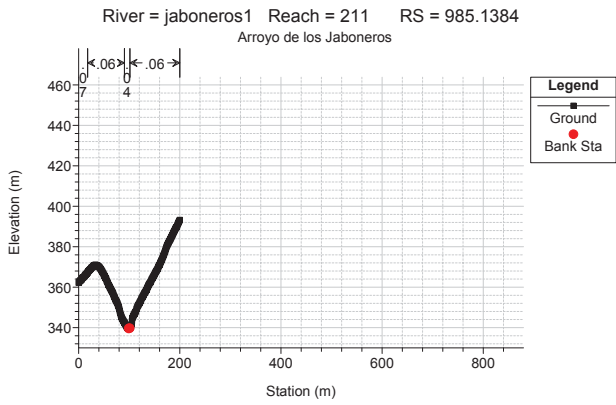
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



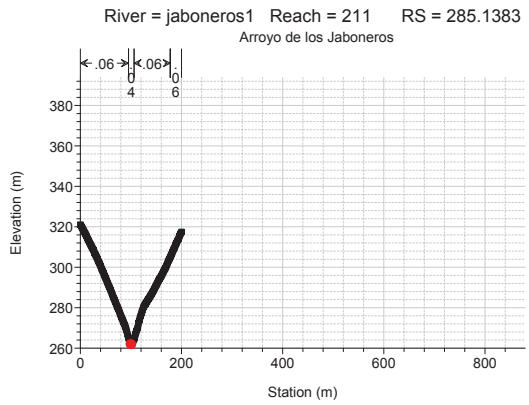
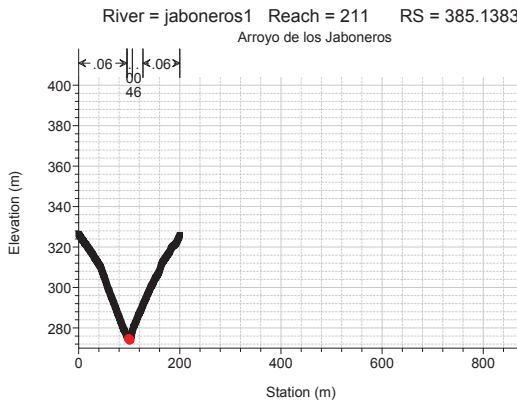
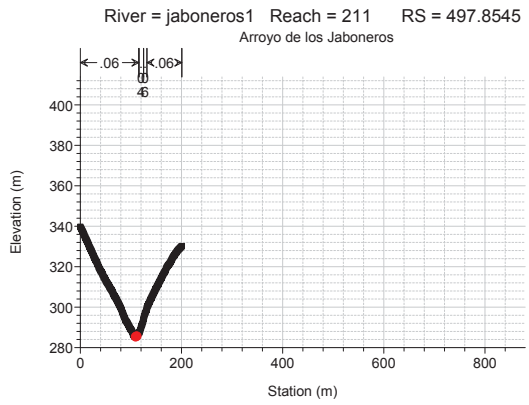
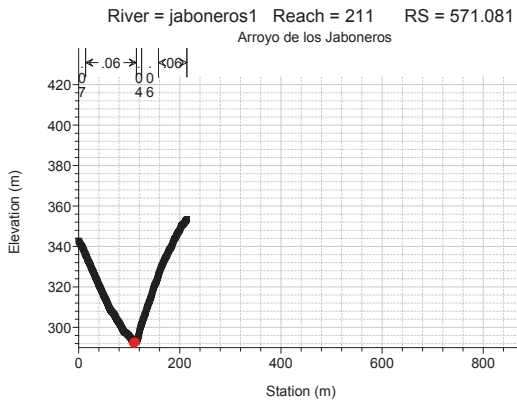
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



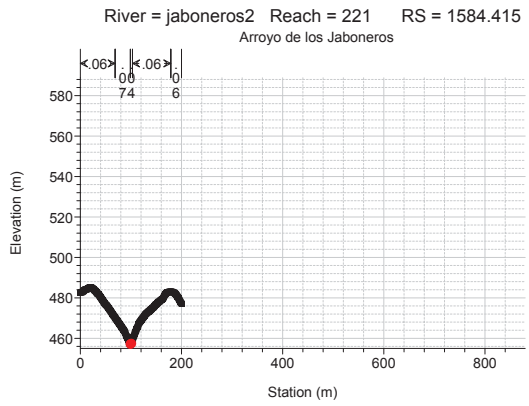
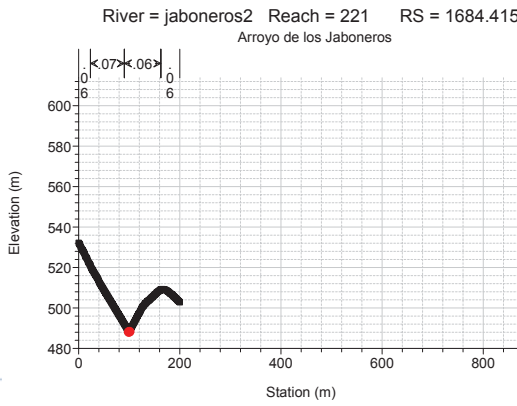
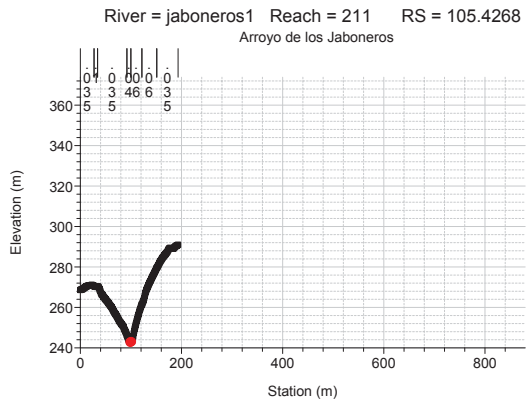
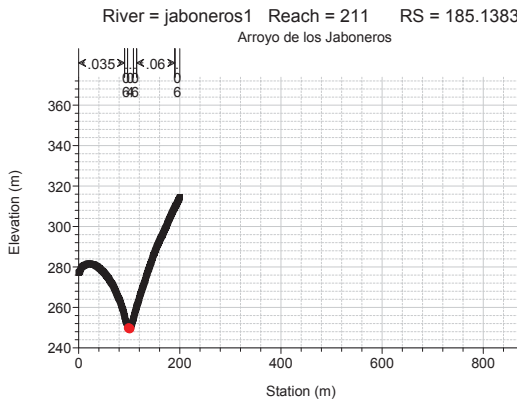
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



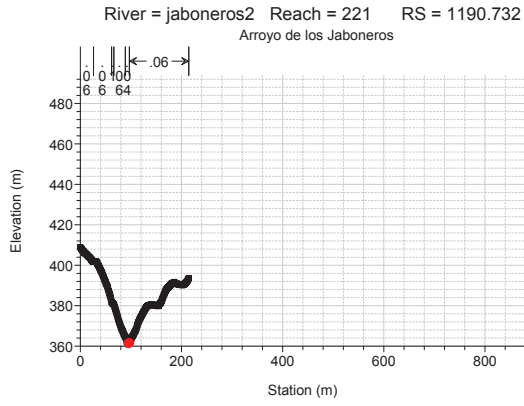
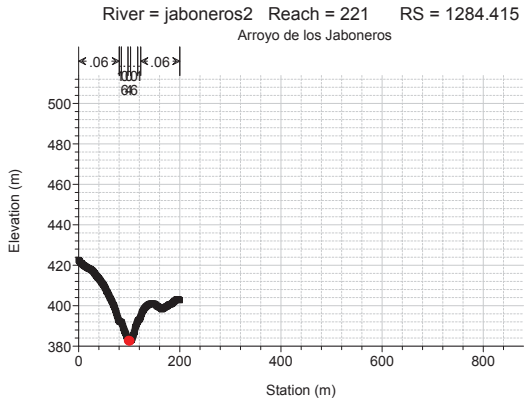
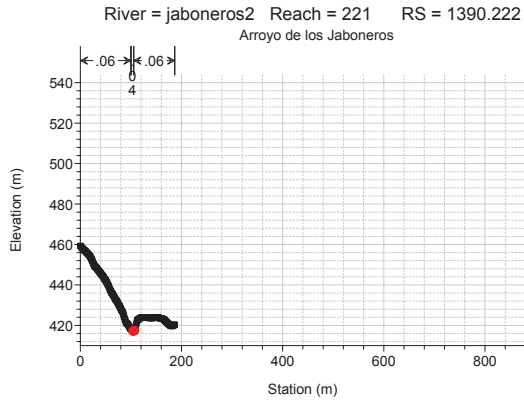
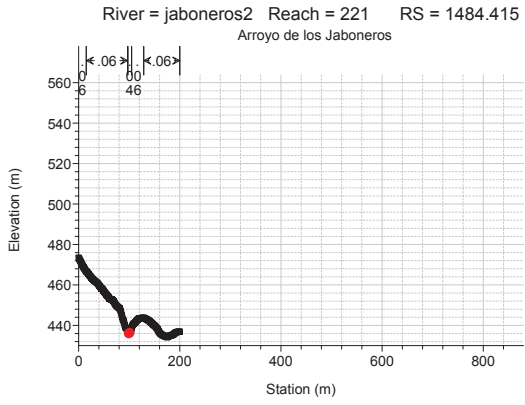
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



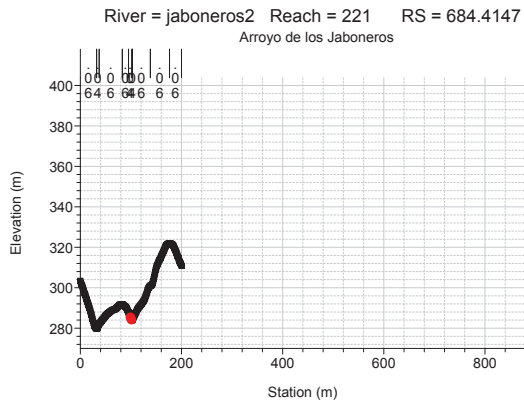
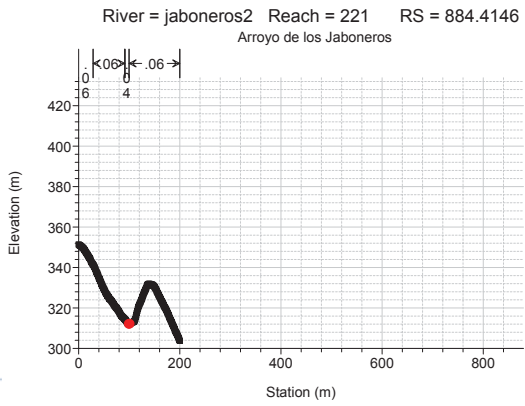
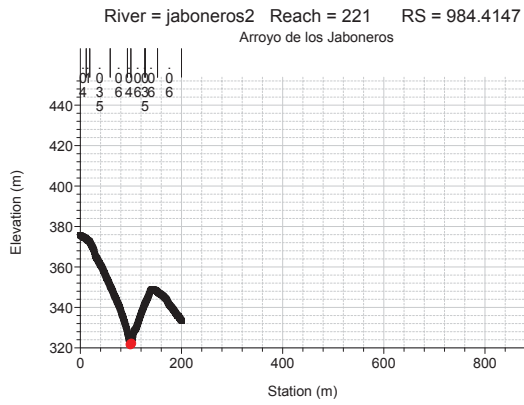
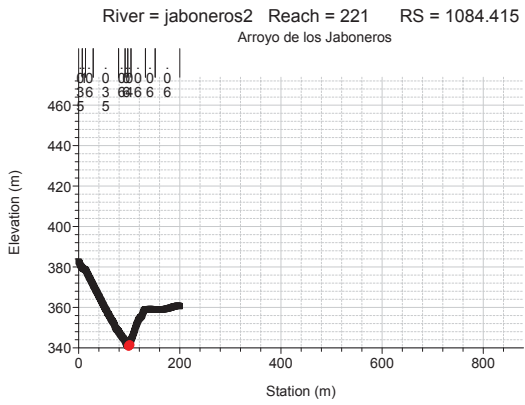
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



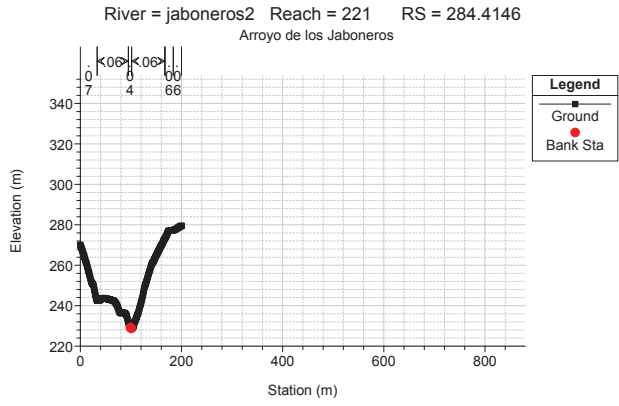
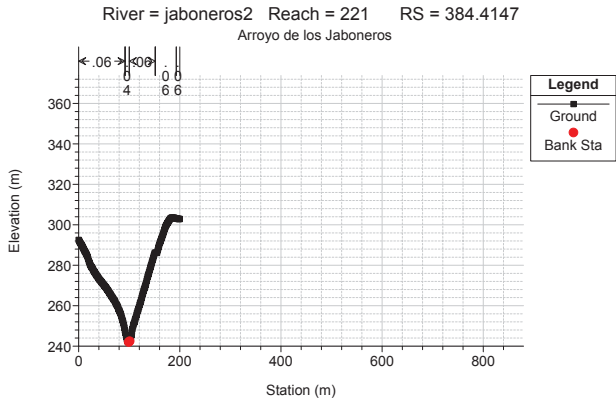
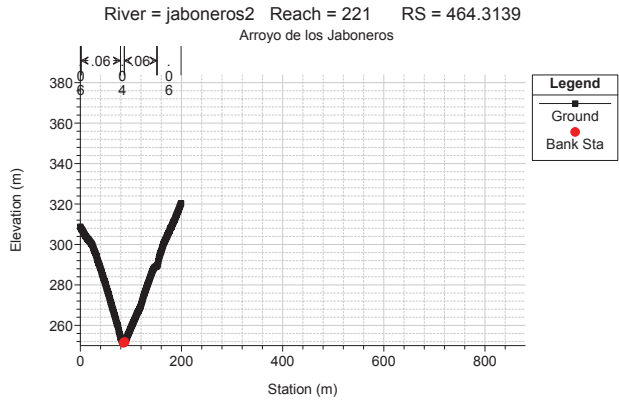
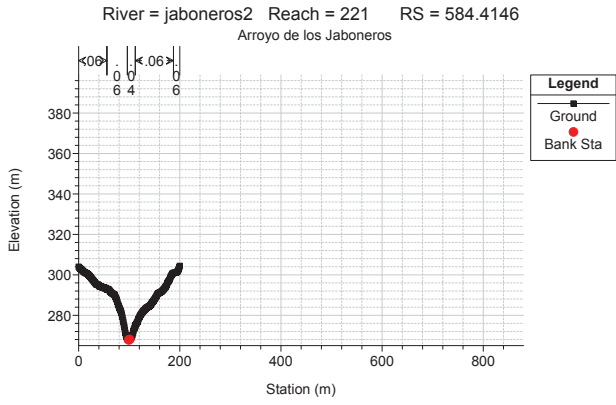
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



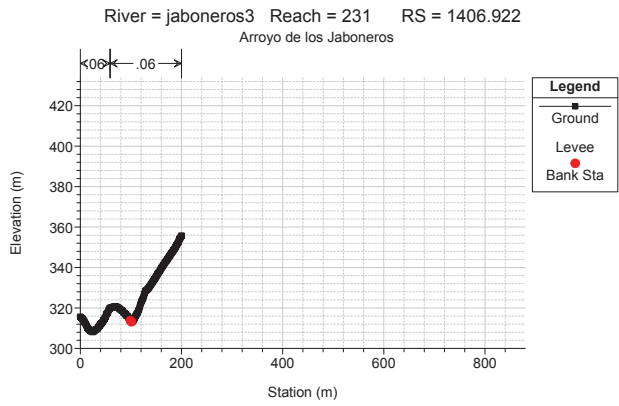
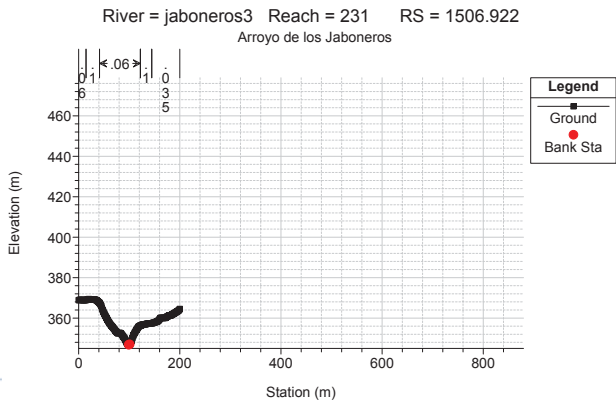
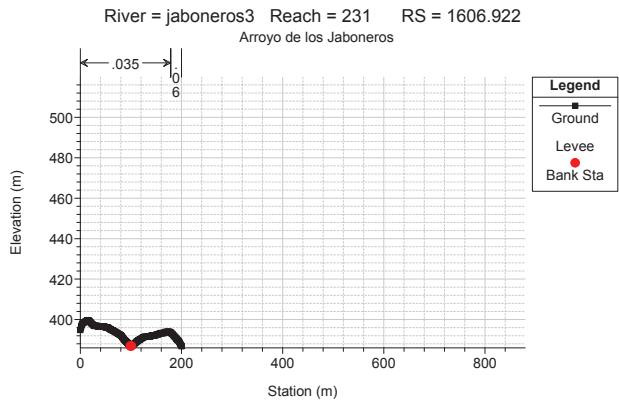
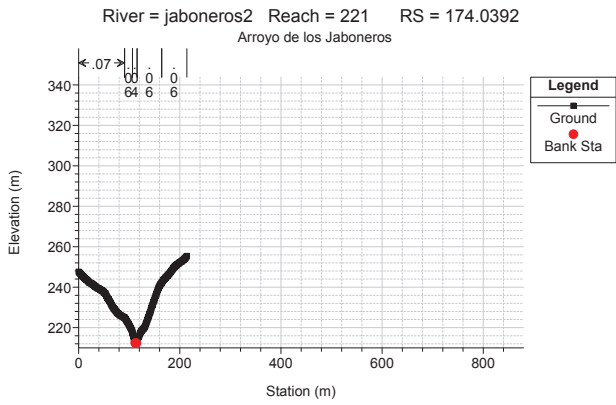
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



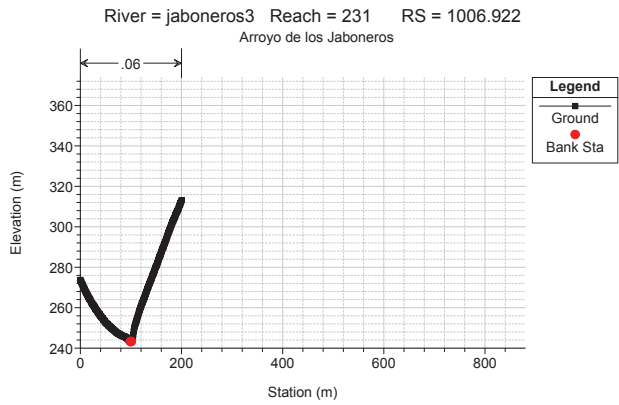
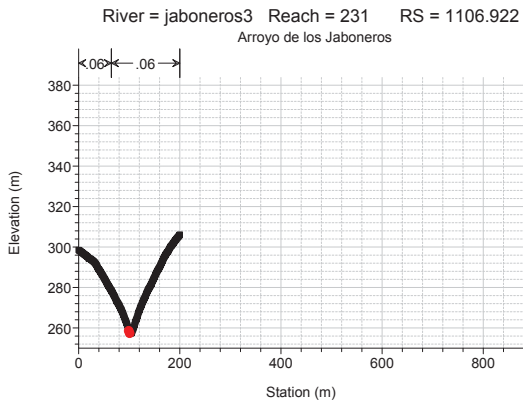
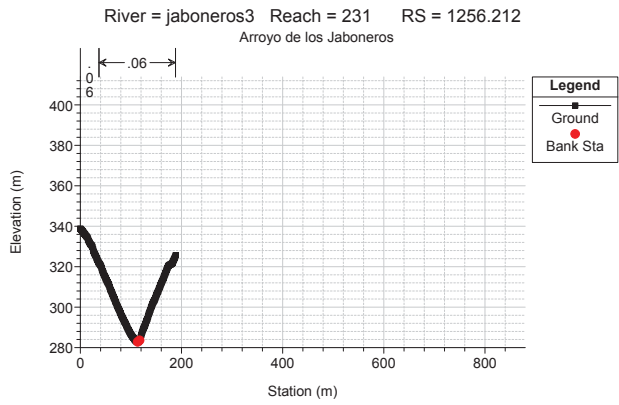
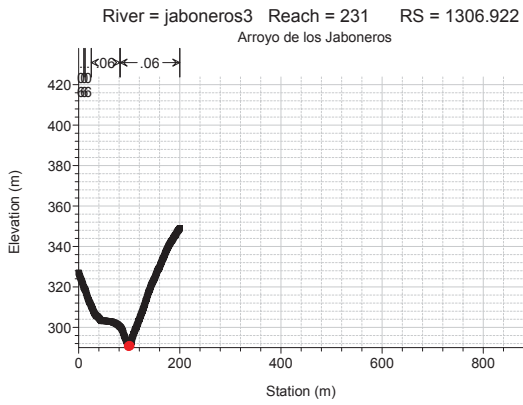
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



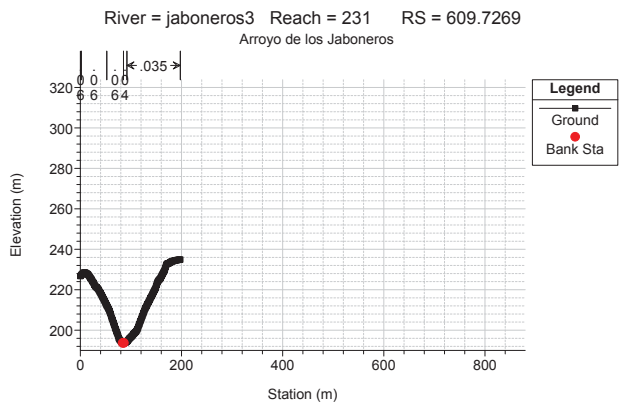
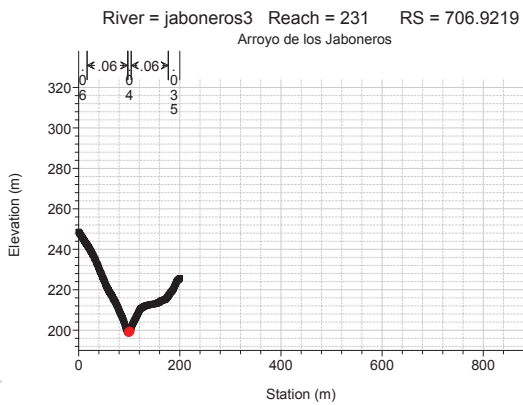
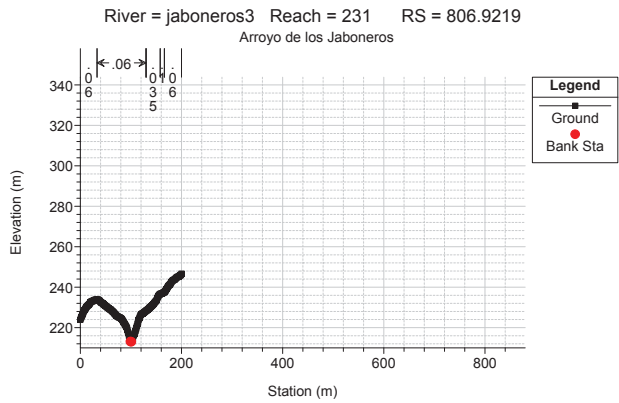
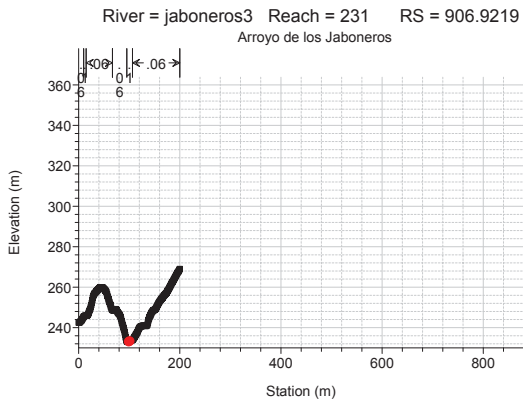
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



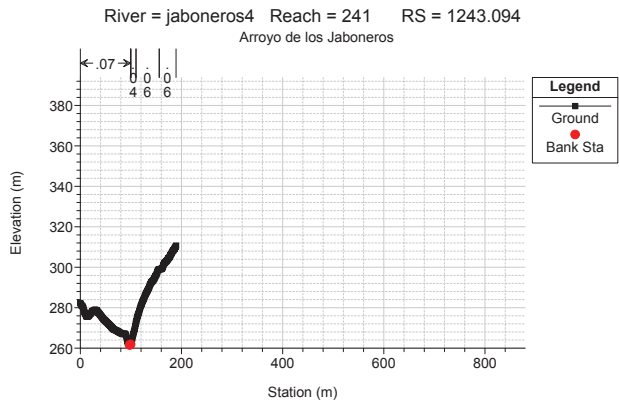
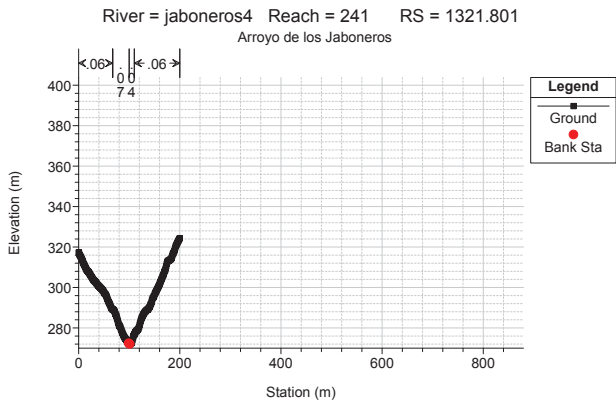
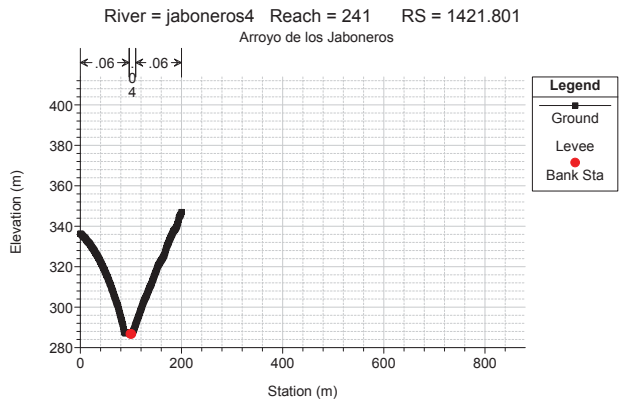
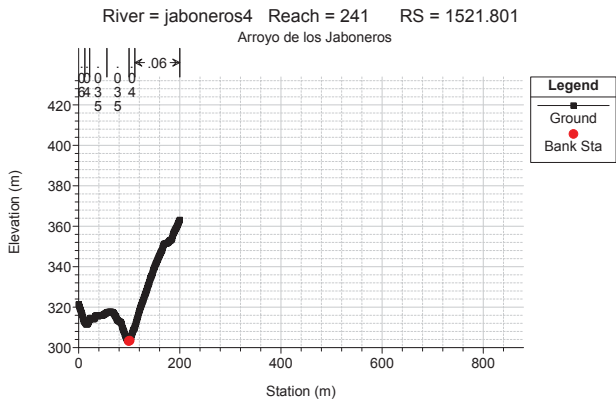
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



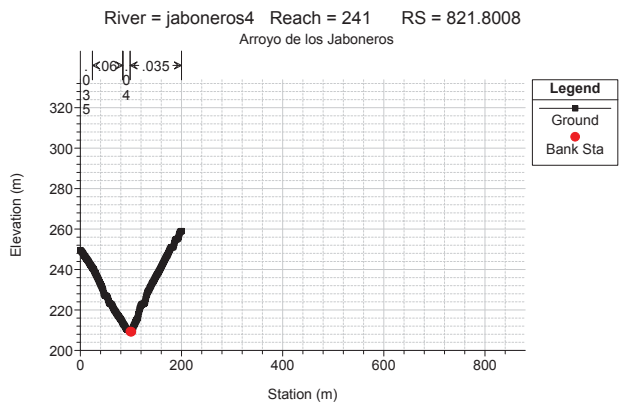
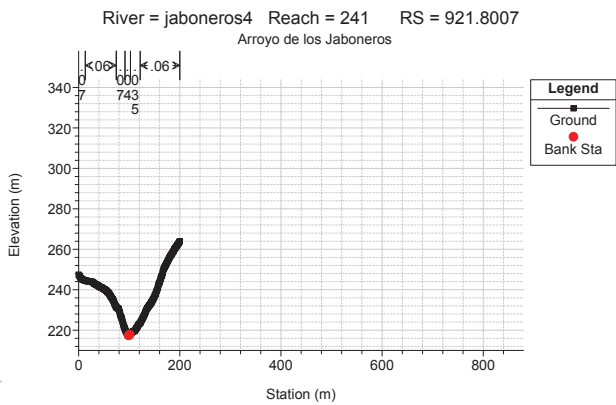
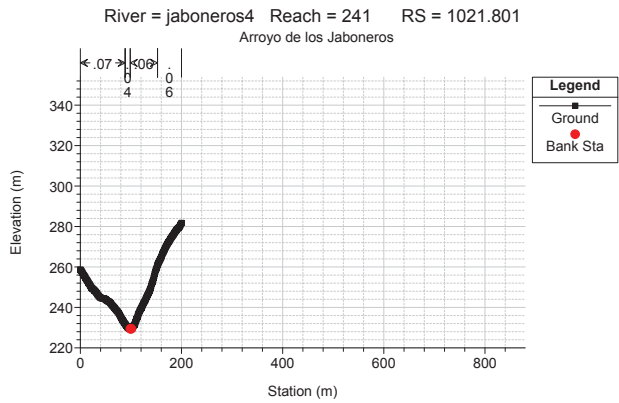
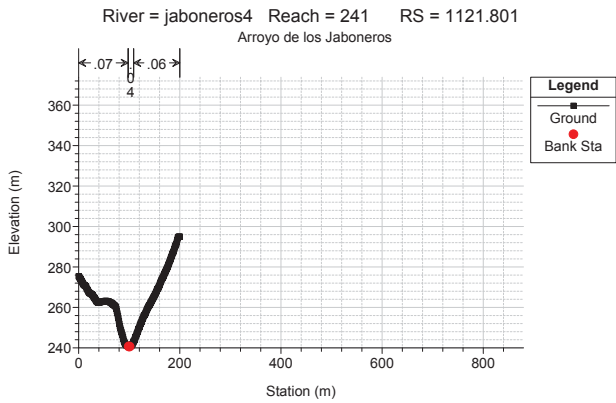
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



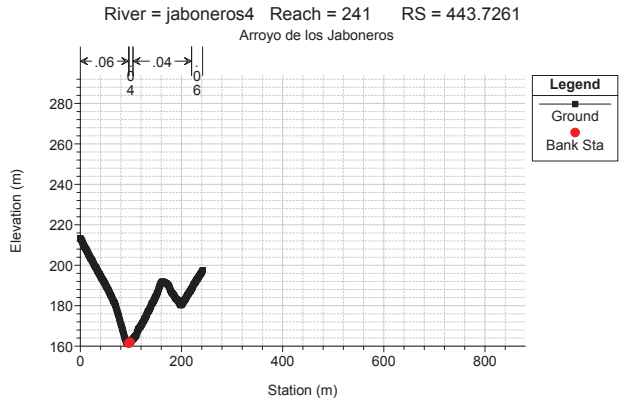
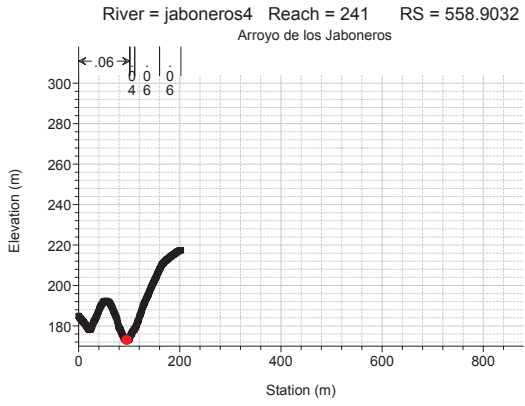
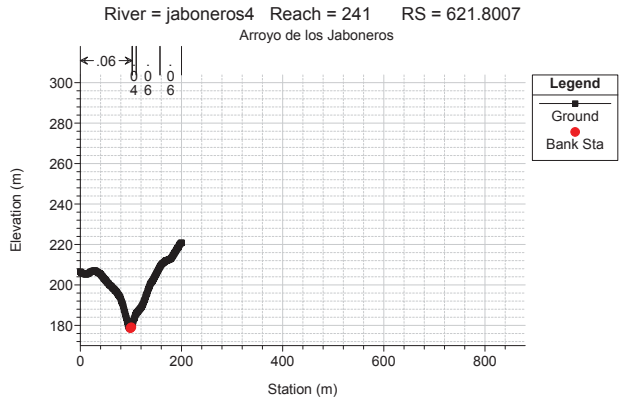
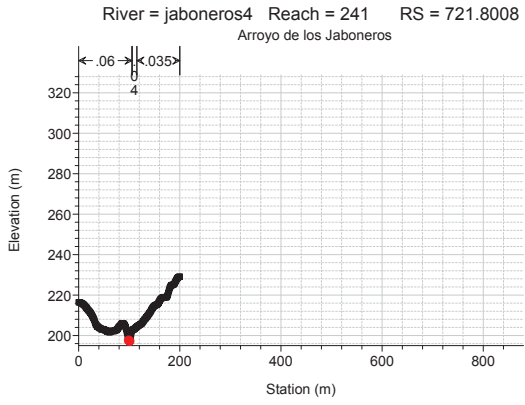
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



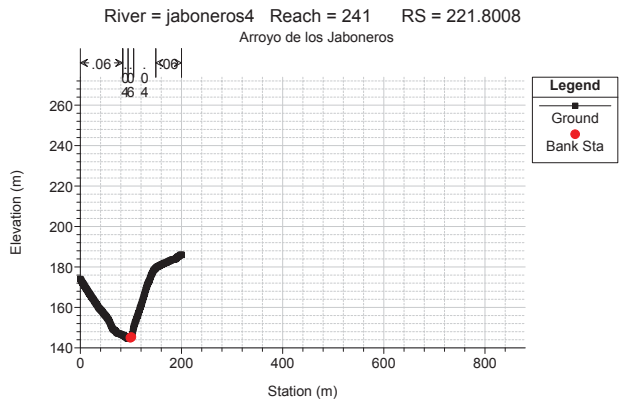
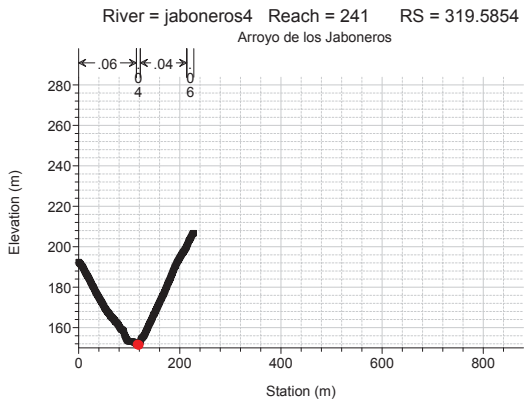
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m

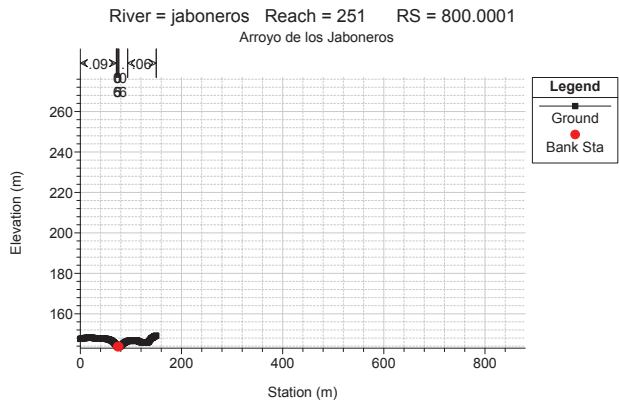
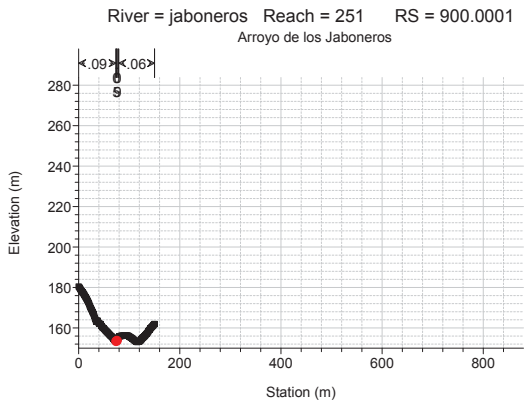
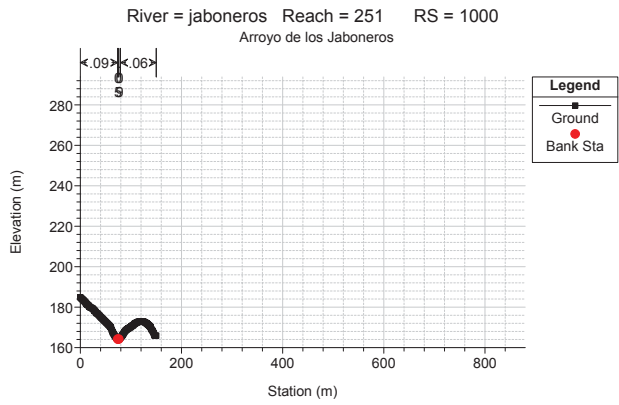
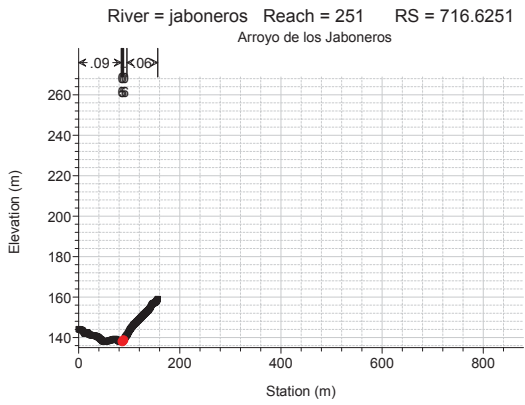


1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m

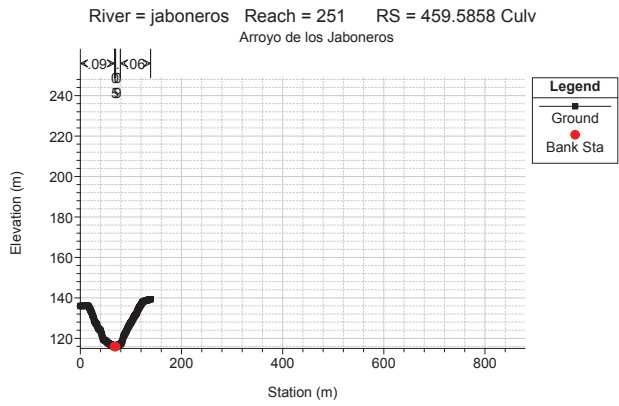
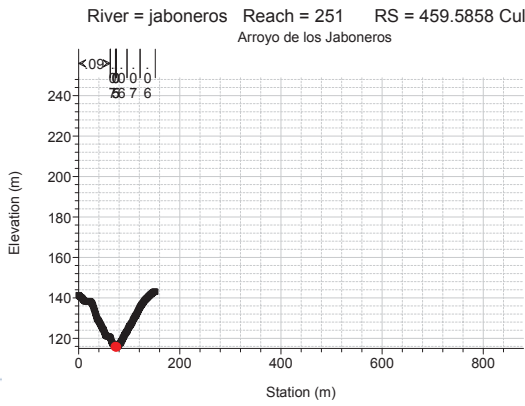
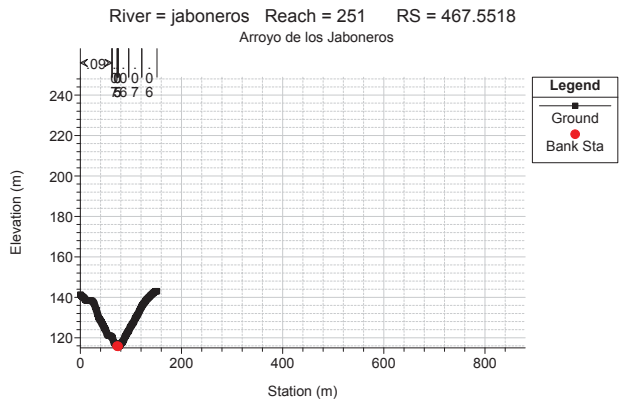
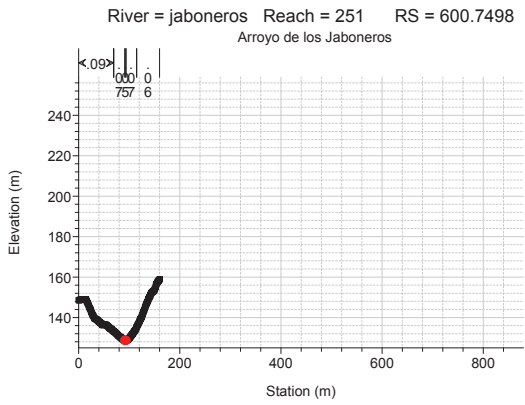


1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m

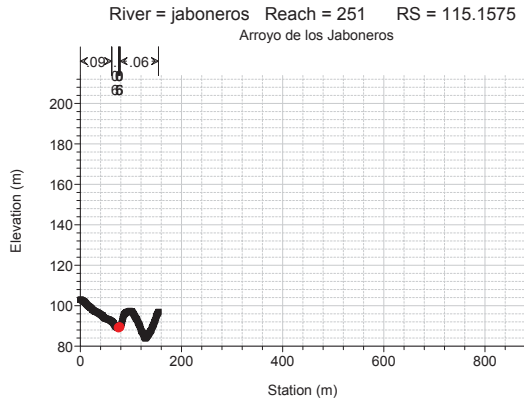
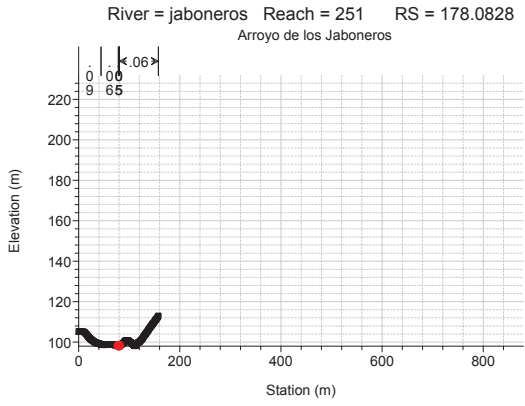
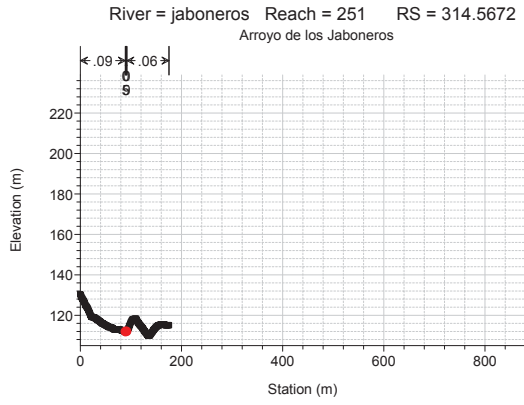
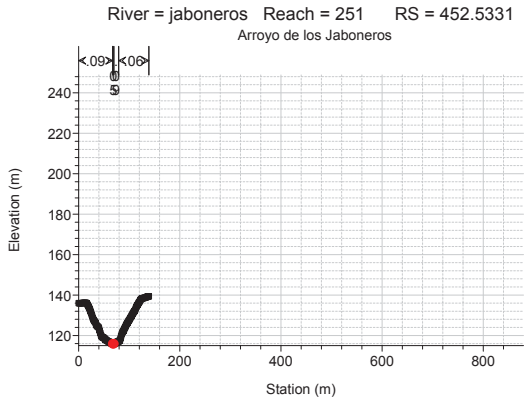




1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



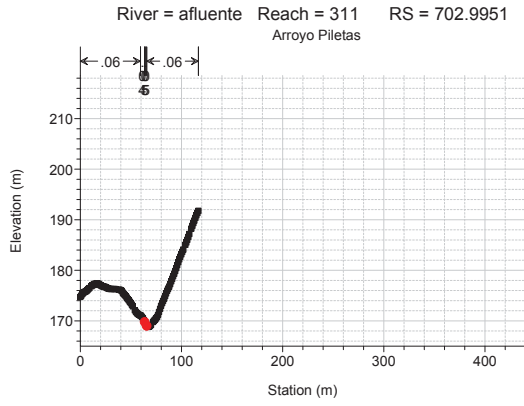
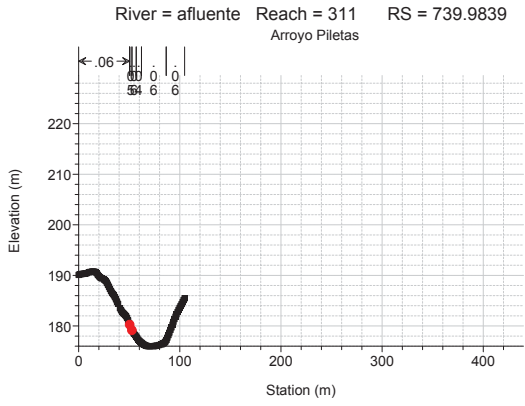
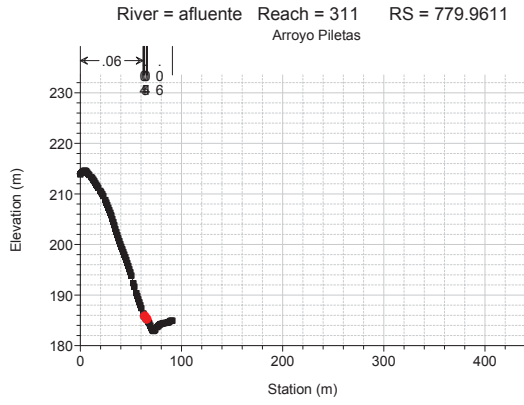
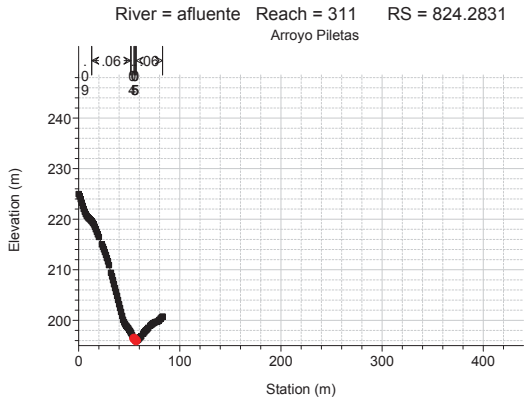
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m



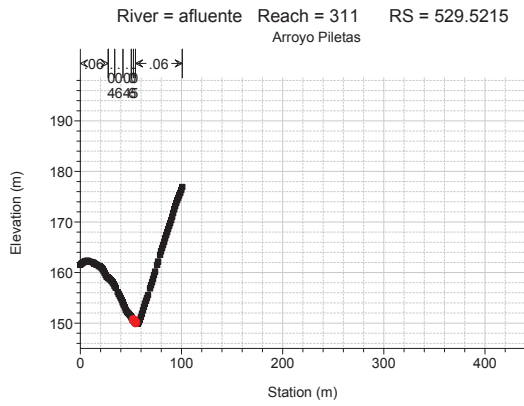
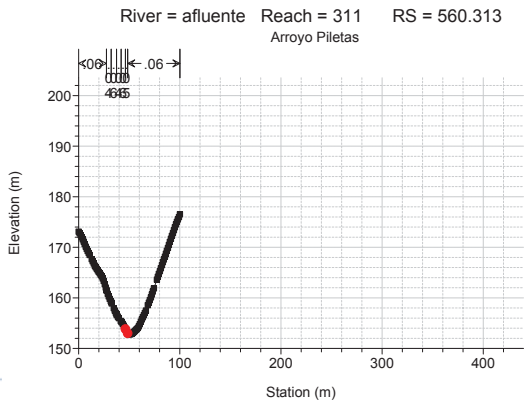
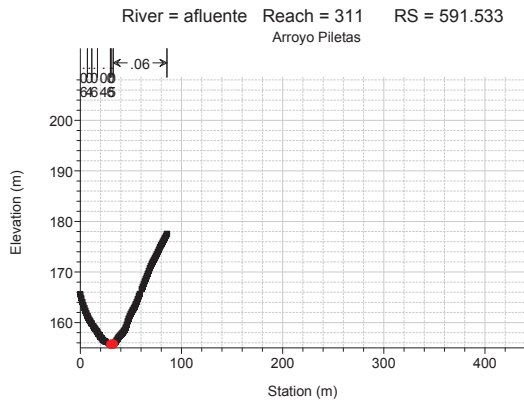
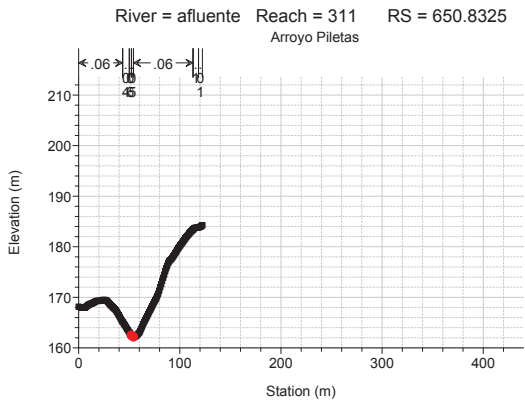
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 25 m

3.

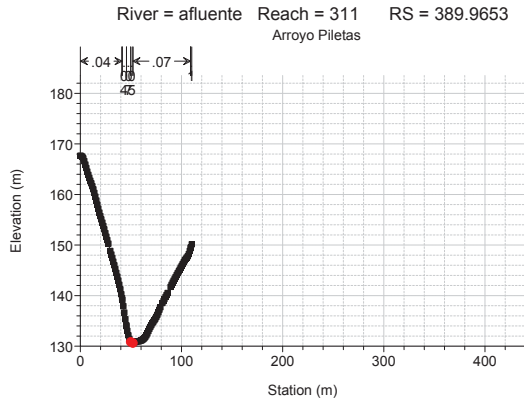
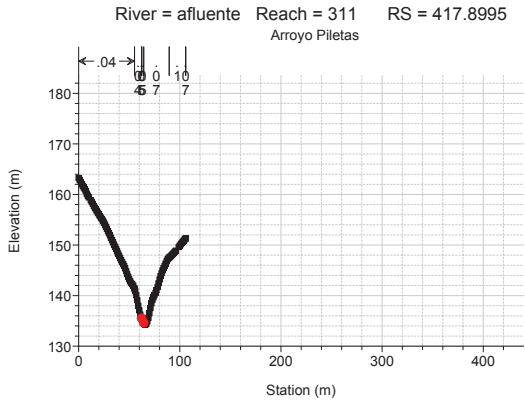
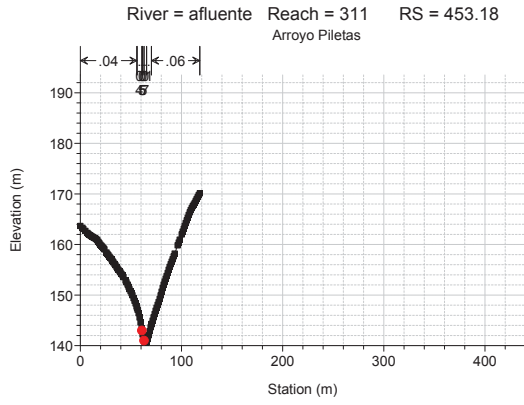
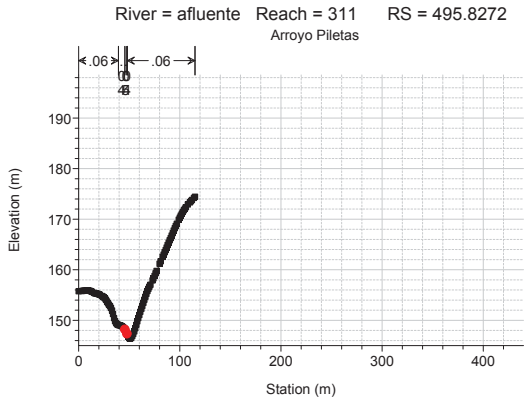
Secciones transversales de control. Arroyo Piletas.



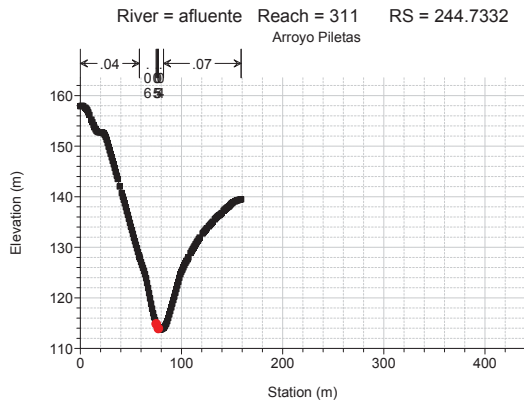
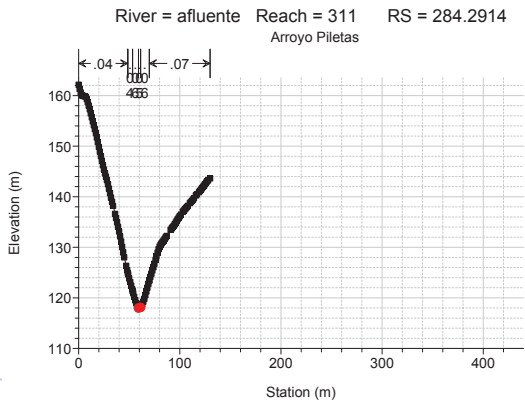
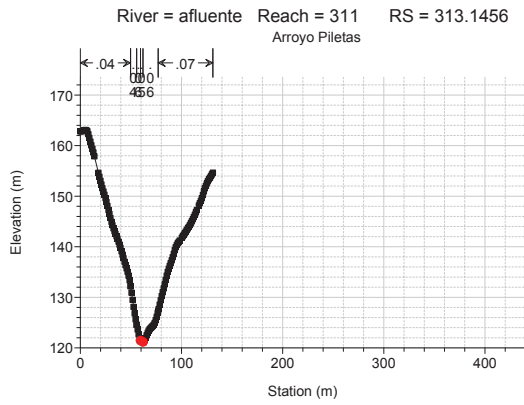
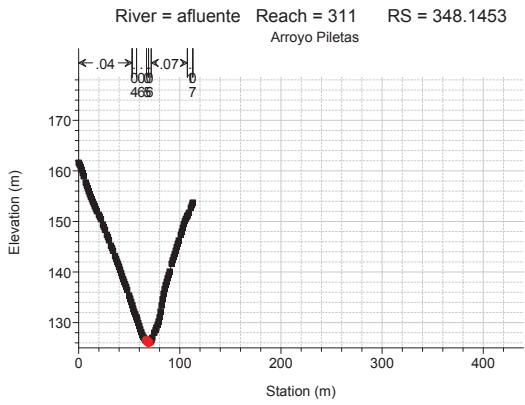
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



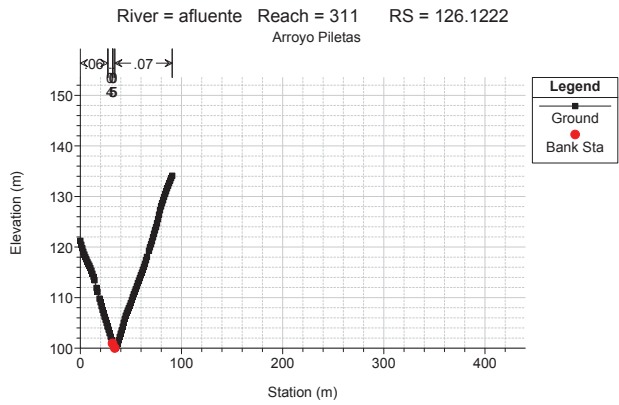
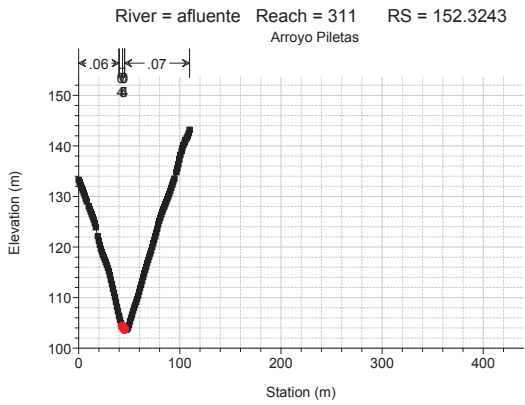
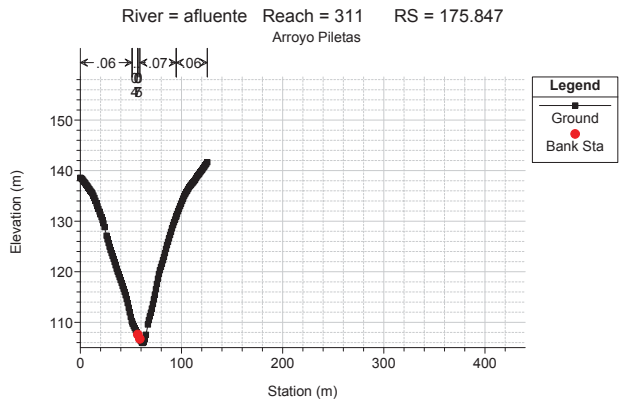
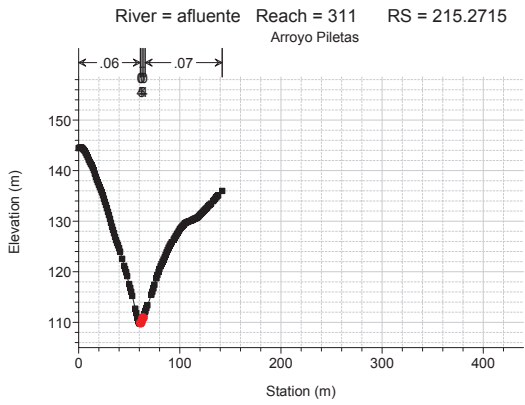
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



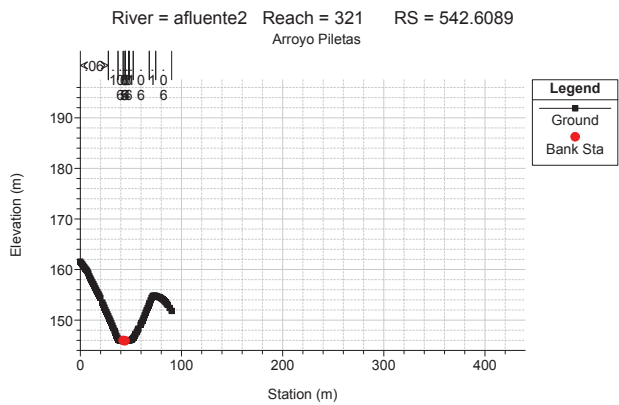
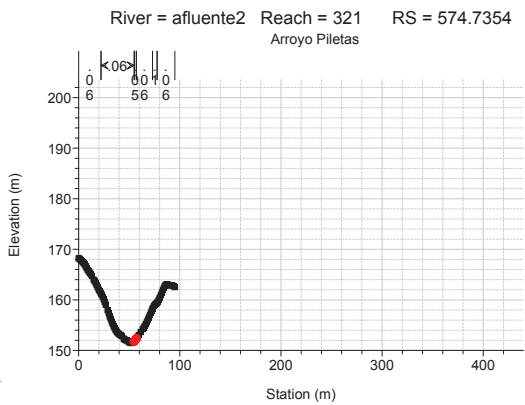
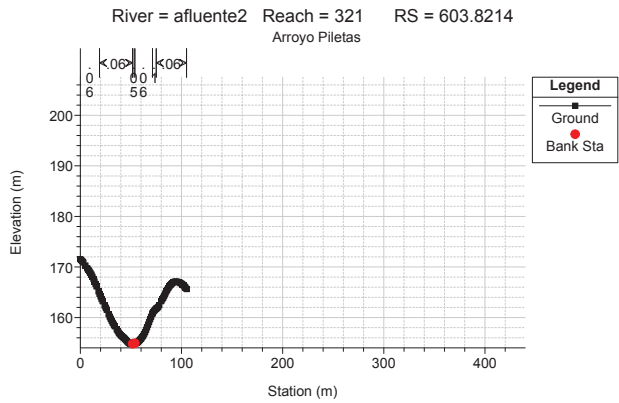
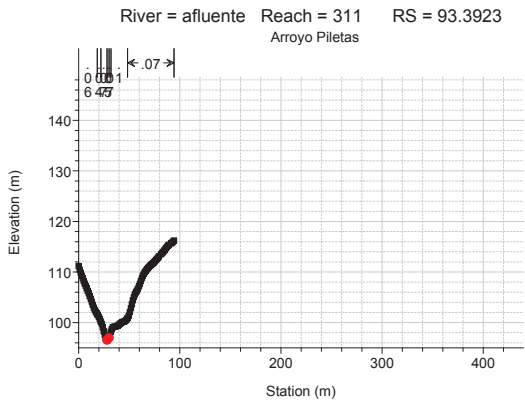
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



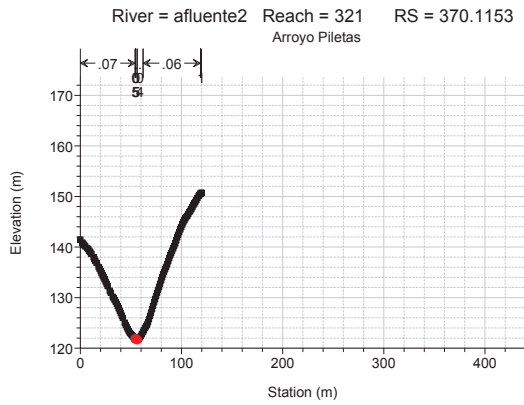
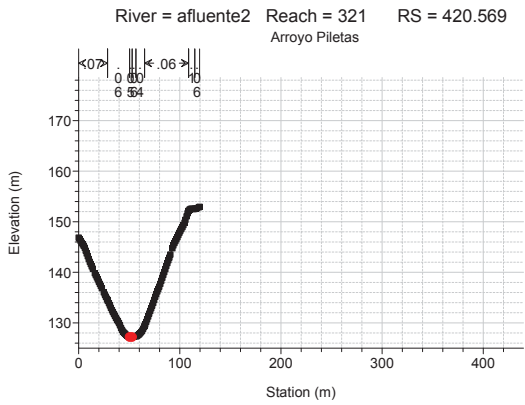
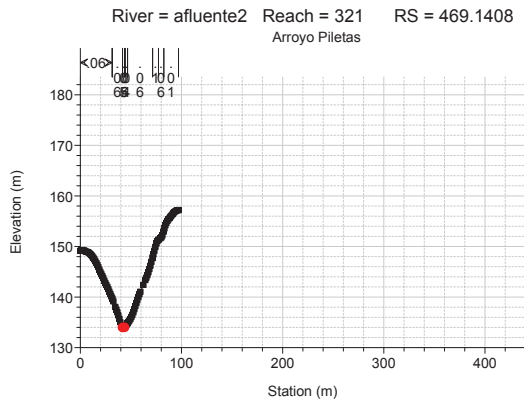
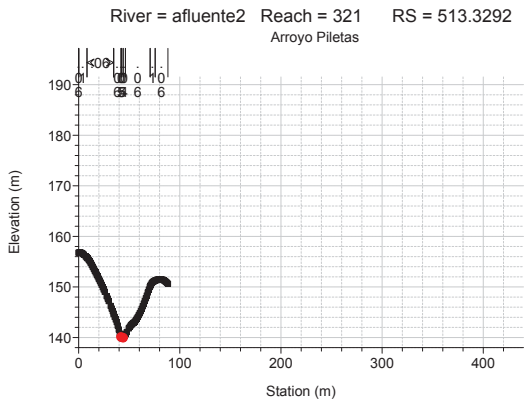
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



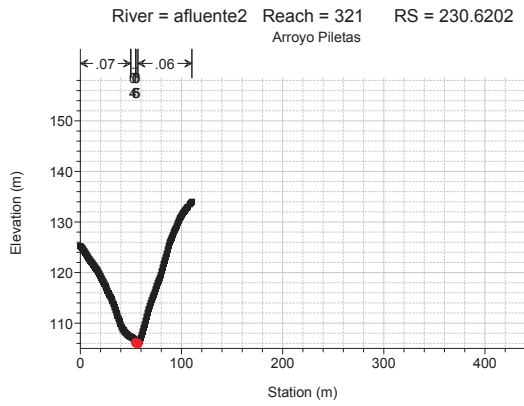
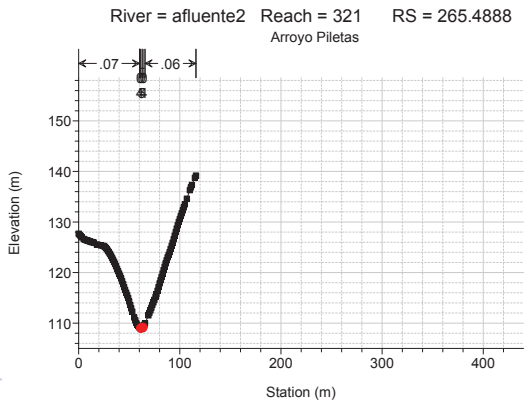
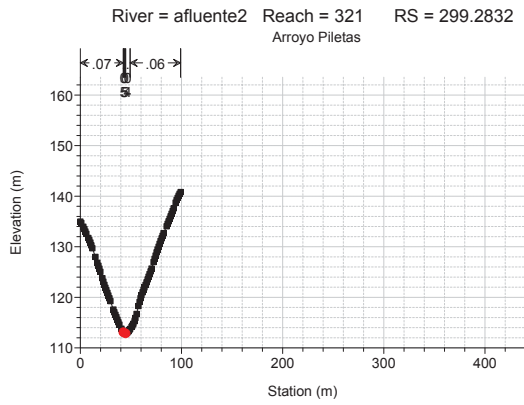
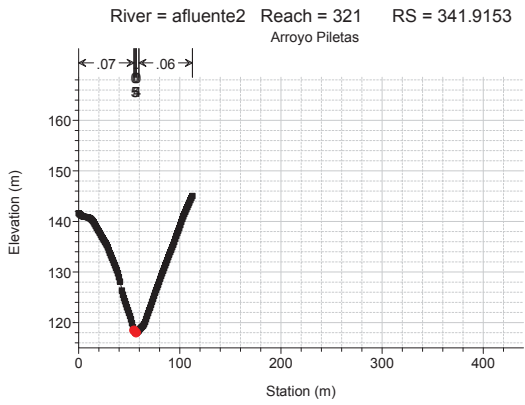
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



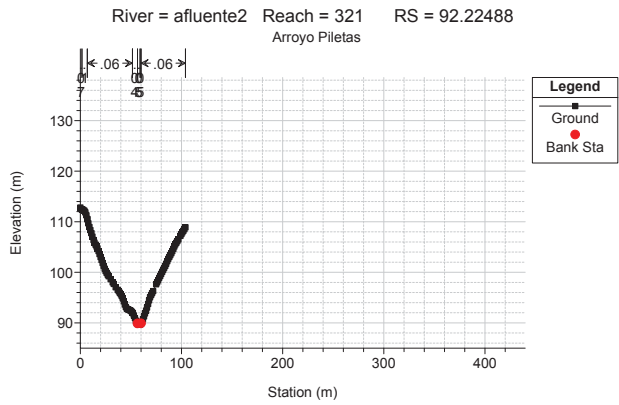
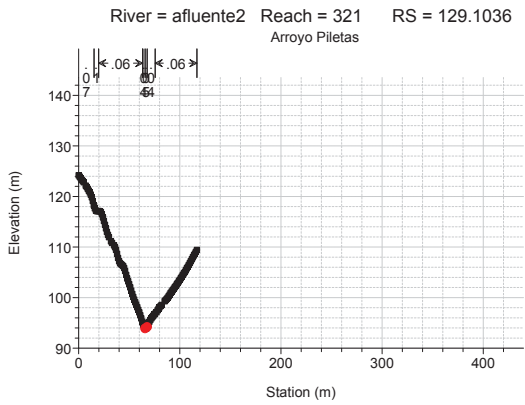
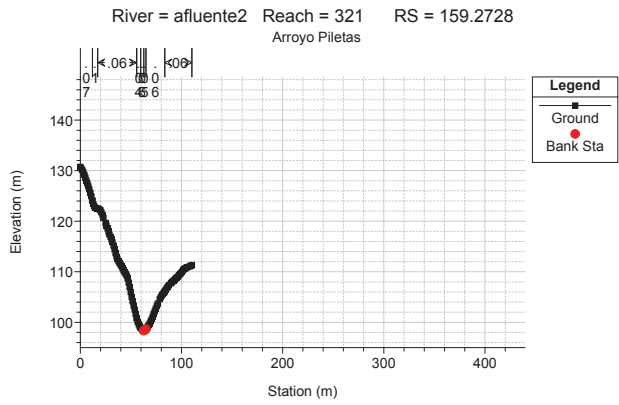
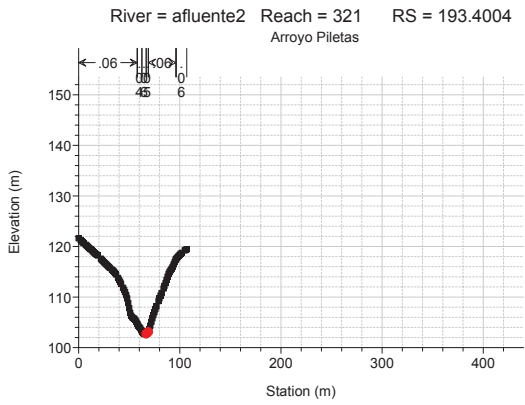
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



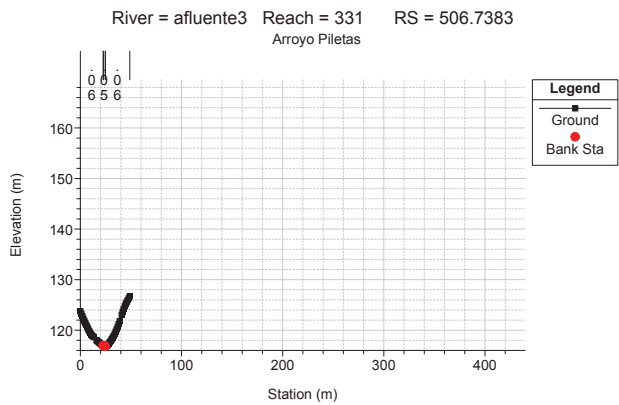
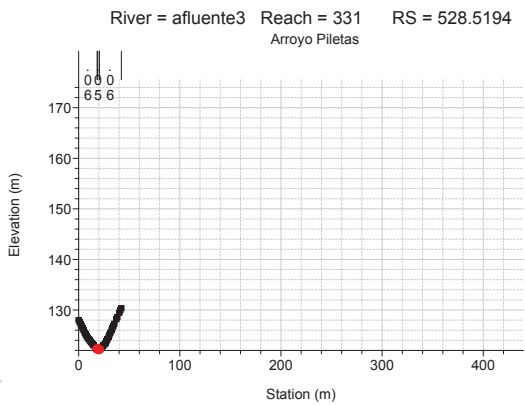
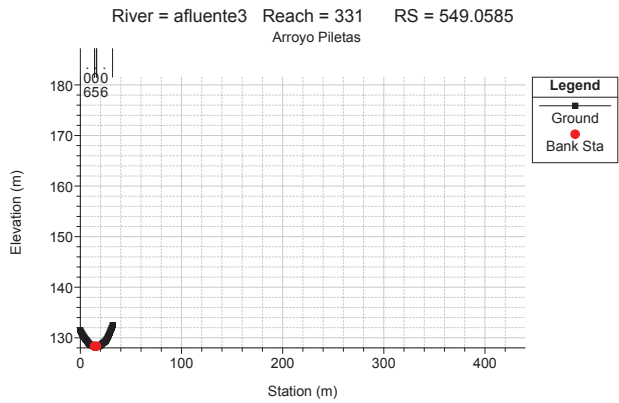
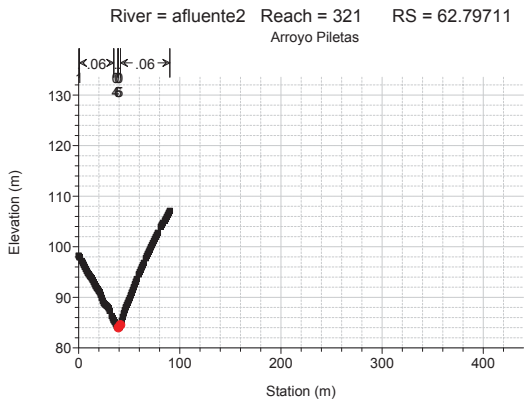
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



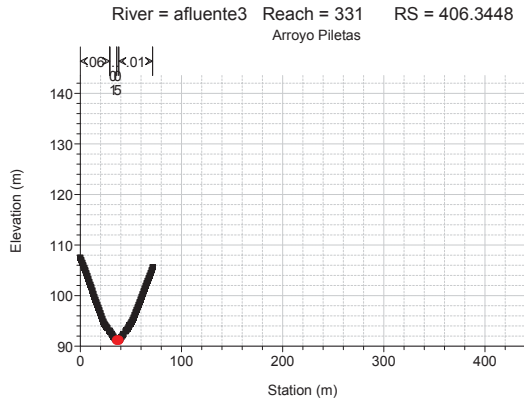
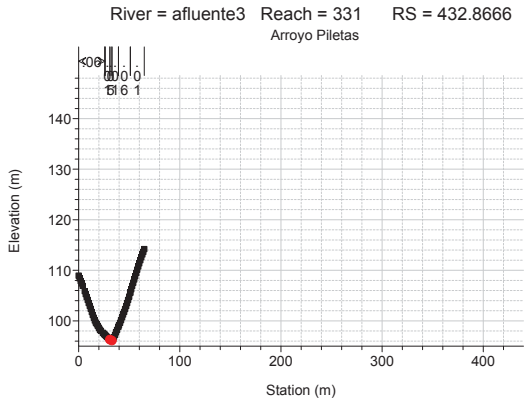
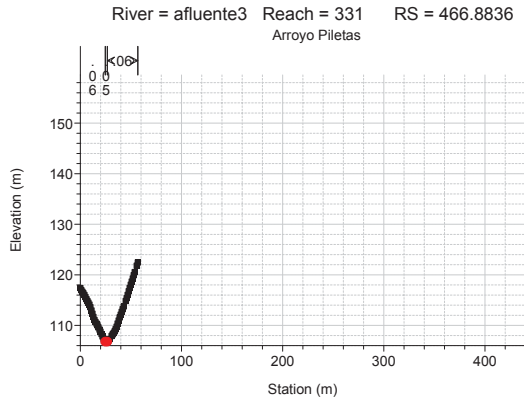
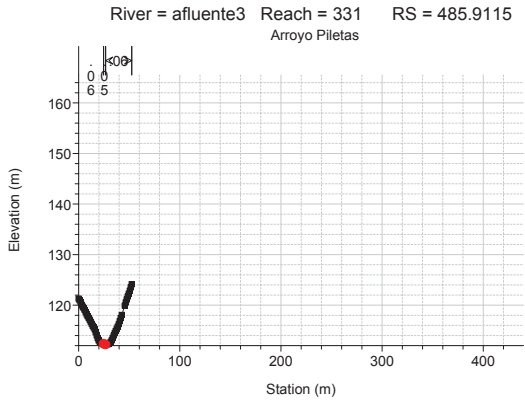
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



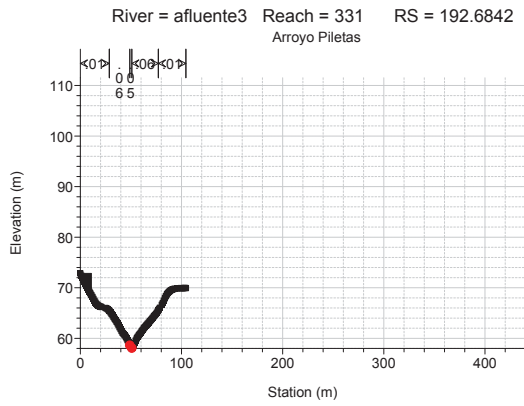
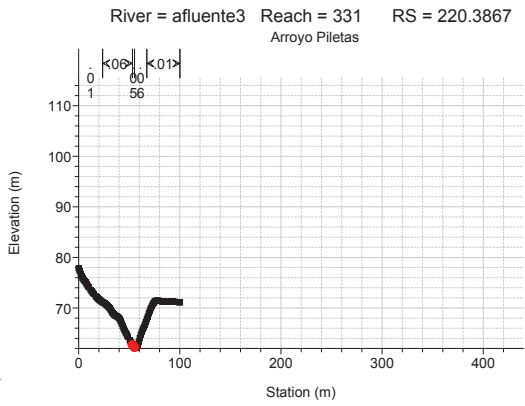
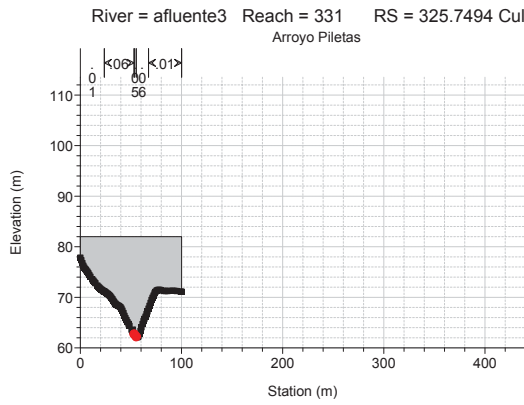
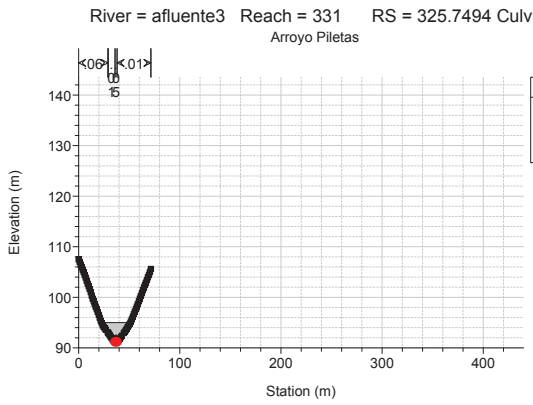
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



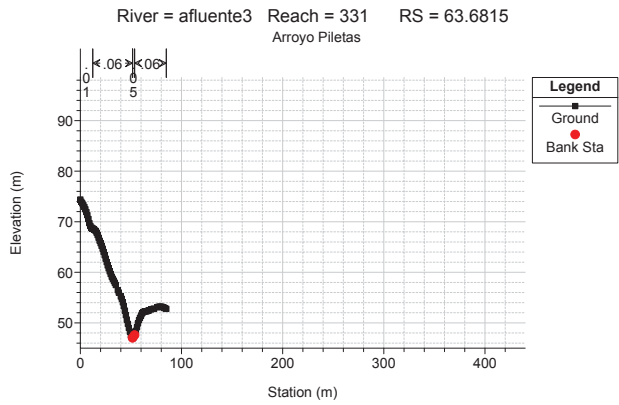
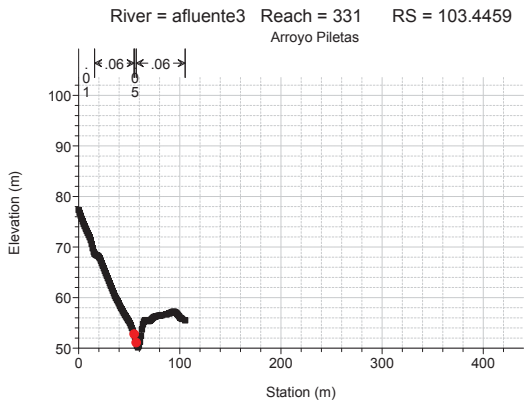
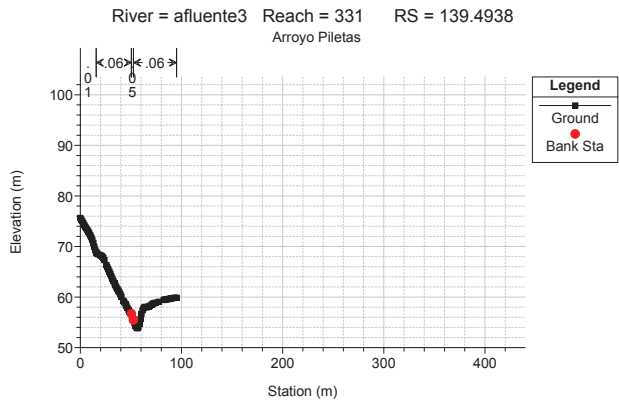
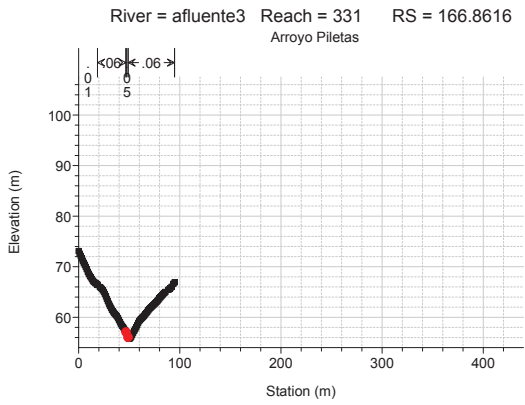
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



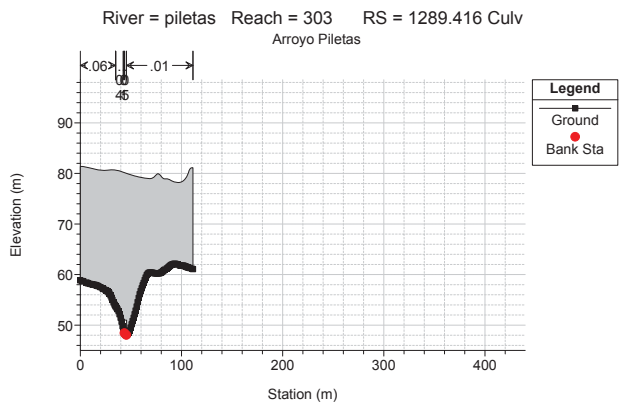
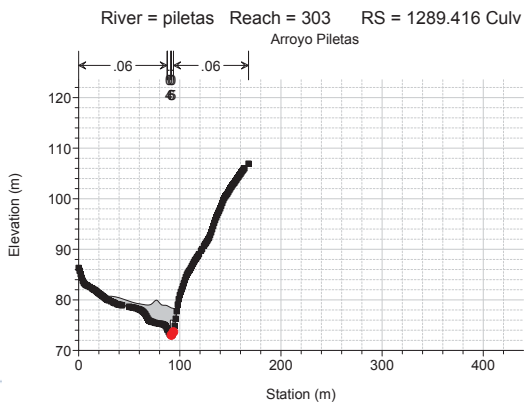
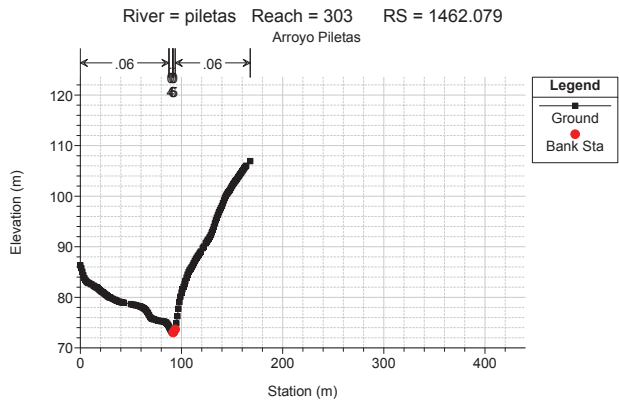
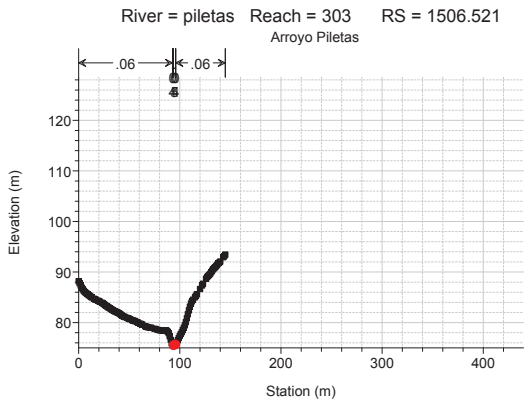
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



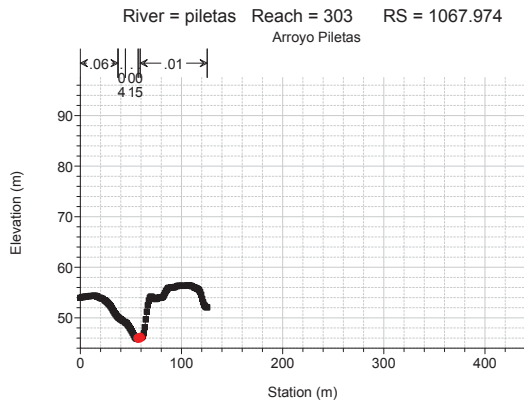
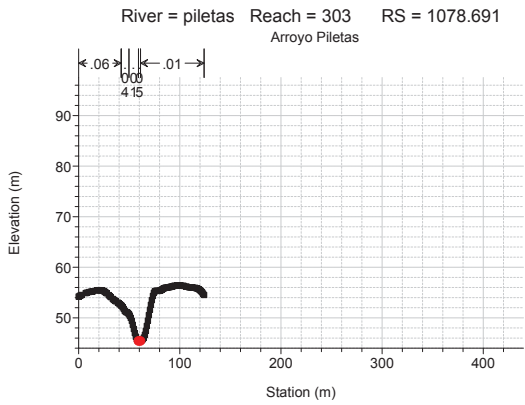
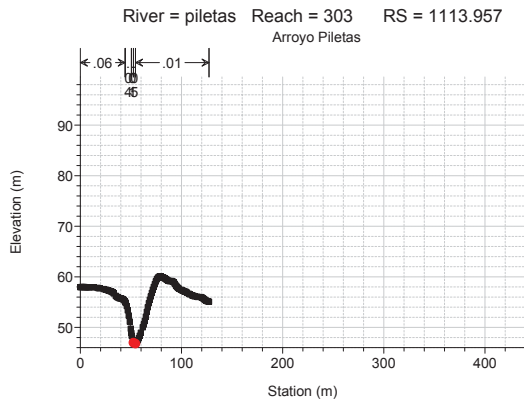
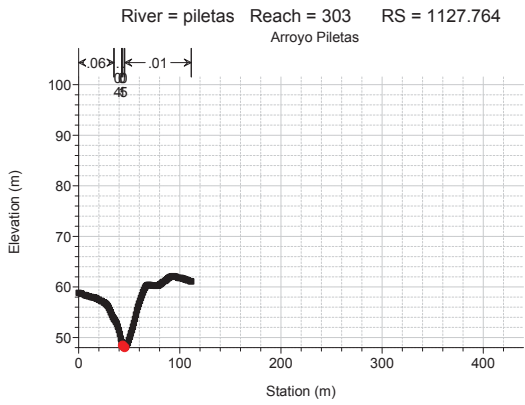
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



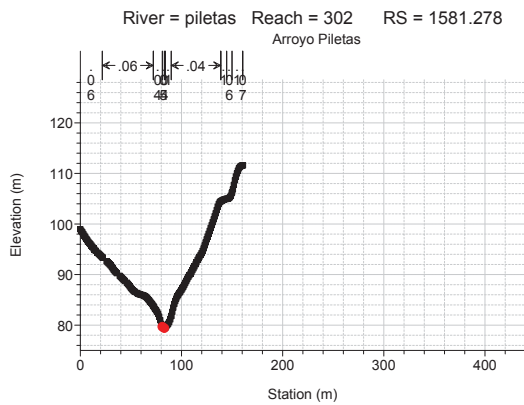
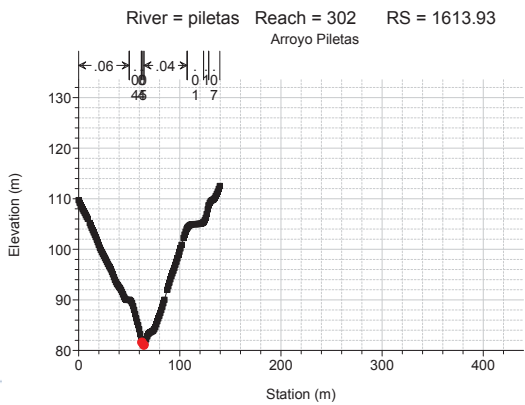
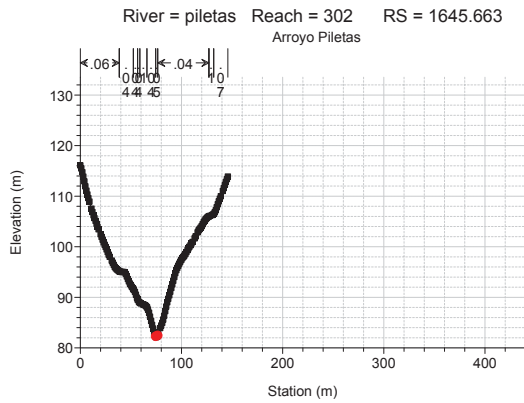
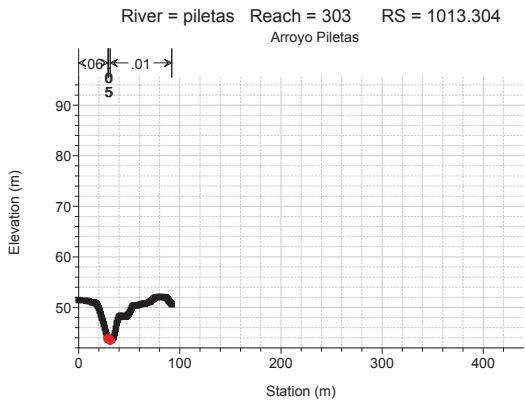
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



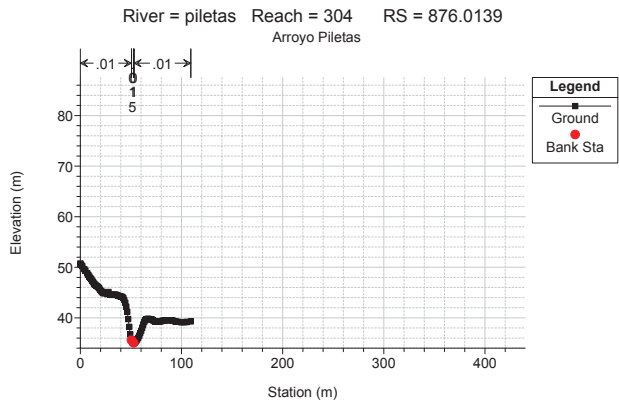
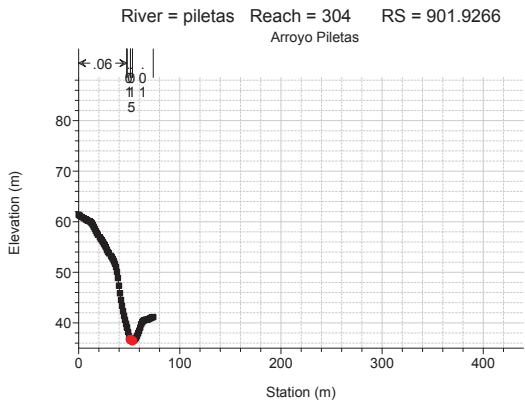
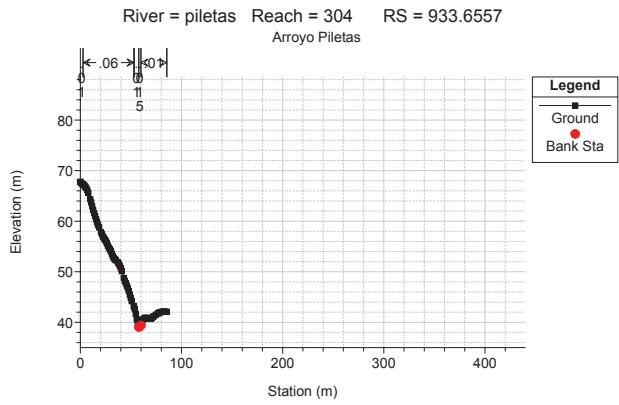
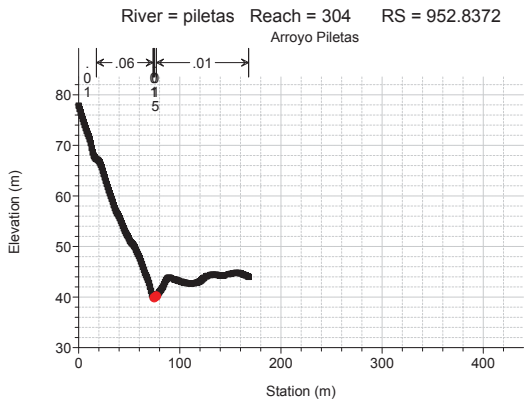
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



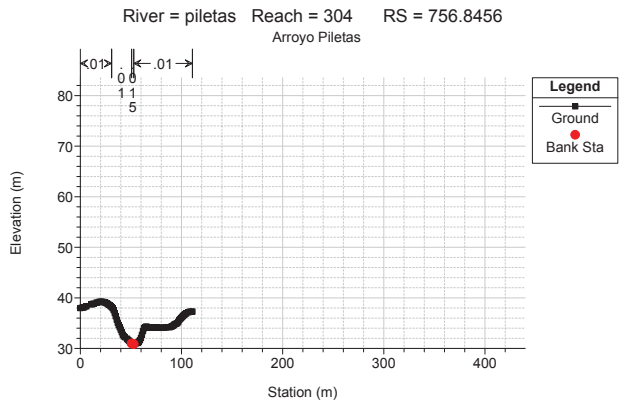
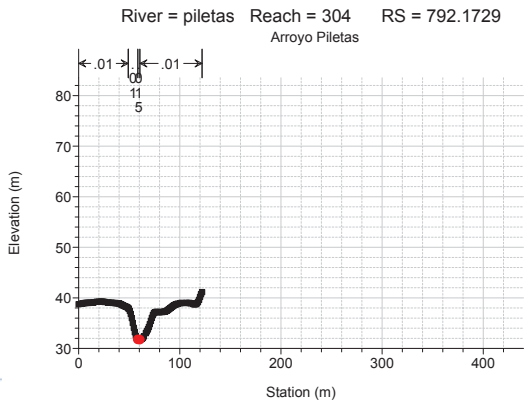
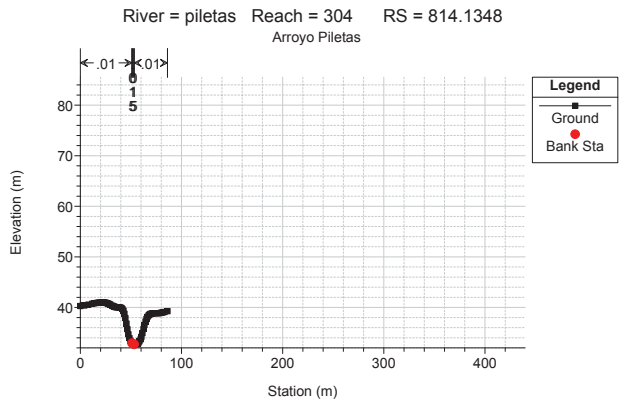
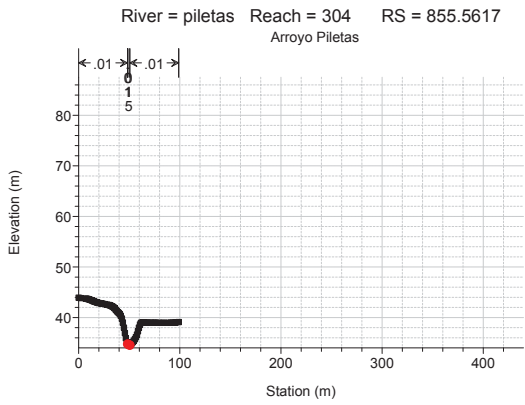
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



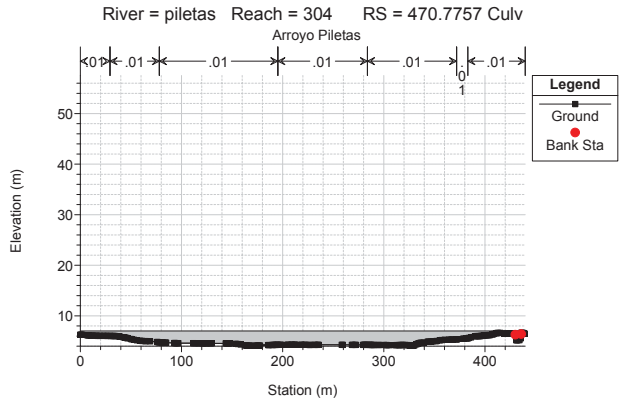
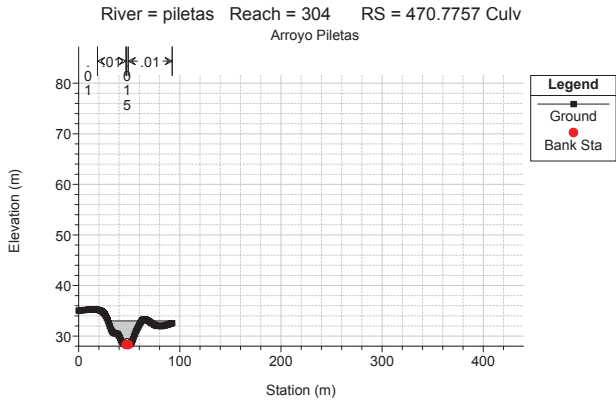
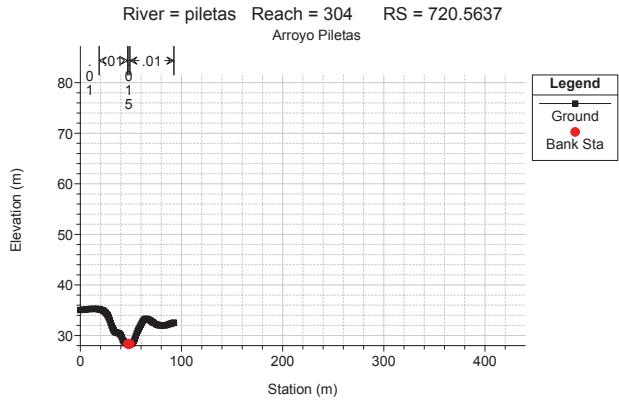
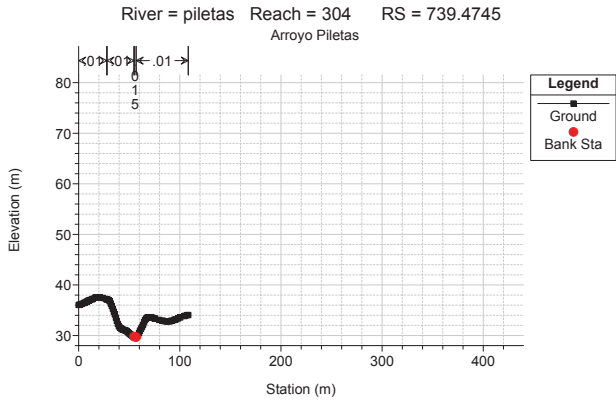
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



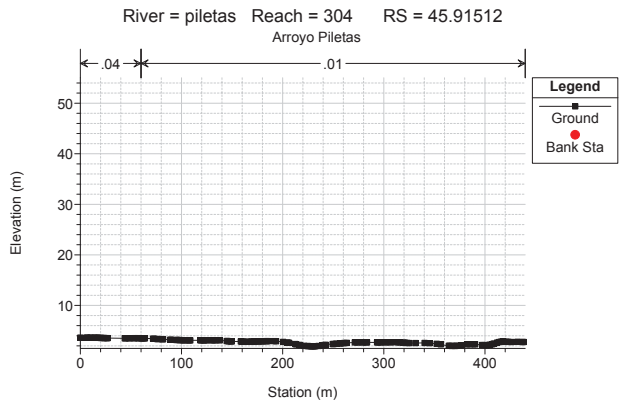
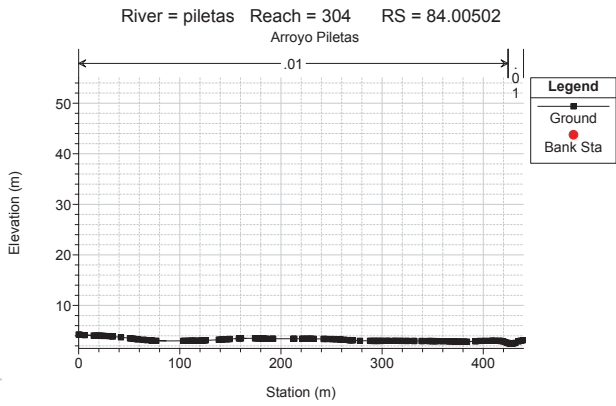
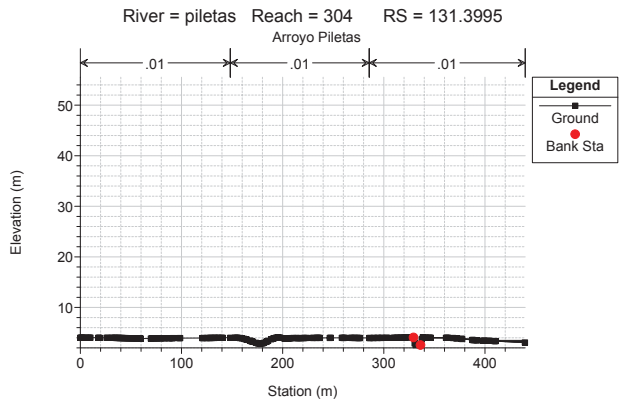
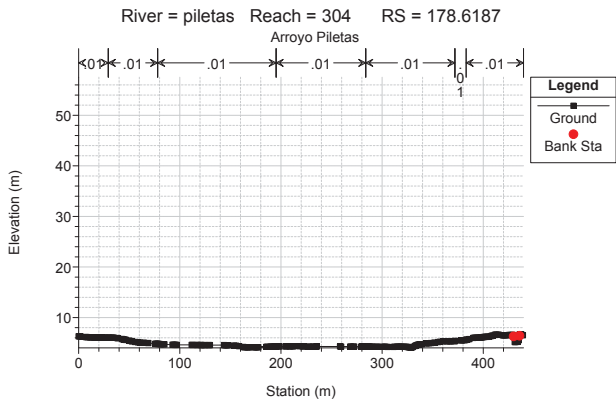
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



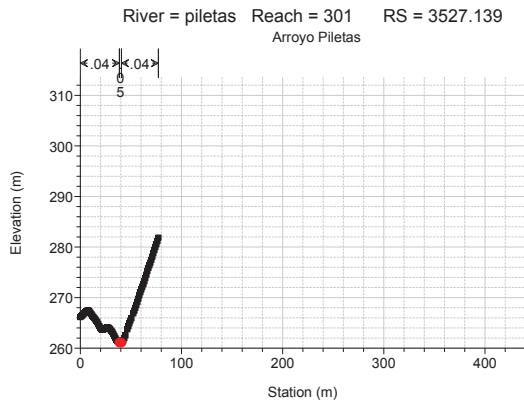
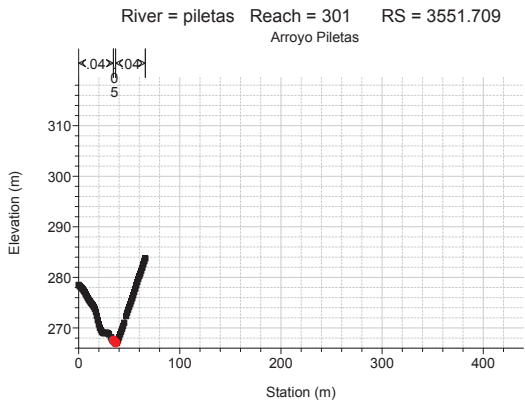
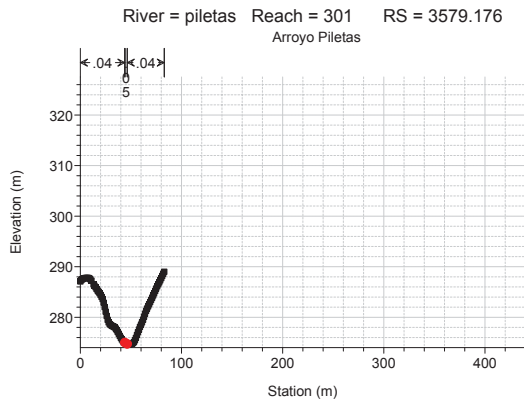
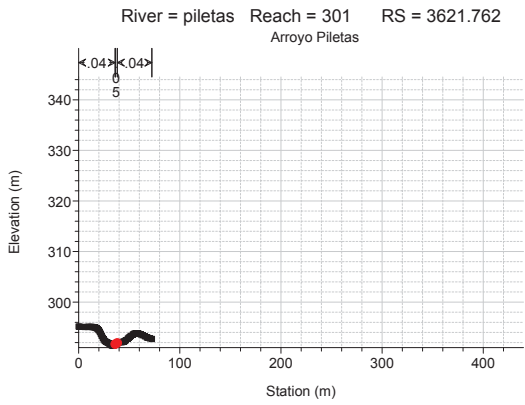
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



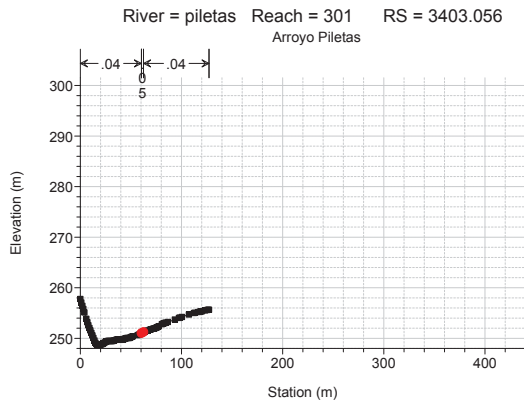
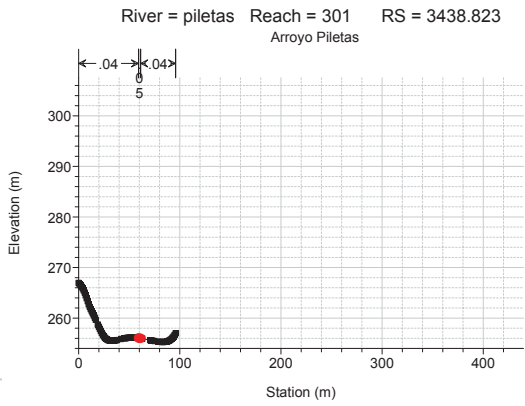
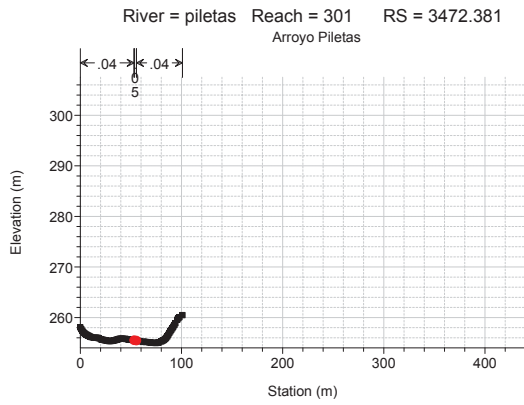
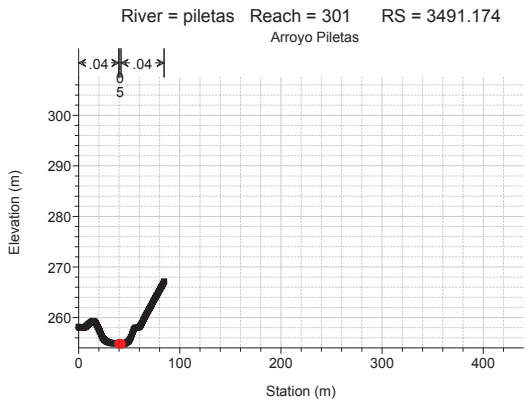
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



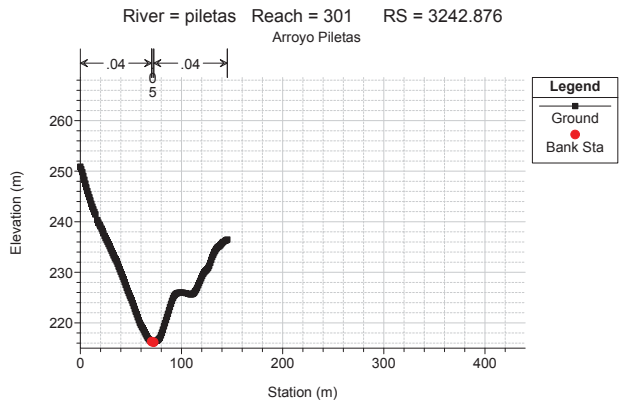
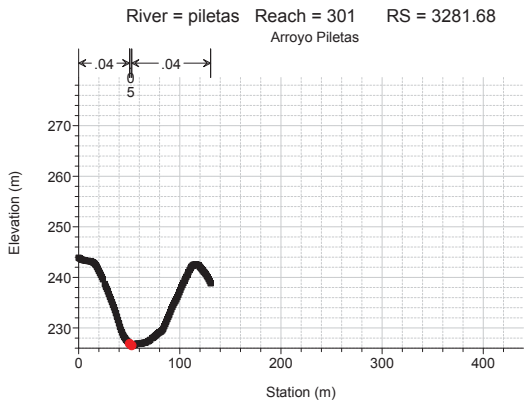
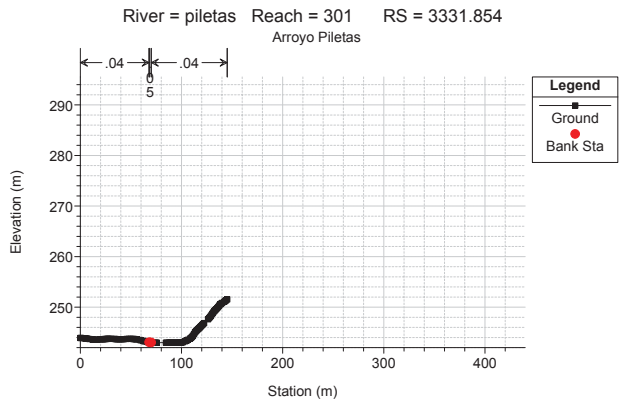
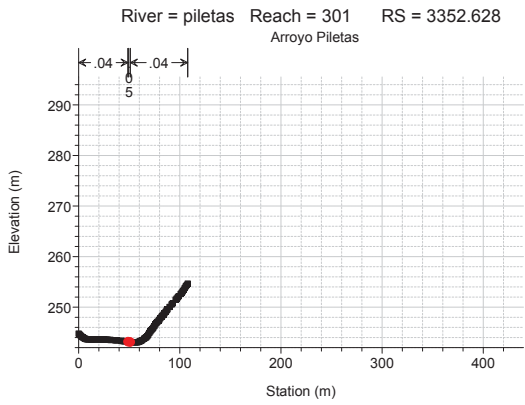
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



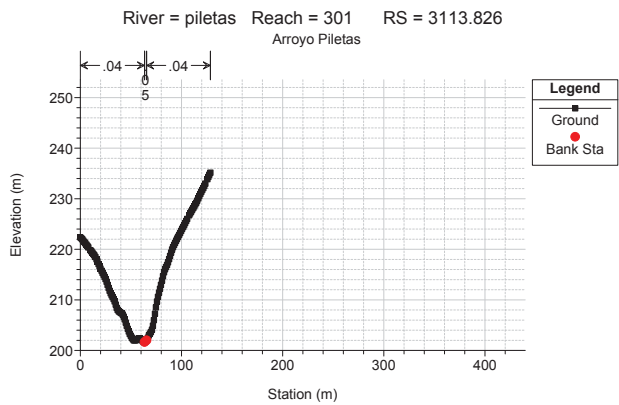
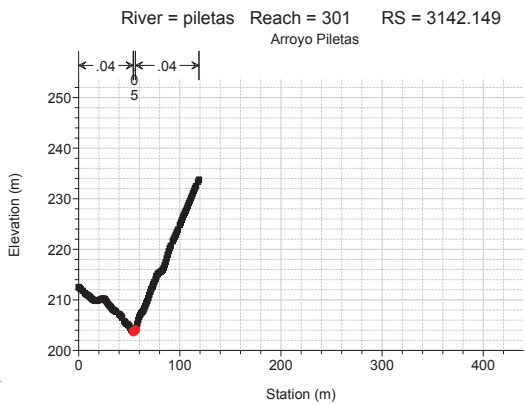
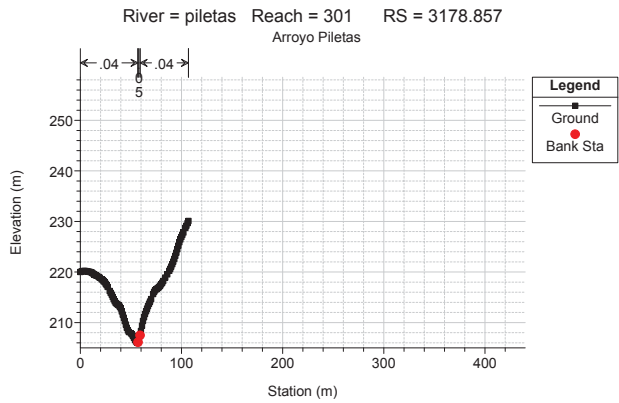
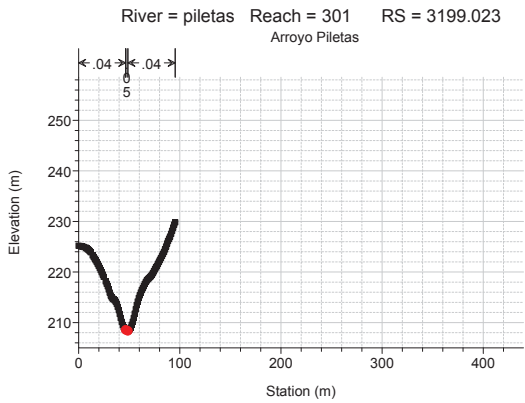
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



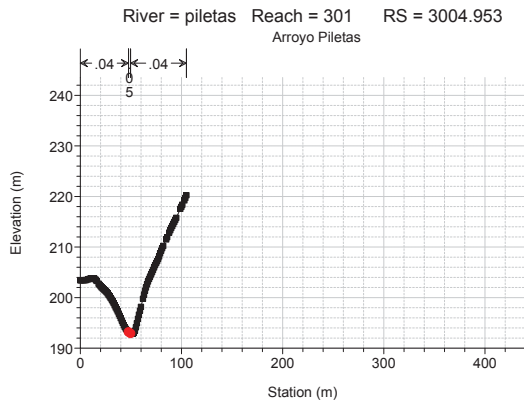
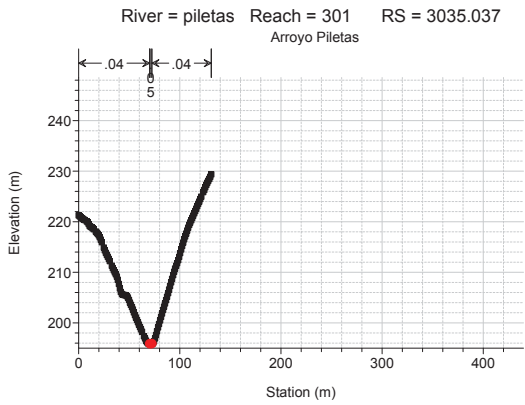
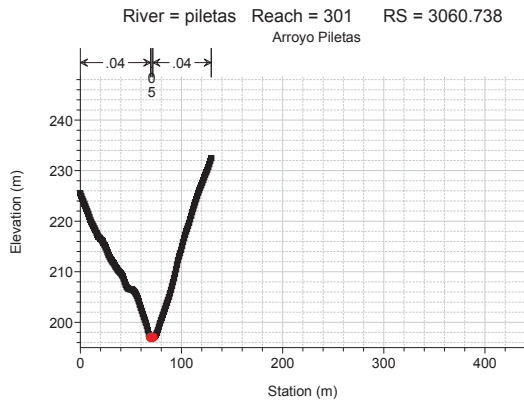
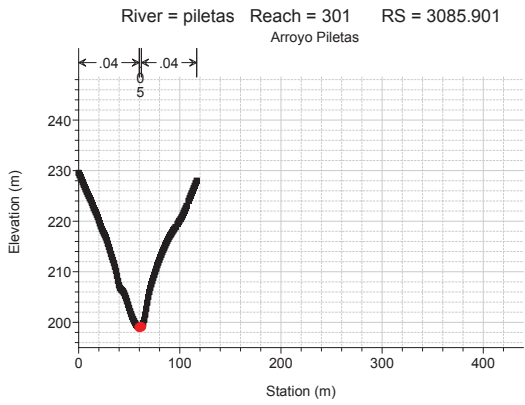
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



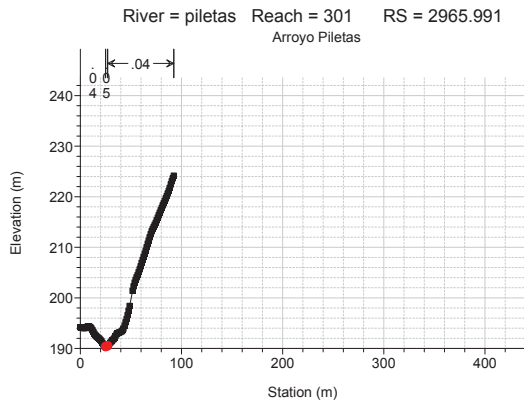
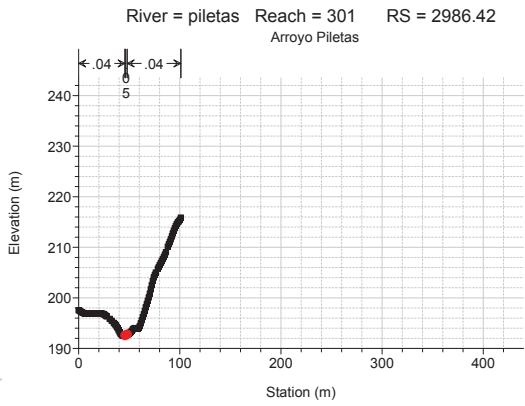
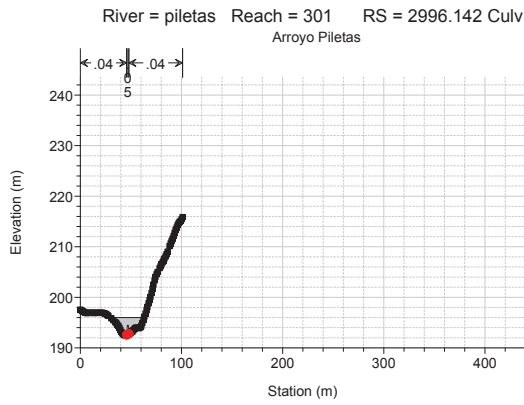
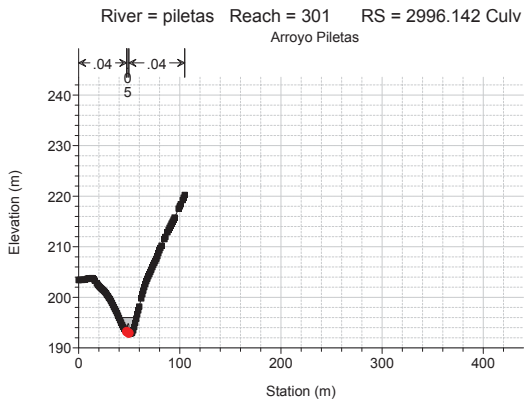
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



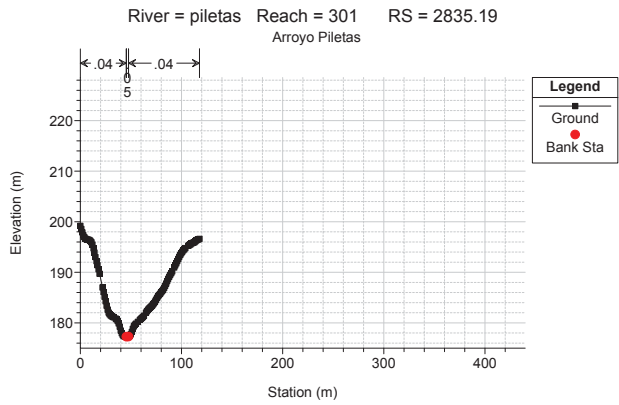
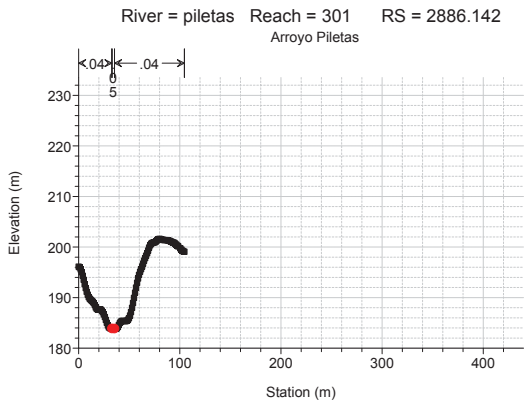
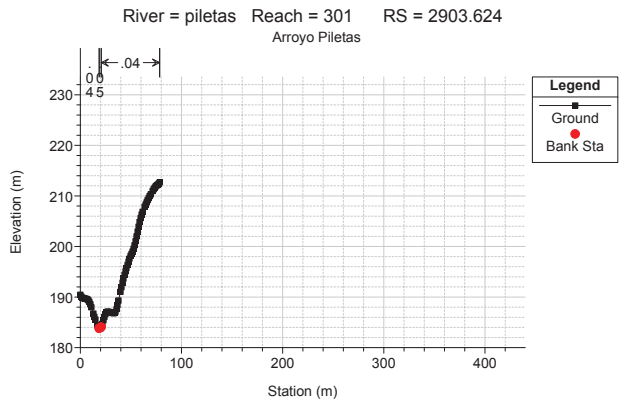
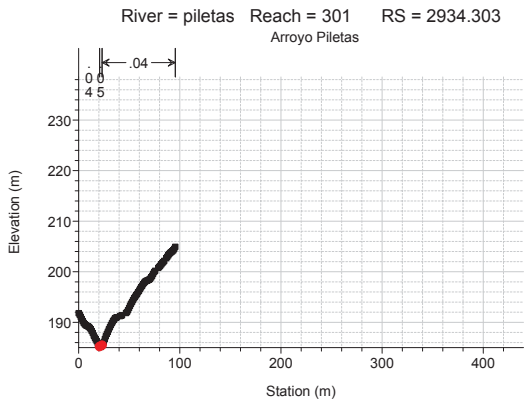
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



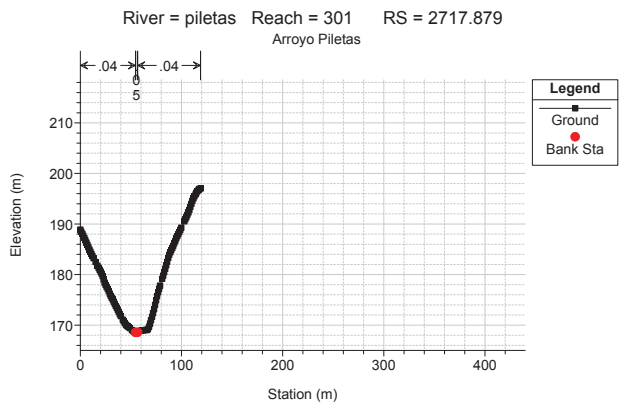
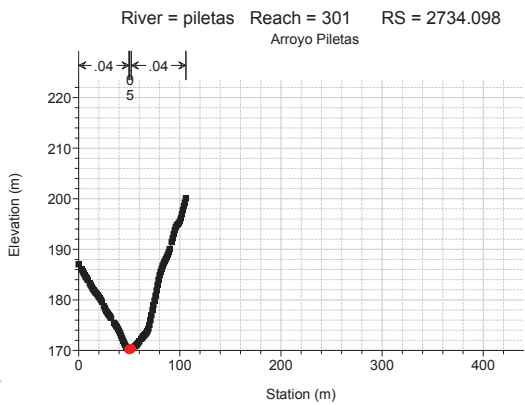
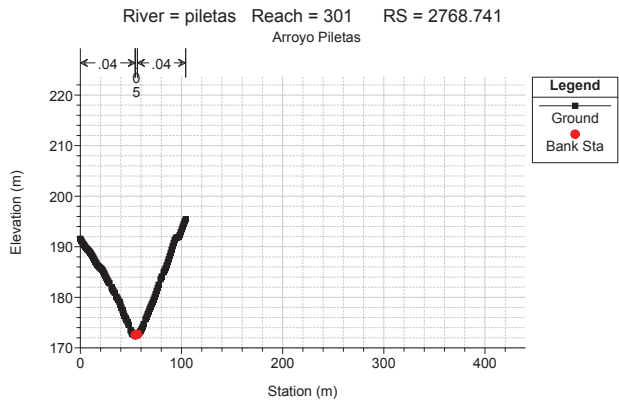
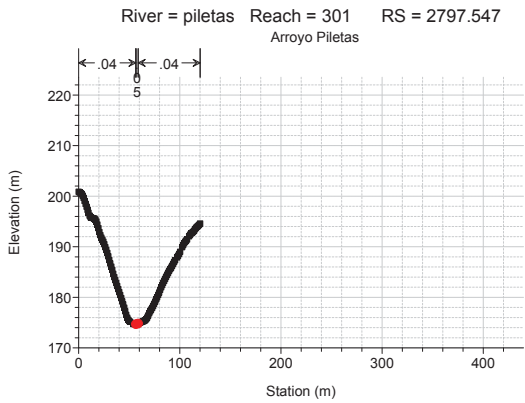
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



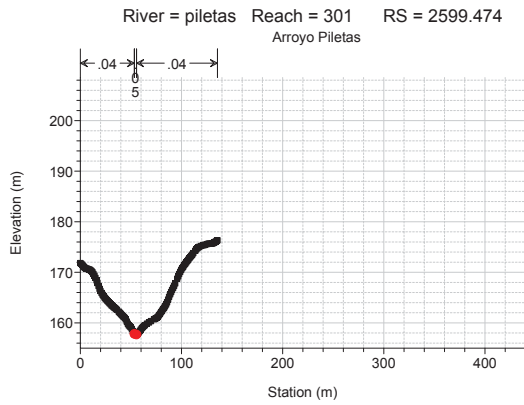
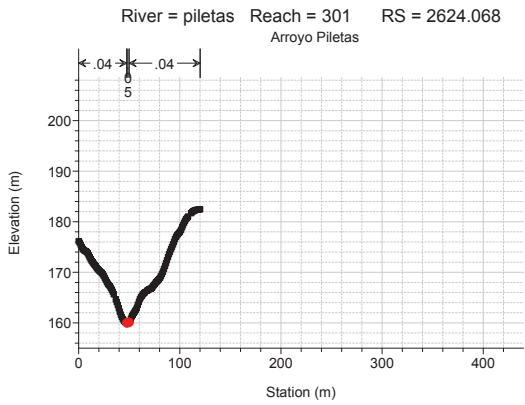
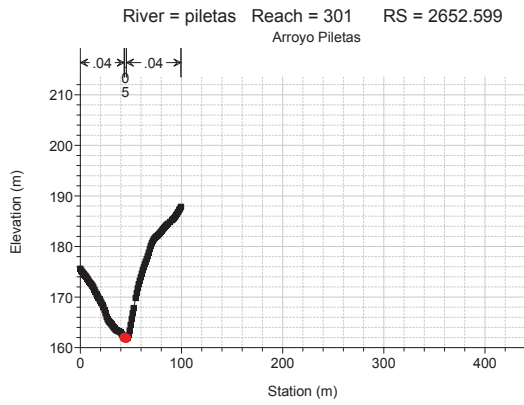
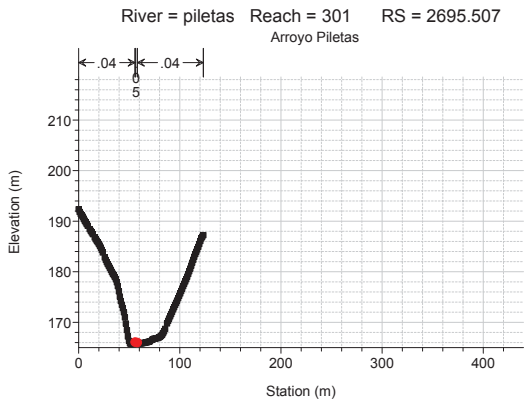
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



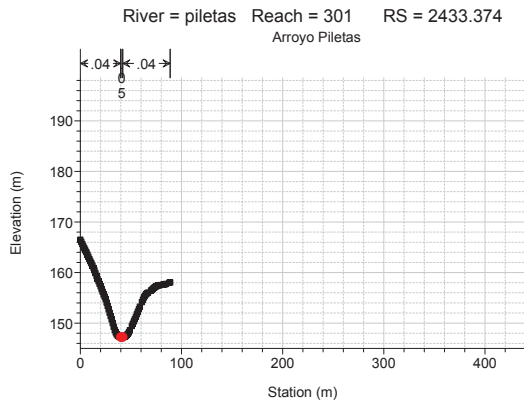
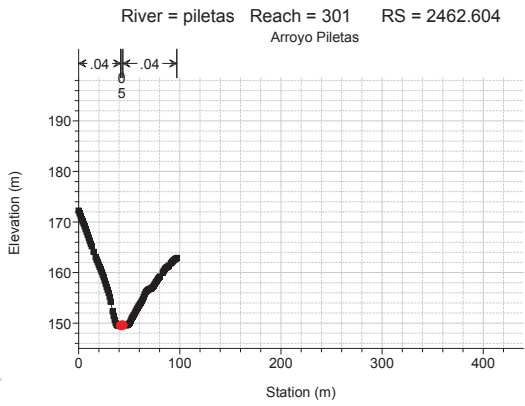
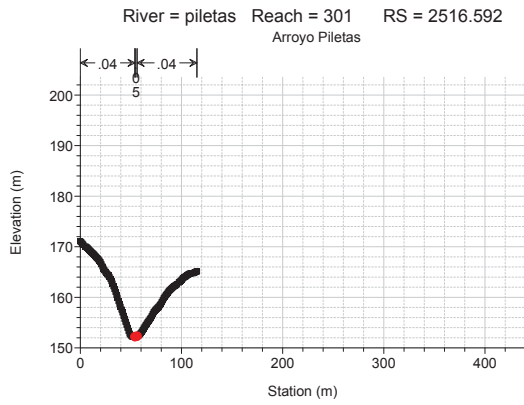
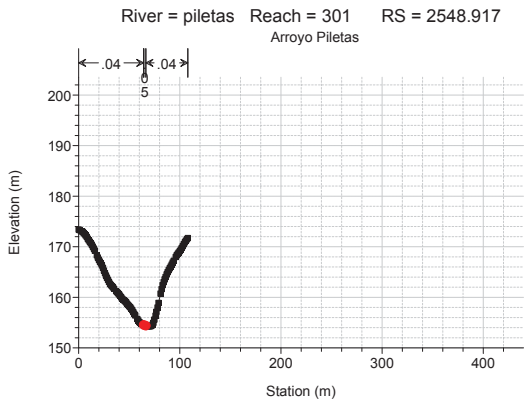
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



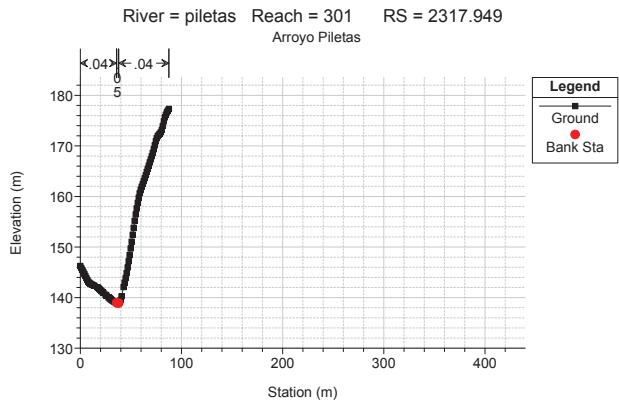
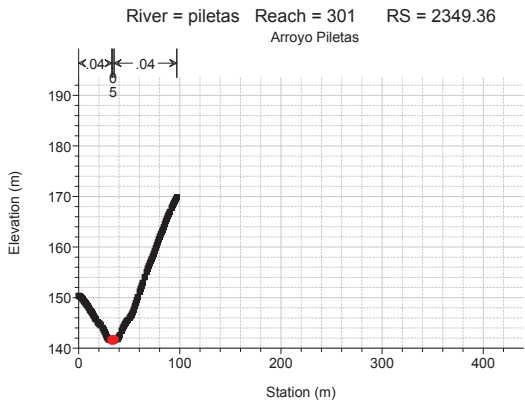
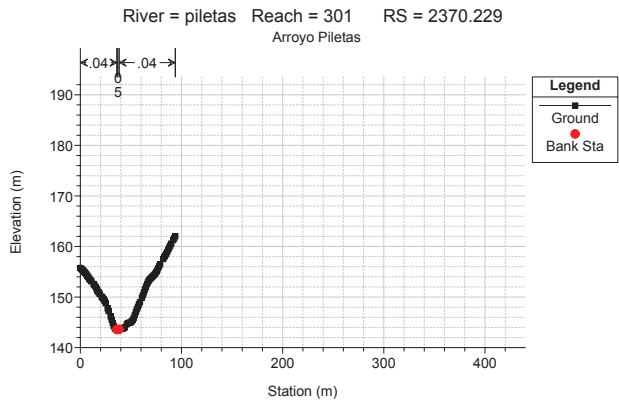
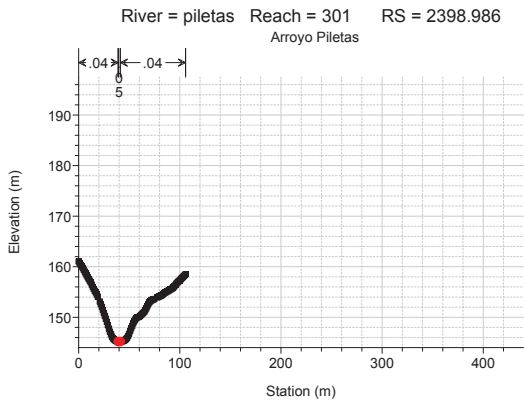
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



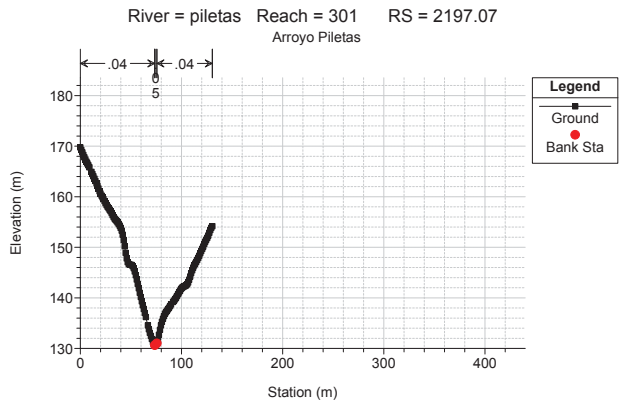
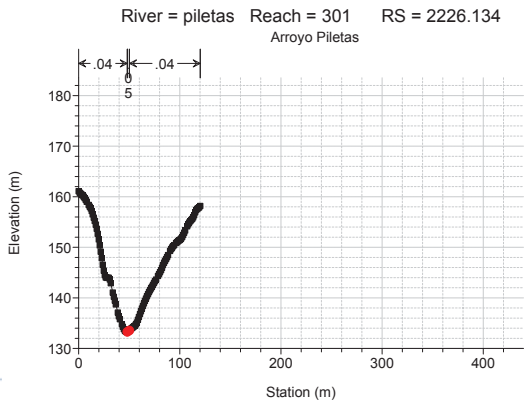
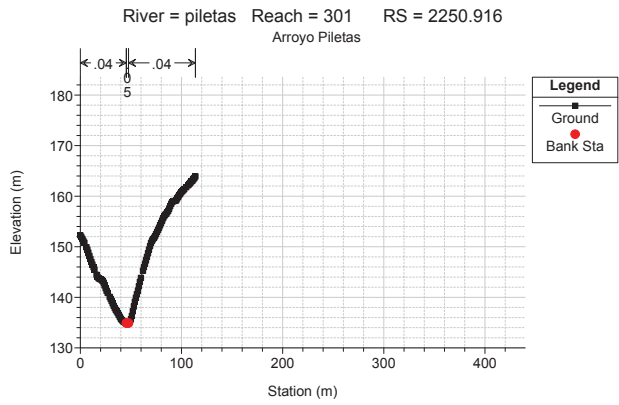
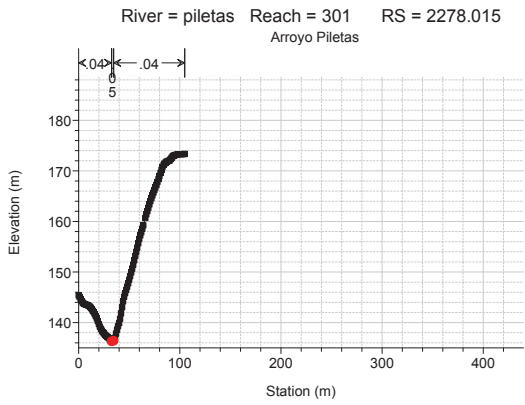
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



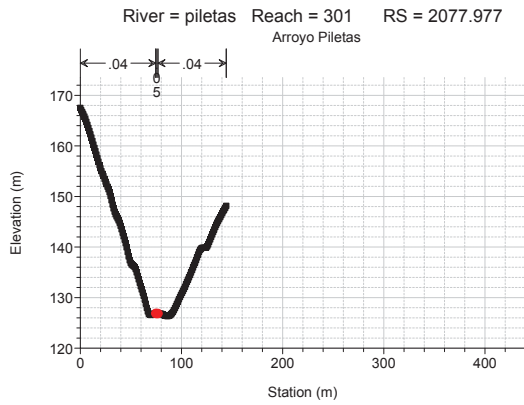
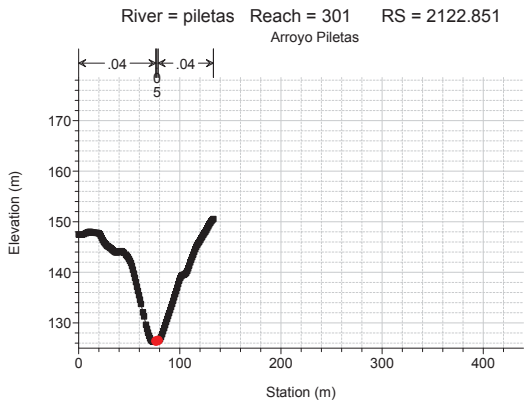
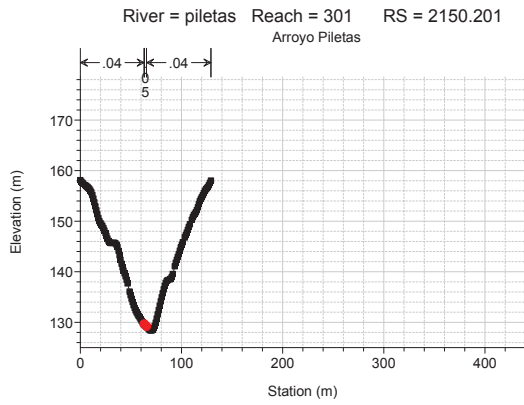
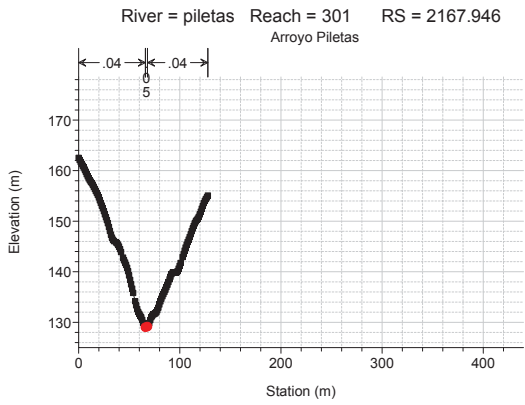
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



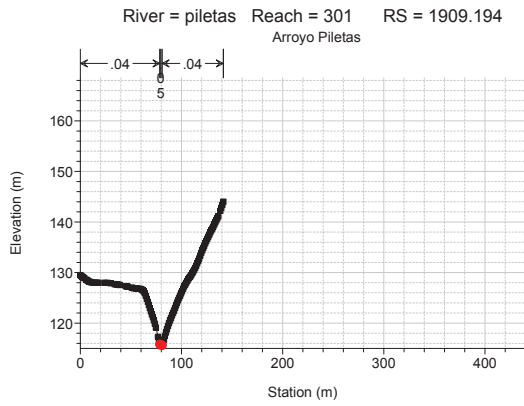
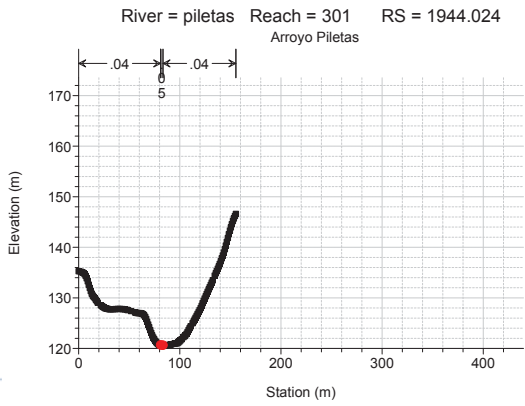
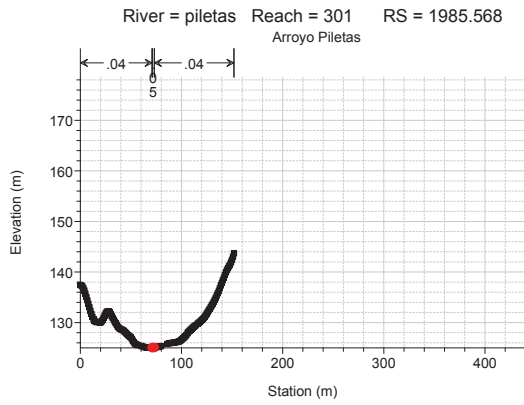
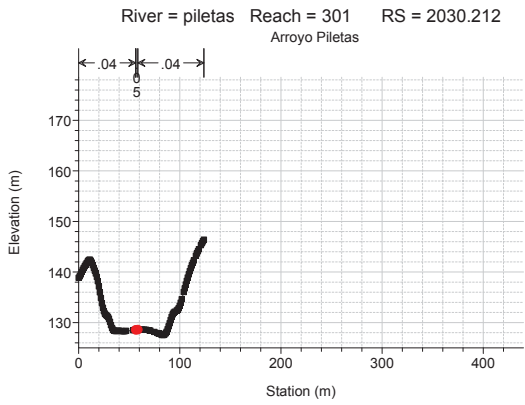
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



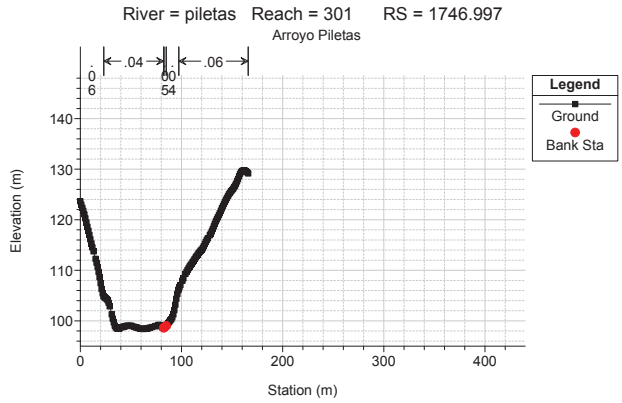
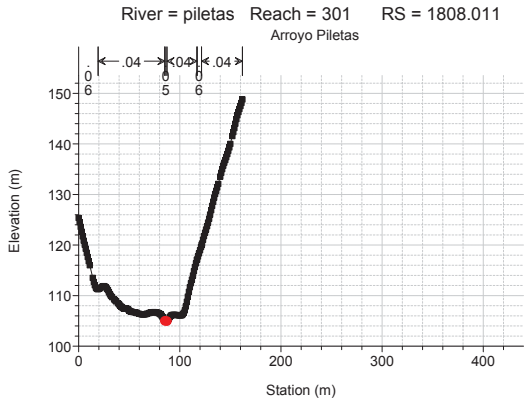
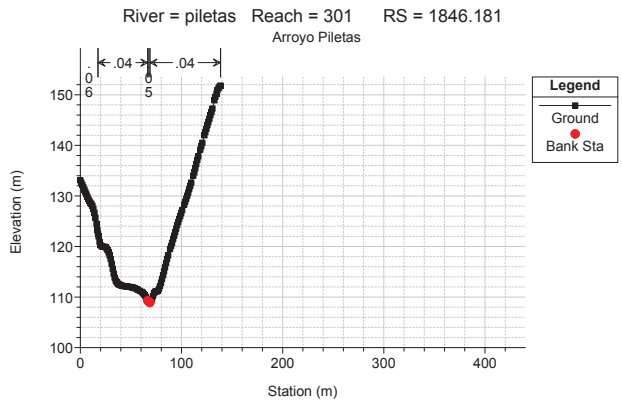
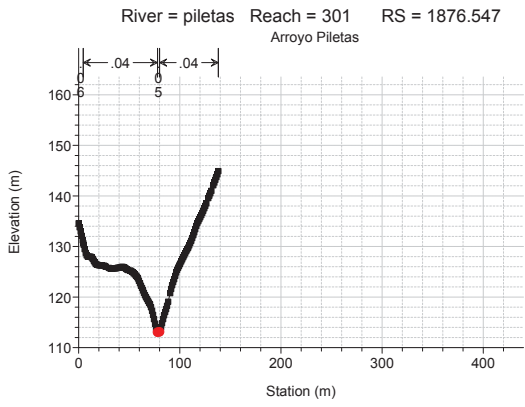
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



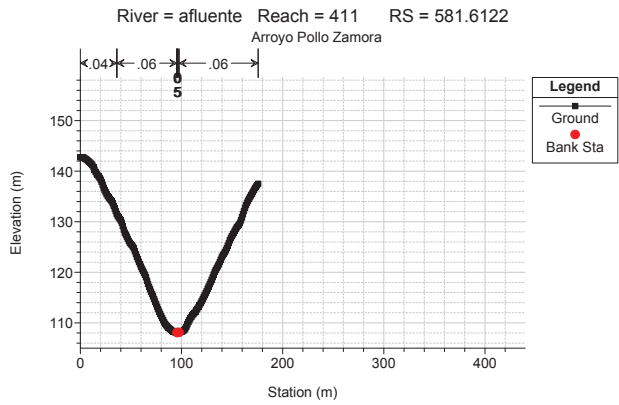
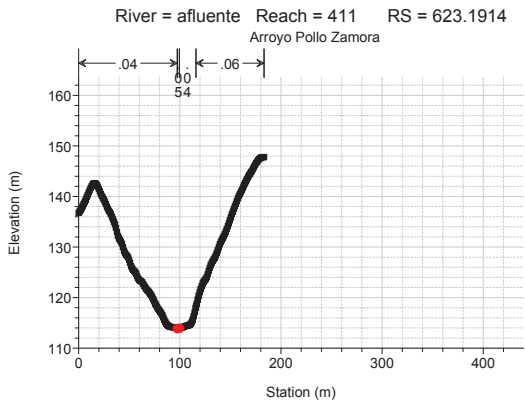
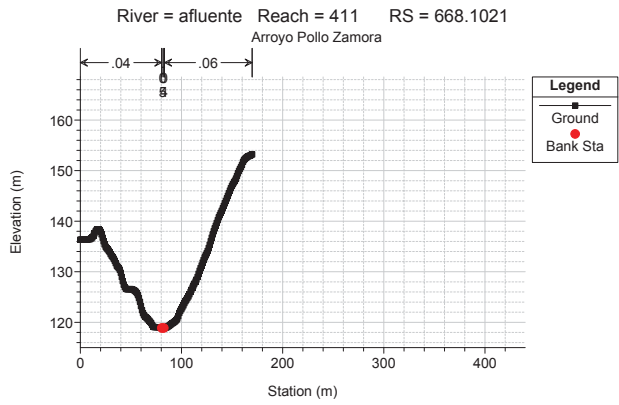
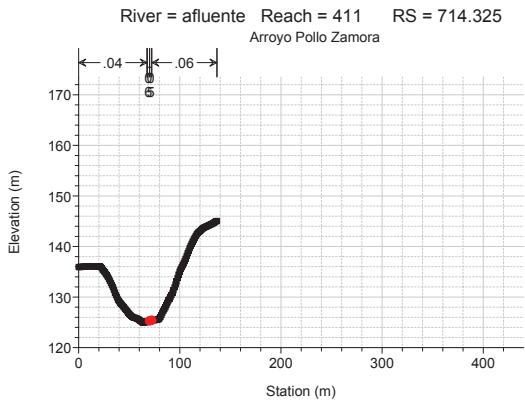
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



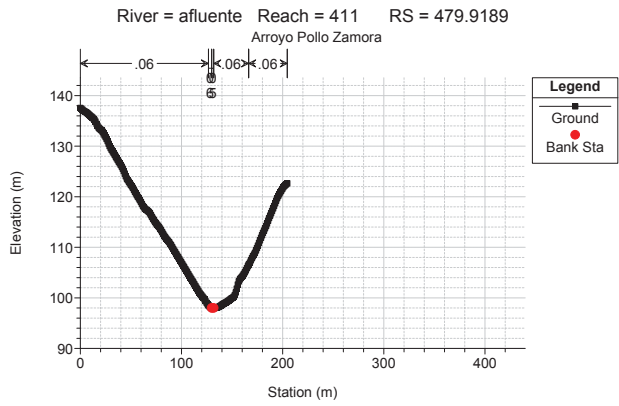
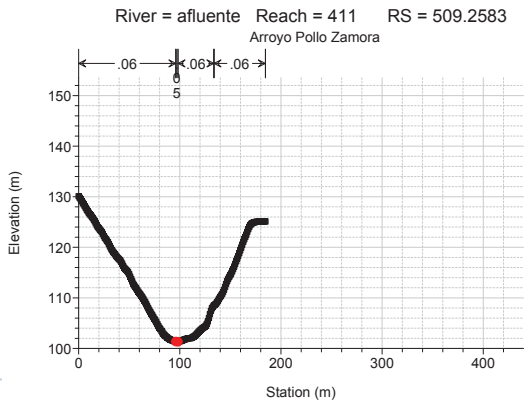
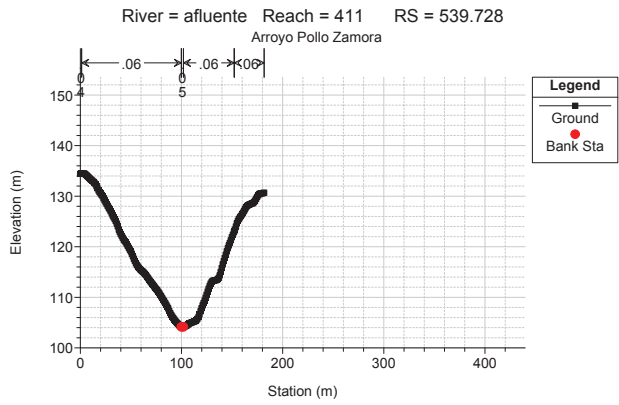
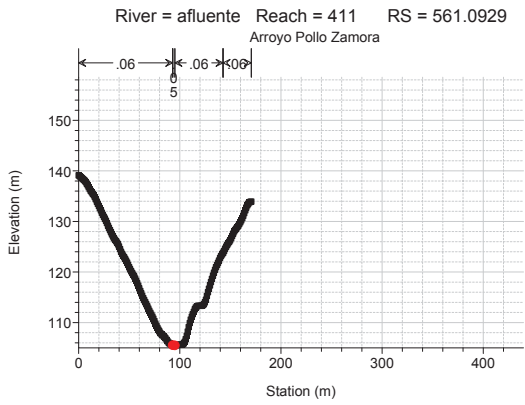
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m

4.

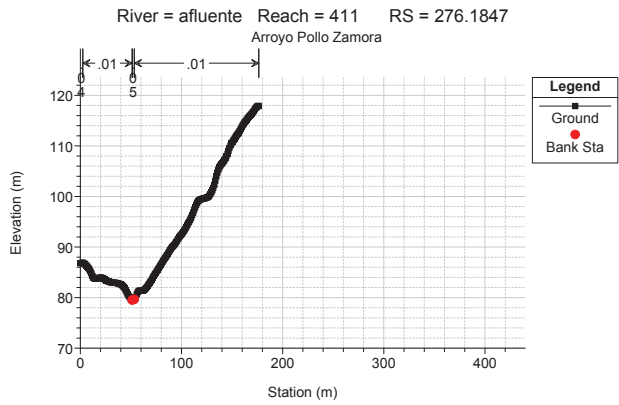
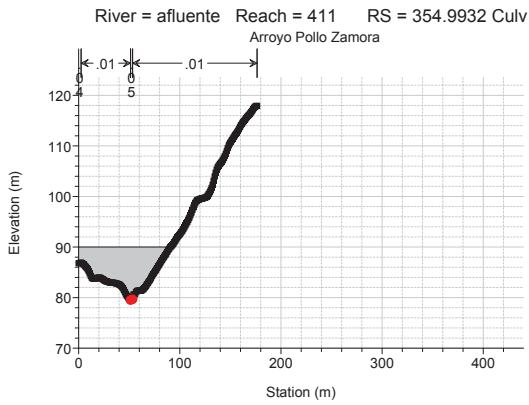
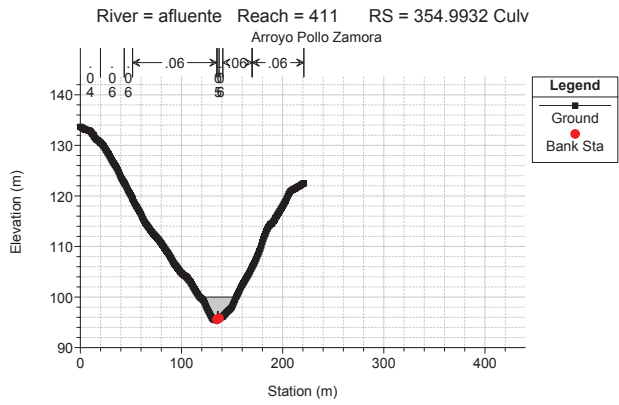
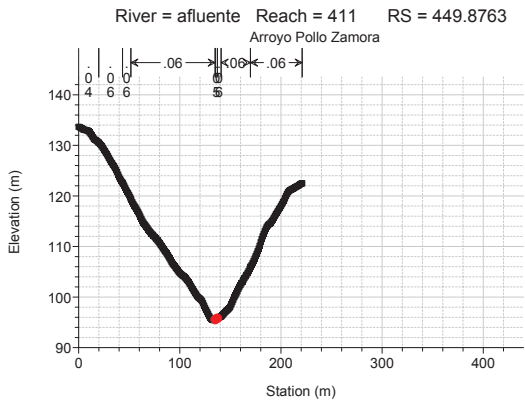
Secciones transversales de control. Arroyo Pollo Zamora.



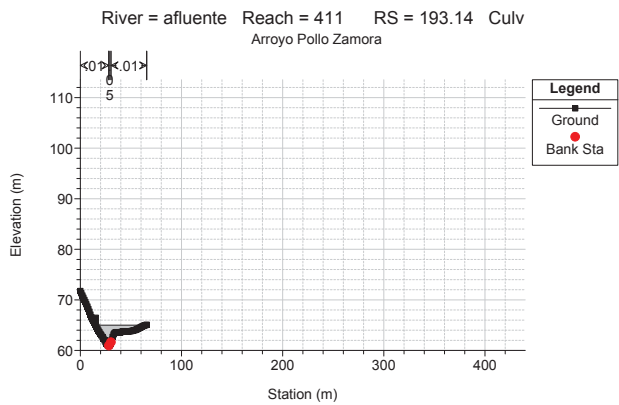
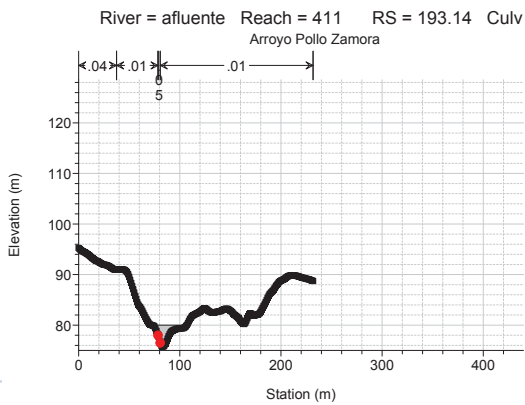
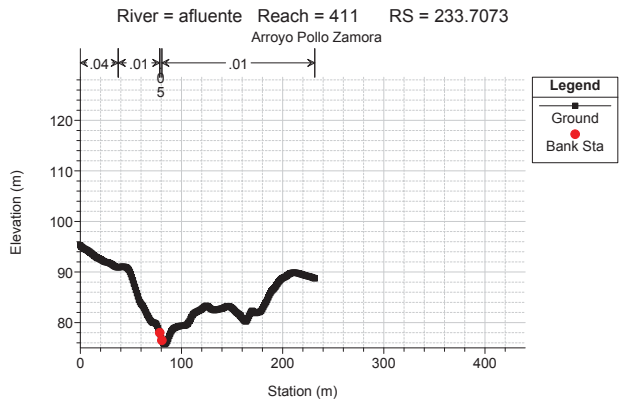
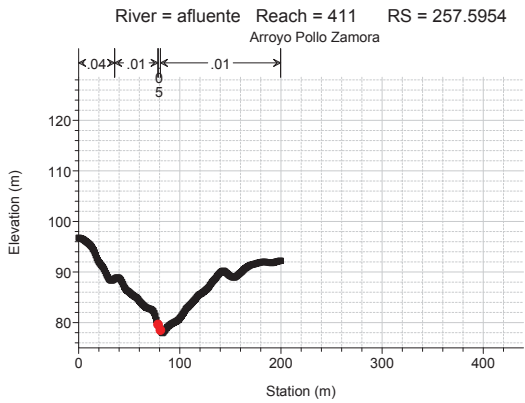
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



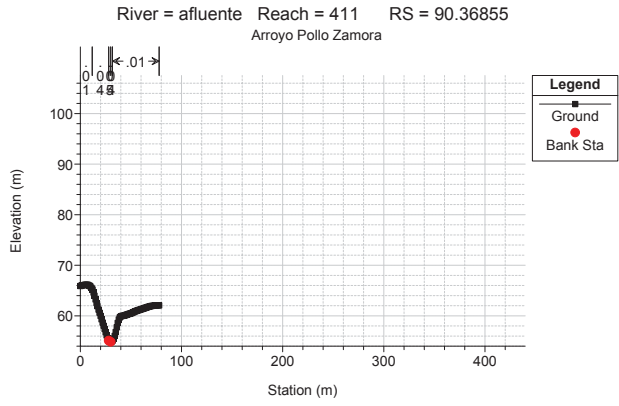
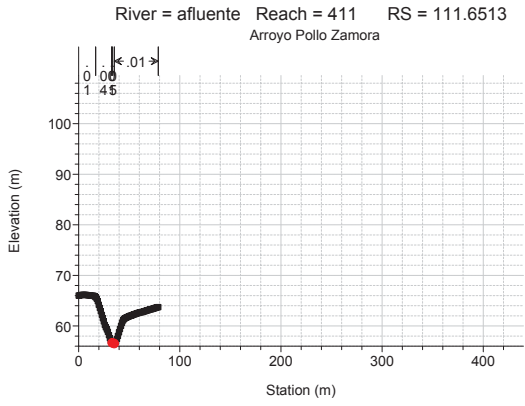
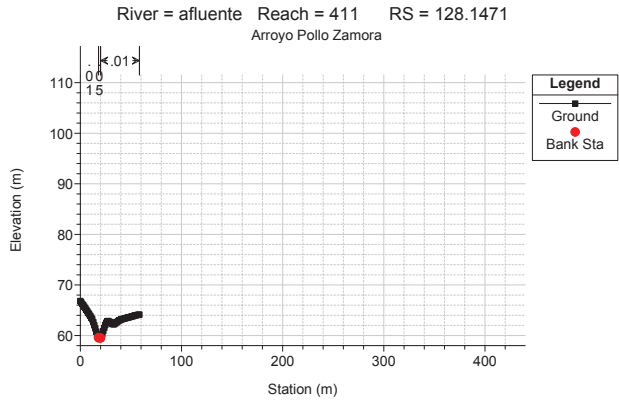
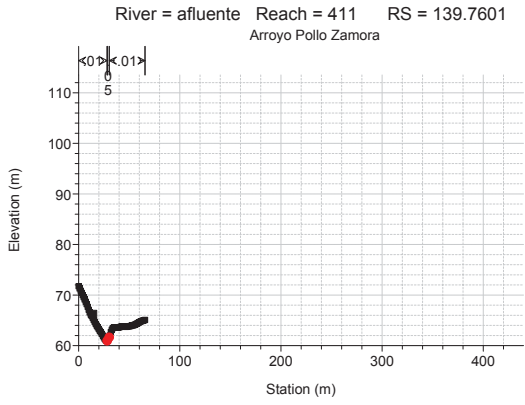
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



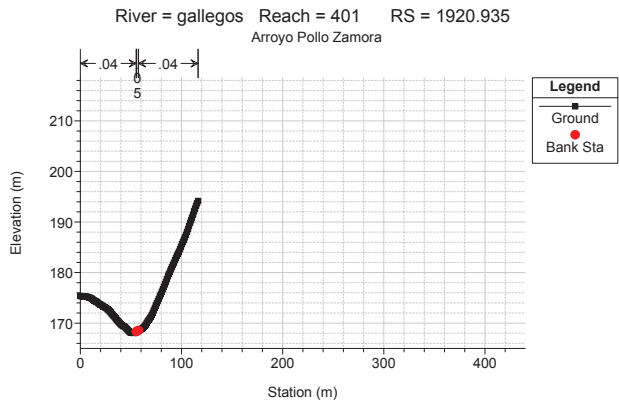
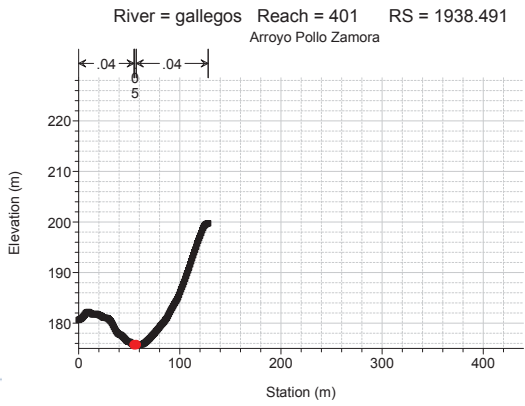
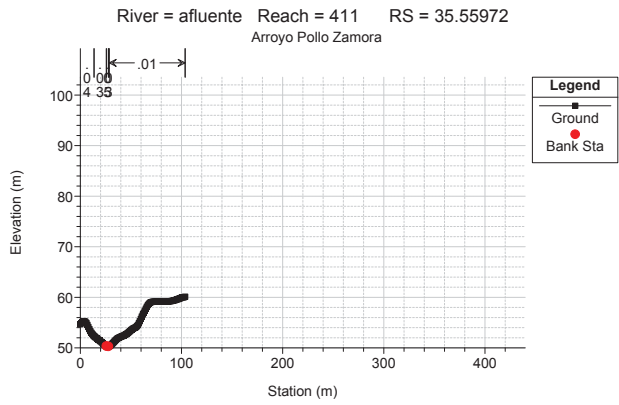
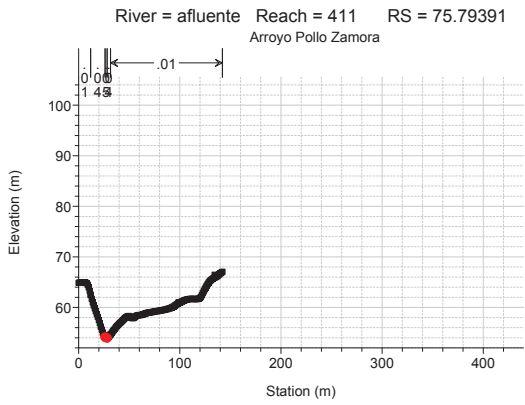
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



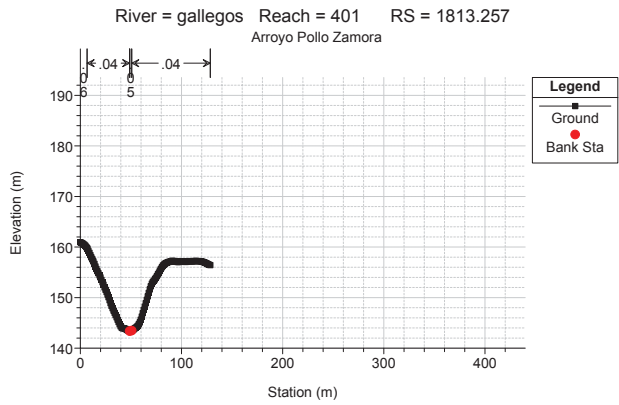
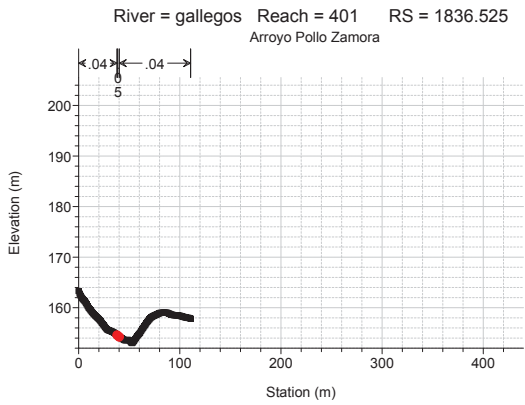
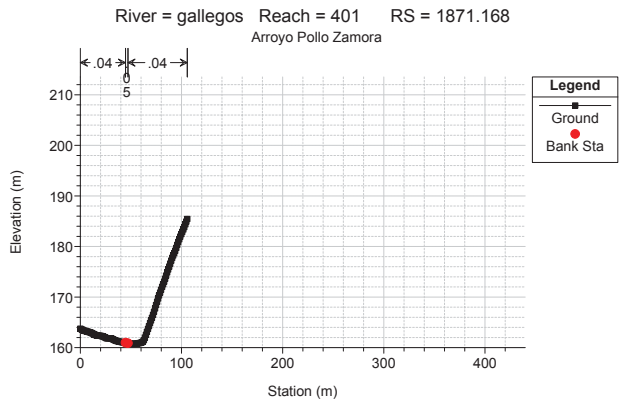
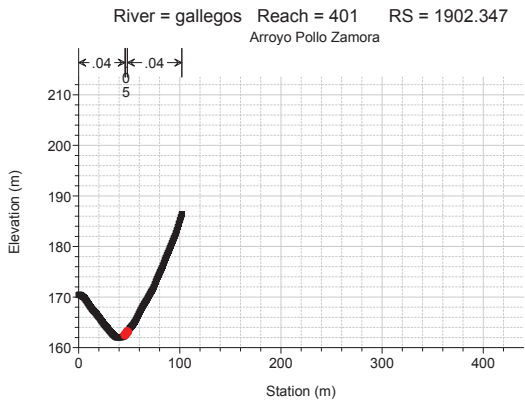
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



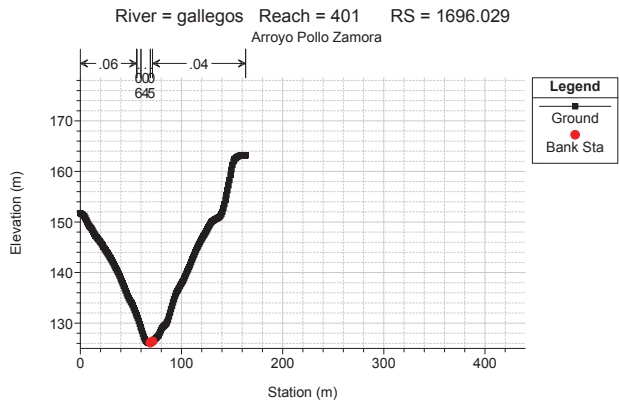
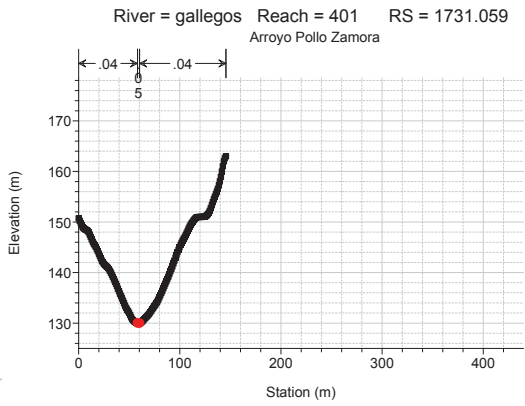
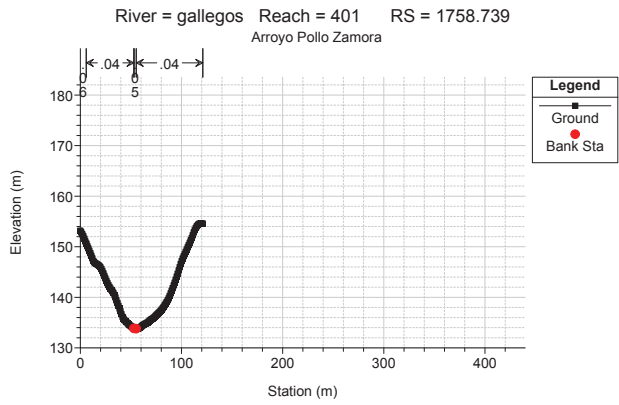
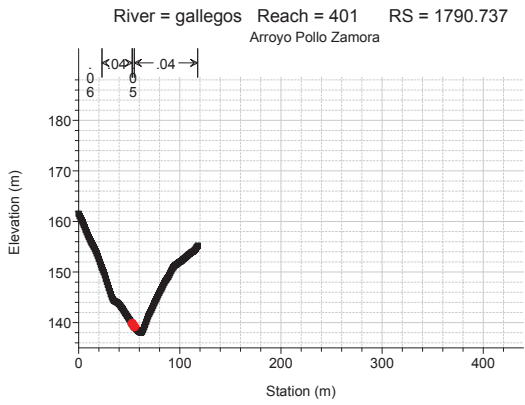
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



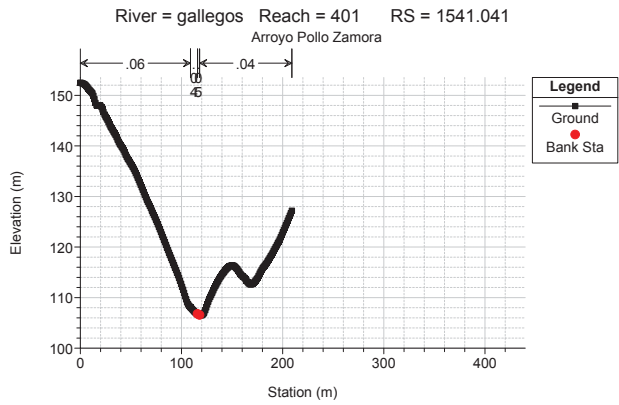
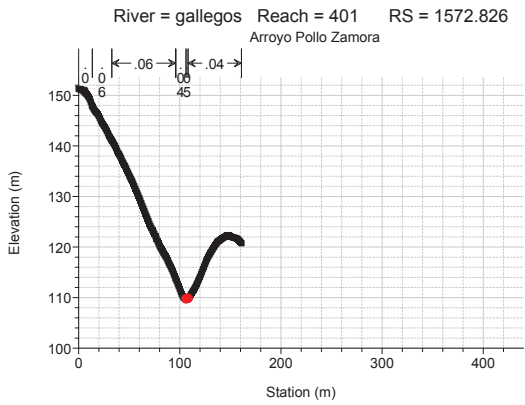
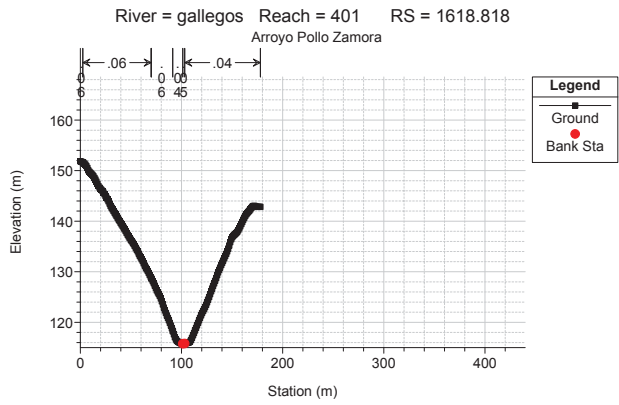
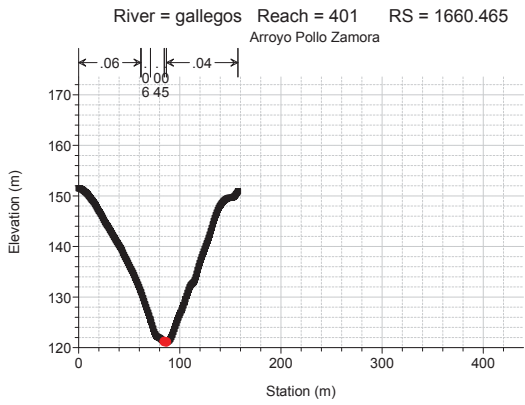
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



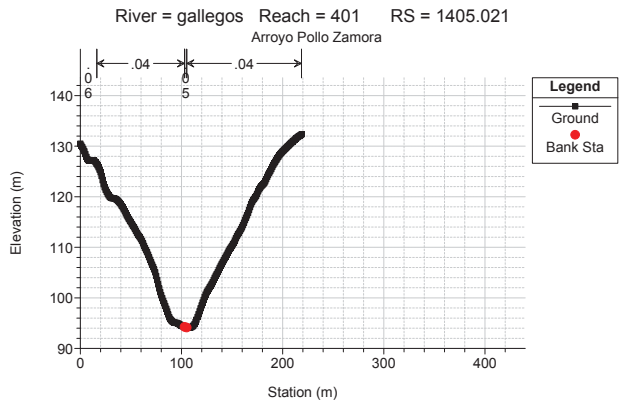
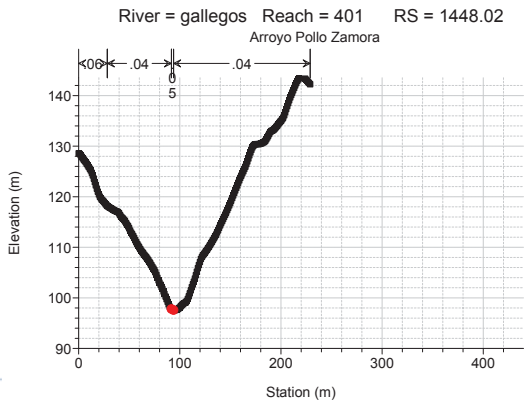
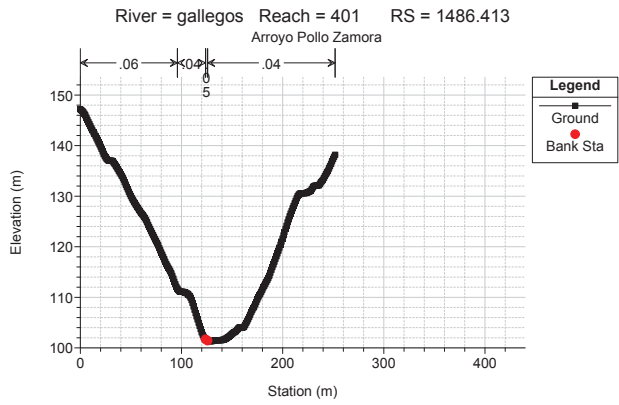
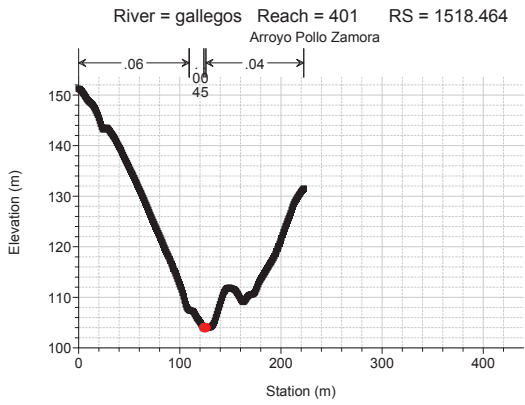
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



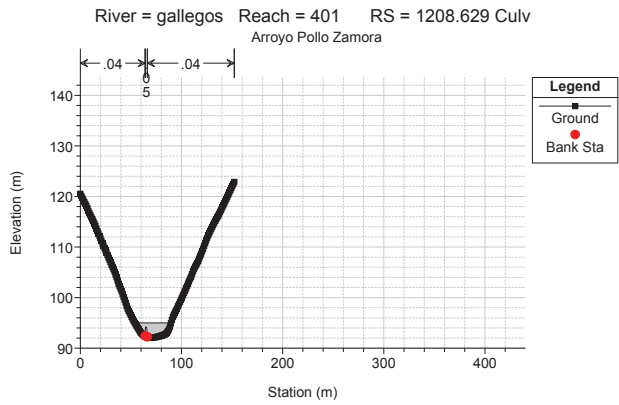
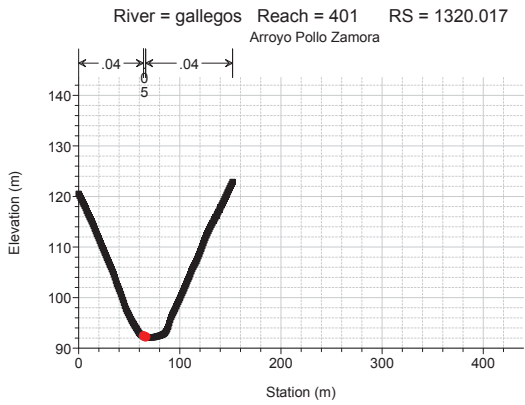
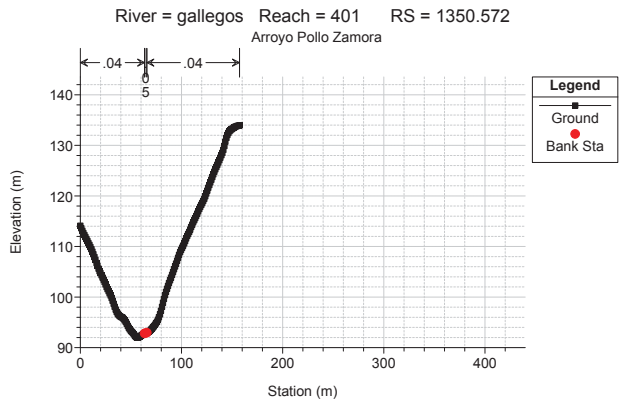
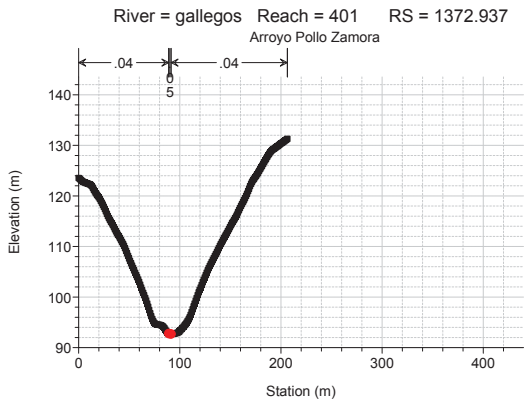
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



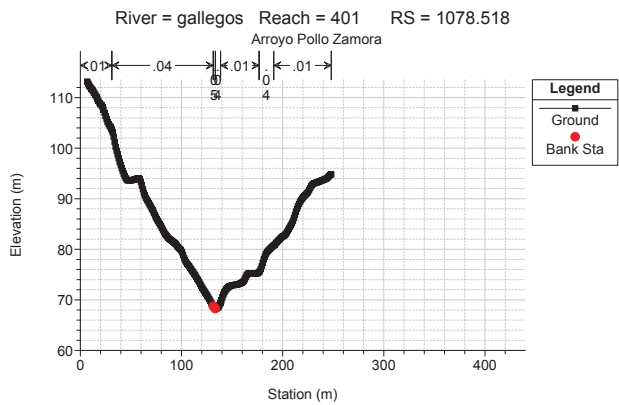
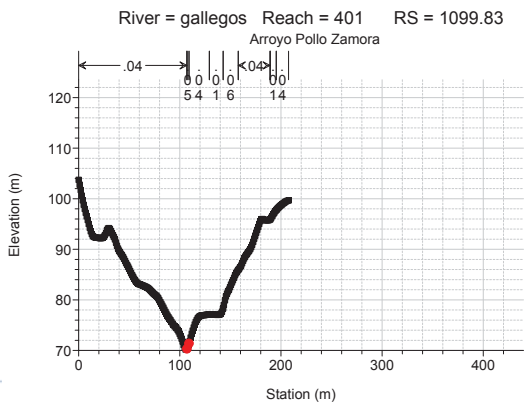
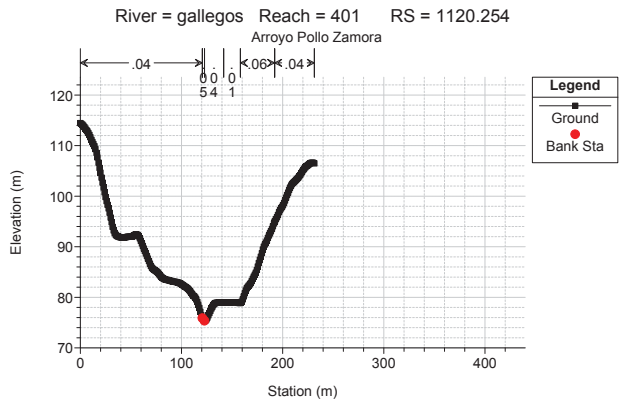
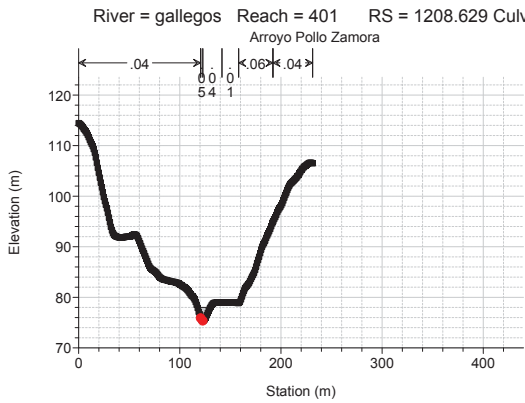
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



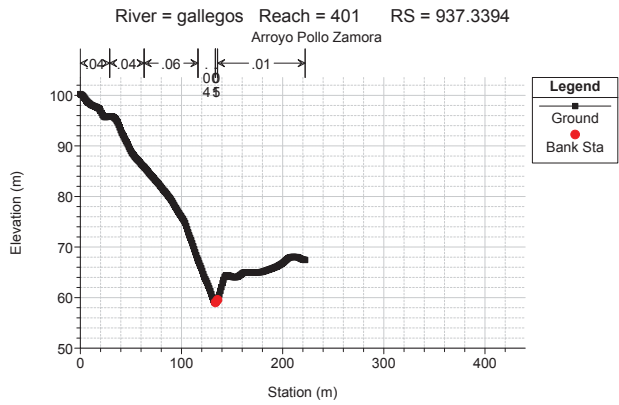
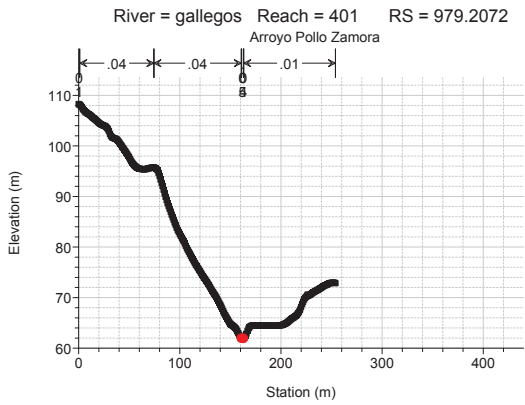
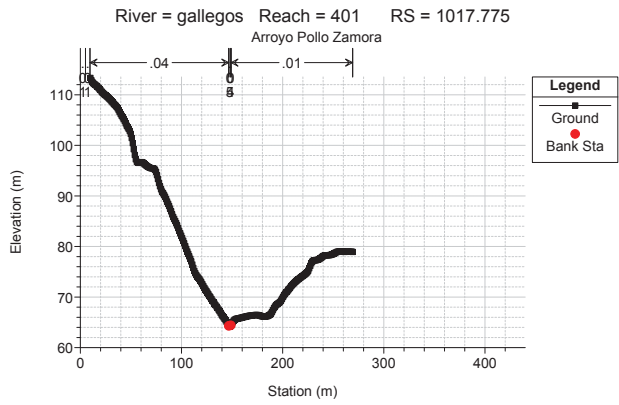
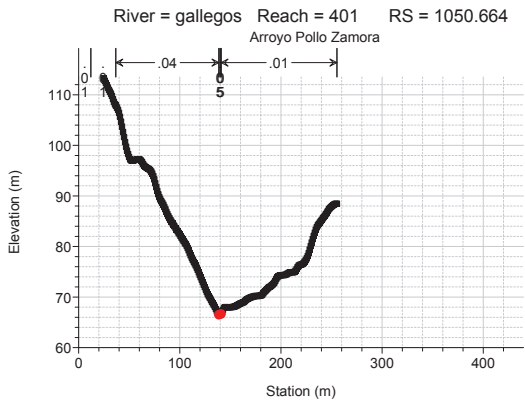
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



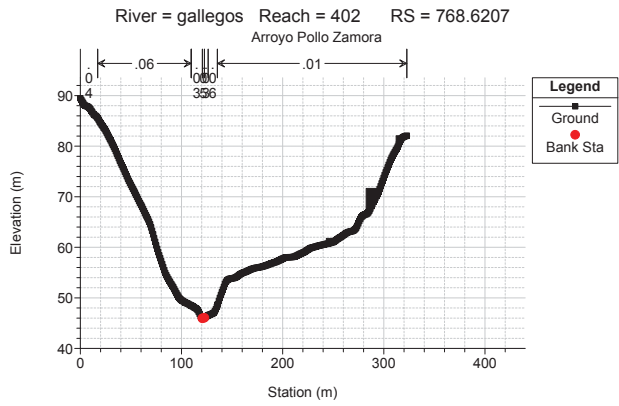
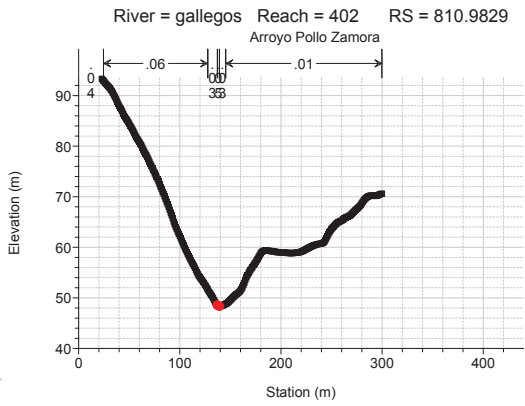
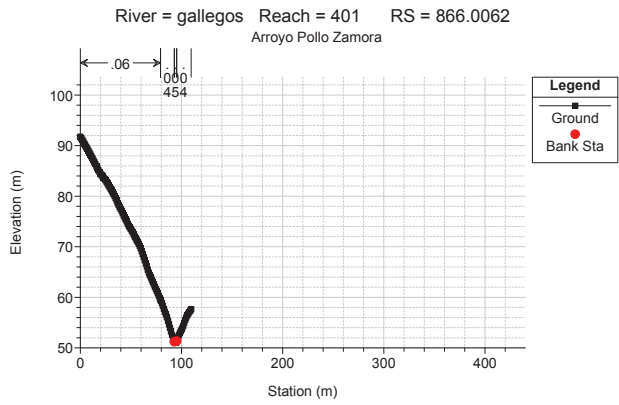
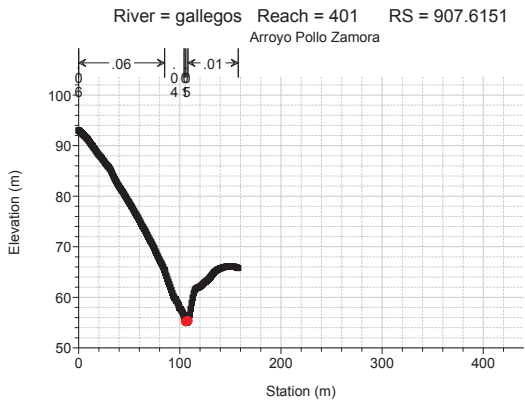
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



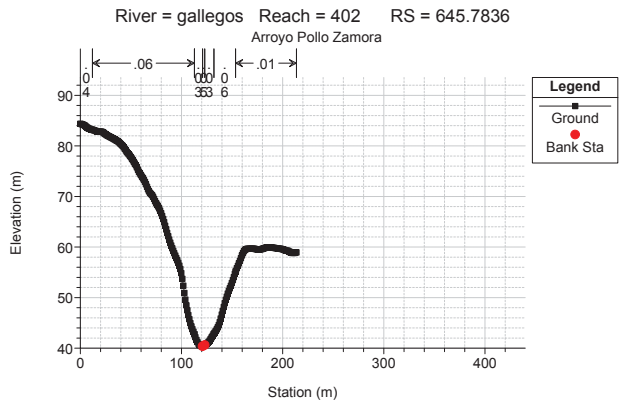
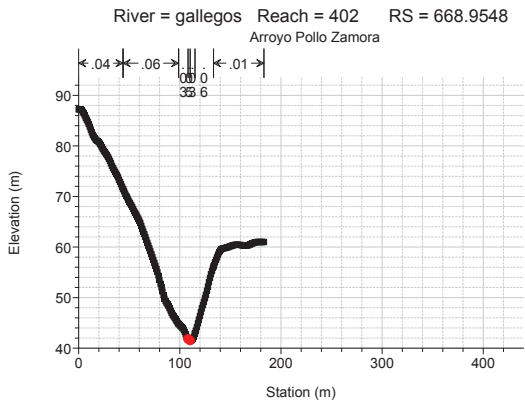
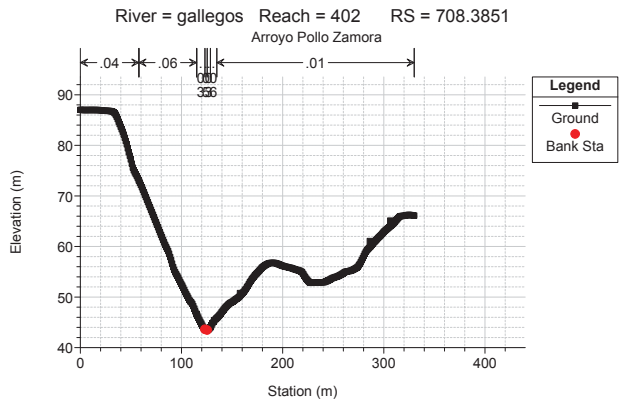
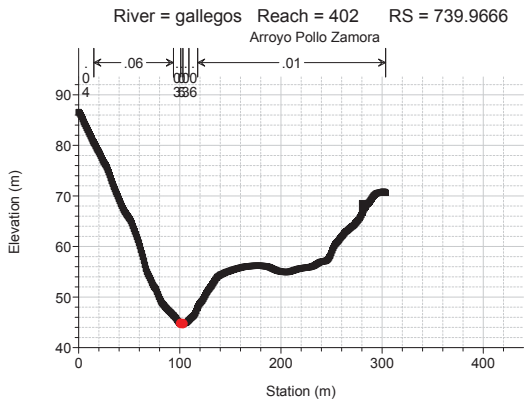
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



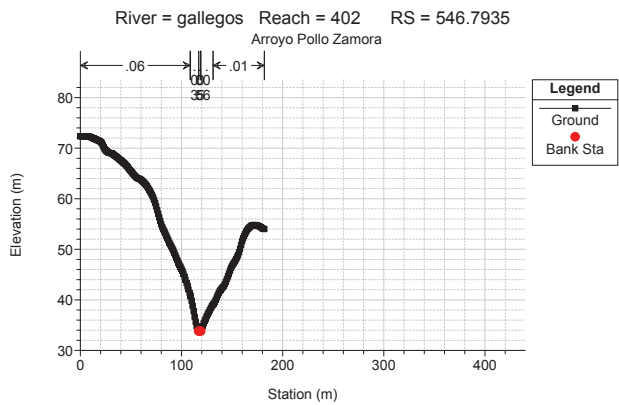
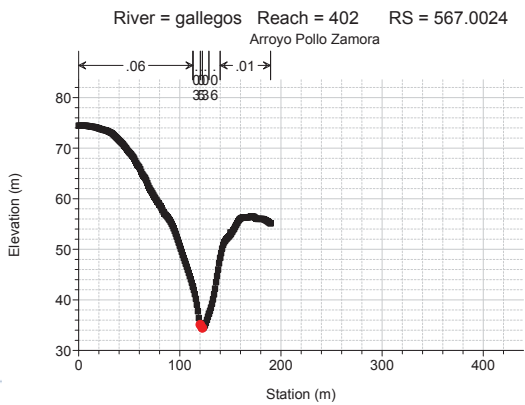
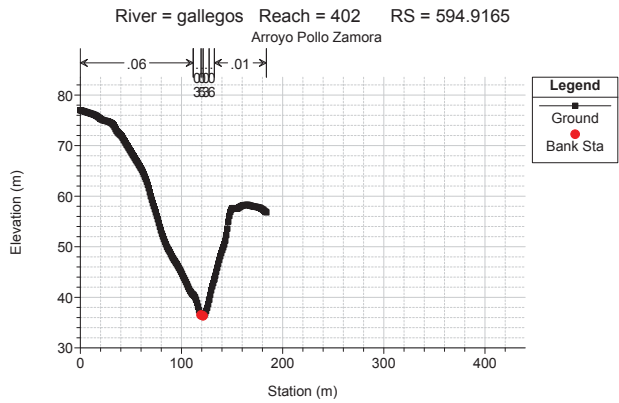
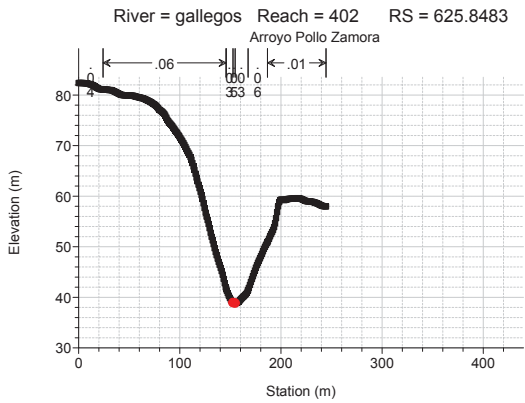
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



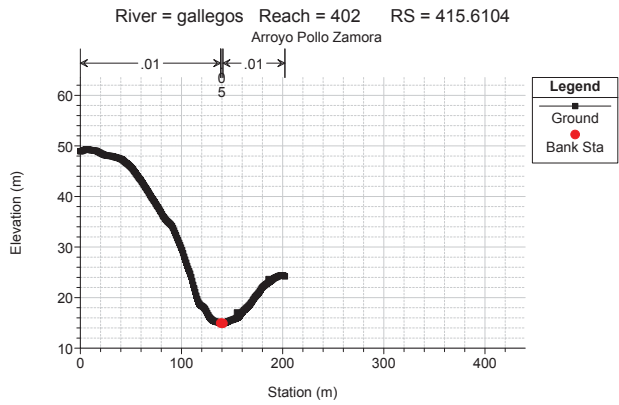
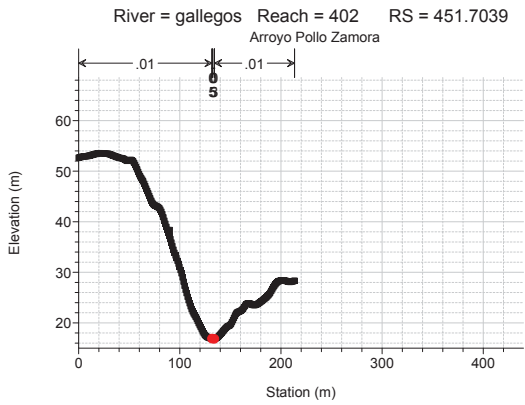
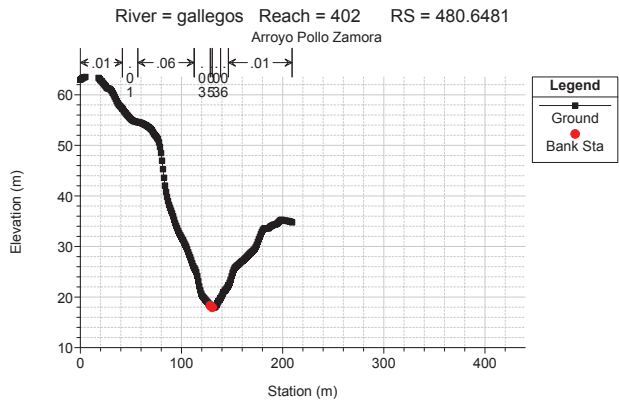
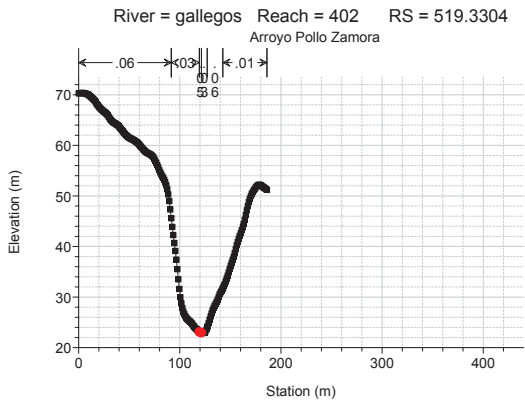
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



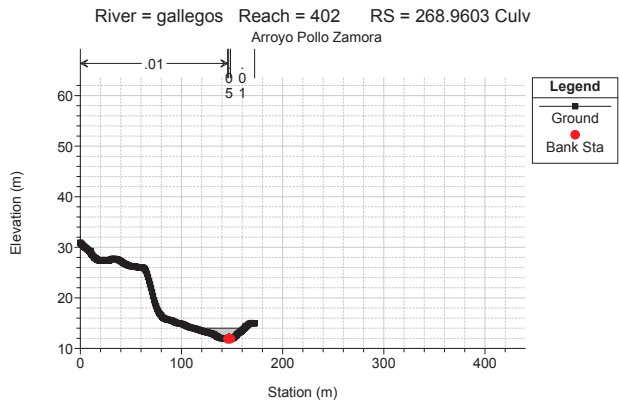
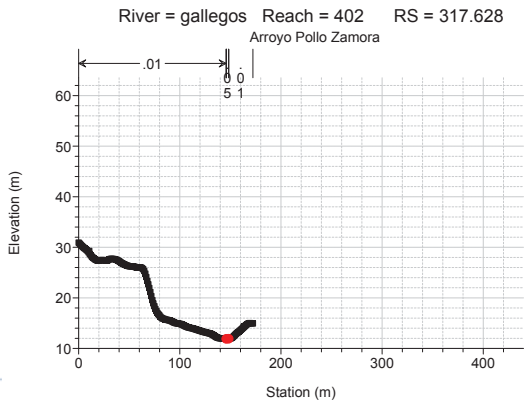
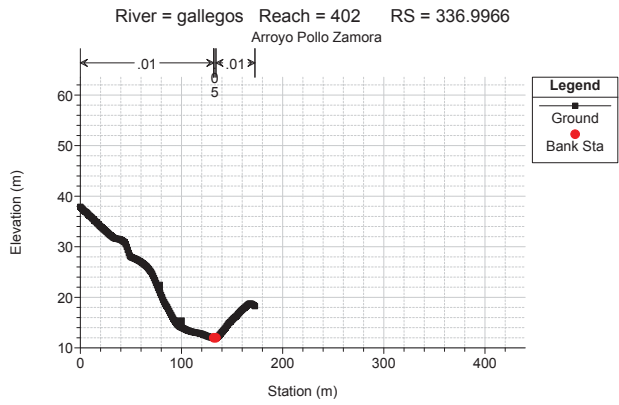
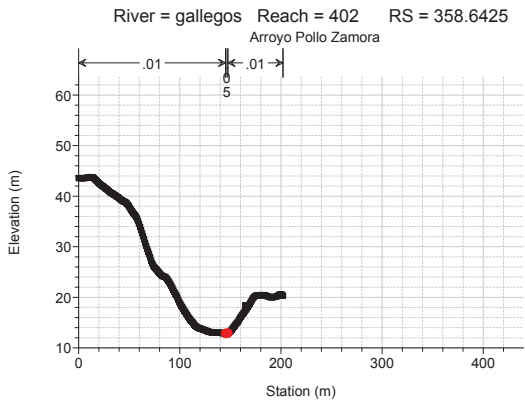
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



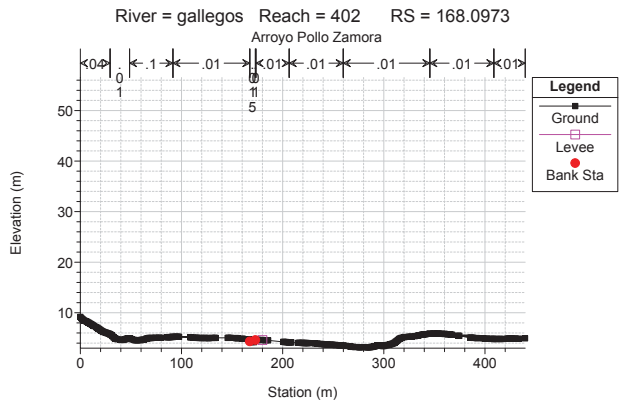
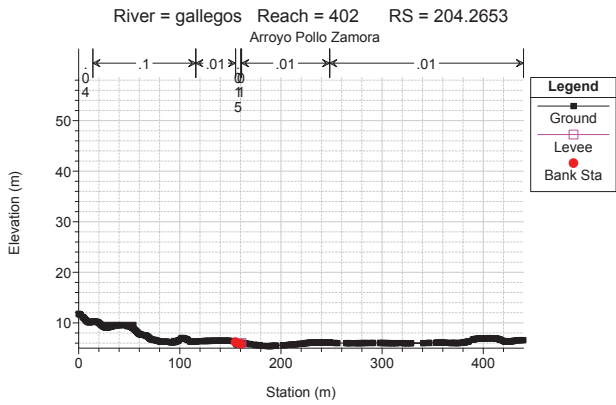
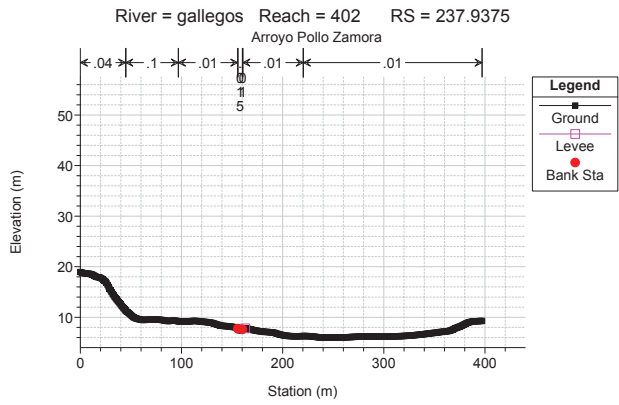
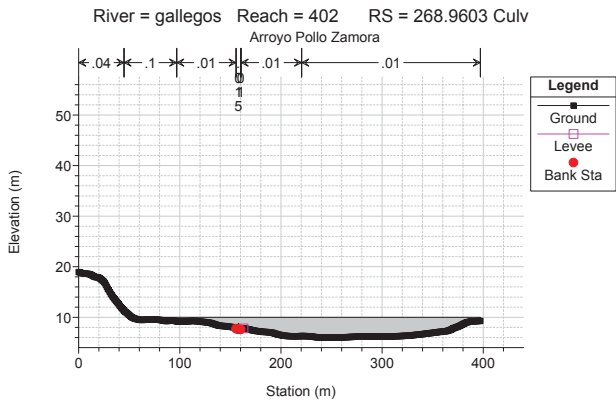
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



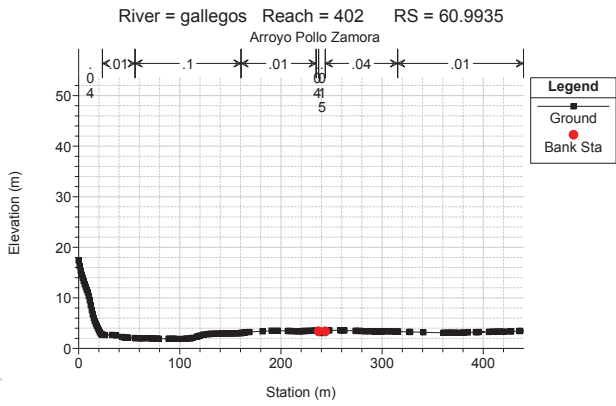
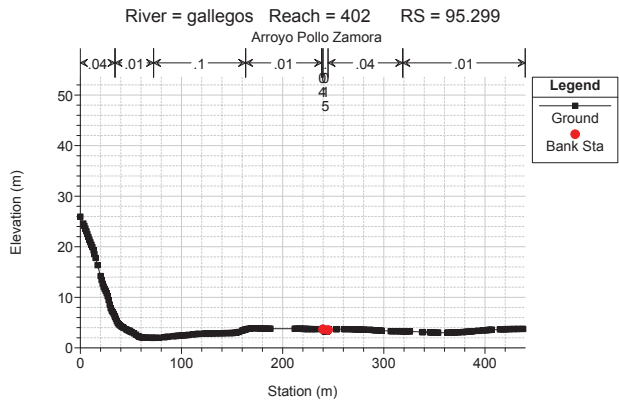
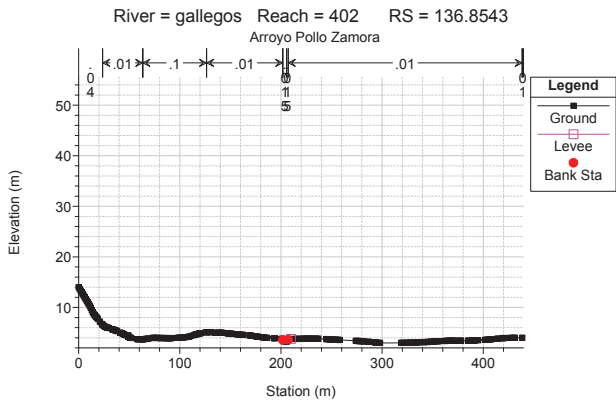
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



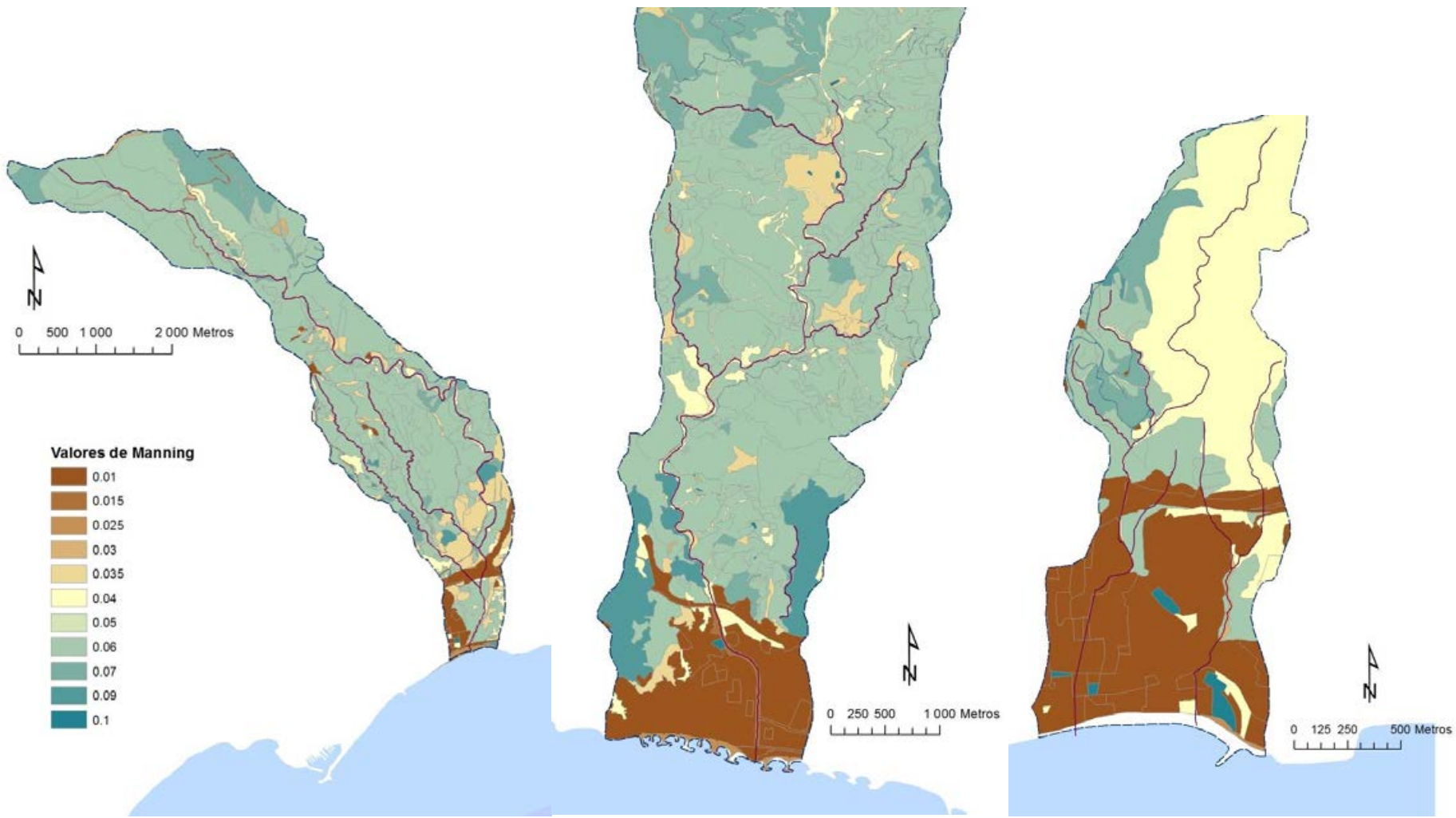
1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m



1 cm Horiz. = 50 m 1 cm Vert. = 10 m

Anexo 7

Cartografía de coeficientes de rugosidad de Manning



Anexo 8

Actividades e instalaciones potencialmente contaminantes según la Ley 5/2013 de prevención y control integrados de la contaminación.

Listado de actividades e instalaciones potencialmente contaminantes, extraído del Anejo 1 de la Ley 5/2013, de 1 de junio, por la que se modifican la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación, y la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

Nota: los valores umbral mencionados en cada una de las actividades relacionadas en la siguiente tabla se refieren, con carácter general, a capacidades de producción o a productos. Si un mismo titular realiza varias actividades de la misma categoría en la misma instalación, se sumarán las capacidades de dichas actividades. Para las actividades de gestión de residuos este cálculo se aplicará a las instalaciones incluidas en los apartados 5.1, 5.3 y 5.4.

1. Instalaciones de combustión.

1.1 Instalaciones de combustión con una potencia térmica nominal total igual o superior a 50 MW:

a) Instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen ordinario o en régimen especial, en las que se produzca la combustión de combustibles fósiles, residuos o biomasa.

b) Instalaciones de cogeneración, calderas, generadores de vapor o cualquier otro equipamiento o instalación de combustión existente en una industria, sea ésta o no su actividad principal.

1.2 Refinerías de petróleo y gas:

a) Instalaciones para el refino de petróleo o de crudo de petróleo.

b) Instalaciones para la producción de gas combustible distinto del gas natural y gases licuados del petróleo.

1.3 Coquerías.

1.4 Instalaciones de gasificación y licuefacción de:

a) carbón;

b) otros combustibles, cuando la instalación tenga con una potencia térmica nominal igual o superior a 20 MW.

2. Producción y transformación de metales.

2.1 Instalaciones de calcinación o sinterización de minerales metálicos incluido el mineral sulfurado.

2.2 Instalaciones para la producción de fundición o de aceros brutos (fusión primaria o secundaria), incluidas las correspondientes instalaciones de fundición continua de una capacidad de más de 2,5 toneladas por hora.

2.3 Instalaciones para la transformación de metales ferrosos:

a) Laminado en caliente con una capacidad superior a 20 toneladas de acero bruto por hora.

b) Forjado con martillos cuya energía de impacto sea superior a 50 kilojulios por martillo y cuando la potencia térmica utilizada sea superior a 20 MW.

c) Aplicación de capas de protección de metal fundido con una capacidad de tratamiento de más de 2 toneladas de acero bruto por hora.

2.4 Fundiciones de metales ferrosos con una capacidad de producción de más de 20 toneladas por día.

2.5 Instalaciones:

a) Para la producción de metales en bruto no ferrosos a partir de minerales, de concentrados o de materias primas secundarias mediante procedimientos metalúrgicos, químicos o electrolíticos.

b) Para la fusión de metales no ferrosos, inclusive la aleación, así como los productos de recuperación y otros procesos con una capacidad de fusión de más de 4 toneladas para el plomo y el cadmio o 20 toneladas para todos los demás metales, por día.

2.6 Instalaciones para el tratamiento de superficie de metales y materiales plásticos por procedimiento electrolítico o químico, cuando el volumen de las cubetas o de las líneas completas destinadas al tratamiento empleadas sea superior a 30 m³.

3. Industrias minerales.

- 3.1 Producción de cemento, cal y óxido de magnesio:
- a)
 - i) fabricación de cemento por molienda con una capacidad de producción superior a 500 toneladas diarias;
 - ii) fabricación de clínker en hornos rotatorios con una capacidad de producción superior a 500 toneladas diarias, o en hornos de otro tipo con una capacidad de producción superior a 50 toneladas por día;
 - b) producción de cal en hornos con una capacidad de producción superior a 50 toneladas diarias;
 - c) producción de óxido de magnesio en hornos con una capacidad de producción superior a 50 toneladas diarias.
- 3.2 Sin contenido.
- 3.3 Instalaciones para la fabricación de vidrio incluida la fibra de vidrio, con una capacidad de fusión superior a 20 toneladas por día.
- 3.4 Instalaciones para la fundición de materiales minerales, incluida la fabricación de fibras minerales con una capacidad de fundición superior a 20 toneladas por día.
- 3.5 Instalaciones para la fabricación de productos cerámicos mediante horneado, en particular tejas, ladrillos, refractarios, azulejos, gres cerámico o productos cerámicos ornamentales o de uso doméstico, con una capacidad de producción superior a 75 toneladas por día, o una capacidad de horneado de más de 4 m³ y demás de 300 kg/m³ de densidad de carga por horno.

4. Industrias químicas.

A efectos de la presente sección y de la descripción de las categorías de actividades incluidas en la misma, fabricación, significa la fabricación a escala industrial, mediante transformación química o biológica de los productos o grupos de productos mencionados en los puntos 4.1 a 4.6.

4.1 Instalaciones químicas para la fabricación de productos químicos orgánicos, en particular:

- a) Hidrocarburos simples (lineales o cíclicos, saturados o insaturados, alifáticos o aromáticos).
- b) Hidrocarburos oxigenados, tales como alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos orgánicos, ésteres y mezclas de ésteres acetatos, éteres, peróxidos, resinas epoxi.
- c) Hidrocarburos sulfurados.
- d) Hidrocarburos nitrogenados, en particular, aminas, amidas, compuestos nitrosos, nítricos o nitratos, nitrilos, cianatos e isocianatos.
- e) Hidrocarburos fosforados.
- f) Hidrocarburos halogenados.
- g) Compuestos orgánicos metálicos.
- h) Materias plásticas (polímeros, fibras sintéticas, fibras a base de celulosa).
- i) Cauchos sintéticos.
- j) Colorantes y pigmentos.
- k) Tensioactivos y agentes de superficie.

4.2 Instalaciones químicas para la fabricación de productos químicos inorgánicos como:

- a) Gases y, en particular, el amoniaco, el cloro o el cloruro de hidrógeno, el flúor o fluoruro de hidrógeno, los óxidos de carbono, los compuestos de azufre, los óxidos del nitrógeno, el hidrógeno, el dióxido de azufre, el dicloruro de carbonilo.
- b) Ácidos y, en particular, el ácido crómico, el ácido fluorhídrico, el ácido fosfórico, el ácido nítrico, el ácido clorhídrico, el ácido sulfúrico, el ácido sulfúrico fumante, los ácidos sulfurados.
- c) Bases y, en particular, el hidróxido de amonio, el hidróxido potásico, el hidróxido sódico.

- d) Sales como el cloruro de amonio, el clorato potásico, el carbonato potásico (potasa), el carbonato sódico (sosa), los perboratos, el nitrato argéntico.
 - e) No metales, óxidos metálicos u otros compuestos inorgánicos como el carburo de calcio, el silicio, el carburo de silicio.
- 4.3 Instalaciones químicas para la fabricación de fertilizantes a base de fósforo, de nitrógeno o de potasio (fertilizantes simples o compuestos).
- 4.4 Instalaciones químicas para la fabricación de productos fitosanitarios o de biocidas.
- 4.5 Instalaciones químicas que utilicen un procedimiento químico o biológico para la fabricación de medicamentos, incluidos los productos intermedios.
- 4.6 Instalaciones químicas para la fabricación de explosivos.

5. Gestión de residuos.

5.1 Instalaciones para la valorización o eliminación de residuos peligrosos, con una capacidad de más de 10 toneladas por día que realicen una o más de las siguientes actividades:

- a) tratamiento biológico;
- b) tratamiento físico-químico;
- c) combinación o mezcla previas a las operaciones mencionadas en los apartados 5.1 y 5.2;
- d) reenvasado previo a cualquiera de las operaciones mencionadas en los apartados 5.1 y 5.2;
- e) recuperación o regeneración de disolventes;
- f) reciclado o recuperación de materias inorgánicas que no sean metales o compuestos metálicos;
- g) regeneración de ácidos o de bases;
- h) valorización de componentes utilizados para reducir la contaminación;
- i) valorización de componentes procedentes de catalizadores;
- j) regeneración o reutilización de aceites;
- k) embalse superficial (por ejemplo, vertido de residuos líquidos o lodos en pozos, estanques o lagunas, etc.).

5.2 Instalaciones para la valorización o eliminación de residuos en plantas de incineración o coincineración de residuos:

- a) para los residuos no peligrosos con una capacidad superior a tres toneladas por hora;
- b) para residuos peligrosos con una capacidad superior a 10 toneladas por día.

5.3 Instalaciones para la eliminación de los residuos no peligrosos con una capacidad de más de 50 toneladas por día, que incluyan una o más de las siguientes actividades, excluyendo las incluidas en el Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas:

- a) tratamiento biológico;
- b) tratamiento físico-químico;
- c) tratamiento previo a la incineración o coincineración;
- d) tratamiento de escorias y cenizas;
- e) tratamiento en trituradoras de residuos metálicos, incluyendo residuos eléctricos y electrónicos, y vehículos al final de su vida útil y sus componentes.

5.4 Valorización, o una mezcla de valorización y eliminación, de residuos no peligrosos con una capacidad superior a 75 toneladas por día que incluyan una o más de las siguientes actividades, excluyendo las incluidas en el Real Decreto- ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas:

- a) tratamiento biológico;
- b) tratamiento previo a la incineración o coincineración;
- c) tratamiento de escorias y cenizas;
- d) tratamiento en trituradoras de residuos metálicos, incluyendo residuos eléctricos y electrónicos, y vehículos al final de su vida útil y sus componentes.

Cuando la única actividad de tratamiento de residuos que se lleve a cabo en la instalación sea la digestión anaeróbica, los umbrales de capacidad para esta actividad serán de 100 toneladas al día.

5.5 Vertederos de todo tipo de residuos que reciban más de 10 toneladas por día o que tengan una capacidad total de más de 25.000 toneladas con exclusión de los vertederos de residuos inertes.

5.6 Almacenamiento temporal de los residuos peligrosos no incluidos en el apartado 5.5 en espera de la aplicación de alguno de los tratamientos mencionados en el apartado 5.1, 5.2, 5.5 y 5.7, con una capacidad total superior a 50 toneladas, excluyendo el almacenamiento temporal, pendiente de recogida, en el sitio donde el residuo es generado.

5.7 Almacenamiento subterráneo de residuos peligrosos con una capacidad total superior a 50 toneladas.

6. Industria derivada de la madera.

6.1 Instalaciones industriales destinadas a la fabricación de:

- a) Pasta de papel a partir de madera o de otras materias fibrosas;
- b) Papel o cartón con una capacidad de producción de más de 20 toneladas diarias.

6.2 Instalaciones de producción de celulosa con una capacidad de producción superior a 20 toneladas diarias.

6.3 Instalaciones industriales destinadas a la fabricación de uno o más de los siguientes tableros derivados de la madera: tableros de virutas de madera orientadas, tableros aglomerados o tableros de cartón comprimido, con una capacidad de producción superior a 600 m³ diarios.

7. Industria textil.

7.1 Instalaciones para el tratamiento previo (operaciones de lavado, blanqueo, mercerización) o para el tinte de fibras o productos textiles cuando la capacidad de tratamiento supere las 10 toneladas diarias.

8. Industria del cuero.

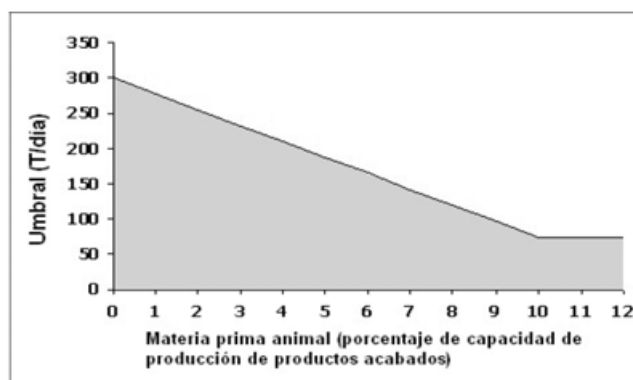
8.1 Instalaciones para el curtido de cueros cuando la capacidad de tratamiento supere las 12 toneladas de productos acabados por día.

9. Industria agroalimentarias y explotaciones ganaderas.

9.1 Instalaciones para:

- a) Mataderos con una capacidad de producción de canales superior a 50 toneladas/día.
- b) Tratamiento y transformación, diferente del mero envasado, de las siguientes materias primas, tratadas o no previamente, destinadas a la fabricación de productos alimenticios o piensos a partir de:
 - i) Materia prima animal (que no sea exclusivamente la leche) de una capacidad de producción de productos acabados superior a 75 toneladas/día;
 - ii) Materia prima vegetal de una capacidad de producción de productos acabados superior a 300 toneladas por día o 600 toneladas por día en caso de que la instalación funcione durante un período no superior a 90 días consecutivos en un año cualquiera;
 - iii) solo materias primas animales y vegetales, tanto en productos combinados como por separado, con una capacidad de producción de productos acabados en toneladas por día superior a:
 - 75 si A es igual o superior a 10, o
 - $[300 - (22,5 \times A)]$ en cualquier otro caso,donde «A» es la porción de materia animal (en porcentaje del peso) de la capacidad de producción de productos acabados.

El envase no se incluirá en el peso final del producto.
La presente subsección no será de aplicación cuando la materia prima sea solo leche.



- c) Tratamiento y transformación solamente de la leche, con una cantidad de leche recibida superior a 200 toneladas por día (valor medio anual).
- 9.2 Instalaciones para la eliminación o el aprovechamiento de carcasas o desechos de animales con una capacidad de tratamiento superior a 10 toneladas/día.
- 9.3 Instalaciones destinadas a la cría intensiva de aves de corral o de cerdos que dispongan de más de:
- 40.000 plazas si se trata de gallinas ponedoras o del número equivalente en excreta de nitrógeno para otras orientaciones productivas de aves de corral.
 - 2.000 plazas para cerdos de cebo de más de 30 kg.
 - 750 plazas para cerdas reproductoras.

10. Consumo de disolventes orgánicos.

10.1 Instalaciones para tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos, en particular para aprestarlos, estamparlos, revestirlos y desengrasarlos, impermeabilizarlos, pegarlos, enlazarlos, limpiarlos o impregnarlos, con una capacidad de consumo de disolventes orgánicos de más de 150 kg de disolvente por hora o más de 200 toneladas/año.

11. Industria del carbono.

11.1 Instalaciones para fabricación de carbono sinterizado o electrografito por combustión o grafitación.

12. Industria de conservación de la madera.

12.1 Conservación de la madera y de los productos derivados de la madera utilizando productos químicos, con una capacidad de producción superior a 75 m3 diarios, distinta de tratamientos para combatir la albura exclusivamente.

13. Tratamiento de aguas.

13.1 Tratamiento independiente de aguas residuales, no contemplado en la legislación sobre aguas residuales urbanas, y vertidas por una instalación contemplada en el presente anejo.

14. Captura de CO .

14.1 Captura de flujos de CO procedentes de instalaciones incluidas en el presente anejo con fines de almacenamiento geológico con arreglo a la Ley 40/2010, de 29 de diciembre, de almacenamiento geológico de dióxido de carbono.

Anexo 9

Tablas de resultados hidráulicos.

Índice.

1. Simulación 2003
 - 1.1. Cuenca del río de la Cala - PR 500 años.
 - 1.2. Cuenca del arroyo de los Jaboneros- PR 25 años.
 - 1.3. Cuenca del arroyo de los Jaboneros- PR 500 años.
 - 1.4. Cuenca del arroyo Piletas - PR 500 años.
 - 1.5. Cuenca del arroyo Pollo Zamora - PR 500 años.
2. Simulación 1957
 - 2.1. Cuenca del río de la Cala - PR 500 años.
 - 2.2. Cuenca del arroyo de los Jaboneros - PR 500 años.
 - 2.3. Cuenca del arroyo Piletas - PR 500 años.
 - 2.4. Cuenca del arroyo Pollo Zamora - PR 500 años.
3. Simulación 2003 según propuesta metodológica
 - 3.1. Cuenca del río de la Cala - PR 500 años.
 - 3.2. Cuenca del arroyo de los Jaboneros- PR 25 años.
 - 3.3. Cuenca del arroyo Piletas - PR 500 años.
 - 3.4. Cuenca del arroyo Pollo Zamora - PR 500 años.

Reach – Tramo

River Sta. – Sección de control

Q Total – Caudal máximo instantáneo

Min. Ch. El. – Elevación mínima del canal

W.S. Elev. – Altura máxima de la lámina de agua

Vel. Chnl. – Velocidad del flujo

Flow Area – Sección mojada

Froude # Chl. – Número de Froude

Shear LOB – Tensión cortante del flujo en la orilla izquierda

Shear ROB – Tensión cortante del flujo en la orilla derecha

Shear Total – Tensión cortante del flujo

Top Width – Anchura de la lámina de inundación

1. Simulación 2003.

1.1.

*Tabla de resultados hidráulicos para el periodo de retorno de 500 años.
Río de la Cala. Simulación 2003.*

Reach	River Sta	Q	Min	W.S.	Vel	Flow	Froude #	Shear	Shear	Shear Total	Top
		Total	Ch El	Elev	Chnl	Area	Chl	LOB	ROB		Width
		m3/s	m	m	m/s	m2	-	N/m2	N/m2	N/m2	m
101	11 884.4	35.98	937.5	0.9	1.1	11.2	0.53	117.7		106.0	6.1
101	11 784.4	35.98	895.0	1.1	2.6	12.3	0.78	113.2	123.7	126.1	18.3
101	11 684.4	35.98	849.3	1.2	2.7	12.2	0.8	105.1	147.0	130.2	12.8
101	11 584.4	35.98	809.2	1.3	3.2	11.8	0.92	186.2	127.1	171.5	11.7
101	11 484.4	35.98	770.1	1.3	2.7	13.7	0.77	84.3	115.8	110.3	14.8
101	11 384.4	35.98	735.0	0.1		1.5	0	21 077.3		21 077.3	6.9
101	11 284.4	35.98	694.9	0.8	6.6	4.7	2.53	673.1	1 043.3	1 014.0	7.4
101	11 184.4	35.98	669.6	0.4	6.1	4.5	3.31	1 146.3	1 265.3	1 227.1	13.4
101	11 084.4	35.98	638.6	0.3	3.0	4.3	2.35	82.3	1 195.0	975.9	12.4
101	10 984.4	35.98	607.7	0.7	5.1	3.3	2.75		1 870.2	1 587.7	5.2
101	10 925.6	35.98	590.0	0.3	4.7	3.7	3.03	795.0	1 915.8	1 372.9	8.3
101	10 784.4	35.98	555.0	0.8	7.3	4.5	2.67	1 056.6	987.0	1 132.6	6.3
101	10 684.4	35.98	530.0	0.5	6.8	4.2	3.21	1 271.3	1 343.4	1 346.7	9.2
101	10 584.4	35.98	508.4	0.7	6.1	5.1	2.39	773.7	849.6	870.5	8.8
101	10 419.2	35.98	460.0	1.4	3.0	11.2	0.83	133.2	131.9	144.7	11.0
101	10 394.2	35.98	455.0	1.2	1.8	13.3	0.52	56.5	45.7	53.9	14.7
101	10 360.3	35.98	447.3	0.3	5.7	3.1	4.16	2 672.1	300.6	2 249.8	19.1
101	10 339.8	35.98	444.9	0.1		13.8	0	207.8		207.8	36.9
101	10 184.4	35.98	408.3	1.0	2.7	20.0	0.86	81.5	114.6	91.2	42.5
101	10 093.3	35.98	392.4	0.1		14.4	0	258.3		258.3	23.2
101	9 972.6	35.98	370.0	0.5	11.4	3.2	5.11	2 314.3	3 016.9	3 041.6	22.8
101	9 884.4	35.98	360.0	0.5	3.3	11.3	1.47	319.7	239.0	314.7	22.9
101	9 778.9	35.98	346.3	0.8	6.9	6.0	2.8	890.4	1 343.9	1 172.5	10.7
101	9 684.4	35.98	330.0	0.7	5.9	8.1	2.27	550.0	690.5	614.1	18.1
101	9 584.4	35.98	320.0	0.5	3.6	11.3	1.62	302.7	372.6	350.3	26.5
101	9 484.4	35.98	309.2	0.4	3.9	8.6	2.04	464.6	427.6	460.9	25.5
101	9 368.9	35.98	295.0	0.3	3.1	11.5	1.77	327.4	342.9	340.4	36.8
101	9 284.4	35.98	285.8	0.9	5.2	9.3	1.8	322.4	504.1	481.9	15.9
101	9 164.0	35.98	275.0	0.6	4.5	7.5	1.82	484.2	465.2	496.2	13.9
101	9 084.4	35.98	265.0	0.5	5.2	6.6	2.31	743.9	756.3	760.3	13.9
101	8 984.4	35.98	260.0	1.4	3.8	11.4	1.02	154.6	153.2	176.8	13.5
101	8 884.4	35.98	255.0	0.9	5.6	6.3	1.98	601.4	252.3	611.1	10.8
101	8 784.4	35.98	250.0	0.8	3.4	13.4	1.19	208.3	272.0	252.7	19.5
101	8 678.2	35.98	245.0	0.5	3.1	10.1	1.42	289.9	253.9	286.2	21.4
102	8 484.4	57.75	230.0	1.6	3.7	15.6	0.93	204.3	207.3	218.5	11.1
102	8 383.0	57.75	225.0	0.6	5.9	8.5	2.39	890.0	908.2	911.4	15.3
102	8 284.4	57.75	215.0	1.0	5.2	10.3	1.69	520.9	571.8	572.0	11.6
102	8 056.2	57.75	195.0	0.7	5.2	9.8	2.01	637.2	689.7	677.8	16.0
102	7 984.4	57.75	190.3	1.8	5.3	15.0	1.31	304.1	338.1	359.0	14.2
102	7 884.4	57.75	190.0	0.9	2.8	22.0	0.92	169.9	144.0	154.9	30.0
102	7 784.4	57.75	185.0	0.4	4.7	12.5	2.28	659.5	702.4	686.6	29.4
102	7 608.1	57.75	175.0	1.1	3.5	17.5	1.07	255.3	198.3	249.1	28.1

102	7 583.5	57.75	173.5	0.8	2.1	21.9	0.77	114.5	111.7	113.6	38.9
102	7 484.4	57.75	165.0	1.5	10.1	6.6	2.68	912.2	1 080.0	1 294.9	7.9
102	7 285.6	57.75	160.0	1.4	3.2	18.2	0.87	146.4	139.7	151.0	19.7
102	7 184.4	57.75	160.0	0.7	1.9	23.2	0.75	71.0	99.2	95.8	39.5
102	7 084.4	57.75	156.0	0.6	4.3	12.0	1.74	454.0	465.6	467.2	21.6
102	6 984.4	57.75	152.0	1.3	3.4	17.6	0.96	153.9	156.9	165.1	22.0
102	6 884.4	57.75	150.0	0.8	2.9	17.3	1.06	198.0	168.4	195.8	26.1
102	6 783.7	57.75	146.0	1.3	4.4	14.8	1.25	215.9	189.7	234.6	20.6
103	6 684.4	64.23	142.0	2.1	4.3	18.2	0.95	180.1	161.7	192.3	14.0
103	6 594.6	64.23	140.0	0.9	4.8	13.8	1.61	490.9	343.0	404.9	22.1
103	6 498.8	64.23	138.0	1.3	3.0	19.9	0.84	155.4	152.5	159.2	18.7
103	6 384.4	64.23	134.5	1.1	4.8	14.5	1.54	311.2	335.6	345.4	23.9
103	6 263.6	64.23	130.0	1.0	3.5	16.5	1.08	236.7	246.2	249.3	17.8
103	6 192.8	64.23	130.0	1.3	3.0	21.8	0.85	143.5	129.8	139.5	24.1
103	6 088.8	64.23	126.0	0.8	5.1	12.2	1.87	450.1	628.8	531.8	20.6
103	5 949.8	64.23	122.0	1.5	3.2	19.8	0.84	161.2	138.6	156.2	18.7
103	5 772.0	64.23	118.0	0.8	3.9	18.1	1.41	315.0	239.2	259.4	38.1
103	5 688.5	64.23	117.7	0.6	2.2	26.0	0.95	185.7	99.5	166.2	41.1
103	5 600.0	64.23	115.2	0.4	2.1	29.7	1.05	177.1	141.0	172.0	62.9
103	5 478.1	64.23	110.0	1.4	4.0	16.6	1.06	133.3	252.6	197.5	20.3
103	5 384.4	64.23	108.0	1.6	3.3	19.8	0.89	82.2	145.3	147.4	24.5
103	5 284.4	64.23	106.0	0.8	3.3	17.4	1.21	224.0	244.6	245.3	27.9
103	5 215.9	64.23	104.0	1.5	3.4	19.3	0.88	168.4	173.0	179.6	17.0
103	5 121.3	64.23	102.0	0.6	3.8	20.4	1.53	204.7	386.5	250.7	53.5
103	5 023.3	64.23	98.0	1.5	3.6	19.7	0.94	162.9	169.4	179.4	19.3
103	4 896.7	64.23	96.0	1.1	2.9	19.5	0.89	153.7	169.2	168.5	20.1
103	4 691.9	64.23	90.0	1.1	4.6	16.3	1.38	373.2	352.1	371.6	20.4
103	4 570.2	64.23	86.0	2.2	4.3	17.1	0.92	185.6	179.4	209.8	11.9
103	4 504.4	64.23	85.8	0.7	3.6	17.7	1.35	252.8	367.5	339.6	25.3
103	4 337.0	64.23	82.0	1.2	3.1	20.6	0.94	197.7	198.8	201.3	20.6
103	4 273.2	64.23	80.0	1.7	3.8	17.5	0.92	157.5	217.9	208.5	13.3
103	4 181.4	64.23	78.0	1.1	4.2	14.3	1.26	346.1	320.2	346.0	14.6
103	4 084.4	64.23	76.0	1.4	3.2	18.5	0.88	177.0	190.7	190.3	15.3
103	3 984.4	64.23	74.0	0.9	3.8	20.1	1.23	237.8	289.8	256.1	28.1
103	3 913.5	64.23	72.0	1.0	3.0	23.0	0.96	139.0	189.7	154.3	32.9
103	3 784.4	64.23	68.0	0.7	3.3	17.8	1.28	238.2	246.8	248.9	32.6
103	3 684.4	64.23	65.5	0.9	2.5	23.5	0.83	148.6	109.2	139.2	28.0
103	3 485.1	64.23	60.0	1.2	4.1	14.9	1.2	312.7	295.9	316.6	14.8
103	3 384.4	64.23	58.0	1.5	3.4	20.5	0.89	130.4	174.4	173.1	19.0
103	3 292.8	64.23	58.0	0.9	2.5	22.9	0.84	141.7	131.5	137.6	28.6
103	3 208.4	64.23	56.0	1.0	3.1	19.4	0.97	196.4	178.4	189.9	22.0
103	2 966.5	64.23	48.1	1.3	4.7	15.4	1.35	271.1	247.2	280.8	22.7
103	2 851.7	64.23	46.0	1.3	3.3	20.3	0.93	186.7	196.4	195.9	18.6
103	2 784.8	64.23	44.0	1.0	4.0	14.8	1.31	294.0	319.7	322.5	18.1
103	2 678.2	64.23	40.5	1.4	3.8	18.4	1.03	176.1	194.3	197.8	21.4

103	2 570.1	64.23	38.0	1.4	3.8	17.5	1	221.1	168.2	196.6	18.5
103	2 484.4	64.23	36.0	2.1	2.8	35.1	0.62	95.7	28.9	38.8	63.3
103	2 284.4	64.23	32.0	1.0	6.0	11.6	1.86	452.5	677.1	561.7	16.3
103	2 184.4	64.23	30.0	1.3	2.4	16.9	0.67	79.3	89.2	86.9	18.2
103	2 084.4	64.23	28.0	1.5	4.8	14.3	1.26	275.6	354.2	330.9	14.1
103	1 984.4	64.23	26.0	1.6	3.5	21.7	0.88	129.7	134.4	143.4	24.4
103	1 884.4	64.23	24.0	2.5	3.6	32.6	0.72	55.6	38.4	49.7	60.5
103	1 813.2	64.23	24.0	0.8	4.1	18.7	1.46	270.7	270.2	279.9	37.2
103	1 684.4	64.23	20.0	1.5	3.2	21.5	0.85	143.8	115.7	132.7	25.4
103	1 584.4	64.23	18.0	1.9	3.7	18.2	0.85	122.5	171.3	170.8	13.8
103	1 542.6	64.23	18.0	1.5	3.5	22.5	0.91	109.1	150.6	138.9	28.3
104	1 376.8	96.92	16.0	1.7	3.2	29.6	0.8	122.6	162.0	137.8	26.5
104	1 297.2	96.92	14.0	1.3	4.6	20.6	1.26	239.9	306.7	296.8	31.4
104	1 213.2	96.92	13.4	1.5	1.1	24.4	0.33	19.2	21.6	21.2	27.4
104	1 159.8	96.92	12.0	1.4	1.9	17.0	0.5	54.1	38.6	46.7	19.2
104	1 133.6	96.92	12.0	1.2	1.7	17.0	0.48	46.1	42.4	45.5	19.1
104	1 104.1	96.92	12.0	0.9	1.5	16.3	0.52	51.0	47.7	49.9	21.8
104	1 040.8	96.92	10.9	1.3	1.7	16.5	0.51	39.5	49.9	48.1	19.1
104	863.5	96.92	8.0	0.9	7.3	13.9	2.49	712.2	970.4	945.5	23.0
104	786.1	96.92	8.0	1.1	2.7	46.8	0.84	92.5	44.0	64.7	99.9
104	649.8	96.92	6.0	1.2	3.1	33.4	0.9	105.4	102.1	158.2	38.6
104	566.5	96.92	5.5	1.1	2.3	44.1	0.77	128.2	27.5	62.8	106.1
104	463.8	96.92	3.7	1.8	3.2	35.5	0.78	110.6	50.2	94.8	46.1
104	378.7	96.92	3.7	1.2	2.4	51.8	0.76	31.4	68.4	59.9	123.6
104	219.4	96.92	1.5	1.7	3.3	32.3	0.86	110.6	103.9	148.6	94.2
104	111.5	96.92	1.6	1.6	3.5	28.5	0.98	120.8	180.4	239.0	24.7
104	82.3	96.92	1.2	1.5	2.1	30.8	0.61	54.8	55.3	88.1	29.2
104	79.5	96.92	1.2	1.4	2.1	29.6	0.63	55.3	54.9	86.0	31.9
104	58.7	96.92	1.4	0.7	3.3	24.2	1.4	209.4	89.1	198.3	69.2
111	3 200.0	22.83	194.0	0.9	3.0	8.8	0.99	163.2	170.2	175.2	11.4
111	3 100.0	22.83	184.0	1.0	9.7	3.0	3.3	1 334.2	637.9	1 631.0	5.3
111	3 000.0	22.83	176.0	1.2	5.0	6.1	1.45	247.8	286.5	343.7	7.7
111	2 900.0	22.83	170.0	0.7	4.7	6.0	1.86	504.5	504.5	526.5	10.9
111	2 800.0	22.83	162.0	0.9	4.6	5.6	1.54	368.3	347.7	398.0	7.4
111	2 700.0	22.83	153.9	0.3	3.5	6.2	1.98	338.3	581.2	528.4	16.2
111	2 608.5	22.83	148.0	0.6	2.7	8.6	1.12	192.8	185.3	192.7	15.4
111	2 500.0	22.83	142.0	0.6	4.1	6.6	1.7	411.8	437.3	437.1	12.5
111	2 394.8	22.83	134.0	0.7	4.1	5.6	1.51	345.5	356.0	373.3	7.7
111	2 300.0	22.83	127.7	0.9	4.3	6.8	1.62	374.3	432.5	410.1	10.8
111	2 229.0	22.83	122.0	1.0	5.4	5.5	1.71	427.5	365.8	470.8	8.1
111	2 111.0	22.83	115.4	1.0	4.0	6.8	1.37	263.0	205.0	255.6	12.6
111	1 954.0	22.83	106.0	0.4	3.3	6.2	1.61	318.0	320.0	326.2	15.5
111	1 900.0	22.83	103.6	0.8	3.0	8.9	1.06	179.7	199.3	194.8	12.7
111	1 800.0	22.83	94.0	0.6	8.5	3.2	3.41	801.9	1 734.1	1 653.0	6.7
111	1 700.0	22.83	89.6	0.9	2.7	8.5	0.95	141.6	171.4	162.4	11.8

111	1 600.0	22.83	84.1	1.1	6.0	4.7	1.89	402.6	384.2	523.6	7.8
111	1 503.4	22.83	80.0	0.7	3.0	8.1	1.13	197.3	209.9	211.8	12.3
111	1 400.0	22.83	74.0	0.7	4.7	5.9	1.8	431.5	432.8	463.5	11.0
111	1 303.2	22.83	70.0	0.8	2.7	8.9	0.99	169.0	163.8	171.1	12.5
111	1 205.8	22.83	66.0	0.7	3.8	6.2	1.48	254.5	310.9	318.0	11.1
111	1 104.7	22.83	62.0	0.9	3.2	8.2	1.05	140.3	153.4	166.1	11.8
111	973.5	22.83	56.0	0.8	4.6	5.6	1.65	418.6	417.6	455.4	8.5
111	901.4	22.83	52.0	1.0	4.2	6.8	1.35	309.7	307.9	336.6	8.3
111	788.2	22.83	46.0	0.8	4.1	5.2	1.48	254.5	348.3	350.0	8.9
111	707.8	22.83	42.0	1.0	4.2	7.0	1.34	306.2	263.8	323.0	9.0
111	573.9	22.83	36.0	0.6	3.2	7.4	1.35	261.1	215.2	253.0	15.5
111	516.6	22.83	32.0	1.2	4.8	5.2	1.42	225.2	302.4	361.0	5.8
111	400.0	22.83	30.0	0.6	2.5	10.1	1.07	166.4	171.9	171.6	19.9
111	224.0	22.83	24.0	0.9	3.1	11.0	1.08	141.5	146.1	153.1	20.3
111	208.4	22.83	24.0	0.5	2.7	11.7	1.2	187.9	102.4	176.3	28.3
111	143.0	22.83	23.7	0.4	0.5	13.4	0.27	8.7	5.7	8.2	40.3
111	122.2	22.83	22.0	0.8	1.4	8.6	0.49	30.0	36.6	34.4	13.2
121	3 955.0	18.91	240.0	0.9	3.5	6.9	1.19	216.8	252.5	256.1	8.9
121	3 855.0	18.91	224.7	1.0	11.4	1.9	4.64	2 565.0	496.4	3 045.7	4.7
121	3 755.0	18.91	210.0	0.7	4.5	4.3	1.72	425.2	286.3	410.1	7.9
121	3 653.8	18.91	202.3	0.7	3.0	5.5	1.46		228.4	237.8	17.4
121	3 595.8	18.91	198.0	0.6	3.8	7.6	1.64	134.5	264.9	277.0	20.3
121	3 455.0	18.91	183.4	0.7	5.2	4.5	2.03	687.1	460.0	650.1	7.4
121	3 371.8	18.91	172.0	0.6	5.9	4.0	2.37	680.3	745.1	798.0	8.0
121	3 255.0	18.91	162.0	1.1	4.3	5.1	1.39	232.1	151.0	272.9	10.3
121	3 155.0	18.91	156.0	0.6	4.2	5.6	1.75	439.0	443.5	455.1	10.2
121	3 055.0	18.91	146.0	1.0	5.6	4.0	1.85	339.2	309.7	448.8	9.1
121	2 955.0	18.91	138.0	0.9	5.1	4.8	1.74	306.1	301.7	380.9	8.9
121	2 831.9	18.91	130.0	1.3	5.0	5.0	1.43	247.3	235.1	341.8	6.7
121	2 755.0	18.91	126.0	1.2	4.8	4.6	1.51	265.3	205.6	334.2	8.0
121	2 655.0	18.91	122.0	0.8	3.4	5.6	1.17	218.3	213.0	235.3	8.0
121	2 555.0	18.91	116.0	0.6	4.4	4.2	1.89	509.9	442.2	511.2	8.1
121	2 455.0	18.91	110.0	0.7	3.1	6.0	1.22	200.1	204.8	214.6	11.2
121	2 355.0	18.91	104.0	0.7	4.4	4.4	1.64	336.9	382.5	403.0	7.5
121	2 263.3	18.91	98.0	0.5	3.1	5.5	1.46	269.9	265.9	274.9	13.0
121	2 028.9	18.91	86.0	0.5	2.6	7.3	1.15	168.1	181.1	180.7	15.9
121	1 955.0	18.91	81.1	0.5	4.0	5.3	1.87	456.6	176.4	441.0	13.4
121	1 877.5	18.91	78.0	0.6	2.2	7.9	0.88	122.2	116.9	123.0	13.8
121	1 755.0	18.91	70.0	0.7	6.9	3.2	2.73	862.0	939.4	1 050.9	5.6
121	1 661.2	18.91	66.0	1.0	3.0	6.3	0.95	137.4	149.7	163.7	7.2
121	1 555.0	18.91	64.0	0.9	2.6	7.1	0.89	134.0	107.1	133.8	10.1
121	1 455.0	18.91	58.0	0.5	5.6	3.2	2.62	856.4	756.3	860.6	7.8
121	1 355.0	18.91	52.9	1.4	3.4	6.2	0.96	98.5	157.4	173.2	7.0
121	1 298.9	18.91	48.0	0.5	7.3	2.6	3.37	1 337.5	999.4	1 413.2	5.7
121	1 181.0	18.91	40.0	0.9	3.3	6.1	1.14	229.2	155.1	227.8	8.1

121	1 055.0	18.91	36.0	0.7	2.9	6.7	1.1	132.2	143.8	155.5	13.5
121	955.0	18.91	34.0	0.6	2.1	8.9	0.84	84.2	79.1	88.2	19.5
121	855.0	18.91	30.0	0.9	4.3	4.7	1.43	83.5	250.8	282.3	8.4
121	777.4	18.91	28.0	1.1	2.5	7.8	0.82	37.1	99.7	105.6	13.5
121	671.2	18.91	26.0	0.5	2.6	8.8	1.12	159.8	185.1	177.1	18.2
121	507.3	18.91	21.8	0.4	1.2	6.2	0.65	38.7	31.1	35.2	25.5
121	464.4	18.91	20.0	0.6	5.7	4.9	2.36	439.4	425.6	532.4	14.6
121	368.6	18.91	18.0	1.1	3.5	8.3	1.09	166.1	182.8	198.6	11.2
121	31.9	18.91	10.0	0.4	2.5	10.6	1.2	161.8	130.1	153.4	100.3
<i>Media geom.</i>		45.31	161.4	1.0	3.9	13.0	1.39	441.4	341.0	496.3	20.91

1.2.

*Tabla de resultados hidráulicos para el periodo de retorno de 25 años.
Arroyo de los Jaboneros. Simulación 2003.*

Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Froude # Chl	Shear LOB	Shear ROB	Shear Total	Top Width
		m3/s	m	m	m/s	m2	-	N/m2	N/m2	N/m2	m
202	8 728.8	49.28	243.2	1.4	3.1	16.9	0.91	70.1	118.3	148.1	
202	8 628.8	49.28	238.9	1.3	5.8	8.7	1.92		505.7	529.8	9.7
202	8 528.8	49.28	236.4	1.3	3.7	14.7	1.10	89.1	171.4	181.3	15.5
202	8 428.8	49.28	234.9	1.2	3.5	14.6	1.09	173.9	76.2	162.3	11.3
203	8 328.8	53.82	231.1	1.8	4.0	18.1	1.01	99.7	140.0	136.2	20.0
203	8 228.8	53.82	227.2	1.4	6.2	9.0	1.91	71.7	325.1	662.1	10.2
203	8 128.8	53.82	224.8	1.4	4.0	15.3	1.10	121.7	131.2	175.3	14.1
203	8 028.8	53.82	223.1	1.1	3.6	17.0	1.17	58.3	150.1	178.1	25.7
203	7 948.8	53.82	219.1	1.5	5.6	10.4	1.61	99.6	250.2	365.7	10.1
203	7 826.6	53.82	214.9	1.5	3.5	15.7	0.98	222.9	123.6	328.1	17.8
203	7 728.8	53.82	212.9	1.8	4.0	16.6	0.98	117.1	100.3	141.2	15.0
203	7 528.8	53.82	205.2	0.6	7.4	7.4	3.19	1 064.0	740.3	993.1	13.7
203	7 433.6	53.82	203.3	1.8	4.1	15.9	0.99	79.4	98.6	120.6	12.3
203	7 341.1	53.82	202.9	1.4	3.4	23.3	0.94	106.8	73.9	85.7	33.8
203	7 241.1	53.82	199.0	0.8	6.5	9.0	2.37	329.4	668.5	610.6	13.9
203	7 128.8	53.82	189.4	1.2	6.8	9.0	2.10	441.0	218.1	536.0	11.5
203	7 028.8	53.82	184.8	1.5	5.4	11.1	1.52	262.2	84.6	330.7	12.4
203	6 739.8	53.82	177.1	1.7	4.0	14.9	1.05	171.4	75.6	220.4	15.2
203	6 619.4	53.82	172.8	1.3	6.0	10.0	1.75	169.7	326.6	412.7	10.9
203	6 539.8	53.82	171.6	1.7	3.6	16.8	0.91	151.1	94.5	192.0	14.8
203	6 465.9	53.82	171.1	1.6	3.7	18.1	0.95	112.2	82.1	121.1	17.9
203	6 333.3	53.82	168.1	0.6	4.5	12.1	2.08	410.1	359.2	400.3	25.8
203	6 167.5	53.82	163.6	1.1	3.0	19.9	0.96	69.4	83.3	110.3	25.1
203	6 039.8	53.82	161.5	0.8	3.3	20.3	1.20	98.6	102.1	124.9	39.3
203	5 939.8	53.82	159.0	1.4	3.5	17.1	1.00	63.6	118.3	136.4	17.6
203	5 839.8	53.82	150.7	1.0	10.3	5.6	3.75	1 214.6	63.7	1 961.6	9.0
203	5 739.8	53.82	148.5	1.8	4.2	15.0	1.07	83.2	148.0	171.4	12.7
203	5 639.8	53.82	146.9	1.8	3.2	14.8	1.02		226.4	192.8	12.3
203	5 539.8	53.82	145.0	1.1	4.6	12.6	1.42	202.6	130.8	267.0	15.0
203	5 439.8	53.82	142.7	2.0	3.6	16.6	0.93	58.5	136.0	124.8	14.6
203	5 339.8	53.82	139.3	1.0	6.9	8.5	2.42	67.8	593.9	686.3	12.5
203	5 239.8	53.82	136.6	1.8	3.7	15.4	0.97	23.4	74.3	156.9	12.5
203	5 139.8	53.82	133.2	1.1	6.9	9.4	2.21	284.9	486.3	526.1	13.3
203	5 039.8	53.82	131.2	2.2	3.7	17.3	0.89	99.4	37.1	102.6	16.4
203	4 839.8	53.82	127.4	1.2	5.7	10.8	1.78	200.1	261.7	357.6	15.2
203	4 739.8	53.82	124.8	1.1	4.4	14.7	1.34	161.7	100.5	155.1	20.0
203	4 639.8	53.82	123.4	1.0	3.2	17.9	1.09	130.9	84.3	110.4	22.7
204	4 511.1	61.69	118.9	1.5	3.1	21.5	0.83	86.5	122.9	125.0	25.6
204	4 411.1	61.69	116.8	1.3	2.9	16.1	0.93	63.8	259.7	183.0	18.9
204	4 211.1	61.69	110.8	1.6	4.8	13.5	1.27	262.6	200.8	351.5	13.0
204	4 111.1	61.69	108.8	1.0	3.0	17.6	0.99	146.1	193.2	192.1	21.8
204	3 909.3	61.69	103.3	1.0	3.4	17.5	1.09	133.0	203.9	210.0	24.2
204	3 711.1	61.69	97.1	1.5	4.1	16.7	1.12	211.2	144.4	249.6	18.3

204	3 611.1	61.69	94.6	1.5	3.7	17.0	1.02	156.6	226.5	239.9	15.5
204	3 511.1	61.69	93.1	1.2	2.8	20.7	0.85	132.4	138.5	156.6	22.7
204	3 391.3	61.69	90.7	1.2	3.3	19.8	0.99	113.5	208.3	167.6	26.2
204	3 272.4	61.69	87.5	1.0	3.7	19.1	1.19	171.0	238.7	212.5	30.1
204	3 104.0	61.69	82.8	1.5	3.4	17.8	0.92	159.2	116.2	177.9	18.2
204	3 011.1	61.69	81.1	1.0	3.6	20.8	1.16	189.7	191.2	229.1	29.0
204	2 911.1	61.69	77.8	2.1	3.9	17.8	0.91	116.2	123.6	203.7	13.8
204	2 814.3	61.69	75.2	1.2	4.5	12.3	1.44	177.1	430.8	406.5	15.2
204	2 721.0	61.69	73.3	1.2	2.6	21.0	0.82	58.4	146.5	142.9	23.0
204	2 611.1	61.69	70.9	0.7	2.9	21.2	1.30	188.2		230.3	46.0
204	2 411.1	61.69	65.8	0.7	2.0	26.0	0.76	83.2	87.1	88.2	45.3
204	2 328.2	61.69	63.3	0.5	3.3	17.6	1.51	219.7	265.6	237.1	52.1
204	2 211.1	61.69	59.0	1.1	2.8	22.2	1.00	4.6	18.1	192.9	30.1
204	2 128.2	61.69	56.9	1.5	2.5	19.2	0.76	47.2	135.7	128.1	18.9
204	2 011.1	61.69	53.9	1.0	4.2	12.8	1.36	177.2	356.6	337.5	16.7
204	1 911.1	61.69	51.5	1.4	2.8	20.9	0.83	43.8	151.7	146.4	21.8
204	1 808.3	61.69	48.8	1.6	2.9	17.1	1.05		327.0	256.2	18.5
204	1 671.5	61.69	34.5	0.8	9.8	6.3	4.20			2 877.7	11.9
204	1 611.3	61.69	34.0	2.0	3.0	18.7	0.73	35.9	20.2	44.4	15.2
204	1 522.2	61.69	32.2	1.1	5.4	10.1	2.11	207.5		268.5	16.6
204	1 409.5	61.69	30.6	1.1	3.5	17.5	1.25	52.7		106.9	24.1
204	1 305.7	61.69	26.9	1.9	5.2	12.0	1.75		28.2	241.0	13.1
204	1 238.8	61.69	23.7	0.7	6.7	9.2	2.99			498.2	19.3
204	1 168.2	61.69	23.6	1.3	3.2	19.3	1.01			91.0	19.5
204	1 094.0	61.69	22.6	0.9	4.0	15.4	1.49			159.2	22.5
204	1 012.6	61.69	19.9	2.4	3.6	17.2	1.16		18.3	113.5	18.2
204	801.6	61.69	15.9	0.7	5.3	11.7	2.12		4.0	290.6	19.0
204	779.0	61.69	15.9	0.8	4.4	14.0	1.64			191.2	19.3
204	688.8	61.69	11.9	0.7	5.7	10.8	2.27		45.2	331.9	18.9
204	665.7	61.69	10.2	0.8	6.1	10.1	2.44			384.4	18.1
204	585.3	61.69	8.8	1.2	3.2	19.2	1.01			91.9	19.0
204	322.8	61.69	3.7	0.1	0.9	13.9	1.25		41.6	40.4	19.4
204	180.1	61.69	2.0	0.1		19.1	0.00		15.6	15.6	23.7
204	135.2	61.69	-0.2	0.1		12.5	0.00		220.8	220.8	
211	1 585.1	0.27	424.9	0.1	2.3	0.1	3.02	107.8		184.1	3.7
211	1 511.7	0.27	407.1	0.1	2.1	0.1	2.19	53.2		136.7	2.5
211	1 351.3	0.27	386.1	0.1	0.9	0.2	1.13	83.0		79.9	4.3
211	1 285.1	0.27	375.3	0.1	2.0	0.1	2.66		192.3	177.5	3.6
211	1 185.1	0.27	362.5	0.1	1.4	0.2	1.44	33.3		60.6	3.6
211	1 085.1	0.27	350.0	0.1	2.3	0.1	2.61	62.2		170.9	2.9
211	985.1	0.27	339.6	0.1	1.2	0.2	1.27	38.1		44.1	5.8
211	898.8	0.27	330.9	0.0	0.8	0.2	1.91	94.1		83.5	7.5
211	797.7	0.27	317.6	0.1	1.5	0.2	1.57	74.0		76.1	2.9
211	709.0	0.27	305.9	0.0	0.7	0.2	1.50	216.0		199.2	3.5
211	571.1	0.27	292.4	0.2	1.1	0.3	1.00	75.0		79.2	5.6

211	497.9	0.27	285.3	0.1	0.9	0.2	1.20	116.9		103.5	4.5
211	385.1	0.27	274.1	0.1	0.7	0.2	1.24		78.9	69.2	2.6
211	285.1	0.27	261.8	0.1	2.0	0.1	2.37		68.9	144.4	2.5
211	185.1	0.27	249.5	0.1	1.6	0.2	1.54		45.4	71.4	3.2
211	105.4	0.27	242.8	0.1	1.5	0.2	1.68	61.0		68.2	2.6
221	1 684.4	1.53	488.0	0.4	1.8	1.0	0.95	79.7	36.4	120.9	1.1
221	1 584.4	1.53	457.1	0.4	1.8	1.1	1.04	55.6	15.9	63.2	3.8
221	1 484.4	1.53	436.0	0.4	1.8	0.9	1.00	49.1	4.9	63.5	3.1
221	1 390.2	1.53	417.1	0.3	1.5	1.0	0.94	63.7	13.3	67.1	4.8
221	1 284.4	1.53	382.6	0.3	1.6	1.1	0.95	19.2	43.5	44.6	5.8
221	1 190.7	1.53	361.3	0.4	1.6	1.0	1.00	57.9	9.7	55.8	3.2
221	1 084.4	1.53	340.9	0.3	1.3	1.0	0.93	55.4		52.7	5.6
221	984.4	1.53	321.6	0.4	1.6	0.9	0.92	93.3		95.2	2.2
221	884.4	1.53	312.1	0.2	4.3	0.4	3.78	557.1	217.6	699.1	4.9
221	684.4	1.53	284.2	0.2	0.7	0.9	0.74		70.6	64.6	3.5
221	584.4	1.53	267.8	0.3	1.6	1.1	0.98	49.3	20.5	49.1	6.0
221	464.3	1.53	251.4	0.3	1.3	1.0	0.89	70.7		64.3	5.7
221	384.4	1.53	242.0	0.1	5.1	0.2	6.42	1 886.3		1 610.8	2.7
221	284.4	1.53	228.8	0.3	1.9	0.9	1.33		97.9	97.5	4.2
221	174.0	1.53	212.0	0.2	6.7	0.2	5.77			1 374.5	0.8
231	1 606.9	2.79	386.8	0.6	1.9	1.9	0.88	24.9	22.7	33.9	
231	1 506.9	2.79	346.8	0.5	2.0	1.6	0.98	125.4	61.4	137.9	5.0
231	1 406.9	2.79	313.2	0.4	1.4	1.6	0.90		180.7	154.7	6.0
231	1 306.9	2.79	290.6	0.5	2.0	1.6	0.97	132.4	63.7	147.4	5.4
231	1 256.2	2.79	282.8	0.2	5.6	0.5	4.96	2 103.4		2 144.8	5.4
231	1 106.9	2.79	257.4	0.3	1.4	1.5	0.97		205.5	186.6	5.2
231	1 006.9	2.79	243.2	0.3	4.6	0.7	2.91	551.9	378.9	858.9	4.4
231	906.9	2.79	233.1	0.3	1.2	1.7	0.86	421.9	40.6	331.4	9.5
231	806.9	2.79	213.0	0.3	4.1	0.8	2.50	270.5	523.7	719.9	4.1
231	706.9	2.79	199.0	0.4	2.5	1.0	1.71	188.6		178.2	5.2
231	609.7	2.79	193.7	0.3	1.9	1.7	1.10	67.1	77.2	90.8	9.0
231	506.9	2.79	185.2	0.3	3.7	0.8	2.56	62.2	317.4	315.7	4.8
231	406.9	2.79	177.7	0.1	0.5	1.3	0.91		112.5	109.2	7.3
231	352.0	2.79	174.0	0.4	2.5	1.1	1.72		185.4	177.5	5.6
231	206.9	2.79	164.7	0.4	2.8	1.1	1.52	117.7	55.6	132.4	4.5
231	152.3	2.79	163.0	0.3	1.8	1.9	1.21	23.6	109.0	98.8	9.0
241	1 821.8	2.51	402.3	0.5	2.1	1.4	0.94	100.4	61.8	141.5	
241	1 721.8	2.51	364.9	0.5	1.7	2.0	0.79	47.8	52.1	70.5	7.4
241	1 621.8	2.51	327.9	0.4	1.8	1.5	0.97	60.8	15.9	61.4	8.0
241	1 521.8	2.51	303.2	0.5	1.9	1.5	0.96	46.1	19.2	51.5	5.6
241	1 421.8	2.51	286.6	0.5	2.0	1.5	0.93	33.9	38.8	53.4	5.8
241	1 321.8	2.51	272.1	0.4	1.3	1.5	0.78	6.3	79.1	75.5	5.7
241	1 243.1	2.51	261.5	0.2	8.5	0.3	7.00	3 642.0		5 599.4	2.8
241	1 121.8	2.51	240.6	0.3	2.6	1.1	1.57	67.6	105.0	113.8	7.8
241	1 021.8	2.51	229.3	0.2	3.2	0.8	2.19	366.6	227.1	426.9	5.9

241	921.8	2.51	217.4	0.4	2.2	1.0	1.55	170.4		150.3	5.0
241	821.8	2.51	209.2	0.3	3.7	0.8	2.29	82.1	148.9	190.8	3.8
241	721.8	2.51	197.1	0.5	3.1	0.9	1.67		254.7	427.5	2.2
241	621.8	2.51	178.6	0.3	2.5	0.9	1.93	551.3		499.5	4.9
241	558.9	2.51	173.0	0.3	1.7	1.7	0.98	83.4	109.0	114.2	7.6
241	443.7	2.51	161.5	0.2	2.8	0.9	2.81	536.3		465.3	6.2
241	319.6	2.51	151.4	0.4	2.4	1.2	1.29	35.4	86.5	94.9	5.8
241	221.8	2.51	145.0	0.1		1.0	0.00	311.2		311.2	4.6
251	1 000.0	6.10	164.1	0.8	2.7	3.7	1.00	95.7	102.7	124.3	
251	900.0	6.10	153.4	0.1		0.9	0.00		3 586.4	3 586.4	9.4
251	800.0	6.10	143.7	0.6	2.4	3.5	1.05	97.7	107.6	119.6	9.6
251	716.6	6.10	138.0	0.2	2.5	2.9	2.28	472.8		461.6	38.2
251	600.7	6.10	128.7	0.6	2.6	3.6	1.10	101.0	123.9	130.4	10.5
251	467.6	6.10	115.7	0.3	6.1	1.3	3.58	557.5	925.7	998.7	5.5
251	452.5	6.10	115.9	0.5	2.6	4.1	1.16	132.8	137.3	148.2	11.5
251	314.6	6.10	111.9	0.1		2.9	0.00		203.7	203.7	13.0
251	178.1	6.10	98.2	0.3	3.6	2.4	2.26	260.7	360.4	344.1	11.9
251	115.2	6.10	89.2	0.1		2.7	0.00		231.0	231.0	7.6
Media geom.		30.57	187.4	0.8	3.3	8.4	1.52	222.0	193.7	333.3	12.8

1.3.

*Tabla de resultados hidráulicos para el periodo de retorno de 500 años.
Arroyo de los Jaboneros. Simulación 2003.*

Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Froude # Chl	Shear LOB	Shear ROB	Shear Total	Top Width
		m3/s	m	m	m/s	m2	-	N/m2	N/m2	N/m2	m
202	8 728.8	185.68	243.2	2.6	4.6	45.6	0.94	129.2	220.5	247.2	25.5
202	8 628.8	185.68	238.9	2.9	7.8	26.7	1.58	157.4	523.6	551.4	12.2
202	8 528.8	185.68	236.4	2.1	7.4	28.7	1.67	329.4	558.9	582.5	17.8
202	8 428.8	185.68	234.9	2.7	4.9	43.0	0.99	214.3	127.4	201.8	13.0
203	8 328.8	193.91	231.1	3.3	5.6	53.7	1	164.6	181.6	193.4	28.5
203	8 228.8	193.91	227.2	2.8	8.3	26.4	1.68	272.3	499.7	737.5	15.4
203	8 128.8	193.91	224.8	2.5	7.2	31.5	1.49	346.1	333.9	448.9	16.6
203	8 028.8	193.91	223.1	1.9	5.6	36.7	1.37	157.8	372.3	394.5	58.7
203	7 948.8	193.91	219.1	3.2	7.1	32.5	1.31	194.5	272.2	362.2	15.2
203	7 826.6	193.91	214.9	2.1	7.2	26.7	1.68	959.5	571.4	1 224.0	22.1
203	7 728.8	193.91	212.9	3.4	5.5	43.7	0.96	178.0	143.2	196.8	20.3
203	7 528.8	193.91	205.2	1.4	11.0	19.1	3.04	1 507.7	1 125.4	1 457.2	16.2
203	7 433.6	193.91	203.3	3.3	6.6	37.9	1.16	177.1	187.5	232.7	15.5
203	7 341.1	193.91	202.9	1.7	7.6	34.5	1.91	495.8	428.1	467.4	35.1
203	7 241.1	193.91	199.0	2.3	6.7	35.1	1.44	262.0	407.7	378.2	21.9
203	7 128.8	193.91	189.4	1.9	12.3	18.8	2.89	1 169.6	720.9	1 363.9	13.7
203	7 028.8	193.91	184.8	2.7	8.7	26.4	1.76	515.7	290.8	611.2	15.2
203	6 739.8	193.91	177.1	2.9	6.2	35.1	1.21	346.1	195.6	401.1	20.2
203	6 619.4	193.91	172.8	2.8	8.3	28.2	1.59	299.3	436.3	522.0	13.7
203	6 539.8	193.91	171.6	2.9	5.8	38.3	1.11	354.1	258.1	408.1	20.5
203	6 465.9	193.91	171.1	3.0	5.0	49.4	0.94	158.9	136.3	169.5	27.6
203	6 333.3	193.91	168.1	1.1	8.3	28.4	2.62	712.3	881.0	785.1	37.5
203	6 167.5	193.91	163.6	2.1	4.5	53.8	1.02	113.2	137.8	163.6	41.3
203	6 039.8	193.91	161.5	1.4	5.4	43.4	1.5	276.3	238.4	302.3	45.3
203	5 939.8	193.91	159.0	2.8	4.7	51.0	0.91	104.9	139.7	156.8	29.4
203	5 839.8	193.91	150.7	2.0	12.7	17.3	3.02	1 486.6	666.7	1 922.1	14.0
203	5 739.8	193.91	148.5	3.1	7.3	33.8	1.37	253.6	347.1	392.2	16.0
203	5 639.8	193.91	146.9	3.6	5.4	38.8	1.04	68.5	279.5	274.8	30.8
203	5 539.8	193.91	145.0	2.2	7.5	28.9	1.66	412.0	305.5	528.7	18.0
203	5 439.8	193.91	142.7	3.3	5.9	41.0	1.12	160.3	242.0	234.8	22.5
203	5 339.8	193.91	139.3	2.2	8.8	25.5	1.95	247.3	664.4	718.2	16.5
203	5 239.8	193.91	136.6	3.2	6.3	34.1	1.2	109.3	204.6	327.2	15.0
203	5 139.8	193.91	133.2	2.1	9.6	26.3	2.18	485.1	713.2	713.3	21.0
203	5 039.8	193.91	131.2	3.6	5.4	48.0	0.99	151.7	113.9	163.6	28.9
203	4 839.8	193.91	127.4	2.2	8.0	33.4	1.78	217.9	432.6	363.8	36.0
203	4 739.8	193.91	124.8	2.0	7.2	34.0	1.65	344.3	257.7	335.4	26.1
203	4 639.8	193.91	123.4	1.9	5.3	43.1	1.25	240.0	166.4	206.6	30.2
204	4 511.1	211.64	118.9	2.6	4.1	58.0	0.81	127.5	167.2	159.9	41.4
204	4 411.1	211.64	116.8	2.5	4.5	41.7	0.98	177.5	357.9	279.3	26.4
204	4 211.1	211.64	110.8	2.9	6.9	32.2	1.34	404.5	375.8	525.8	18.3

204	4 111.1	211.64	108.8	1.7	5.2	35.1	1.28	352.3	470.5	465.4	24.4
204	3 909.3	211.64	103.3	1.9	4.7	43.0	1.1	171.9	317.7	280.5	36.1
204	3 711.1	211.64	97.1	2.4	6.2	40.1	1.31	345.6	311.9	407.0	30.3
204	3 611.1	211.64	94.6	3.0	5.1	44.3	0.96	239.0	312.2	332.0	19.3
204	3 511.1	211.64	93.1	2.0	5.1	38.2	1.21	351.1	381.5	425.9	25.2
204	3 391.3	211.64	90.7	1.7	4.5	70.2	1.13	173.2	338.8	203.3	88.9
204	3 272.4	211.64	87.5	1.9	4.7	63.5	1.1	186.6	284.4	218.0	68.6
204	3 104.0	211.64	82.8	2.8	4.9	45.6	0.95	246.1	207.7	271.2	24.8
204	3 011.1	211.64	81.1	1.6	6.2	41.6	1.56	513.8	495.9	585.8	34.6
204	2 911.1	211.64	77.8	3.7	4.7	60.6	0.81	81.3	157.2	127.2	50.2
204	2 814.3	211.64	75.2	2.2	6.9	29.5	1.55	388.4	691.4	659.1	19.5
204	2 721.0	211.64	73.3	2.1	4.7	43.3	1.1	183.0	350.3	344.5	28.9
204	2 611.1	211.64	70.9	1.2	4.5	57.2	1.38	224.5	126.3	298.0	85.7
204	2 411.1	211.64	65.8	1.4	3.1	58.1	0.84	129.1	176.2	163.5	54.9
204	2 328.2	211.64	63.3	0.9	4.5	40.3	1.5	403.4	393.1	408.6	55.0
204	2 211.1	211.64	59.0	2.1	4.0	57.1	0.96	73.7	107.7	259.4	40.0
204	2 128.2	211.64	56.9	2.8	3.7	50.1	0.75	103.2	194.3	183.5	26.6
204	2 011.1	211.64	53.9	1.9	6.3	30.9	1.48	367.5	607.6	559.7	23.4
204	1 911.1	211.64	51.5	2.3	4.6	44.2	1.02	173.8	288.0	303.2	27.9
204	1 808.3	211.64	48.8	2.7	4.7	45.3	1.12	106.0	440.8	295.1	36.6
204	1 671.5	211.64	34.5	1.6	12.4	17.4	3.51	794.7	483.9	3 104.4	16.4
204	1 611.3	211.64	34.0	2.6	6.2	29.5	1.28	142.9	94.0	165.8	18.3
204	1 522.2	211.64	32.2	2.0	6.7	26.9	1.73	242.5	93.6	283.4	36.4
204	1 409.5	211.64	30.6	1.6	6.7	31.4	1.91	205.2	41.6	320.2	37.3
204	1 305.7	211.64	26.9	3.2	6.5	33.0	1.48		65.4	275.3	18.1
204	1 238.8	211.64	23.7	1.3	9.6	22.0	3.01			816.4	24.1
204	1 168.2	211.64	23.6	2.5	4.9	43.3	1.05	7.9	13.4	159.1	23.4
204	1 094.0	211.64	22.6	1.8	6.2	34.4	1.56			294.3	22.4
204	1 012.6	211.64	19.9	3.3	5.8	37.0	1.38		54.8	182.9	27.9
204	801.6	211.64	15.9	1.6	7.3	28.9	1.89		49.6	404.4	18.9
204	779.0	211.64	15.9	1.7	6.5	32.5	1.63		53.6	313.7	19.6
204	688.8	211.64	11.9	1.5	8.4	25.2	2.3		189.4	533.3	18.8
204	665.7	211.64	10.2	1.6	8.7	24.4	2.32	22.4	41.7	583.8	17.8
204	585.3	211.64	8.8	2.7	2.6	98.5	0.53		4.5	7.9	161.8
204	322.8	211.64	3.7	0.2	1.4	42.0	1.09		43.8	43.0	634.1
204	180.1	211.64	2.0	0.2	1.0	59.3	0.7		21.3	20.5	388.8
204	135.2	211.64	0.0	0.1		25.1	0		572.5	572.5	225.9
211	1 585.1	8.16	424.9	0.3	10.3	0.9	6.48	1 672.2	763.8	1 967.1	5.1
211	1 511.7	8.16	407.1	0.6	5.7	1.6	2.45	348.5	150.1	459.8	3.9
211	1 351.3	8.16	386.1	0.5	2.9	1.9	1.64	499.1		480.0	5.9
211	1 285.1	8.16	375.3	0.6	5.2	1.6	2.72	61.8	592.5	573.3	5.0
211	1 185.1	8.16	362.5	0.6	5.2	1.9	2.29	278.8	212.6	351.6	5.0
211	1 085.1	8.16	350.0	0.6	5.7	1.6	2.59	395.4	87.6	499.3	4.3
211	985.1	8.16	339.6	0.5	4.4	2.3	2.05	276.1	166.5	279.6	7.3
211	898.8	8.16	330.9	0.3	3.7	2.7	2.3	300.9	219.0	295.5	9.4

211	797.7	8.16	317.6	0.6	5.1	1.8	2.36	418.0	162.4	415.6	4.4
211	709.0	8.16	305.9	0.6	4.4	2.0	2.45	753.7		644.8	5.4
211	571.1	8.16	292.4	0.8	3.2	3.1	1.29	285.3	148.1	282.6	7.2
211	497.9	8.16	285.3	0.5	3.5	2.4	1.73	574.0	161.9	521.8	6.4
211	385.1	8.16	274.1	0.6	3.5	2.1	1.76	27.7	336.0	289.8	4.0
211	285.1	8.16	261.8	0.5	6.7	1.4	3.12	304.8	479.7	652.2	4.1
211	185.1	8.16	249.5	0.6	5.0	1.9	2.14	140.2	294.7	344.7	4.6
211	105.4	8.16	242.8	0.6	4.2	2.3	1.84	300.1	213.8	320.0	4.6
221	1 684.4	7.67	488.0	1.0	2.8	3.4	0.94	147.7	104.7	185.0	5.5
221	1 584.4	7.67	457.1	0.9	3.0	3.6	1.05	99.9	57.6	106.3	5.4
221	1 484.4	7.67	436.0	0.3	17.4	0.5	12.03	4 836.4		7 023.9	3.8
221	1 390.2	7.67	417.1	0.5	3.8	2.1	1.8	328.9	150.0	352.0	5.9
221	1 284.4	7.67	382.6	0.3	12.0	0.7	8.65	889.2	3 074.2	3 148.8	4.7
221	1 190.7	7.67	361.3	0.6	4.5	1.9	2.18	340.6	141.7	333.4	4.7
221	1 084.4	7.67	340.9	0.4	6.0	1.2	3.97	1 074.4		1 022.6	6.4
221	984.4	7.67	321.6	0.7	4.2	1.8	1.82	461.6	73.9	495.2	4.6
221	884.4	7.67	312.1	0.5	3.7	2.5	1.64	270.4	203.8	293.8	6.4
221	684.4	7.67	284.2	0.8	1.6	3.2	0.82		117.9	100.7	4.8
221	584.4	7.67	267.8	0.7	2.5	3.6	0.97	81.4	53.3	81.3	7.1
221	464.3	7.67	251.4	0.8	2.3	3.4	0.9	113.7	40.7	105.3	7.3
221	384.4	7.67	242.0	0.3	7.9	0.8	5.43	2 695.1		2 576.4	4.7
221	284.4	7.67	228.8	0.6	3.8	2.5	1.7	82.0	240.8	236.7	6.2
221	174.0	7.67	212.0	0.5	8.4	1.0	4.22	329.6	370.3	1 238.2	1.8
231	1 606.9	11.14	386.8	1.0	2.8	5.2	0.95	48.5	50.1	59.7	6.5
231	1 506.9	11.14	346.8	0.9	2.9	4.7	0.98	197.8	132.8	211.0	6.0
231	1 406.9	11.14	313.2	0.9	2.5	4.6	0.96	75.7	252.7	221.4	7.4
231	1 306.9	11.14	290.6	1.1	3.1	4.4	1	217.0	142.3	234.6	6.4
231	1 256.2	11.14	282.8	0.4	8.1	1.4	5.07	3 408.1		3 510.7	6.5
231	1 106.9	11.14	257.4	0.8	2.4	3.7	1.12		406.5	368.1	6.4
231	1 006.9	11.14	243.2	0.6	6.6	2.0	2.85	959.8	857.5	1 277.8	4.8
231	906.9	11.14	233.1	0.8	2.1	5.3	0.87	559.2	217.7	421.6	11.1
231	806.9	11.14	213.0	0.6	7.7	1.7	3.43	948.8	1 521.3	1 904.7	5.2
231	706.9	11.14	199.0	0.7	4.4	2.7	1.88	314.4	99.2	303.4	6.7
231	609.7	11.14	193.7	0.6	3.1	4.2	1.32	157.9	173.9	193.6	10.4
231	506.9	11.14	185.2	0.6	5.4	2.4	2.41	211.4	440.8	424.1	6.1
231	406.9	11.14	177.7	0.3	1.8	3.0	1.41		283.6	256.0	8.7
231	352.0	11.14	174.0	0.7	3.7	3.1	1.72	39.1	270.3	261.8	7.3
231	206.9	11.14	164.7	0.7	4.8	2.8	1.87	261.2	177.7	287.9	5.8
231	152.3	11.14	163.0	0.6	2.8	5.5	1.19	74.6	152.4	140.3	10.8
241	1 821.8	9.33	402.3	0.3	19.9	0.5	13.7	11 087.9	1 914.4	19 873.6	2.7
241	1 721.8	9.33	364.9	0.6	4.7	2.7	1.99	400.1	396.8	528.6	8.9
241	1 621.8	9.33	327.9	0.8	2.6	3.8	0.97	91.9	39.0	92.3	10.9
241	1 521.8	9.33	303.2	0.9	2.8	4.0	0.96	72.6	44.0	77.9	7.0
241	1 421.8	9.33	286.6	1.0	2.7	4.4	0.91	46.7	60.0	67.5	12.7
241	1 321.8	9.33	272.1	0.9	2.1	4.2	0.81	47.1	122.6	112.7	7.1

241	1 243.1	9.33	261.5	0.4	10.7	1.0	6.01	5 174.9	1 198.4	6 510.4	3.6
241	1 121.8	9.33	240.6	0.6	4.2	3.0	1.84	146.9	199.0	206.1	9.3
241	1 021.8	9.33	229.3	0.4	4.5	2.2	2.15	551.8	451.5	625.5	7.5
241	921.8	9.33	217.4	0.6	4.1	2.4	1.91	320.4	96.9	290.3	6.1
241	821.8	9.33	209.2	0.6	5.4	2.1	2.36	178.2	257.2	294.7	5.3
241	721.8	9.33	197.1	0.8	5.4	1.9	2.04	231.5	581.2	849.5	3.1
241	621.8	9.33	178.6	0.6	4.0	2.2	2.02	867.2	97.3	797.1	6.3
241	568.9	9.33	173.0	0.6	2.8	4.1	1.14	182.1	228.1	231.2	9.0
241	443.7	9.33	161.5	0.4	4.4	2.3	2.86	790.1		686.0	7.4
241	319.6	9.33	151.4	0.7	3.8	3.0	1.51	97.8	168.5	172.6	6.9
241	221.8	9.33	145.0	0.1	0.7	2.6	1.18	497.0		450.8	6.6
251	1 000.0	17.84	164.1	1.3	3.6	9.0	1	142.3	144.0	167.2	11.7
251	900.0	17.84	153.4	0.0	2.1	1.9	4.83	208.3	5 042.1	4 424.9	14.2
251	800.0	17.84	143.7	0.9	3.6	7.1	1.21	180.9	198.3	213.6	12.1
251	716.6	17.84	138.0	0.4	3.5	6.7	2.3	646.0		635.2	42.0
251	600.7	17.84	128.7	0.9	3.7	7.9	1.23	180.8	206.9	216.8	13.4
251	467.6	17.84	115.7	0.6	7.9	3.1	3.33	903.9	1 228.8	1 292.5	7.9
251	452.5	17.84	115.9	0.9	3.6	9.3	1.22	206.4	215.6	228.1	14.0
251	314.6	17.84	111.9	0.1		6.5	0		304.6	304.6	18.2
251	178.1	17.84	98.2	0.4	5.4	4.9	2.65	496.0	632.7	609.7	19.1
251	115.2	17.84	89.2	0.1		6.3	0		311.0	311.0	9.5
Media geom.	108.40	187.4	1.4	5.5	21.2	1.91	520.9	365.0	732.5	26.72	

1.4.

*Tabla de resultados hidráulicos para el periodo de retorno de 500 años.
Arroyo Piletas. Simulación 2003.*

Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Froude # Chl	Shear LOB	Shear ROB	Shear Total	Top Width
		m3/s	m	m	m/s	m2	-	N/m2	N/m2	N/m2	m
301	3 650.7	21.99	274.7	0.2	9.1	1.4	8.68		7 757.1	6 896.2	11.20
301	3 623.2	21.99	267.1	0.8	6.3	3.2	2.62	330.3	1 129.8	975.4	7.17
301	3 598.6	21.99	261.1	0.6	7.8	3.1	3.21	983.4	1 056.5	1 221.1	7.86
301	3 562.7	21.99	254.8	0.4	4.3	5.3	2.19	377.0	461.2	429.6	27.55
301	3 543.9	21.99	255.4	0.1	0.6	13.2	0.59	20.8	70.4	50.6	51.80
301	3 510.3	21.99	256.0	0.1		12.9	0	42.6	74.6	63.3	39.85
301	3 474.5	21.99	251.0	0.1		10.0	0	98.1		98.1	57.67
301	3 424.1	21.99	243.1	0.2	5.6	3.0	4.35	568.9	1 797.3	1 380.0	46.43
301	3 403.3	21.99	243.0	0.3	1.5	11.0	0.97	46.8	103.3	95.6	40.11
301	3 353.2	21.99	226.5	0.9	2.3	10.2	0.85	50.0	95.9	95.2	22.70
301	3 314.4	21.99	216.2	0.4	13.2	1.8	7.05	2 388.0	3 866.9	4 058.0	7.46
301	3 270.5	21.99	208.4	0.9	5.5	4.3	1.98	361.5	542.5	561.5	7.75
301	3 250.3	21.99	206.1	1.0	3.7	4.2	1.54	590.8		541.0	6.42
301	3 213.6	21.99	203.7	1.0	4.8	4.9	1.56	379.3	209.6	399.8	23.30
301	3 185.3	21.99	201.7	0.7	5.0	5.0	2.04	390.5	220.7	426.6	23.50
301	3 157.4	21.99	199.0	0.9	4.8	5.0	1.63	359.7	283.7	394.0	8.48
301	3 132.2	21.99	197.0	0.8	5.1	4.7	1.79	391.2	406.1	469.3	8.16
301	3 106.5	21.99	195.9	0.9	3.7	6.2	1.24	234.5	217.2	251.9	9.62
301	3 076.4	21.99	192.9	0.6	4.7	3.9	2.08	242.3	739.4	625.4	7.57
301	3 057.9	21.99	192.6	1.0	2.4	8.9	0.82	129.9	77.7	113.9	13.38
301	3 037.5	21.99	190.4	0.8	6.5	3.8	2.42	697.5	500.3	743.8	6.95
301	3 005.8	21.99	185.1	0.9	6.8	3.6	2.34	616.5	418.6	786.6	6.79
301	2 975.1	21.99	183.8	1.4	4.1	6.0	1.17	219.6	151.7	247.8	6.85
301	2 957.6	21.99	183.9	0.7	3.3	6.5	1.25	219.5	233.4	241.6	10.22
301	2 906.7	21.99	177.3	0.5	7.1	3.2	3.26	1 154.4	933.7	1 192.3	9.54
301	2 869.0	21.99	174.7	0.7	3.4	7.1	1.3	224.2	149.4	205.7	16.17
301	2 840.2	21.99	172.5	0.8	4.4	5.3	1.6	376.8	251.1	368.2	9.53
301	2 805.6	21.99	170.2	0.8	4.4	5.5	1.59	342.3	244.8	329.1	10.80
301	2 789.4	21.99	168.5	0.6	5.6	4.9	2.3	515.7	348.8	463.1	15.73
301	2 767.0	21.99	166.0	0.2	2.2	5.7	1.69	430.4	332.3	349.2	20.56
301	2 724.1	21.99	161.9	1.0	4.4	5.4	1.43	235.6	322.7	327.9	7.31
301	2 695.6	21.99	160.0	0.9	5.0	4.8	1.72	395.8	297.8	434.6	8.35
301	2 671.0	21.99	157.6	0.9	5.5	4.5	1.9	349.6	435.9	506.4	8.37
301	2 620.4	21.99	154.4	0.6	3.1	5.8	1.45	138.0	349.9	287.5	13.53
301	2 588.1	21.99	152.2	0.7	3.8	5.8	1.47	331.2	206.2	302.4	11.24
301	2 534.1	21.99	149.5	0.6	2.9	6.7	1.28	248.8	206.9	230.4	14.67
301	2 504.9	21.99	147.2	0.6	4.4	5.3	1.72	355.0	341.4	380.4	12.14
301	2 470.5	21.99	145.2	0.7	3.5	6.5	1.37	222.2	232.6	244.9	13.87
301	2 441.7	21.99	143.6	0.7	3.6	6.3	1.37	251.4	234.9	260.8	11.84
301	2 420.9	21.99	141.6	0.5	4.6	4.7	2.03	515.7	428.1	503.8	11.95

301	2 389.4	21.99	138.9	0.9	4.4	5.7	1.52	261.9	289.4	311.4	11.07
301	2 349.5	21.99	136.2	1.1	4.8	5.4	1.5	259.4	256.5	326.6	9.21
301	2 322.4	21.99	134.8	0.8	4.5	5.4	1.58	306.3	295.8	351.6	10.14
301	2 297.6	21.99	133.3	0.9	4.1	5.6	1.45	348.3	164.7	300.3	10.26
301	2 268.6	21.99	130.6	1.1	5.5	4.4	1.73	459.5	243.4	504.7	6.12
301	2 239.4	21.99	129.0	1.1	5.0	5.0	1.53	325.8	276.1	382.6	6.74
301	2 221.7	21.99	129.2	0.2	0.8	5.6	0.88		282.1	259.4	12.23
301	2 194.3	21.99	126.4	0.5	4.2	4.5	1.96	585.9	288.3	517.8	10.49
301	2 149.5	21.99	126.8	0.3	1.2	10.9	0.72	71.4	93.6	83.3	24.82
301	2 101.7	21.99	128.6	0.0		13.3	0	21.3	71.7	45.8	39.81
301	2 057.1	21.99	125.0	0.3	5.2	4.2	3.06	798.7	573.4	743.1	18.49
301	2 015.5	21.99	120.6	0.5	3.0	7.5	1.38	174.7	199.4	203.3	20.47
301	1 980.7	21.99	115.5	1.2	6.9	3.7	2.13	429.2	523.6	729.2	5.37
301	1 948.0	21.99	112.9	1.2	5.8	4.3	1.72	370.2	333.0	506.7	5.12
301	1 917.7	21.99	108.9	0.9	7.0	3.3	2.56	478.2	917.5	938.3	5.90
301	1 879.5	21.99	104.9	0.9	5.6	4.5	1.88	382.5	404.2	498.1	13.15
301	1 818.5	21.99	98.6	0.2	2.0	5.8	1.86	371.1		361.9	32.22
302	1 717.2	24.28	82.1	1.8	3.7	7.8	0.9	133.5	112.9	165.7	7.60
302	1 685.4	24.28	81.0	1.5	4.9	5.5	1.36	167.2	308.5	355.5	5.71
302	1 652.8	24.28	79.4	1.1	5.7	5.4	1.79	310.1	468.0	515.3	8.33
302	1 578.0	26.26	75.5	1.6	3.8	8.8	0.98	173.6	137.3	187.8	7.67
303	1 533.6	26.26	73.0	1.1	5.7	4.8	1.9	631.7	189.8	653.8	6.87
303	1 199.3	26.26	48.0	1.8	1.0	10.1	0.24	7.5	12.8	13.1	8.48
303	1 185.4	26.26	46.7	1.2	2.3	5.2	0.67	47.0	66.8	77.6	7.12
303	1 150.2	26.26	45.4	0.8	2.5	4.1	0.93	99.1	99.9	118.5	8.51
303	1 139.5	26.26	46.0	0.6	1.6	4.6	0.68	70.1	50.9	65.2	9.36
303	1 084.8	26.26	43.5	0.9	2.3	4.6	0.8	54.1	100.0	101.8	6.48
304	1 024.3	28.45	39.9	1.7	1.2	10.7	0.32	21.1	14.2	20.1	10.79
304	1 005.1	28.45	39.0	1.8	2.0	7.8	0.48	37.3	13.7	30.7	9.87
304	973.4	28.45	36.4	0.9	2.6	4.2	0.93	69.0	119.0	125.4	7.81
304	947.5	28.45	35.0	0.9	2.5	4.1	0.92	38.2	129.1	136.4	6.88
304	927.1	28.45	34.5	0.9	3.2	3.9	1.11	100.3	148.6	171.6	7.13
304	885.6	28.45	32.7	0.6	2.4	3.5	1.07	64.5	152.3	143.7	8.75
304	863.7	28.45	31.7	0.7	3.1	3.6	1.23	136.1	170.7	189.4	7.70
304	828.3	28.45	30.9	0.6	2.7	3.8	1.16	94.0	147.4	151.0	10.38
304	811.0	28.45	29.7	0.7	3.1	3.6	1.25	132.7	174.4	176.6	9.02
304	792.1	28.45	28.3	0.5	2.9	3.3	1.33	165.2	175.7	189.4	10.50
304	178.6	28.45	5.2	0.9	2.9	3.6	3.05			163.3	22.54
304	131.4	28.45	2.6	0.4	2.5	3.3	4.79	64.3	62.4	140.5	25.18
304	84.0	28.45	1.6	0.6	2.1	4.0	3.1		30.3	133.2	7.83
304	45.9	28.45	1.6	0.5	1.7	6.3	2.7	17.6		33.8	39.30
311	824.3	2.34	196.0	0.4	1.8	1.4	1.12	8.4	126.9	124.3	1.09
311	780.0	2.34	185.3	0.1		1.4	0		156.9	156.9	5.46
311	740.0	2.34	179.1	0.1		2.0	0		96.6	96.6	16.65
311	703.0	2.34	169.0	0.0	1.3	0.5	2.96		1 269.6	1 227.9	4.76

311	650.8	2.34	162.2	0.4	1.8	1.4	1.16	16.1	129.4	125.3	6.33
311	591.5	2.34	155.7	0.2	3.8	0.7	2.63	308.6	225.6	403.7	13.77
311	560.3	2.34	153.0	0.2	0.9	1.5	0.95		137.5	128.7	6.23
311	529.5	2.34	150.1	0.1	1.4	0.9	1.62		377.6	332.1	3.65
311	495.8	2.34	147.4	0.1		1.2	0		204.9	204.9	3.43
311	453.2	2.34	141.0	0.0		0.7	0		705.7	705.7	3.63
311	417.9	2.34	134.6	0.1	1.0	1.0	1.34		367.2	339.6	3.69
311	390.0	2.34	130.6	0.3	3.0	1.0	1.9	57.3	208.0	250.7	8.16
311	348.1	2.34	126.1	0.4	1.9	1.1	1.39		245.5	204.0	4.34
311	313.1	2.34	121.2	0.3	3.0	0.8	2.34		519.8	451.8	4.47
311	284.3	2.34	117.9	0.4	2.6	1.1	1.35	111.1	69.7	163.6	4.44
311	244.7	2.34	113.9	0.0	0.6	0.7	1.4		313.8	303.6	5.12
311	215.3	2.34	109.9	0.3	1.8	1.0	1.41	285.0		251.1	4.43
311	175.8	2.34	106.7	0.1		1.2	0		295.8	295.8	3.84
311	152.3	2.34	103.8	0.3	1.8	1.2	1.46		283.3	246.2	4.86
311	126.1	2.34	100.0	0.4	3.1	0.9	2.03		461.7	433.1	4.04
311	93.4	2.34	96.5	0.5	2.6	1.0	1.41	170.1	7.2	209.6	4.48
321	603.8	1.27	154.8	0.2	1.2	1.1	1.06	91.8	38.3	72.9	8.13
321	574.7	1.27	151.8	0.1		0.6	0	363.0		363.0	4.24
321	542.6	1.27	145.9	0.1	1.4	0.9	1.45	74.9	99.0	90.4	11.02
321	513.3	1.27	139.9	0.2	3.5	0.4	2.75		232.8	471.7	3.78
321	469.1	1.27	133.9	0.3	2.2	0.7	1.38	75.6	64.7	139.1	3.91
321	420.6	1.27	127.2	0.1	2.9	0.6	2.63	202.8	192.3	280.4	7.94
321	370.1	1.27	121.7	0.3	1.7	0.8	1.17	24.4	83.1	90.5	4.77
321	341.9	1.27	118.0	0.2	3.3	0.4	2.84		438.4	475.0	2.78
321	299.3	1.27	112.8	0.3	1.7	0.7	1.27		98.1	101.6	4.25
321	265.5	1.27	108.9	0.2	3.0	0.5	2.29	203.4	41.4	310.4	3.90
321	230.6	1.27	105.9	0.3	1.8	0.8	1.1	30.2	71.8	98.4	4.04
321	193.4	1.27	102.7	0.1	2.1	0.6	2.07	325.8		294.8	4.21
321	159.3	1.27	98.3	0.3	1.9	0.8	1.36	136.5		143.8	5.77
321	129.1	1.27	93.9	0.2	3.3	0.4	2.51	271.1		418.3	3.06
321	92.2	1.27	89.6	0.3	1.8	0.7	1.28	19.3	9.8	119.5	4.19
321	62.8	1.27	84.0	0.2	4.8	0.3	4.29	960.0		1 045.6	3.31
331	549.1	3.77	128.3	0.3	2.0	2.6	1.11	87.9	105.0	104.2	105.17
331	528.5	3.77	122.2	0.2	8.7	0.5	6.59	935.5	1 831.2	2 443.6	3.99
331	506.7	3.77	116.8	0.4	3.3	1.5	1.9	143.0	310.5	287.2	6.89
331	485.9	3.77	112.2	0.3	4.2	1.1	3.03	220.9	659.5	591.2	8.33
331	466.9	3.77	106.7	0.4	4.4	1.0	2.39	283.6	287.6	467.0	3.99
331	432.9	3.77	96.1	0.3	3.0	0.7	2.05	79.0	264.4	294.5	3.86
331	406.3	3.77	91.1	0.2	3.6	0.6	2.55	240.6	258.4	387.4	5.06
331	220.4	3.77	62.2	0.5	1.7	2.0	1.03		182.7	153.8	5.56
331	192.7	3.77	58.0	0.4	5.8	0.7	3.71		1 262.6	1 289.7	3.22
331	166.9	3.77	56.0	0.4	1.3	1.9	0.95		198.7	176.8	4.96
331	139.5	3.77	55.5	0.1		1.4	0		372.5	372.5	3.70
331	103.4	3.77	51.1	0.1		1.4	0		350.0	350.0	2.69

331	63.7	3.77	47.0	0.6	3.0	1.4	1.48	251.2		273.5	3.91
Media geom.		15.47	128.2	0.6	3.6	3.8	1.71	286.5	399.0	435.4	11.55

1.5.

*Tabla de resultados hidráulicos para el periodo de retorno de 500 años.
Arroyo Pollo Zamora. Simulación 2003.*

Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Froude # Chl	Shear LOB	Shear ROB	Shear Total	Top Width
		m3/s	m	m	m/s	m2	-	N/m2	N/m2	N/m2	m
401	1 938.5	10.25	175.7	0.5	1.9	5.4	0.87	68.8	83.9	83.9	1.62
401	1 920.9	10.25	168.3	0.0		0.9	0	3 588.9		3 588.9	6.78
401	1 902.3	10.25	162.5	0.1		2.3	0	491.3		491.3	11.54
401	1 871.2	10.25	160.9	0.3	1.2	6.0	0.8	25.0	81.3	64.7	21.83
401	1 836.5	10.25	154.2	0.1		1.1	0		2 382.5	2 382.5	21.50
401	1 813.3	10.25	143.4	0.4	5.7	2.0	3.02	695.7	485.3	739.8	9.56
401	1 790.7	10.25	139.2	0.1		2.0	0		582.2	582.2	6.48
401	1 758.7	10.25	133.8	0.4	3.9	2.8	1.94	226.1	346.0	350.3	9.49
401	1 731.1	10.25	130.0	0.4	4.3	2.6	2.09	338.6	366.1	404.9	9.12
401	1 696.0	10.25	126.1	0.5	3.1	2.8	1.6	343.7	91.9	300.5	7.90
401	1 660.5	10.25	121.1	0.4	5.0	2.2	2.5	372.6	557.4	573.2	8.09
401	1 618.8	10.25	115.8	0.4	3.5	3.2	1.74	250.2	225.8	263.8	12.41
401	1 572.8	10.25	109.8	0.5	4.5	2.4	2.11	447.1	300.7	465.7	7.11
401	1 541.0	10.25	106.6	0.5	3.1	2.9	1.57	112.3	330.5	273.8	8.06
401	1 518.5	10.25	104.0	0.4	4.0	2.6	2.16	325.9	402.1	422.1	9.17
401	1 486.4	10.25	101.4	0.3	1.5	4.4	1.15		145.0	139.4	18.46
401	1 448.0	10.25	97.6	0.5	3.5	2.7	1.85	142.0	372.3	355.5	7.94
401	1 405.0	10.25	94.1	0.4	2.5	3.6	1.37	102.2	221.9	189.3	12.84
401	1 372.9	10.25	92.7	0.5	2.3	4.6	1.04	82.5	117.3	117.3	12.87
401	1 350.6	10.25	92.8	0.0		4.9	0	91.9		91.9	10.99
401	1 320.0	10.25	92.2	0.4	1.2	6.0	0.76	18.9	72.6	66.3	18.94
401	1 120.3	10.25	75.4	1.0	2.4	4.1	0.87	42.7	126.1	124.5	5.84
401	1 099.8	10.25	70.3	0.4	4.8	1.2	3.46	2 006.3		1 753.0	3.97
401	1 078.5	10.25	68.3	0.6	3.4	2.5	1.71	64.2	409.4	381.6	6.37
401	1 050.7	10.25	66.5	0.8	2.6	3.1	0.93	96.7	74.5	116.6	6.08
401	1 017.8	10.25	64.2	0.7	4.7	2.0	1.95	308.6	233.9	433.5	4.83
401	979.2	10.25	61.9	0.6	2.9	2.4	1.21	120.4	138.7	168.6	6.05
401	937.3	10.25	59.0	0.6	3.7	1.9	1.82	462.6	59.2	438.2	4.95
401	907.6	10.25	55.0	0.7	3.7	1.9	1.48	178.8	121.7	278.0	4.88
401	866.0	10.25	51.0	0.6	6.7	1.7	2.86	562.2	390.0	990.7	4.32
402	811.0	25.46	48.4	1.1	1.6	10.4	0.53	31.2	45.9	45.7	13.86
402	768.6	25.46	45.9	0.8	6.1	4.0	2.3	599.6	399.8	579.9	10.99
402	740.0	25.46	44.7	0.8	3.4	6.3	1.26	182.4	206.5	217.3	11.92
402	708.4	25.46	43.5	1.1	3.3	6.8	1.03	125.4	166.4	174.4	9.92
402	669.0	25.46	41.5	1.0	4.0	5.2	1.38	171.4	333.0	315.5	8.03
402	645.8	25.46	40.4	0.8	4.0	5.3	1.52	350.8	185.6	311.3	10.26
402	625.8	25.46	38.9	0.7	4.4	4.9	1.72	272.8	387.1	393.2	9.54
402	594.9	25.46	36.3	1.0	5.0	4.8	1.59	263.6	364.9	404.4	6.42
402	567.0	25.46	34.4	1.1	4.2	4.8	1.41	114.5	379.9	372.2	6.65
402	546.8	25.46	33.7	1.4	4.6	6.3	1.26	236.7	210.8	289.9	6.21

402	519.3	25.46	23.0	0.3	8.1	2.1	4.88	947.0	2 779.5	2 392.1	8.17
402	480.6	25.46	18.0	0.7	4.4	4.0	1.9	174.0	597.2	527.0	8.38
402	451.7	25.46	16.8	0.5	2.0	4.4	0.89	73.6	77.2	83.9	13.24
402	415.6	25.46	14.9	0.4	2.4	3.8	1.17	96.7	112.9	116.3	17.84
402	358.6	25.46	12.9	0.3	2.0	4.0	1.15	89.2	71.2	93.1	23.59
402	337.0	25.46	12.0	0.5	2.0	4.3	0.93	76.3	75.0	84.5	16.44
402	317.6	25.46	11.9	0.4	1.7	4.7	0.85	64.4	55.9	66.3	19.58
402	237.9	25.46	7.4	0.4	0.0	269.7	0.01	0.0	0.0	0.0	87.83
402	204.3	25.46	5.6	0.4	0.6	27.7	0.36		0.7	0.7	186.76
402	168.1	25.46	4.2	0.4	0.1	108.1	0.04	0.0	0.1	0.1	285.20
402	136.9	25.46	3.3	0.5	0.2	78.4	0.1	0.0	0.1	0.1	213.99
402	95.3	25.46	3.2	0.4		14.3	0	13.2		13.2	68.72
402	61.0	25.46	3.0	0.3		16.6	0	191.8		191.8	95.84
411	668.1	6.6	118.9	0.2	9.1	0.9	7.24	1 714.1	2 419.9	2 493.2	8.92
411	623.2	6.6	113.9	0.4	2.5	3.3	1.23	89.1	101.8	108.9	14.74
411	581.6	6.6	108.1	0.3	5.8	1.6	3.83	924.9	707.4	937.8	9.92
411	561.1	6.6	105.5	0.4	2.6	3.5	1.4	126.1	166.9	168.3	14.46
411	539.7	6.6	104.1	0.5	2.8	3.4	1.21	125.4	129.2	148.8	9.86
411	509.3	6.6	101.3	0.3	4.5	2.2	2.54	357.7	416.9	447.7	11.29
411	479.9	6.6	98.0	0.4	2.9	3.2	1.47	161.4	191.0	199.9	11.18
411	449.9	6.6	95.5	0.4	2.6	2.7	1.53	316.8	68.0	260.5	9.06
411	276.2	6.6	79.5	0.8	0.7	3.9	0.26	7.9	6.1	8.9	7.28
411	257.6	6.6	78.5	0.1		1.1	0		57.4	57.4	6.90
411	233.7	6.6	76.5	0.1		0.8	0		107.0	107.0	7.88
411	139.8	6.6	61.0	0.7	0.7	2.5	0.35	18.3	0.2	18.0	5.63
411	128.1	6.6	59.3	0.6	3.3	1.4	1.44	114.6	131.3	229.2	4.67
411	111.7	6.6	56.5	0.4	3.0	1.2	1.59	102.8	188.1	230.4	4.87
411	90.4	6.6	54.9	0.4	5.1	1.2	2.85	215.0	686.9	748.8	5.28
411	75.8	6.6	53.9	0.6	3.0	2.3	1.33	109.0	179.4	198.9	6.00
411	35.6	6.6	50.3	0.3	2.6	1.6	1.45	117.3	153.5	166.4	7.34
Media geom.		14.36	73.6	0.5	3.3	10.4	1.41	314.7	326.2	426.2	22.35

2. Simulación 1957.

2.1.

*Tabla de resultados hidráulicos para el periodo de retorno de 500 años.
Río de la Cala. Simulación 1957.*

Reach	River Sta	Q	Min	W.S.	Vel	Flow	Froude #	Shear	Shear	Shear Total	Top
		Total	Ch El	Elev	Chnl	Area	Chl	LOB	ROB		Width
		m3/s	m	m	m/s	m2	-	N/m2	N/m2	N/m2	m
101	11 884.4	16.93	937.5	0.3	1.1	6.2	0.87	297.7		279.3	3.1
101	11 784.4	16.93	895.0	0.7	3.1	6.9	1.18	207.6	232.6	231.1	18.3
101	11 684.4	16.93	849.3	0.9	3.0	7.5	1.07	122.9	229.4	179.7	11.1
101	11 584.4	16.93	809.2	0.9	3.2	6.9	1.12	226.9	152.0	210.7	9.6
101	11 484.4	16.93	770.1	0.9	3.3	8.3	1.12	118.6	196.9	181.1	13.2
101	11 384.4	16.93	735.0	0.1		0.8	0	35 285.2		35 285.2	5.3
101	11 284.4	16.93	694.9	0.6	5.4	3.8	2.31	523.7	775.9	757.7	7.0
101	11 184.4	16.93	669.6	0.3	5.9	3.7	3.57	1 181.1	1 319.7	1 271.5	13.5
101	11 084.4	16.93	638.6	0.3	2.7	4.2	2.19	64.8	1 045.9	856.7	12.5
101	10 984.4	16.93	607.7	0.6	5.3	2.7	3.13		2 332.8	1 983.8	5.0
101	10 925.6	16.93	590.0	0.3	4.1	3.8	2.58	596.5	1 395.7	1 009.8	8.6
101	10 784.4	16.93	555.0	0.6	6.8	3.4	2.8	1 039.8	968.0	1 100.8	6.1
101	10 684.4	16.93	530.0	0.4	6.0	3.8	2.95	1 023.2	1 077.0	1 079.5	9.5
101	10 584.4	16.93	508.4	0.6	5.4	3.9	2.35	674.4	718.0	741.3	8.1
101	10 419.2	16.93	460.0	0.4	8.4	2.5	4.33	1 958.5	1 986.6	2 080.4	7.3
101	10 394.2	16.93	455.0	0.7	3.0	7.2	1.15	216.0	177.2	207.5	12.0
101	10 360.3	16.93	447.3	0.1	5.4	1.9	5.96	4 931.6		4 316.2	15.0
101	10 339.8	16.93	444.9	0.1		7.4	0	230.1		230.1	29.3
101	10 184.4	16.93	408.3	0.8	2.6	11.2	0.98	68.1	128.1	83.9	35.2
101	10 093.3	16.93	392.4	0.1		8.2	0	183.3		183.3	19.6
101	9 972.6	16.93	370.0	0.3	11.2	1.9	6.21	2 737.2	3 541.5	3 597.5	22.5
101	9 884.4	16.93	360.0	0.4	2.4	8.5	1.25	192.6	151.6	190.3	22.2
101	9 778.9	16.93	346.3	0.5	6.0	3.1	3.3	616.2	1 683.5	1 179.4	8.7
101	9 684.4	16.93	330.0	0.6	4.5	6.0	1.87	284.5	430.8	335.9	16.1
101	9 584.4	16.93	320.0	0.3	3.0	6.9	1.71	277.7	314.4	304.2	23.2
101	9 484.4	16.93	309.2	0.3	3.1	7.0	1.76	304.4	292.5	305.2	24.5
101	9 368.9	16.93	295.0	0.2	2.6	7.7	1.83	273.7	282.7	281.3	36.7
101	9 284.4	16.93	285.8	0.7	3.9	5.8	1.61	207.3	348.3	333.3	12.9
101	9 164.0	16.93	275.0	0.5	4.0	5.3	1.88	439.1	425.9	448.6	13.0
101	9 084.4	16.93	265.0	0.4	4.1	5.0	2.07	514.4	521.4	523.6	13.3
101	8 984.4	16.93	260.0	1.1	3.4	7.7	1.01	128.4	133.6	152.2	11.3
101	8 884.4	16.93	255.0	0.7	5.2	4.2	2.15	615.5	197.8	627.8	9.2
101	8 784.4	16.93	250.0	0.5	2.7	8.0	1.18	163.0	202.5	192.0	17.5
101	8 678.2	16.93	245.0	0.4	2.7	8.6	1.34	234.9	209.1	232.3	21.6
102	8 484.4	25.84	230.0	1.0	4.1	9.1	1.29	315.8	323.2	334.6	10.1
102	8 383.0	25.84	225.0	0.7	4.0	9.0	1.59	405.6	414.1	415.7	15.3
102	8 284.4	25.84	215.0	0.6	5.5	6.5	2.21	721.2	773.5	774.1	11.1
102	8 056.2	25.84	195.0	0.7	3.8	9.6	1.48	343.9	371.8	365.5	15.8
102	7 984.4	25.84	190.3	1.1	4.3	6.7	1.37	235.1	270.3	293.5	10.0
102	7 884.4	25.84	190.0	0.5	2.0	11.9	0.85	106.3	96.7	101.3	24.8
102	7 784.4	25.84	185.0	0.2	3.2	6.7	2.07	379.1	393.5	388.4	28.9
102	7 608.1	25.84	175.0	0.6	2.4	9.4	0.98	154.8	132.1	152.9	24.9

102	7 583.5	25.84	173.5	0.4	1.6	12.4	0.8	93.3	92.4	92.1	38.0
102	7 484.4	25.84	165.0	1.0	8.5	3.4	2.82	694.2	980.1	1 177.3	6.8
102	7 285.6	25.84	160.0	0.9	2.6	10.1	0.88	123.0	117.1	126.9	15.7
102	7 184.4	25.84	160.0	0.4	1.6	13.4	0.82	65.6	84.3	82.5	37.0
102	7 084.4	25.84	156.0	0.4	2.8	7.8	1.4	236.3	247.3	245.2	20.7
102	6 984.4	25.84	152.0	0.9	3.0	10.8	0.98	135.2	139.2	146.6	17.6
102	6 884.4	25.84	150.0	0.6	2.2	11.9	0.96	134.9	117.9	133.8	24.0
102	6 783.7	25.84	146.0	0.9	3.7	8.1	1.26	188.5	163.9	208.7	20.3
103	6 684.4	32.9	142.0	1.5	3.5	10.8	0.91	139.0	137.5	160.0	13.0
103	6 594.6	32.9	140.0	0.7	3.6	9.0	1.44	329.6	232.0	276.9	18.5
103	6 498.8	32.9	138.0	0.9	2.5	12.2	0.86	132.5	130.3	135.1	16.5
103	6 384.4	32.9	134.5	0.9	3.8	11.0	1.32	204.0	228.3	232.6	20.0
103	6 263.6	32.9	130.0	0.7	2.9	10.6	1.12	206.0	211.3	213.6	16.3
103	6 192.8	32.9	130.0	0.9	2.6	13.1	0.87	126.7	112.1	121.7	19.5
103	6 088.8	32.9	126.0	0.5	3.9	8.0	1.68	310.0	420.0	365.2	17.5
103	5 949.8	32.9	122.0	1.0	2.8	11.9	0.88	145.4	123.9	140.7	15.3
103	5 772.0	32.9	118.0	0.6	2.7	13.0	1.1	174.0	129.1	141.3	31.9
103	5 688.5	32.9	117.7	0.4	1.3	16.6	0.71	87.7	32.1	75.7	39.3
103	5 600.0	32.9	115.2	0.2	1.2	13.9	1.06	135.9	98.7	129.9	57.4
103	5 478.1	32.9	110.0	1.1	3.1	10.6	0.98	135.6	183.7	173.6	19.3
103	5 384.4	32.9	108.0	1.2	2.8	12.5	0.9	60.1	127.0	129.6	19.5
103	5 284.4	32.9	106.0	0.5	2.5	11.9	1.08	150.9	158.9	160.0	25.3
103	5 215.9	32.9	104.0	1.0	2.8	11.6	0.88	138.3	140.6	146.1	14.6
103	5 121.3	32.9	102.0	0.5	2.6	14.6	1.18	127.8	202.7	152.3	40.8
103	5 023.3	32.9	98.0	1.0	3.2	10.8	1.04	161.9	164.7	178.1	14.6
103	4 896.7	32.9	96.0	0.8	2.8	13.1	1.04	178.5	192.9	192.3	18.6
103	4 691.9	32.9	90.0	0.9	3.1	12.1	1.04	189.1	177.7	187.3	18.9
103	4 570.2	32.9	86.0	1.6	4.2	10.6	1.06	205.2	197.8	235.2	9.5
103	4 504.4	32.9	85.8	0.6	1.9	13.8	0.82	77.0	118.9	108.7	24.3
103	4 337.0	32.9	82.0	0.7	2.4	12.2	0.92	144.4	152.6	149.5	18.7
103	4 273.2	32.9	80.0	1.2	3.1	10.4	0.93	130.7	181.8	174.9	11.2
103	4 181.4	32.9	78.0	0.8	3.1	9.7	1.09	216.7	203.3	216.6	14.5
103	4 084.4	32.9	76.0	0.9	2.6	11.6	0.86	138.3	146.5	146.2	14.1
103	3 984.4	32.9	74.0	0.7	2.5	12.6	0.99	127.4	155.6	137.7	24.3
103	3 913.5	32.9	72.0	0.7	2.6	12.6	1.02	124.0	166.3	138.7	26.1
103	3 784.4	32.9	68.0	0.6	2.7	15.1	1.15	180.4	183.7	185.6	31.5
103	3 684.4	32.9	65.5	0.6	2.0	14.6	0.8	108.1	67.7	98.4	27.5
103	3 485.1	32.9	60.0	0.8	3.2	9.5	1.14	228.3	219.1	231.1	13.7
103	3 384.4	32.9	58.0	1.0	2.8	11.9	0.87	102.7	138.9	138.2	15.5
103	3 292.8	32.9	58.0	0.6	2.0	14.2	0.83	109.2	103.0	106.8	25.9
103	3 208.4	32.9	56.0	0.7	2.4	12.6	0.91	139.6	126.7	134.5	19.6
103	2 966.5	32.9	48.1	1.0	4.0	9.7	1.33	221.1	198.2	231.7	18.1
103	2 851.7	32.9	46.0	0.8	2.5	12.3	0.86	128.0	134.4	133.6	16.5
103	2 784.8	32.9	44.0	0.6	3.2	9.4	1.27	230.8	248.2	249.9	16.2
103	2 678.2	32.9	40.5	1.1	3.0	11.9	0.94	125.5	139.5	142.9	17.4

103	2 570.1	32.9	38.0	1.0	3.2	10.9	1	190.5	139.8	168.2	14.9
103	2 484.4	32.9	36.0	1.4	3.8	10.9	1.02	219.0	161.2	210.4	10.6
103	2 284.4	32.9	32.0	1.1	3.0	11.8	0.93	113.9	170.1	141.1	16.8
103	2 184.4	32.9	30.0	1.1	3.8	12.5	1.17	220.0	245.6	240.8	15.9
103	2 084.4	32.9	28.0	1.3	4.0	11.6	1.14	207.9	272.1	253.0	12.3
103	1 984.4	32.9	26.0	1.2	3.8	13.7	1.09	169.0	181.6	194.2	18.7
103	1 884.4	32.9	24.0	1.9	4.4	10.8	1.03	218.8	154.1	233.5	20.5
103	1 813.2	32.9	24.0	0.7	3.2	16.0	1.2	173.2	171.9	178.7	34.4
103	1 684.4	32.9	20.0	1.1	3.8	13.3	1.15	225.6	183.6	212.4	19.4
103	1 584.4	32.9	18.0	1.4	4.1	11.3	1.12	173.5	253.4	253.2	11.4
103	1 542.6	32.9	18.0	1.1	3.7	13.9	1.12	174.0	194.5	198.9	25.6
104	1 376.8	55.07	16.0	1.2	4.1	18.9	1.2	266.6	308.0	288.6	25.7
104	1 297.2	55.07	14.0	1.3	4.0	19.9	1.1	181.4	233.3	225.4	23.7
104	1 213.2	55.07	13.4	1.4	3.8	21.1	1.13	207.7	252.2	237.2	26.0
104	1 159.8	55.07	12.0	1.5	4.1	19.6	1.07	252.5	176.7	213.9	21.2
104	1 133.6	55.07	12.0	1.3	4.3	18.9	1.18	284.2	262.4	281.2	19.8
104	1 104.1	55.07	12.0	1.0	2.7	19.1	0.87	150.4	142.0	148.2	22.7
104	1 040.8	55.07	10.9	1.4	2.1	18.9	0.57	54.0	64.0	63.3	20.2
104	863.5	55.07	8.0	0.8	3.8	11.9	1.38	204.0	281.8	274.3	21.1
104	786.1	55.07	8.0	0.8	1.8	25.5	0.63	44.0	44.8	51.5	51.0
104	649.8	55.07	6.0	0.9	2.3	21.7	0.81	59.3	80.8	113.7	31.5
104	566.5	55.07	5.5	0.9	1.4	30.2	0.52	52.3	18.0	38.7	57.5
104	463.8	55.07	3.7	1.1	3.1	16.6	0.96	121.8	113.9	175.2	28.6
104	378.7	55.07	3.7	0.9	1.9	28.7	0.7	62.5	49.1	57.4	66.5
104	219.4	55.07	1.5	1.3	2.6	20.3	0.77	71.3	65.7	103.5	59.7
104	111.5	55.07	1.6	1.2	2.6	19.8	0.86	87.1	118.7	154.8	23.8
104	82.3	55.07	1.2	1.2	2.7	20.2	0.92	82.4	80.4	153.2	27.3
104	79.5	55.07	1.2	1.1	2.7	19.8	0.95	92.7	79.5	155.2	29.3
104	58.7	55.07	1.4	0.7	2.0	22.5	0.88	79.6	32.7	76.2	66.6
111	3 200.0	18.44	194.0	0.8	3.2	7.5	1.17	211.1	220.1	226.0	11.4
111	3 100.0	18.44	184.0	1.0	7.9	2.9	2.74	909.2	428.5	1 113.7	5.1
111	3 000.0	18.44	176.0	1.1	4.8	5.3	1.46	240.2	279.2	338.2	7.2
111	2 900.0	18.44	170.0	0.6	4.3	5.5	1.77	437.4	438.0	456.0	10.9
111	2 800.0	18.44	162.0	0.8	4.6	5.2	1.58	379.5	357.3	409.1	7.3
111	2 700.0	18.44	153.9	0.4	3.5	6.4	1.89	317.3	536.7	489.2	16.2
111	2 608.5	18.44	148.0	0.6	3.1	8.4	1.3	256.1	246.2	255.9	15.2
111	2 500.0	18.44	142.0	0.6	3.4	6.7	1.42	290.3	308.5	308.4	12.6
111	2 394.8	18.44	134.0	0.7	4.6	5.1	1.78	461.2	474.2	496.4	7.7
111	2 300.0	18.44	127.7	0.9	3.6	6.7	1.37	264.9	308.9	291.0	10.8
111	2 229.0	18.44	122.0	0.9	5.7	4.4	1.93	511.6	430.0	562.4	6.8
111	2 111.0	18.44	115.4	1.0	3.7	7.4	1.24	222.7	178.2	218.4	12.9
111	1 954.0	18.44	106.0	0.4	3.8	5.8	1.89	429.3	431.9	439.9	15.7
111	1 900.0	18.44	103.6	0.7	3.1	7.7	1.17	199.0	226.2	218.0	12.6
111	1 800.0	18.44	94.0	0.6	7.3	3.1	2.95	586.5	1 281.1	1 221.6	6.3
111	1 700.0	18.44	89.6	0.8	3.1	7.5	1.16	196.1	242.0	227.1	11.5

111	1 600.0	18.44	84.1	1.2	5.0	5.2	1.51	271.5	261.1	348.2	7.3
111	1 503.4	18.44	80.0	0.6	3.2	7.2	1.29	244.1	259.1	261.0	11.9
111	1 400.0	18.44	74.0	0.7	4.1	6.1	1.54	319.3	320.0	343.0	11.5
111	1 303.2	18.44	70.0	0.7	3.1	7.6	1.18	225.4	219.0	228.0	12.5
111	1 205.8	18.44	66.0	0.8	3.4	7.3	1.22	186.4	228.8	233.7	11.9
111	1 104.7	18.44	62.0	0.9	3.5	7.6	1.21	181.1	195.8	212.9	12.5
111	973.5	18.44	56.0	0.8	4.1	5.8	1.44	320.1	319.2	348.5	8.5
111	901.4	18.44	52.0	0.8	4.2	5.5	1.46	335.4	331.7	361.6	8.1
111	788.2	18.44	46.0	0.9	4.0	5.8	1.4	240.1	326.7	329.0	9.4
111	707.8	18.44	42.0	0.9	4.1	6.0	1.38	304.2	261.6	320.4	8.7
111	573.9	18.44	36.0	0.6	3.1	7.6	1.28	238.1	196.9	231.0	15.5
111	516.6	18.44	32.0	1.1	4.9	4.9	1.47	235.2	317.6	378.9	5.8
111	400.0	18.44	30.0	0.5	2.6	8.8	1.19	189.8	195.4	195.0	19.3
111	224.0	18.44	24.0	0.8	3.1	9.3	1.12	143.7	146.7	155.6	17.7
111	208.4	18.44	24.0	0.5	2.0	9.9	0.96	109.5	54.8	102.3	27.3
111	143.0	18.44	23.7	0.3	2.0	11.2	1.15	147.0	82.3	134.4	38.7
111	122.2	18.44	22.0	0.7	3.7	7.1	1.41	231.1	285.6	266.7	13.0
121	3 955.0	13.89	240.0	0.7	3.2	5.6	1.18	197.4	225.1	228.2	7.9
121	3 855.0	13.89	224.7	0.9	10.5	1.5	4.77	2 491.7	142.7	3 038.0	4.7
121	3 755.0	13.89	210.0	0.7	4.3	4.3	1.66	393.0	264.2	379.1	7.9
121	3 653.8	13.89	202.3	0.8	3.1	5.9	1.51		253.9	263.6	17.1
121	3 595.8	13.89	198.0	0.5	3.4	6.2	1.54	103.3	221.3	231.7	18.9
121	3 455.0	13.89	183.4	0.6	4.8	3.5	2.08	651.9	426.9	611.5	7.0
121	3 371.8	13.89	172.0	0.5	4.6	3.0	2.11	476.5	519.5	552.2	7.6
121	3 255.0	13.89	162.0	1.0	4.1	4.0	1.41	215.5	133.4	261.2	8.5
121	3 155.0	13.89	156.0	0.5	3.6	4.7	1.63	349.9	352.8	361.3	10.5
121	3 055.0	13.89	146.0	0.9	5.4	3.2	1.89	317.2	292.7	440.4	7.2
121	2 955.0	13.89	138.0	0.8	4.7	4.3	1.66	270.3	262.7	338.1	9.5
121	2 831.9	13.89	130.0	1.1	4.7	3.9	1.44	223.3	208.1	320.9	5.8
121	2 755.0	13.89	126.0	1.1	4.5	4.3	1.43	230.7	177.9	293.6	7.3
121	2 655.0	13.89	122.0	0.8	3.4	5.2	1.21	227.9	222.3	245.2	8.0
121	2 555.0	13.89	116.0	0.5	4.3	4.0	1.86	482.0	419.7	483.2	8.2
121	2 455.0	13.89	110.0	0.7	3.0	6.0	1.19	193.3	197.9	207.4	11.4
121	2 355.0	13.89	104.0	0.7	4.4	4.1	1.71	357.1	405.1	426.4	7.3
121	2 263.3	13.89	98.0	0.5	3.0	5.7	1.39	248.9	245.3	253.6	13.2
121	2 028.9	13.89	86.0	0.5	2.6	6.8	1.18	172.0	185.0	184.5	15.3
121	1 955.0	13.89	81.1	0.5	3.8	5.1	1.79	410.2	155.5	396.4	13.3
121	1 877.5	13.89	78.0	0.5	2.7	6.4	1.18	197.5	191.7	199.1	13.8
121	1 755.0	13.89	70.0	0.8	4.8	3.7	1.78	385.8	423.2	474.4	6.0
121	1 661.2	13.89	66.0	0.9	3.4	5.4	1.13	185.8	201.1	219.7	7.2
121	1 555.0	13.89	64.0	0.7	3.1	5.9	1.14	205.6	165.3	205.4	9.6
121	1 455.0	13.89	58.0	0.5	4.5	3.9	1.91	504.9	440.6	507.7	7.5
121	1 355.0	13.89	52.9	1.3	3.4	5.4	1	97.3	163.9	180.1	6.9
121	1 298.9	13.89	48.0	0.4	7.5	2.2	3.73	1 525.7	1 169.5	1 606.8	6.1
121	1 181.0	13.89	40.0	0.8	3.2	5.5	1.14	219.8	149.8	218.6	8.1

121	1 055.0	13.89	36.0	0.7	3.0	6.8	1.11	135.0	147.6	159.4	13.9
121	955.0	13.89	34.0	0.6	2.2	7.1	0.93	94.3	90.2	99.1	17.8
121	855.0	13.89	30.0	0.9	3.7	4.2	1.29	65.3	192.5	218.8	8.3
121	777.4	13.89	28.0	1.0	2.4	5.8	0.85	27.4	113.1	116.5	10.2
121	671.2	13.89	26.0	0.4	1.9	6.5	0.93	95.3	108.0	104.2	17.4
121	507.3	13.89	21.8	0.4	1.7	8.0	0.84	71.5	61.8	67.7	26.7
121	464.4	13.89	20.0	0.6	3.4	4.9	1.4	156.2	149.8	188.3	14.7
121	368.6	13.89	18.0	0.9	3.0	6.3	1.04	137.6	138.9	156.4	10.2
121	31.9	13.89	10.0	0.4	2.2	8.4	1.19	144.1	116.2	137.0	91.7
Media geom.		25.17	161.4	0.8	3.6	9.1	1.42	503.7	312.3	556.3	17.79

2.2.

*Tabla de resultados hidráulicos para el periodo de retorno de 500 años.
Arroyo de los Jaboneros. Simulación 1957.*

Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Froude # Chl	Shear LOB	Shear ROB	Shear Total	Top Width
		m3/s	m	m	m/s	m2	-	N/m2	N/m2	N/m2	m
202	8 728.8	217.38	243.2	2.9	4.7	51.4	0.92	143.1	241.7	270.0	27.2
202	8 628.8	217.38	238.9	3.3	7.1	31.8	1.34	212.0	623.2	652.1	13.6
202	8 528.8	217.38	236.4	2.4	6.7	34.2	1.4	363.8	609.4	631.5	18.0
202	8 428.8	217.38	234.9	2.9	4.2	49.3	0.81	239.3	148.3	226.2	15.1
203	8 328.8	229.63	231.1	3.5	5.4	57.2	0.95	238.9	258.3	278.1	28.1
203	8 228.8	229.63	227.2	3.3	7.6	34.3	1.4	262.2	470.3	652.1	17.1
203	8 128.8	229.63	224.8	2.8	6.7	36.6	1.31	446.7	428.3	575.4	16.9
203	8 028.8	229.63	223.1	2.1	5.1	44.2	1.15	163.5	376.6	393.6	59.8
203	7 948.8	229.63	219.1	3.6	6.7	38.7	1.17	272.1	349.3	469.9	16.4
203	7 826.6	229.63	214.9	2.3	8.3	31.7	1.82	686.2	422.7	854.9	23.3
203	7 728.8	229.63	212.9	3.6	5.1	48.0	0.88	243.4	186.4	263.1	20.9
203	7 528.8	229.63	205.2	1.7	8.9	24.0	2.24	1 421.6	1 070.0	1 380.9	17.2
203	7 433.6	229.63	203.3	3.8	5.7	44.8	0.94	252.4	256.2	322.1	16.7
203	7 341.1	229.63	202.9	1.9	6.0	41.8	1.43	460.2	431.8	461.6	35.0
203	7 241.1	229.63	199.0	2.5	5.9	41.0	1.19	308.6	461.8	431.9	23.2
203	7 128.8	229.63	189.4	2.2	11.3	22.0	2.51	1 489.0	927.0	1 713.7	15.2
203	7 028.8	229.63	184.8	3.2	7.5	33.8	1.39	553.9	337.4	649.5	17.2
203	6 739.8	229.63	177.1	3.1	6.3	40.1	1.17	390.9	219.3	442.7	20.4
203	6 619.4	229.63	172.8	3.2	7.7	33.2	1.39	396.8	556.4	665.8	14.6
203	6 539.8	229.63	171.6	3.3	5.8	46.3	1.04	322.6	238.3	365.1	21.1
203	6 465.9	229.63	171.1	3.1	4.8	53.5	0.88	218.8	194.3	237.1	28.4
203	6 333.3	229.63	168.1	1.3	6.5	36.1	1.9	642.0	794.5	705.9	42.6
203	6 167.5	229.63	163.6	2.3	4.2	62.7	0.89	154.0	186.0	214.7	42.7
203	6 039.8	229.63	161.5	1.6	4.5	53.9	1.15	279.8	246.5	305.5	48.6
203	5 939.8	229.63	159.0	3.0	4.7	55.1	0.89	166.4	210.1	240.9	30.4
203	5 839.8	229.63	150.7	2.3	11.9	21.4	2.63	1 478.1	715.5	1 860.1	15.0
203	5 739.8	229.63	148.5	3.6	6.3	42.8	1.08	281.7	374.0	418.6	17.9
203	5 639.8	229.63	146.9	4.3	4.8	52.1	0.82	85.7	135.5	185.7	41.9
203	5 539.8	229.63	145.0	2.4	7.4	32.9	1.55	581.2	440.8	750.5	17.9
203	5 439.8	229.63	142.7	3.8	4.9	53.0	0.85	169.5	232.7	232.2	24.7
203	5 339.8	229.63	139.3	2.4	8.1	29.3	1.72	335.2	853.3	915.6	17.0
203	5 239.8	229.63	136.6	3.9	5.5	45.4	0.94	125.5	230.2	342.2	16.9
203	5 139.8	229.63	133.2	2.2	9.2	29.0	2.02	688.4	992.6	990.8	22.2
203	5 039.8	229.63	131.2	3.9	4.7	59.5	0.8	163.4	117.1	165.1	35.6
203	4 839.8	229.63	127.4	2.3	7.4	38.7	1.6	310.3	567.8	483.2	38.0
203	4 739.8	229.63	124.8	2.4	5.1	44.6	1.06	316.4	260.2	319.5	28.1
203	4 639.8	229.63	123.4	2.2	4.1	51.0	0.9	273.1	192.7	236.4	31.8
204	4 511.1	238.09	118.9	2.8	4.4	63.6	0.85	145.0	187.2	179.5	42.0
204	4 411.1	238.09	116.8	2.8	4.9	49.5	1	207.0	389.4	309.6	27.9
204	4 211.1	238.09	110.8	3.2	7.2	38.0	1.33	425.1	410.1	553.1	19.0

204	4 111.1	238.09	108.8	1.9	5.8	38.8	1.37	423.2	567.0	560.4	24.6	
204	3 909.3	238.09	103.3	2.2	5.0	55.2	1.08	153.4	331.1	257.8	47.3	
204	3 711.1	238.09	97.1	2.5	6.6	44.3	1.35	401.6	346.3	461.8	30.7	
204	3 611.1	238.09	94.6	3.2	5.1	48.6	0.92	227.7	296.8	315.5	19.4	
204	3 511.1	238.09	93.1	2.1	5.7	41.6	1.31	422.7	463.3	515.7	25.8	
204	3 391.3	238.09	90.7	1.9	4.8	86.4	1.12	210.0	360.2	238.3	89.2	
204	3 272.4	238.09	87.5	2.1	5.0	80.6	1.1	231.3	309.7	259.4	70.4	
204	3 104.0	238.09	82.8	3.2	5.8	56.7	1.04	327.4	282.2	358.5	27.6	
204	3 011.1	238.09	81.1	1.8	6.6	46.2	1.6	567.8	547.8	645.4	35.8	
204	2 911.1	238.09	77.8	4.2	4.8	85.6	0.77	93.7	152.2	128.4	58.6	
204	2 814.3	238.09	75.2	2.5	9.0	35.2	1.9	648.8	1 112.6	1 058.6	21.4	
204	2 721.0	238.09	73.3	2.7	5.1	63.9	1.04	216.8	256.2	294.6	40.7	
204	2 611.1	238.09	70.9	1.3	5.4	59.9	1.62	322.1	184.6	423.9	86.0	
204	2 411.1	238.09	65.8	1.6	4.6	70.6	1.17	267.8	379.8	345.7	57.6	
204	2 328.2	238.09	63.3	1.4	4.8	65.9	1.31	424.9	392.1	423.1	56.9	
204	2 211.1	238.09	59.0	2.1	4.4	59.0	1.03	87.5	128.0	301.6	40.7	
204	2 128.2	238.09	56.9	3.0	5.6	56.2	1.09	235.1	427.1	403.8	28.4	
204	2 011.1	238.09	53.9	2.7	6.7	49.5	1.32	429.7	607.5	573.1	25.8	
204	1 911.1	238.09	51.5	2.8	5.2	57.6	1.05	232.6	330.6	359.4	29.8	
204	1 808.3	238.09	48.8	2.7	4.0	47.9	0.93	80.0	305.4	206.7	37.9	
204	1 671.5	238.09	34.5	1.6	14.1	17.3	4	1 021.9	616.5	4 022.5	16.4	
204	1 611.3	238.09	34.0	3.8	4.4	54.3	0.74	184.2	123.8	195.3	23.1	
204	1 522.2	238.09	32.2	2.4	5.9	35.4	1.37	483.7	230.1	559.6	36.5	
204	1 409.5	238.09	30.6	2.4	4.4	58.2	0.98	212.0	101.8	292.8	39.0	
204	1 305.7	238.09	26.9	3.1	7.4	32.8	1.7		20.9	91.1	18.3	
204	1 238.8	238.09	23.7	1.2	11.5	20.8	3.72			296.0	24.0	
204	1 168.2	238.09	23.6	1.6	9.2	25.9	2.52			172.6	23.4	
204	1 094.0	238.09	22.6	1.4	9.3	25.7	2.7				181.9	22.5
204	1 012.6	238.09	19.9	2.8	9.3	25.9	2.5			12.2	141.7	26.8
204	801.6	238.09	15.9	1.2	10.9	21.8	3.23			23.8	248.6	18.9
204	779.0	238.09	15.9	1.3	10.1	23.7	2.92			26.5	209.5	19.6
204	688.8	238.09	11.8	1.2	11.8	20.3	3.59			42.6	292.7	18.7
204	665.7	238.09	10.2	1.3	12.3	19.4	3.68			7.4	324.0	17.8
204	585.3	238.09	8.8	1.3	11.2	21.3	3.32			5.2	266.1	153.5
204	322.8	238.09	3.7	0.2	4.4	28.6	4.09			127.2	125.0	988.6
204	180.1	238.09	2.0	0.0		23.8	0			1.5	1.5	402.1
204	135.2	238.09	-0.2	0.1		22.7	0			841.1	841.1	232.8
211	1 585.1	22.55	424.9	0.4	14.7	1.6	7.43	4 747.3	2 801.6	5 310.8	6.2	
211	1 511.7	22.55	407.1	1.1	6.8	3.7	2.19	643.6	358.4	769.0	4.8	
211	1 351.3	22.55	386.1	0.8	4.6	3.9	2.05	747.7		719.8	7.7	
211	1 285.1	22.55	375.3	0.9	6.5	3.4	2.41	324.9	935.2	910.0	5.9	
211	1 185.1	22.55	362.5	0.9	6.1	4.1	2.07	531.3	476.8	636.4	6.2	
211	1 085.1	22.55	350.0	1.0	6.7	3.9	2.22	612.2	312.4	724.3	7.1	
211	985.1	22.55	339.6	0.9	5.2	4.8	1.86	489.7	370.6	505.8	8.3	
211	898.8	22.55	330.9	0.5	4.5	5.8	2.02	462.6	411.0	479.8	12.5	

211	797.7	22.55	317.6	1.0	6.0	4.0	2.05	660.2	377.5	662.5	5.8
211	709.0	22.55	305.9	1.0	5.2	4.1	2.24	1 219.4		1 035.0	6.2
211	571.1	22.55	292.4	1.1	5.2	5.9	1.65	397.4	299.5	422.1	8.8
211	497.9	22.55	285.3	0.9	6.0	4.7	2.23	825.9	394.2	776.4	7.2
211	385.1	22.55	274.1	1.0	4.6	4.5	1.62	173.9	544.0	477.3	5.6
211	285.1	22.55	261.8	0.9	7.8	3.3	2.7	635.5	825.7	1 038.4	4.8
211	185.1	22.55	249.5	1.0	5.9	4.2	1.92	335.5	533.0	592.6	5.8
211	105.4	22.55	242.8	1.0	5.4	4.8	1.81	475.7	403.1	522.4	5.5
221	1 684.4	8.89	488.0	1.1	3.0	3.9	0.96	115.0	83.6	141.8	1.2
221	1 584.4	8.89	457.1	0.9	3.0	3.8	1.03	155.1	91.3	165.0	6.1
221	1 484.4	8.89	436.0	0.3	15.3	0.6	9.88	5 763.2		8 101.0	4.4
221	1 390.2	8.89	417.1	0.5	3.8	2.4	1.72	332.0	166.7	358.4	6.2
221	1 284.4	8.89	382.6	0.3	11.6	0.8	8.03	1 404.2	4 290.1	4 395.3	5.1
221	1 190.7	8.89	361.3	0.6	4.0	2.3	1.76	377.5	177.7	370.5	5.4
221	1 084.4	8.89	340.9	0.4	5.2	1.3	3.26	1 214.8		1 153.7	6.2
221	984.4	8.89	321.6	0.8	4.6	1.9	1.9	478.8	95.4	515.8	3.9
221	884.4	8.89	312.1	0.6	4.0	2.7	1.73	291.2	221.9	315.2	6.7
221	684.4	8.89	284.2	0.9	1.3	3.6	0.66		125.7	107.0	5.2
221	584.4	8.89	267.8	0.8	2.3	3.9	0.87	105.4	70.4	105.4	7.9
221	464.3	8.89	251.4	0.9	2.3	3.8	0.87	123.3	48.2	114.5	7.0
221	384.4	8.89	242.0	0.3	7.9	1.0	5.13	2 672.6		2 574.7	4.1
221	284.4	8.89	228.8	0.7	3.4	3.0	1.41	107.1	275.1	271.6	5.9
221	174.0	8.89	212.0	0.6	7.9	1.2	3.59	507.1	533.6	1 498.4	2.8
231	1 606.9	10.78	386.8	0.9	2.4	4.8	0.84	74.5	77.1	92.8	9.2
231	1 506.9	10.78	346.8	1.0	3.0	4.8	1.03	150.3	101.2	160.3	5.9
231	1 406.9	10.78	313.2	0.9	2.8	4.5	1.09	65.8	227.0	198.7	7.2
231	1 306.9	10.78	290.6	1.1	3.2	4.4	1.02	159.2	104.6	172.0	6.4
231	1 256.2	10.78	282.8	0.4	10.1	1.2	6.71	3 856.2		3 970.1	6.5
231	1 106.9	10.78	257.4	0.7	2.8	3.6	1.33		391.1	353.9	6.1
231	1 006.9	10.78	243.2	0.6	7.3	1.9	3.25	832.0	740.3	1 118.6	7.0
231	906.9	10.78	233.1	0.7	3.4	5.2	1.38	350.7	135.7	264.2	11.4
231	806.9	10.78	213.0	1.1	3.2	4.4	1.01	107.1	143.4	168.6	6.3
231	706.9	10.78	199.0	0.4	8.8	1.0	6	3 581.7		3 386.7	5.8
231	609.7	10.78	193.7	0.6	2.7	4.8	1.06	112.3	122.1	135.2	11.0
231	506.9	10.78	185.2	0.5	5.6	2.0	2.69	348.6	797.8	768.5	6.0
231	406.9	10.78	177.7	0.4	1.4	3.4	0.97		215.6	193.8	8.9
231	352.0	10.78	174.0	0.7	3.3	2.9	1.58	40.9	349.3	338.2	7.1
231	206.9	10.78	164.7	0.8	3.7	3.2	1.37	233.1	161.7	254.8	6.1
231	152.3	10.78	163.0	0.6	2.5	5.3	1.1	82.5	171.1	157.5	10.7
241	1 821.8	8.79	402.3	1.0	3.1	3.6	1	129.9	94.8	162.3	0.3
241	1 721.8	8.79	364.9	0.8	2.7	4.6	0.97	106.4	88.4	121.9	9.4
241	1 621.8	8.79	327.9	0.8	2.3	3.7	0.84	106.4	44.6	106.9	11.0
241	1 521.8	8.79	303.2	0.8	2.4	3.8	0.85	95.0	56.7	102.2	6.7
241	1 421.8	8.79	286.6	0.9	2.5	4.0	0.86	69.1	82.2	97.1	14.8
241	1 321.8	8.79	272.1	0.3	10.4	0.7	8.01		5 032.4	4 944.4	5.6

241	1 243.1	8.79	261.5	0.8	4.1	2.9	1.5	266.8	138.9	311.2	5.1
241	1 121.8	8.79	240.6	0.3	8.0	1.2	4.75	991.7	1 533.2	1 657.4	11.2
241	1 021.8	8.79	229.3	0.6	3.1	3.4	1.29	160.3	146.0	183.4	8.7
241	921.8	8.79	217.4	0.5	5.1	1.5	2.98	1 070.5	151.9	956.5	5.3
241	821.8	8.79	209.2	0.7	3.2	2.9	1.21	115.5	159.7	178.6	6.1
241	721.8	8.79	197.1	0.6	7.8	1.3	3.54	231.4	952.8	1 519.2	2.7
241	621.8	8.79	178.6	0.6	3.9	2.5	1.87	532.0	78.0	490.1	6.6
241	568.9	8.79	173.0	0.5	3.5	3.4	1.57	215.3	272.1	277.2	9.0
241	443.7	8.79	161.5	0.5	3.1	2.6	1.89	556.4	11.8	484.1	8.0
241	319.6	8.79	151.4	0.7	3.4	2.9	1.34	119.1	206.0	211.9	6.9
241	221.8	8.79	145.0	0.1	0.9	2.8	1.27	371.1		332.9	8.9
251	1 000.0	14.07	164.1	1.1	2.9	6.1	0.92	143.0	152.3	177.9	4.0
251	900.0	14.07	153.4	0.0	0.3	1.7	1.75		1 696.8	1 632.9	14.3
251	800.0	14.07	143.7	0.8	2.8	5.4	1.03	167.6	182.1	199.2	12.1
251	716.6	14.07	138.0	0.3	3.1	4.7	2.34	367.0		360.4	42.0
251	600.7	14.07	128.7	0.7	4.0	4.5	1.58	148.4	177.0	186.5	13.2
251	467.6	14.07	115.7	0.5	7.2	2.4	3.34	488.3	694.6	736.0	8.0
251	452.5	14.07	115.9	0.7	2.7	6.5	1.03	81.1	85.0	90.2	14.1
251	314.6	14.07	111.9	0.1		3.0	0		446.0	446.0	18.4
251	178.1	14.07	98.2	0.4	3.9	4.7	1.93	165.5	212.2	204.4	19.1
251	115.2	14.07	89.2	0.1		5.3	0		128.1	128.1	9.5
Media geom.		125.35	187.4	1.6	5.7	23.7	1.85	514.8	417.9	672.5	30.14

2.3.

*Tabla de resultados hidráulicos para el periodo de retorno de 500 años.
Arroyo Piletas. Simulación 1957.*

Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Froude # Chl	Shear LOB	Shear ROB	Shear Total	Top Width
		m3/s	m	m	m/s	m2	-	N/m2	N/m2	N/m2	m
301	3 650.7	10.28	274.7	0.1	7.5	0.7	10.6		8 805.4	7 973.0	11.12
301	3 623.2	10.28	267.1	0.6	4.4	1.9	2.32	101.2	785.3	676.7	6.62
301	3 598.6	10.28	261.1	0.4	6.3	1.8	3.12	694.0	762.9	909.3	6.24
301	3 562.7	10.28	254.8	0.3	3.2	3.4	1.93	218.3	289.7	261.5	26.49
301	3 543.9	10.28	255.4	0.0		6.8	0	9.0	58.3	49.5	34.29
301	3 510.3	10.28	256.0	0.1		7.2	0	22.4	56.7	45.7	27.12
301	3 474.5	10.28	251.0	0.1		4.9	0	90.9		90.9	48.22
301	3 424.1	10.28	243.1	0.1	3.8	1.5	4.59	263.8	1 710.0	1 391.0	41.37
301	3 403.3	10.28	243.0	0.2	1.0	7.2	0.81	22.2	58.7	54.7	34.05
301	3 353.2	10.28	226.5	0.2	11.2	0.7	9.72		6 711.4	6 507.4	11.38
301	3 314.4	10.28	216.2	0.5	4.5	2.5	2.16	286.3	408.6	432.0	8.15
301	3 270.5	10.28	208.4	0.6	5.2	2.1	2.41	312.0	595.3	622.1	6.52
301	3 250.3	10.28	206.1	0.7	2.8	2.5	1.39	397.4		361.1	4.92
301	3 213.6	10.28	203.7	0.7	3.7	2.9	1.47	280.0	114.9	292.0	5.82
301	3 183.3	10.28	201.7	0.6	3.7	3.0	1.78	250.4	106.5	280.1	14.24
301	3 157.4	10.28	199.0	0.6	3.9	2.8	1.64	281.9	207.9	316.3	7.35
301	3 132.2	10.28	197.0	0.6	3.9	2.8	1.65	261.9	265.8	319.9	7.04
301	3 106.5	10.28	195.9	0.6	2.7	3.9	1.11	151.0	138.3	162.7	8.34
301	3 076.4	10.28	192.9	0.4	3.5	2.1	2.17	94.5	663.0	556.3	6.12
301	3 057.9	10.28	192.6	0.7	1.9	5.1	0.79	100.2	46.2	83.5	10.90
301	3 037.5	10.28	190.4	0.5	5.8	1.9	2.75	691.2	430.0	753.0	4.14
301	3 005.8	10.28	185.1	0.7	5.0	2.3	2.03	381.7	209.8	506.3	5.25
301	2 975.1	10.28	183.8	1.0	3.1	3.7	1.02	140.3	86.4	161.5	5.83
301	2 957.6	10.28	183.9	0.5	2.1	4.7	0.92	100.8	110.8	112.5	10.37
301	2 906.7	10.28	177.3	0.3	7.8	1.4	4.95	1 712.1	1 310.5	1 807.6	8.04
301	2 869.0	10.28	174.7	0.5	2.5	4.4	1.14	142.5	87.1	131.3	12.46
301	2 840.2	10.28	172.5	0.5	3.8	2.8	1.74	337.5	188.3	328.2	8.56
301	2 805.6	10.28	170.2	0.6	3.2	3.5	1.34	207.7	134.2	197.6	8.21
301	2 789.4	10.28	168.5	0.4	4.7	2.6	2.28	411.7	277.7	403.0	10.67
301	2 767.0	10.28	166.0	0.1	1.0	3.5	1.34	281.2	215.0	218.5	17.60
301	2 724.1	10.28	161.9	0.7	3.6	3.1	1.43	178.5	249.2	261.6	6.96
301	2 695.6	10.28	160.0	0.6	3.9	2.9	1.59	262.6	191.8	298.7	7.11
301	2 671.0	10.28	157.6	0.7	4.4	2.6	1.84	241.4	323.4	389.2	6.52
301	2 620.4	10.28	154.4	0.4	2.1	3.5	1.26	63.8	223.8	184.0	12.04
301	2 588.1	10.28	152.2	0.5	2.9	3.3	1.43	250.9	135.0	225.9	9.37
301	2 534.1	10.28	149.5	0.4	2.1	4.3	1.13	159.7	122.1	141.0	13.55
301	2 504.9	10.28	147.2	0.4	3.7	3.0	1.8	287.6	276.5	315.0	10.41
301	2 470.5	10.28	145.2	0.5	2.6	4.2	1.18	131.5	138.8	147.4	12.17
301	2 441.7	10.28	143.6	0.5	3.0	3.6	1.4	207.9	167.1	200.9	10.27
301	2 420.9	10.28	141.6	0.4	3.6	2.8	1.93	366.0	279.4	348.4	10.32

301	2 389.4	10.28	138.9	0.6	3.4	3.4	1.41	171.5	193.8	214.5	9.38
301	2 349.5	10.28	136.2	0.8	3.9	3.0	1.47	204.2	179.2	265.1	7.03
301	2 322.4	10.28	134.8	0.6	3.4	3.3	1.42	188.3	191.7	228.2	8.63
301	2 297.6	10.28	133.3	0.6	3.2	3.2	1.39	261.5	106.5	234.9	7.67
301	2 268.6	10.28	130.6	0.8	4.5	2.4	1.77	376.8	156.5	426.6	5.21
301	2 239.4	10.28	129.0	0.8	3.7	3.1	1.32	204.3	158.1	241.0	5.78
301	2 221.7	10.28	129.2	0.1		3.5	0		179.6	179.6	12.40
301	2 194.3	10.28	126.4	0.3	3.2	2.5	1.95	469.0	163.2	400.4	9.54
301	2 149.5	10.28	126.8	0.1	0.6	6.4	0.63	44.2	68.8	56.9	23.35
301	2 101.7	10.28	128.6	0.1		5.2	0		84.0	84.0	13.21
301	2 057.1	10.28	125.0	0.2	3.6	2.7	2.5	453.3	299.7	415.0	16.30
301	2 015.5	10.28	120.6	0.4	2.4	4.4	1.32	120.6	141.5	145.2	18.78
301	1 980.7	10.28	115.5	0.8	6.0	1.9	2.34	321.5	450.9	699.6	4.23
301	1 948.0	10.28	112.9	0.9	4.3	2.7	1.49	219.0	191.6	321.2	4.49
301	1 917.7	10.28	108.9	0.6	5.8	1.8	2.68	295.6	815.6	830.1	4.58
301	1 879.5	10.28	104.9	0.7	4.2	2.8	1.63	233.8	251.9	321.5	5.86
301	1 818.5	10.28	98.6	0.1	1.3	3.1	1.73	301.4		293.2	25.60
302	1 717.2	11.8	82.1	1.3	3.1	4.4	0.91	106.2	84.0	140.2	6.56
302	1 685.4	11.8	81.0	1.1	4.0	3.2	1.33	96.3	246.5	288.2	4.25
302	1 652.8	11.8	79.4	0.8	4.3	3.3	1.6	173.7	300.0	338.8	7.04
302	1 578.0	12.94	75.5	1.1	3.0	5.1	0.95	131.7	97.2	145.1	6.03
303	1 533.6	12.94	73.0	0.8	4.7	2.8	1.95	550.6	81.4	570.2	5.40
303	1 199.3	12.94	48.0	1.3	0.8	6.1	0.24	5.3	10.2	10.6	7.30
303	1 185.4	12.94	46.7	0.8	2.2	2.9	0.79	46.3	71.5	86.9	6.61
303	1 150.2	12.94	45.4	0.5	2.4	2.3	1.06	97.2	95.4	119.8	7.06
303	1 139.5	12.94	46.0	0.4	1.2	2.8	0.64	53.2	30.9	45.7	8.69
303	1 084.8	12.94	43.5	0.6	2.0	2.6	0.88	41.5	90.5	95.0	5.06
304	1 024.3	14.44	39.9	1.1	2.9	5.5	0.93	13.2	7.5	12.4	10.79
304	1 005.1	14.44	39.0	1.0	5.0	3.0	1.66	28.4	17.2	37.8	4.88
304	973.4	14.44	36.4	0.5	7.7	1.8	3.85	53.2	124.4	135.4	6.36
304	947.5	14.44	35.0	0.5	7.1	1.7	3.64		130.9	141.1	5.70
304	927.1	14.44	34.5	0.5	8.0	1.8	3.7	51.5	105.8	127.8	6.07
304	885.6	14.44	32.7	0.4	6.0	1.8	3.69	25.5	122.1	112.6	8.15
304	863.7	14.44	31.7	0.4	8.1	1.8	4.09	90.2	115.1	136.0	6.82
304	828.3	14.44	30.9	0.4	6.7	2.1	3.46	53.5	86.1	93.3	8.77
304	811.0	14.44	29.7	0.5	7.5	1.9	3.71	72.7	106.5	109.2	8.00
304	792.1	14.44	28.3	0.3	7.7	1.8	4.44	114.6	127.0	138.4	8.15
304	178.6	14.44	5.2	0.1		15.7	0	1.7		1.7	7.19
304	131.4	14.44	2.6	0.5	5.0	3.6	2.51	8.3	0.8	5.6	6.88
304	84.0	14.44	1.6	0.4	5.7	2.6	3.04		7.6	43.6	7.79
304	45.9	14.44	1.6	0.4	4.6	3.6	2.36	2.5		10.9	3.30
311	824.3	1.98	196.0	0.4	1.7	1.3	1.13		125.5	122.6	5.10
311	780.0	1.98	185.3	0.1		1.2	0		150.8	150.8	5.39
311	740.0	1.98	179.1	0.1		1.7	0		90.3	90.3	15.34
311	703.0	1.98	169.0	0.0	0.9	0.5	2.71		1 177.6	1 153.8	3.89

311	650.8	1.98	162.2	0.3	1.7	1.3	1.13	9.5	119.4	115.6	5.99
311	591.5	1.98	155.7	0.2	3.6	0.6	2.64	293.6	206.6	388.6	12.28
311	560.3	1.98	153.0	0.1	0.8	1.3	0.94		130.4	123.0	6.23
311	529.5	1.98	150.1	0.1	1.2	0.8	1.54		338.4	299.2	3.74
311	495.8	1.98	147.4	0.1		1.2	0		155.5	155.5	3.42
311	453.2	1.98	141.0	0.1			0.6	0	987.5	987.5	3.47
311	417.9	1.98	134.6	0.1	0.8	1.0	1.16		276.9	257.1	3.71
311	390.0	1.98	130.6	0.3	3.1	0.8	2.13	40.3	251.1	301.4	7.71
311	348.1	1.98	126.1	0.3	1.7	1.1	1.26		197.5	164.2	4.33
311	313.1	1.98	121.2	0.2	3.1	0.6	2.64		637.9	523.3	4.07
311	284.3	1.98	117.9	0.4	2.3	1.0	1.26	93.2	55.6	138.4	4.32
311	244.7	1.98	113.9	0.0	0.2	0.6	1.14		332.5	330.4	5.11
311	215.3	1.98	109.9	0.3	1.6	0.9	1.32	242.4		214.1	3.94
311	175.8	1.98	106.7	0.1		1.0	0		298.6	298.6	3.84
311	152.3	1.98	103.8	0.3	1.6	1.1	1.36		241.4	210.0	4.86
311	126.1	1.98	100.0	0.4	3.1	0.7	2.15		482.8	450.5	3.66
311	93.4	1.98	96.5	0.5	2.4	1.0	1.33	146.3		182.4	4.48
321	603.8	1.1	154.8	0.2	1.2	1.0	1.06	88.1	34.1	68.8	7.90
321	574.7	1.1	151.8	0.1		0.5	0	332.7		332.7	4.24
321	542.6	1.1	145.9	0.1	1.3	0.8	1.44	67.9	95.1	84.6	10.18
321	513.3	1.1	139.9	0.2	3.3	0.3	2.72		201.8	440.7	3.78
321	469.1	1.1	133.9	0.3	2.1	0.6	1.36	68.9	57.8	130.6	3.91
321	420.6	1.1	127.2	0.1	2.8	0.5	2.61	187.6	175.9	263.3	7.18
321	370.1	1.1	121.7	0.3	1.6	0.7	1.16	19.4	77.1	84.5	4.44
321	341.9	1.1	118.0	0.2	3.2	0.3	2.85		422.2	456.9	2.83
321	299.3	1.1	112.8	0.3	1.6	0.7	1.26		90.6	93.6	4.17
321	265.5	1.1	108.9	0.2	2.9	0.4	2.31	193.5	26.2	303.6	3.71
321	230.6	1.1	105.9	0.3	1.7	0.7	1.08	24.9	65.3	90.5	4.01
321	193.4	1.1	102.7	0.1	2.0	0.5	2.08	313.9		282.4	4.18
321	159.3	1.1	98.3	0.3	1.8	0.7	1.33	125.8		132.4	5.46
321	129.1	1.1	93.9	0.2	3.3	0.4	2.55	251.1		407.5	2.96
321	92.2	1.1	89.6	0.3	1.7	0.7	1.26	14.0		109.9	4.38
321	62.8	1.1	84.0	0.2	4.7	0.3	4.47	976.3		1 060.7	3.31
331	549.1	1.45	128.3	0.2	1.5	1.3	1.08	56.2	71.6	70.5	71.51
331	528.5	1.45	122.2	0.1	7.6	0.2	8.24		1 873.3	2 776.5	3.46
331	506.7	1.45	116.8	0.2	2.1	0.8	1.59	55.1	176.2	163.5	5.48
331	485.9	1.45	112.2	0.2	3.2	0.5	3.27	47.0	574.9	538.0	5.94
331	466.9	1.45	106.7	0.3	3.0	0.6	2.04	116.2	133.8	266.0	3.91
331	432.9	1.45	96.1	0.2	2.4	0.3	2.27		243.0	280.7	3.11
331	406.3	1.45	91.1	0.2	2.6	0.4	2.22	135.3	131.2	239.9	4.48
331	220.4	1.45	62.2	0.3	1.2	1.0	1.01		138.6	116.9	4.08
331	192.7	1.45	58.0	0.2	4.4	0.4	3.64		903.9	900.7	2.73
331	166.9	1.45	56.0	0.1	0.7	0.9	0.87		145.3	136.0	4.09
331	139.5	1.45	55.5	0.1		0.8	0		210.5	210.5	2.91
331	103.4	1.45	51.1	0.1		0.7	0		265.3	265.3	2.54

331	63.7	1.45	47.0	0.4	2.1	0.8	1.28	141.7		156.9	3.48
Media geom.		7.57	128.2	0.4	3.4	2.3	1.86	201.2	384.6	411.8	8.93

2.4.

*Tabla de resultados hidráulicos para el periodo de retorno de 500 años.
Arroyo Pollo Zamora. Simulación 1957.*

Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Froude # Chl	Shear LOB	Shear ROB	Shear Total	Top Width
		m3/s	m	m	m/s	m2	-	N/m2	N/m2	N/m2	m
401	1 938.5	7.16	175.7	0.4	2.3	4.3	1.14	108.4	125.4	127.9	
401	1 920.9	7.16	168.3	0.1		0.7	0	7 012.5		7 012.5	5.99
401	1 902.3	7.16	162.5	0.1		2.6	0	417.6		417.6	11.22
401	1 871.2	7.16	160.9	0.2	1.4	4.8	1.05	32.6	131.0	105.1	21.25
401	1 836.5	7.16	154.2	0.1		1.0	0		3 237.8	3 237.8	21.51
401	1 813.3	7.16	143.4	0.4	4.9	2.0	2.6	519.0	363.1	552.1	9.54
401	1 790.7	7.16	139.2	0.1		1.9	0		733.1	733.1	6.29
401	1 758.7	7.16	133.8	0.4	3.5	2.8	1.7	174.2	266.0	269.2	9.29
401	1 731.1	7.16	130.0	0.4	4.5	2.2	2.31	375.9	416.4	459.4	8.87
401	1 696.0	7.16	126.1	0.5	2.8	2.7	1.5	298.9	77.4	261.5	7.86
401	1 660.5	7.16	121.1	0.4	5.0	1.9	2.63	375.0	574.3	595.3	7.19
401	1 618.8	7.16	115.8	0.4	3.3	3.2	1.64	221.7	199.2	233.6	11.98
401	1 572.8	7.16	109.8	0.5	4.6	2.0	2.24	471.4	307.4	492.2	7.07
401	1 541.0	7.16	106.6	0.5	2.9	2.9	1.5	101.0	300.0	248.4	8.15
401	1 518.5	7.16	104.0	0.3	4.0	2.4	2.22	329.9	403.2	425.9	9.06
401	1 486.4	7.16	101.4	0.3	1.6	4.0	1.34		186.7	179.8	18.17
401	1 448.0	7.16	97.6	0.5	3.2	2.8	1.66	118.4	304.1	290.6	7.94
401	1 405.0	7.16	94.1	0.4	2.6	3.4	1.44	106.3	239.3	203.5	12.66
401	1 372.9	7.16	92.7	0.5	2.3	4.2	1.11	89.5	128.1	128.4	12.66
401	1 350.6	7.16	92.8	0.1		3.6	0	189.7		189.7	9.79
401	1 320.0	7.16	92.2	0.3	1.5	4.5	1.1	22.6	141.3	129.4	16.59
401	1 120.3	7.16	75.4	0.8	2.7	3.2	1.09	47.6	180.4	178.1	5.50
401	1 099.8	7.16	70.3	0.3	5.9	0.9	4.92	3 697.1		3 230.2	3.04
401	1 078.5	7.16	68.3	0.6	3.0	2.7	1.43	53.2	293.0	272.8	6.52
401	1 050.7	7.16	66.5	0.8	3.4	2.7	1.31	177.8	134.3	217.1	5.58
401	1 017.8	7.16	64.2	0.7	4.2	2.2	1.68	237.6	183.3	329.6	5.19
401	979.2	7.16	61.9	0.7	3.4	2.8	1.37	163.8	189.4	226.7	5.97
401	937.3	7.16	59.0	0.7	3.5	2.3	1.56	359.3	71.5	342.0	4.58
401	907.6	7.16	55.0	0.7	5.3	1.6	2.27	381.7	228.0	608.9	4.92
401	866.0	7.16	51.0	0.8	4.0	2.1	1.56	191.7	143.9	319.1	4.44
402	811.0	12.19	48.4	0.8	2.8	6.0	1.1	95.1	157.0	157.3	11.57
402	768.6	12.19	45.9	0.8	4.3	4.2	1.59	292.3	194.6	280.5	11.07
402	740.0	12.19	44.7	0.7	3.1	5.5	1.2	156.5	177.5	187.5	11.86
402	708.4	12.19	43.5	0.9	3.1	5.3	1.08	119.2	165.0	173.1	9.31
402	669.0	12.19	41.5	0.8	4.1	3.7	1.6	172.3	390.5	367.4	7.34
402	645.8	12.19	40.4	0.8	3.2	5.0	1.26	238.0	123.9	210.9	10.43
402	625.8	12.19	38.9	0.6	4.5	3.6	1.95	297.1	442.4	448.9	8.88
402	594.9	12.19	36.3	0.9	4.1	4.0	1.39	182.4	259.2	289.7	6.21
402	567.0	12.19	34.4	0.9	4.2	3.4	1.64	82.9	460.6	449.2	5.37
402	546.8	12.19	33.7	1.2	3.3	5.0	0.98	128.5	115.2	161.9	5.89

402	519.3	12.19	23.0	0.2	11.8	0.9	11.29	1 318.0	11 748.9	9 739.5	9.81
402	480.6	12.19	18.0	0.7	3.7	3.8	1.64	121.3	436.2	384.9	8.02
402	451.7	12.19	16.8	0.7	2.8	6.3	1.08	133.2	133.9	146.6	13.96
402	415.6	12.19	14.9	0.5	3.9	4.8	1.75	248.0	269.4	285.1	16.35
402	358.6	12.19	12.9	0.5	2.4	7.3	1.15	128.3	99.9	130.6	23.75
402	337.0	12.19	12.0	0.6	2.7	6.6	1.09	125.3	123.7	136.9	16.22
402	317.6	12.19	11.9	0.5	2.5	6.8	1.13	140.3	121.4	142.8	18.59
402	237.9	12.19	7.4	0.3	14.8	0.8	10.89		101.1	819.7	25.76
402	204.3	12.19	5.6	0.3	15.1	0.8	11.63		131.2	883.6	4.86
402	168.1	12.19	4.2	0.2	15.9	0.8	12.62	160.5		1 006.7	4.92
402	136.9	12.19	3.3	0.3	10.2	1.2	6.78	14.3		369.8	4.60
402	95.3	12.19	3.2	0.1		8.1	0	130.9		130.9	39.90
402	61.0	12.19	3.0	0.1		9.9	0	99.9		99.9	18.45
411	668.1	3.51	118.9	0.2	4.6	1.2	3.34	239.0	576.3	436.2	12.66
411	623.2	3.51	113.9	0.4	2.3	2.5	1.21	70.2	86.3	91.6	12.79
411	581.6	3.51	108.1	0.2	4.9	1.0	3.84	758.2	526.5	764.7	8.82
411	561.1	3.51	105.5	0.3	2.1	2.4	1.28	84.3	107.8	112.5	12.60
411	539.7	3.51	104.1	0.4	2.4	2.1	1.23	102.2	103.3	124.5	8.11
411	509.3	3.51	101.3	0.3	3.4	1.5	2.23	226.5	272.9	297.1	9.24
411	479.9	3.51	98.0	0.3	2.4	2.0	1.44	120.4	147.8	155.8	10.04
411	449.9	3.51	95.5	0.3	1.8	1.7	1.38	234.7	23.0	197.1	7.33
411	276.2	3.51	79.5	0.6	2.2	2.0	1	92.8	59.2	105.8	5.98
411	257.6	3.51	78.5	0.1		1.1	0		601.0	601.0	6.90
411	233.7	3.51	76.5	0.1		1.8	0		187.0	187.0	5.41
411	139.8	3.51	61.0	0.5	2.4	1.6	1.3	213.3		208.6	4.74
411	128.1	3.51	59.3	0.5	4.0	1.0	2.04	170.0	195.9	403.2	3.45
411	111.7	3.51	56.5	0.4	4.3	1.0	2.46	198.4	412.3	509.9	4.85
411	90.4	3.51	54.9	0.5	2.5	1.7	1.19	57.7	141.4	152.2	5.44
411	75.8	3.51	53.9	0.4	3.0	1.5	1.54	104.3	195.4	221.5	4.98
411	35.6	3.51	50.3	0.3	3.0	1.5	1.73	163.7	214.8	232.9	7.01
Media geom.	7.93	73.6	0.5	4.2	3.0	2.09	372.9	476.4	626.0	10.03	

3. *Simulación 2003 según propuesta metodológica.*

3.1.

*Tabla de resultados hidráulicos para el periodo de retorno de 500 años.
Río de la Cala. Simulación 2003_met.*

Reach	River Sta	Q	Min	W.S.	Vel	Flow	Froude #	Shear	Shear	Shear Total	Top
		Total	Ch El	Elev	Chnl	Area	Chl	LOB	ROB		Width
		m3/s	m	m	m/s	m2	-	N/m2	N/m2	N/m2	m
101	11 884.4	38.54	937.5	0.9	1.1	11.7	0.53	121.8		109.3	6.1
101	11 784.4	38.54	895.0	1.2	2.7	12.9	0.78	116.3	127.0	129.6	18.3
101	11 684.4	38.54	849.3	1.3	2.7	12.8	0.8	108.9	149.0	133.3	13.1
101	11 584.4	38.54	809.2	1.4	3.3	12.4	0.93	191.8	131.3	176.6	12.3
101	11 484.4	38.54	770.1	1.3	2.7	14.4	0.77	88.2	119.5	114.1	16.2
101	11 384.4	38.54	735.0	0.1		1.7	0	17 963.5		17 963.5	9.4
101	11 284.4	38.54	694.9	0.8	6.8	4.9	2.56	697.3	1 089.4	1 057.8	7.8
101	11 184.4	38.54	669.6	0.4	6.3	4.7	3.37	1 218.8	1 342.0	1 303.0	13.7
101	11 084.4	38.54	638.6	0.3	3.2	4.6	2.36	111.2	1 192.9	964.0	12.6
101	10 984.4	38.54	607.7	0.7	5.3	3.5	2.79		1 949.2	1 654.8	11.1
101	10 925.6	38.54	590.0	0.3	5.0	3.9	3.06	856.4	1 965.5	1 431.0	12.7
101	10 784.4	38.54	555.0	0.8	7.5	4.7	2.69	1 091.1	1 019.8	1 171.7	6.8
101	10 684.4	38.54	530.0	0.5	7.0	4.4	3.23	1 312.5	1 389.7	1 393.2	9.9
101	10 584.4	38.54	508.4	0.7	6.3	5.3	2.41	801.3	883.9	904.6	9.1
101	10 419.2	38.54	460.0	1.4	3.1	11.8	0.83	135.8	134.3	147.5	11.3
101	10 394.2	38.54	455.0	1.2	1.8	14.1	0.51	55.9	45.3	53.3	12.9
101	10 360.3	38.54	447.3	0.3	6.0	3.3	4.13	2 668.5	393.9	2 258.7	19.6
101	10 339.8	38.54	444.9	0.1		14.6	0	209.8		209.8	38.3
101	10 184.4	38.54	408.3	1.0	2.7	20.8	0.87	87.2	120.6	97.1	42.7
101	10 093.3	38.54	392.4	0.1		15.2	0	264.4		264.4	23.5
101	9 972.6	38.54	370.0	0.5	11.8	3.5	5.14	1 869.0	3 140.1	2 872.4	23.1
101	9 884.4	38.54	360.0	0.5	3.4	11.7	1.49	334.8	248.5	329.4	23.5
101	9 778.9	38.54	346.3	0.8	7.0	6.3	2.79	920.3	1 344.3	1 189.8	13.1
101	9 684.4	38.54	330.0	0.7	6.1	8.4	2.31	585.8	720.0	650.2	18.5
101	9 584.4	38.54	320.0	0.5	3.7	11.8	1.62	308.4	382.2	358.3	26.7
101	9 484.4	38.54	309.2	0.4	4.1	9.0	2.06	487.0	444.8	482.2	25.6
101	9 368.9	38.54	295.0	0.3	3.2	12.0	1.78	338.7	355.4	352.8	37.1
101	9 284.4	38.54	285.8	1.0	5.3	9.8	1.81	333.9	517.9	495.1	16.7
101	9 164.0	38.54	275.0	0.7	4.7	7.8	1.83	499.7	479.4	512.2	14.1
101	9 084.4	38.54	265.0	0.5	5.3	6.9	2.32	771.2	784.4	788.8	13.9
101	8 984.4	38.54	260.0	1.5	3.9	11.9	1.03	160.2	157.8	182.5	13.9
101	8 884.4	38.54	255.0	0.9	5.7	6.7	1.96	601.6	259.5	611.1	11.3
101	8 784.4	38.54	250.0	0.8	3.5	13.9	1.21	219.2	287.0	266.2	19.9
101	8 678.2	38.54	245.0	0.5	3.2	10.6	1.41	295.5	257.4	291.5	21.4
102	8 484.4	61.29	230.0	1.7	3.8	16.2	0.94	210.2	213.0	224.9	11.4
102	8 383.0	61.29	225.0	0.6	6.0	8.9	2.38	903.6	922.5	926.0	15.5
102	8 284.4	61.29	215.0	1.0	5.4	10.6	1.71	541.4	595.3	595.6	11.8
102	8 056.2	61.29	195.0	0.7	5.3	10.2	2.01	650.7	705.8	693.2	16.4
102	7 984.4	61.29	190.3	1.8	5.5	15.7	1.32	314.1	349.4	370.3	17.4
102	7 884.4	61.29	190.0	0.9	2.8	23.0	0.92	173.6	146.6	157.8	30.7
102	7 784.4	61.29	185.0	0.5	4.9	13.0	2.29	683.9	729.8	712.8	29.6
102	7 608.1	61.29	175.0	1.1	3.6	18.2	1.07	263.0	199.4	255.5	28.9

102	7 583.5	61.29	173.5	0.8	2.1	22.9	0.77	117.3	114.3	116.4	39.3
102	7 484.4	61.29	165.0	1.5	10.1	7.0	2.65	918.1	1 075.0	1 288.6	11.9
102	7 285.6	61.29	160.0	1.4	3.3	18.9	0.88	151.9	145.0	156.6	20.1
102	7 184.4	61.29	160.0	0.7	1.9	24.2	0.75	72.5	101.9	98.2	39.5
102	7 084.4	61.29	156.0	0.6	4.4	12.5	1.75	466.3	477.1	479.3	22.6
102	6 984.4	61.29	152.0	1.3	3.5	18.3	0.97	158.4	161.3	169.7	22.2
102	6 884.4	61.29	150.0	0.8	3.0	18.0	1.07	203.7	172.8	201.4	26.4
102	6 783.7	61.29	146.0	1.3	4.4	15.5	1.25	221.1	194.1	239.8	20.6
103	6 684.4	82.9	142.0	2.5	4.2	24.8	0.85	156.6	119.8	149.1	20.6
103	6 594.6	82.9	140.0	0.9	5.7	15.0	1.88	685.9	479.4	564.3	23.4
103	6 498.8	82.9	138.0	1.5	3.2	24.2	0.84	166.9	164.8	171.6	20.0
103	6 384.4	82.9	134.5	1.2	5.4	17.0	1.62	374.2	393.2	407.8	25.2
103	6 263.6	82.9	130.0	1.2	3.8	19.8	1.08	255.4	267.5	270.9	18.7
103	6 192.8	82.9	130.0	1.5	3.2	26.5	0.84	148.5	137.4	146.4	26.6
103	6 088.8	82.9	126.0	0.9	5.6	14.4	1.92	504.8	714.3	596.6	22.3
103	5 949.8	82.9	122.0	1.7	3.5	24.0	0.85	172.6	149.8	167.8	20.3
103	5 772.0	82.9	118.0	0.8	4.3	20.6	1.5	371.7	275.4	299.3	41.1
103	5 688.5	82.9	117.7	0.7	2.5	30.8	0.97	209.2	121.0	188.9	41.7
103	5 600.0	82.9	115.2	0.5	2.3	34.8	1.09	202.9	162.4	197.4	64.2
103	5 478.1	82.9	110.0	1.6	4.2	20.9	1.05	145.0	266.4	205.8	23.2
103	5 384.4	82.9	108.0	1.7	3.6	23.4	0.95	102.8	153.2	158.2	29.7
103	5 284.4	82.9	106.0	0.9	3.5	21.2	1.18	232.5	257.8	258.2	29.0
103	5 215.9	82.9	104.0	1.7	3.6	23.3	0.89	183.5	188.6	195.8	18.3
103	5 121.3	82.9	102.0	0.7	4.3	23.3	1.68	273.0	486.1	326.3	54.6
103	5 023.3	82.9	98.0	1.7	3.7	24.7	0.91	164.4	171.3	180.4	22.0
103	4 896.7	82.9	96.0	1.2	3.3	22.3	0.95	186.3	206.5	205.6	21.2
103	4 691.9	82.9	90.0	1.3	4.8	20.3	1.33	373.1	354.3	373.6	21.1
103	4 570.2	82.9	86.0	2.5	4.6	20.6	0.93	200.1	193.9	224.8	12.4
103	4 504.4	82.9	85.8	0.8	4.2	19.5	1.51	340.0	486.4	450.6	25.6
103	4 337.0	82.9	82.0	1.4	3.4	24.9	0.93	215.7	214.0	218.8	21.8
103	4 273.2	82.9	80.0	2.0	4.1	21.5	0.91	167.6	229.2	219.4	14.1
103	4 181.4	82.9	78.0	1.3	4.7	16.6	1.32	408.6	375.9	408.3	15.6
103	4 084.4	82.9	76.0	1.6	3.4	22.3	0.87	187.4	203.2	202.7	16.0
103	3 984.4	82.9	74.0	1.0	4.4	22.5	1.38	310.7	378.3	334.2	29.8
103	3 913.5	82.9	72.0	1.2	3.2	29.2	0.93	142.0	193.9	156.9	36.3
103	3 784.4	82.9	68.0	0.7	3.7	20.1	1.38	292.1	306.6	308.7	33.7
103	3 684.4	82.9	65.5	1.1	2.7	27.9	0.84	166.8	127.0	157.4	29.0
103	3 485.1	82.9	60.0	1.4	4.5	17.9	1.21	346.7	326.5	351.1	15.8
103	3 384.4	82.9	58.0	1.7	3.7	24.9	0.9	143.2	190.0	188.4	20.5
103	3 292.8	82.9	58.0	1.1	2.7	27.6	0.84	156.0	144.2	151.2	30.1
103	3 208.4	82.9	56.0	1.2	3.4	23.1	0.99	219.6	198.5	211.8	23.4
103	2 966.5	82.9	48.1	1.4	5.1	18.5	1.38	301.6	276.9	311.3	24.7
103	2 851.7	82.9	46.0	1.5	3.5	24.8	0.91	193.9	204.1	203.8	19.7
103	2 784.8	82.9	44.0	1.1	4.5	17.3	1.37	344.3	375.8	379.3	19.5
103	2 678.2	82.9	40.5	1.6	4.1	22.0	1.04	192.6	216.5	217.2	22.6

103	2 570.1	82.9	38.0	1.6	4.1	21.0	1.02	241.6	186.8	216.0	20.0
103	2 484.4	82.9	36.0	2.0	4.4	28.6	1	246.7	59.0	86.1	63.3
103	2 284.4	82.9	32.0	1.6	4.1	22.0	1.05	184.6	262.1	218.2	22.0
103	2 184.4	82.9	30.0	1.4	2.8	18.8	0.73	98.2	109.7	107.3	20.0
103	2 084.4	82.9	28.0	1.7	5.0	17.6	1.22	279.4	351.0	330.5	15.1
103	1 984.4	82.9	26.0	1.7	4.0	24.9	0.96	161.9	163.3	174.9	26.2
103	1 884.4	82.9	24.0	2.6	3.7	42.2	0.73	56.6	48.5	56.9	68.4
103	1 813.2	82.9	24.0	0.9	4.3	23.6	1.43	281.7	284.2	292.4	41.0
103	1 684.4	82.9	20.0	1.7	3.5	26.2	0.87	159.7	127.1	145.6	27.7
103	1 584.4	82.9	18.0	2.3	3.8	24.7	0.79	64.4	156.6	121.7	22.4
103	1 542.6	82.9	18.0	1.5	4.3	23.5	1.13	160.9	233.6	209.8	28.3
104	1 376.8	107.1 7	16.0	1.7	3.4	31.9	0.81	124.6	170.2	141.0	28.4
104	1 297.2	107.1 7	14.0	1.4	4.6	22.4	1.24	238.0	261.9	269.3	31.7
104	1 213.2	107.1 7	13.4	1.6	1.2	26.1	0.33	20.4	22.2	22.1	29.1
104	1 159.8	107.1 7	12.0	1.5	1.9	18.5	0.5	55.0	38.7	46.9	20.9
104	1 133.6	107.1 7	12.0	1.3	1.7	18.6	0.48	46.1	42.5	45.6	19.8
104	1 104.1	107.1 7	12.0	0.9	1.6	17.8	0.51	51.1	48.0	50.2	22.5
104	1 040.8	107.1 7	10.9	1.4	1.8	17.9	0.51	41.4	50.7	49.5	21.1
104	863.5	107.1 7	8.0	0.9	7.5	15.0	2.49	737.0	994.4	971.2	27.8
104	786.1	107.1 7	8.0	1.1	3.1	45.5	0.95	117.7	57.4	84.3	115.1
104	649.8	107.1 7	6.0	1.3	3.1	37.4	0.86	103.1	79.8	136.1	44.7
104	566.5	107.1 7	5.5	1.2	2.3	52.3	0.73	120.6	30.8	60.2	111.4
104	463.8	107.1 7	3.7	1.9	3.3	39.4	0.78	112.5	50.1	90.9	58.9
104	378.7	107.1 7	3.7	1.2	2.5	55.3	0.79	36.0	74.2	65.4	128.6
104	219.4	107.1 7	1.5	1.8	3.4	34.9	0.86	114.2	106.6	151.0	158.8
104	111.5	107.1 7	1.6	1.7	3.6	30.7	0.98	118.1	184.4	244.4	25.8
104	82.3	107.1 7	1.2	1.6	2.2	33.2	0.6	55.6	55.6	88.0	29.5
104	79.5	107.1 7	1.2	1.5	2.2	31.5	0.63	56.5	58.2	88.7	31.9
104	58.7	107.1 7	1.4	0.7	3.5	25.7	1.43	225.4	97.7	211.1	0.8
111	3 200.0	24.52	194.0	0.9	3.0	9.3	0.99	167.3	174.4	179.7	11.6
111	3 100.0	24.52	184.0	1.1	9.8	3.2	3.28	1 351.5	673.1	1 642.0	5.4
111	3 000.0	24.52	176.0	1.3	5.1	6.4	1.46	259.4	299.4	357.8	8.1
111	2 900.0	24.52	170.0	0.7	4.8	6.4	1.86	516.3	515.9	539.1	11.2
111	2 800.0	24.52	162.0	0.9	4.7	5.8	1.56	381.4	360.7	412.9	7.7
111	2 700.0	24.52	153.9	0.4	3.7	6.4	2	356.2	601.4	548.4	16.2
111	2 608.5	24.52	148.0	0.6	2.8	9.0	1.13	200.6	192.6	200.5	16.3
111	2 500.0	24.52	142.0	0.6	4.2	6.9	1.71	424.1	451.3	451.1	12.7
111	2 394.8	24.52	134.0	0.8	4.2	5.8	1.52	358.1	369.4	387.6	9.0
111	2 300.0	24.52	127.7	0.9	4.4	7.1	1.63	391.4	442.3	426.2	10.9
111	2 229.0	24.52	122.0	1.1	5.5	5.8	1.71	436.5	375.3	480.9	8.4
111	2 111.0	24.52	115.4	1.0	4.1	7.1	1.38	273.9	216.3	267.3	12.8

111	1 954.0	24.52	106.0	0.4	3.4	6.5	1.61	327.0	329.1	335.6	16.0
111	1 900.0	24.52	103.6	0.9	3.0	9.3	1.06	185.3	203.8	200.1	12.8
111	1 800.0	24.52	94.0	0.7	8.7	3.4	3.4	832.0	1 770.1	1 686.4	6.7
111	1 700.0	24.52	89.6	0.9	2.8	8.9	0.96	147.4	177.2	168.5	12.1
111	1 600.0	24.52	84.1	1.2	6.1	4.9	1.89	411.8	394.6	531.7	7.8
111	1 503.4	24.52	80.0	0.7	3.1	8.4	1.14	206.8	220.2	222.3	12.3
111	1 400.0	24.52	74.0	0.7	4.8	6.2	1.79	436.9	437.9	469.4	11.5
111	1 303.2	24.52	70.0	0.8	2.8	9.3	1	177.1	171.6	179.5	13.0
111	1 205.8	24.52	66.0	0.7	3.9	6.6	1.47	258.4	315.6	322.9	11.6
111	1 104.7	24.52	62.0	1.0	3.3	8.6	1.06	146.0	160.6	173.5	12.4
111	973.5	24.52	56.0	0.8	4.7	6.0	1.64	421.6	420.3	459.3	8.7
111	901.4	24.52	52.0	1.0	4.3	7.0	1.37	325.5	323.8	354.2	8.7
111	788.2	24.52	46.0	0.8	4.1	5.5	1.47	258.9	353.5	355.5	9.4
111	707.8	24.52	42.0	1.0	4.3	7.3	1.36	320.8	276.4	338.5	9.4
111	573.9	24.52	36.0	0.6	3.3	7.8	1.35	266.9	220.6	259.0	16.1
111	516.6	24.52	32.0	1.2	4.9	5.5	1.42	230.3	307.5	367.2	6.0
111	400.0	24.52	30.0	0.6	2.6	10.6	1.07	170.7	176.5	176.1	20.1
111	224.0	24.52	24.0	0.9	3.2	11.5	1.09	147.3	152.6	159.3	21.2
111	208.4	24.52	24.0	0.6	2.8	12.3	1.2	191.5	107.0	179.9	29.1
111	143.0	24.52	23.7	0.4	0.5	14.1	0.28	9.3	6.2	8.8	41.8
111	122.2	24.52	22.0	0.8	1.4	9.2	0.49	30.5	37.0	34.8	13.2
121	3 955.0	20.24	240.0	0.9	3.6	7.3	1.19	221.2	258.9	262.5	9.2
121	3 855.0	20.24	224.7	1.0	11.6	2.1	4.61	2 580.9	571.1	3 048.0	4.7
121	3 755.0	20.24	210.0	0.7	4.7	4.5	1.74	443.6	299.7	427.6	8.2
121	3 653.8	20.24	202.3	0.7	3.0	5.8	1.46		239.1	248.2	17.5
121	3 595.8	20.24	198.0	0.6	3.9	8.0	1.66	141.2	272.9	285.2	22.3
121	3 455.0	20.24	183.4	0.8	5.4	4.7	2.03	702.3	471.9	665.5	7.6
121	3 371.8	20.24	172.0	0.7	6.1	4.2	2.4	707.4	775.0	830.8	8.4
121	3 255.0	20.24	162.0	1.2	4.4	5.3	1.39	238.3	156.5	278.7	10.6
121	3 155.0	20.24	156.0	0.6	4.3	5.8	1.76	456.1	460.9	473.3	10.4
121	3 055.0	20.24	146.0	1.0	5.7	4.3	1.85	344.8	318.8	455.1	9.4
121	2 955.0	20.24	138.0	0.9	5.2	5.0	1.75	315.8	313.0	392.0	9.2
121	2 831.9	20.24	130.0	1.3	5.1	5.3	1.44	254.6	242.8	348.9	6.8
121	2 755.0	20.24	126.0	1.2	4.9	4.8	1.53	276.3	215.1	345.7	8.1
121	2 655.0	20.24	122.0	0.9	3.5	5.8	1.18	223.8	218.5	241.7	8.0
121	2 555.0	20.24	116.0	0.6	4.6	4.4	1.9	528.9	457.0	530.2	8.2
121	2 455.0	20.24	110.0	0.7	3.2	6.2	1.23	207.0	212.1	222.4	11.5
121	2 355.0	20.24	104.0	0.8	4.4	4.6	1.64	343.9	390.4	411.8	7.9
121	2 263.3	20.24	98.0	0.5	3.2	5.7	1.48	282.7	278.5	288.1	13.2
121	2 028.9	20.24	86.0	0.5	2.7	7.7	1.15	172.6	186.2	185.8	16.1
121	1 955.0	20.24	81.1	0.5	4.2	5.6	1.89	474.0	187.1	457.6	14.2
121	1 877.5	20.24	78.0	0.7	2.3	8.3	0.88	125.6	119.6	126.3	14.2
121	1 755.0	20.24	70.0	0.7	7.1	3.4	2.73	879.9	960.9	1 075.8	6.0
121	1 661.2	20.24	66.0	1.1	3.1	6.6	0.96	142.6	155.7	170.3	7.4
121	1 555.0	20.24	64.0	0.9	2.6	7.4	0.89	137.9	110.1	137.7	10.6

121	1 455.0	20.24	58.0	0.5	5.7	3.3	2.61	872.1	767.9	876.6	8.0
121	1 355.0	20.24	52.9	1.4	3.5	6.5	0.97	103.5	163.0	179.4	7.1
121	1 298.9	20.24	48.0	0.5	7.4	2.7	3.32	1 330.2	983.6	1 407.2	5.9
121	1 181.0	20.24	40.0	0.9	3.5	6.3	1.16	239.8	161.9	238.4	8.5
121	1 055.0	20.24	36.0	0.8	3.0	7.0	1.11	134.8	147.0	158.8	14.2
121	955.0	20.24	34.0	0.7	2.2	9.4	0.84	84.9	79.6	88.9	19.8
121	855.0	20.24	30.0	1.0	4.4	5.0	1.45	85.8	259.7	291.1	8.4
121	777.4	20.24	28.0	1.2	2.6	8.3	0.82	39.7	100.0	106.2	13.8
121	671.2	20.24	26.0	0.5	2.8	8.6	1.24	192.1	222.2	212.8	18.4
121	507.3	20.24	21.8	0.4	1.2	6.8	0.63	37.2	30.3	34.1	26.2
121	464.4	20.24	20.0	0.6	6.1	4.9	2.53	503.4	487.6	609.9	14.9
121	368.6	20.24	18.0	1.1	3.6	8.8	1.08	167.4	186.7	201.7	11.7
121	31.9	20.24	10.0	0.4	2.5	11.1	1.2	165.5	133.0	156.8	124.1
Media geom.	52.46	161.4	1.0	4.1	14.5	1.40	435.9	355.4	491.9	22.19	

3.2.

*Tabla de resultados hidráulicos para el periodo de retorno de 25 años.
Arroyo de los Jaboneros. Simulación 2003_met.*

Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Froude # Chl	Shear LOB	Shear ROB	Shear Total	Top Width
		m3/s	m	m	m/s	m2	-	N/m2	N/m2	N/m2	m
202	8 728.8	54.51	243.2	1.5	3.2	18.3	0.91	73.8	122.9	152.8	
202	8 628.8	54.51	238.9	1.4	5.9	9.4	1.91		519.2	544.4	9.7
202	8 528.8	54.51	236.4	1.3	3.9	15.6	1.12	97.4	184.3	194.9	15.6
202	8 428.8	54.51	234.9	1.3	3.6	15.9	1.08	173.1	79.1	162.1	16.1
203	8 328.8	59.64	231.1	1.9	4.1	19.8	1.00	102.5	142.2	138.4	20.0
203	8 228.8	59.64	227.2	1.5	6.4	9.8	1.91	89.6	346.8	681.6	10.5
203	8 128.8	59.64	224.8	1.5	4.2	16.2	1.12	133.1	141.4	188.9	14.5
203	8 028.8	59.64	223.1	1.2	3.7	18.1	1.18	63.6	161.5	189.1	25.7
203	7 948.8	59.64	219.1	1.6	5.8	11.4	1.58	110.3	255.1	367.7	10.4
203	7 826.6	59.64	214.9	1.6	3.7	16.4	1.02	250.9	140.1	363.5	18.6
203	7 728.8	59.64	212.9	1.9	4.1	17.9	0.98	122.2	104.9	146.5	15.2
203	7 528.8	59.64	205.2	0.7	7.7	7.9	3.19	1 102.6	771.0	1 032.2	13.9
203	7 433.6	59.64	203.3	1.9	4.2	17.1	0.99	83.3	102.5	125.1	12.4
203	7 341.1	59.64	202.9	1.4	3.7	23.4	1.03	129.3	89.8	104.1	33.8
203	7 241.1	59.64	199.0	0.9	6.2	10.5	2.14	285.4	577.8	524.0	14.0
203	7 128.8	59.64	189.4	1.2	7.4	9.3	2.25	512.5	257.6	622.3	14.3
203	7 028.8	59.64	184.8	1.6	5.5	12.1	1.50	267.6	93.9	334.0	16.0
203	6 739.8	59.64	177.1	1.8	4.2	15.8	1.08	186.8	85.4	238.5	17.1
203	6 619.4	59.64	172.8	1.4	6.1	10.9	1.71	177.0	328.7	411.9	11.1
203	6 539.8	59.64	171.6	1.8	3.7	18.2	0.90	155.9	99.3	195.9	15.4
203	6 465.9	59.64	171.1	1.7	3.8	19.7	0.95	116.4	85.4	124.4	18.6
203	6 333.3	59.64	168.1	0.6	4.8	12.8	2.12	435.5	389.6	428.7	28.2
203	6 167.5	59.64	163.6	1.1	3.2	21.3	0.97	73.7	88.3	116.0	27.4
203	6 039.8	59.64	161.5	0.8	3.4	21.6	1.22	107.8	109.4	134.2	39.4
203	5 939.8	59.64	159.0	1.5	3.7	17.9	1.04	71.8	131.0	150.8	22.9
203	5 839.8	59.64	150.7	1.0	10.2	6.2	3.57	1 176.6	145.3	1 842.1	9.3
203	5 739.8	59.64	148.5	1.9	4.4	16.1	1.08	90.4	155.2	179.4	13.1
203	5 639.8	59.64	146.9	1.9	3.4	15.9	1.04		236.1	203.4	13.3
203	5 539.8	59.64	145.0	1.2	4.7	13.6	1.43	212.7	140.1	279.5	15.0
203	5 439.8	59.64	142.7	2.1	3.8	17.9	0.94	63.9	141.0	130.0	15.6
203	5 339.8	59.64	139.3	1.1	7.1	9.2	2.39	85.5	606.6	695.8	12.7
203	5 239.8	59.64	136.6	1.9	3.9	16.4	0.98	27.8	80.9	166.4	12.7
203	5 139.8	59.64	133.2	1.1	7.0	10.2	2.20	298.4	498.6	535.9	14.0
203	5 039.8	59.64	131.2	2.3	3.8	19.2	0.88	100.4	41.1	102.4	17.5
203	4 839.8	59.64	127.4	1.2	5.9	11.5	1.82	218.5	282.6	382.6	15.7
203	4 739.8	59.64	124.8	1.2	4.5	15.8	1.36	169.9	106.8	162.7	20.4
203	4 639.8	59.64	123.4	1.0	3.4	19.2	1.10	137.0	89.8	116.3	24.0
204	4 511.1	69.33	118.9	1.6	3.2	23.4	0.83	91.2	128.6	129.8	27.4
204	4 411.1	69.33	116.8	1.4	3.0	17.7	0.94	74.2	268.4	190.8	19.7
204	4 211.1	69.33	110.8	1.7	5.0	14.6	1.28	277.8	217.3	369.5	13.0
204	4 111.1	69.33	108.8	1.0	3.1	18.8	1.01	158.2	209.8	208.4	22.1
204	3 909.3	69.33	103.3	1.1	3.5	19.1	1.08	139.3	212.6	217.5	25.1
204	3 711.1	69.33	97.1	1.5	4.3	18.0	1.14	226.1	157.1	265.6	18.9

204	3 611.1	69.33	94.6	1.6	3.8	18.5	1.02	167.3	236.1	251.2	16.1
204	3 511.1	69.33	93.1	1.2	3.2	20.2	0.99	176.9	184.7	209.0	22.8
204	3 391.3	69.33	90.7	1.4	3.1	24.3	0.87	89.7	175.5	132.8	28.4
204	3 272.4	69.33	87.5	1.0	4.3	18.5	1.39	230.4	322.8	287.4	34.4
204	3 104.0	69.33	82.8	1.6	3.3	20.7	0.85	143.4	109.9	160.9	18.8
204	3 011.1	69.33	81.1	1.0	4.1	20.4	1.33	248.6	250.8	300.6	29.5
204	2 911.1	69.33	77.8	2.2	4.0	19.5	0.91	121.1	129.5	208.4	25.6
204	2 814.3	69.33	75.2	1.3	4.7	13.3	1.46	200.6	456.8	434.2	17.6
204	2 721.0	69.33	73.3	1.3	2.7	22.6	0.84	65.6	158.4	154.4	31.5
204	2 611.1	69.33	70.9	0.7	3.1	23.0	1.31	198.5	5.1	243.0	49.1
204	2 411.1	69.33	65.8	0.8	2.0	28.3	0.75	85.0	90.8	91.4	46.2
204	2 328.2	69.33	63.3	0.5	3.5	18.7	1.55	244.1	289.2	261.8	54.0
204	2 211.1	69.33	59.0	1.1	2.9	24.3	0.99	10.8	25.8	196.0	31.0
204	2 128.2	69.33	56.9	1.5	2.7	20.9	0.77	52.9	142.9	134.9	19.9
204	2 011.1	69.33	53.9	1.1	4.4	13.9	1.37	187.1	372.6	351.1	20.0
204	1 911.1	69.33	51.5	1.5	2.9	22.5	0.84	47.3	161.7	154.0	23.4
204	1 808.3	69.33	48.8	1.7	3.0	18.7	1.05	8.5	335.5	261.0	25.8
204	1 671.5	69.33	34.5	0.8	10.1	6.9	4.18			2 976.7	12.2
204	1 611.3	69.33	34.0	2.1	3.1	20.2	0.73	38.1	22.3	46.6	15.9
204	1 522.2	69.33	32.2	1.2	5.4	11.2	2.05	209.2		267.5	17.0
204	1 409.5	69.33	30.6	1.1	3.7	18.6	1.29	60.5		117.6	24.5
204	1 305.7	69.33	26.9	2.0	5.2	13.4	1.71		32.8	238.3	17.3
204	1 238.8	69.33	23.7	0.7	7.0	10.0	3.01			526.5	21.6
204	1 168.2	69.33	23.6	1.3	3.3	20.9	1.01			95.8	20.9
204	1 094.0	69.33	22.6	0.9	4.2	16.5	1.51			170.6	22.5
204	1 012.6	69.33	19.9	2.4	3.7	18.6	1.17		22.4	119.8	18.3
204	801.6	69.33	15.9	0.7	5.5	12.6	2.12		8.0	306.4	21.4
204	779.0	69.33	15.9	0.8	4.5	15.3	1.63			199.3	23.3
204	688.8	69.33	11.9	0.7	6.0	11.6	2.28		56.6	350.8	21.9
204	665.7	69.33	10.2	0.8	6.3	11.0	2.43			400.3	21.1
204	585.3	69.33	8.8	1.3	3.3	20.8	1.00		1.2	95.7	21.4
204	322.8	69.33	3.7	0.1	0.9	15.4	1.25		42.2	40.9	23.2
204	180.1	69.33	2.0	0.1		20.7	0.00		16.4	16.4	25.9
204	135.2	69.33	-0.2	0.1		13.3	0.00		245.0	245.0	
211	1 585.1	0.28	424.9	0.1	2.3	0.1	2.95	106.4		179.3	3.7
211	1 511.7	0.28	407.1	0.1	2.1	0.1	2.24	56.1		143.4	2.5
211	1 351.3	0.28	386.1	0.1	0.9	0.2	1.11	82.5		79.4	4.5
211	1 285.1	0.28	375.3	0.1	2.0	0.1	2.72		202.9	187.2	3.6
211	1 185.1	0.28	362.5	0.1	1.4	0.2	1.43	33.6		60.5	3.6
211	1 085.1	0.28	350.0	0.1	2.4	0.1	2.66	65.7		178.6	3.8
211	985.1	0.28	339.6	0.1	1.2	0.3	1.27	38.2		44.2	5.9
211	898.8	0.28	330.9	0.0	0.8	0.2	1.95	97.8		86.7	7.5
211	797.7	0.28	317.6	0.1	1.5	0.2	1.56	74.3		76.2	2.9
211	709.0	0.28	305.9	0.0	0.7	0.2	1.54	225.2		207.4	3.5
211	571.1	0.28	292.4	0.2	1.1	0.3	1.10	88.1		93.2	5.6

211	497.9	0.28	285.3	0.1	0.9	0.3	1.09	100.1		88.5	4.5
211	385.1	0.28	274.1	0.1	0.7	0.2	1.34		92.3	81.4	2.6
211	285.1	0.28	261.8	0.1	1.9	0.2	2.10		59.4	119.4	2.7
211	185.1	0.28	249.5	0.1	1.7	0.2	1.68		52.8	83.6	3.2
211	105.4	0.28	242.8	0.1	1.5	0.2	1.56	54.0		60.4	2.6
221	1 684.4	1.67	488.0	0.5	1.8	1.0	0.95	82.6	39.3	123.3	1.1
221	1 584.4	1.67	457.1	0.4	1.9	1.1	1.05	57.1	17.6	65.0	3.8
221	1 484.4	1.67	436.0	0.4	1.8	1.0	0.98	48.6	6.9	62.1	4.2
221	1 390.2	1.67	417.1	0.3	1.5	1.1	0.93	64.8	15.1	68.3	6.6
221	1 284.4	1.67	382.6	0.4	1.6	1.2	0.94	20.4	44.2	45.3	5.8
221	1 190.7	1.67	361.3	0.4	1.6	1.1	0.99	57.8	11.4	55.6	4.1
221	1 084.4	1.67	340.9	0.4	1.4	1.1	0.94	58.2		55.5	5.6
221	984.4	1.67	321.6	0.5	1.6	0.9	0.92	95.9		98.5	3.6
221	884.4	1.67	312.1	0.2	4.5	0.4	3.83	592.1	240.3	734.4	6.1
221	684.4	1.67	284.2	0.2	0.7	0.9	0.74		72.7	66.2	23.0
221	584.4	1.67	267.8	0.4	1.6	1.2	0.98	50.1	21.9	50.1	6.0
221	464.3	1.67	251.4	0.4	1.3	1.1	0.89	74.7		67.9	5.7
221	384.4	1.67	242.0	0.1	5.0	0.3	6.04	1 833.9		1 553.1	3.4
221	284.4	1.67	228.8	0.3	2.0	1.0	1.35		103.3	102.7	4.8
221	174.0	1.67	212.0	0.2	6.7	0.3	5.63			1 361.4	1.5
231	1 606.9	3.24	386.8	0.6	2.0	2.1	0.89	26.8	24.9	35.9	
231	1 506.9	3.24	346.8	0.5	2.1	1.8	0.98	132.2	68.7	145.2	5.0
231	1 406.9	3.24	313.2	0.5	1.4	1.8	0.89		185.3	158.2	43.4
231	1 306.9	3.24	290.6	0.6	2.1	1.7	0.98	141.3	71.6	156.4	5.4
231	1 256.2	3.24	282.8	0.2	5.8	0.6	4.98	2 236.9		2 270.0	7.3
231	1 106.9	3.24	257.4	0.4	1.5	1.6	0.98		221.0	200.4	5.3
231	1 006.9	3.24	243.2	0.3	4.8	0.8	2.91	590.6	437.2	903.5	5.3
231	906.9	3.24	233.1	0.4	1.3	2.0	0.85	422.4	58.1	328.4	9.5
231	806.9	3.24	213.0	0.3	4.5	0.8	2.65	324.3	617.1	838.6	4.2
231	706.9	3.24	199.0	0.4	2.6	1.1	1.70	195.1		184.3	5.2
231	609.7	3.24	193.7	0.3	2.1	1.9	1.13	75.1	85.6	100.2	9.1
231	506.9	3.24	185.2	0.3	3.8	0.9	2.50	76.4	317.2	315.3	4.8
231	406.9	3.24	177.7	0.1	0.6	1.4	0.98		126.4	121.7	7.3
231	352.0	3.24	174.0	0.4	2.6	1.2	1.69		189.8	181.8	5.6
231	206.9	3.24	164.7	0.4	3.0	1.2	1.57	130.3	64.2	145.9	5.0
231	152.3	3.24	163.0	0.3	1.9	2.2	1.20	29.4	112.1	102.1	10.9
241	1 821.8	2.79	402.3	0.6	2.1	1.5	0.95	104.8	67.3	146.8	
241	1 721.8	2.79	364.9	0.5	1.8	2.0	0.84	55.4	60.1	80.6	7.4
241	1 621.8	2.79	327.9	0.4	1.8	1.6	0.97	63.6	17.6	64.3	8.0
241	1 521.8	2.79	303.2	0.5	2.0	1.6	0.96	47.7	20.7	53.1	5.6
241	1 421.8	2.79	286.6	0.5	2.0	1.7	0.93	35.7	40.5	55.2	7.1
241	1 321.8	2.79	272.1	0.5	1.4	1.7	0.78	9.2	81.1	77.3	5.7
241	1 243.1	2.79	261.5	0.2	8.8	0.3	7.04	3 849.6		5 832.2	3.9
241	1 121.8	2.79	240.6	0.3	2.7	1.2	1.58	72.1	110.9	119.5	7.8
241	1 021.8	2.79	229.3	0.3	3.3	0.9	2.19	381.6	246.7	443.9	5.9

241	921.8	2.79	217.4	0.4	2.3	1.1	1.57	178.8	5.9	158.2	5.0
241	821.8	2.79	209.2	0.3	3.8	0.8	2.30	88.2	157.1	198.2	4.1
241	721.8	2.79	197.1	0.5	3.3	0.9	1.69	20.9	271.1	451.4	2.6
241	621.8	2.79	178.6	0.3	2.6	0.9	1.94	571.4		518.4	4.9
241	558.9	2.79	173.0	0.3	1.8	1.8	1.00	89.5	116.1	121.5	7.6
241	443.7	2.79	161.5	0.2	2.9	0.9	2.79	544.6		472.5	6.2
241	319.6	2.79	151.4	0.4	2.5	1.3	1.31	39.2	91.8	100.2	5.8
241	221.8	2.79	145.0	0.1		1.1	0.00	320.0		320.0	6.7
251	1 000.0	6.88	164.1	0.8	2.8	4.0	1.01	101.5	109.1	130.8	
251	900.0	6.88	153.4	-0.1		0.9	0.00		3 618.5	3 618.5	10.2
251	800.0	6.88	143.7	0.6	2.5	3.8	1.06	104.9	114.9	127.4	9.6
251	716.6	6.88	138.0	0.2	2.6	3.2	2.29	488.2		477.2	38.2
251	600.7	6.88	128.7	0.6	2.7	4.0	1.11	108.2	131.1	138.2	10.5
251	467.6	6.88	115.7	0.4	6.3	1.4	3.55	599.3	951.7	1 028.4	5.5
251	452.5	6.88	115.9	0.6	2.7	4.5	1.17	139.5	144.9	155.7	11.5
251	314.6	6.88	111.9	0.1		3.2	0.00		211.8	211.8	13.0
251	178.1	6.88	98.2	0.3	3.8	2.6	2.32	285.4	389.1	372.6	11.9
251	115.2	6.88	89.2	0.1		3.0	0.00		235.1	235.1	7.6
Media geom.		34.15	187.4	0.8	3.4	9.0	1.52	229.7	199.8	344.8	14.2

3.3.

*Tabla de resultados hidráulicos para el periodo de retorno de 500 años.
Arroyo Piletas. Simulación 2003_met.*

Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Froude # Chl	Shear LOB	Shear ROB	Shear Total	Top Width
		m3/s	m	m	m/s	m2	-	N/m2	N/m2	N/m2	m
301	3 650.7	24.66	274.7	0.2	9.2	1.6	8.4		7 626.1	6 762.7	11.98
301	3 623.2	24.66	267.1	0.8	6.6	3.5	2.67	376.0	1 194.9	1 033.2	7.40
301	3 598.6	24.66	261.1	0.6	8.1	3.3	3.23	1 038.8	1 106.6	1 277.4	7.98
301	3 562.7	24.66	254.8	0.4	4.5	5.7	2.24	410.2	495.3	464.3	27.55
301	3 543.9	24.66	255.4	0.2	0.7	14.7	0.6	22.0	72.3	50.9	53.18
301	3 510.3	24.66	256.0	0.1		14.1	0	45.6	77.6	66.1	41.96
301	3 474.5	24.66	251.0	0.1		11.4	0	84.6		84.6	57.89
301	3 424.1	24.66	243.1	0.2	6.0	3.2	4.53	638.0	1 979.6	1 504.4	46.43
301	3 403.3	24.66	243.0	0.3	1.7	11.4	1.03	54.6	119.0	110.0	40.55
301	3 353.2	24.66	226.5	0.3	14.1	1.6	9.47	436.6	5 217.6	5 743.0	22.70
301	3 314.4	24.66	216.2	0.7	6.1	4.5	2.43	516.5	662.3	692.8	10.22
301	3 270.5	24.66	208.4	0.8	6.7	4.0	2.44	521.7	799.9	827.6	7.78
301	3 250.3	24.66	206.1	1.1	3.8	4.6	1.52	595.3		546.1	6.71
301	3 213.6	24.66	203.7	1.1	5.0	5.3	1.6	405.5	230.0	427.7	23.30
301	3 185.3	24.66	201.7	0.8	5.3	5.6	2.08	404.5	250.1	444.4	23.50
301	3 157.4	24.66	199.0	1.0	4.9	5.5	1.61	367.4	293.1	401.3	8.77
301	3 132.2	24.66	197.0	0.9	5.3	5.1	1.81	415.3	431.1	496.4	8.50
301	3 106.5	24.66	195.9	0.9	3.8	6.7	1.27	251.1	232.7	269.6	9.64
301	3 076.4	24.66	192.9	0.7	4.9	4.3	2.07	264.1	752.1	636.9	7.58
301	3 057.9	24.66	192.6	1.0	2.5	9.6	0.84	137.3	84.3	121.1	13.38
301	3 037.5	24.66	190.4	0.8	6.6	4.2	2.37	693.5	506.4	738.1	6.95
301	3 005.8	24.66	185.1	1.0	7.0	3.9	2.38	654.9	455.2	830.4	6.96
301	2 975.1	24.66	183.8	1.4	4.3	6.4	1.19	235.9	165.1	265.5	6.85
301	2 957.6	24.66	183.9	0.8	3.5	6.9	1.29	242.0	255.5	265.5	10.27
301	2 906.7	24.66	177.3	0.5	7.2	3.5	3.14	1 132.0	929.6	1 170.2	10.00
301	2 869.0	24.66	174.7	0.8	3.5	7.6	1.33	243.0	164.4	223.4	16.24
301	2 840.2	24.66	172.5	0.9	4.5	5.8	1.58	380.6	259.6	372.8	9.90
301	2 805.6	24.66	170.2	0.9	4.7	5.9	1.63	369.5	269.9	357.3	11.02
301	2 789.4	24.66	168.5	0.6	5.7	5.3	2.3	532.2	379.2	489.2	16.27
301	2 767.0	24.66	166.0	0.3	2.4	6.2	1.74	457.7	355.2	374.0	20.56
301	2 724.1	24.66	161.9	1.1	4.6	5.9	1.44	244.8	334.8	338.5	8.16
301	2 695.6	24.66	160.0	0.9	5.2	5.2	1.74	418.8	312.5	456.0	8.81
301	2 671.0	24.66	157.6	1.0	5.7	4.9	1.91	370.0	457.9	529.2	9.02
301	2 620.4	24.66	154.4	0.6	3.3	6.2	1.47	154.1	372.6	307.3	13.67
301	2 588.1	24.66	152.2	0.8	3.9	6.2	1.47	346.3	219.5	316.7	11.46
301	2 534.1	24.66	149.5	0.6	3.1	7.2	1.31	266.3	224.3	248.3	14.82
301	2 504.9	24.66	147.2	0.7	4.5	5.8	1.72	368.0	354.7	393.6	12.25
301	2 470.5	24.66	145.2	0.7	3.7	7.0	1.4	241.3	250.7	264.3	14.25
301	2 441.7	24.66	143.6	0.8	3.7	6.8	1.37	261.0	246.4	271.8	12.18
301	2 420.9	24.66	141.6	0.6	4.8	5.1	2.04	537.8	452.7	528.0	11.97

301	2 389.4	24.66	138.9	0.9	4.5	6.2	1.54	279.6	307.2	330.2	11.61
301	2 349.5	24.66	136.2	1.1	5.0	5.9	1.51	270.8	268.3	337.8	9.69
301	2 322.4	24.66	134.8	0.9	4.7	5.8	1.6	327.8	316.1	374.3	10.17
301	2 297.6	24.66	133.3	1.0	4.3	6.1	1.46	364.0	177.3	313.3	10.66
301	2 268.6	24.66	130.6	1.2	5.7	4.8	1.72	469.5	258.5	515.1	6.45
301	2 239.4	24.66	129.0	1.2	5.2	5.4	1.56	349.5	299.6	410.2	7.10
301	2 221.7	24.66	129.2	0.2	1.0	6.1	0.92		303.9	275.1	12.46
301	2 194.3	24.66	126.4	0.6	4.4	4.9	1.97	608.5	311.1	540.3	10.73
301	2 149.5	24.66	126.8	0.3	1.3	11.7	0.73	76.6	98.7	88.5	24.95
301	2 101.7	24.66	128.6	0.0	0.2	15.9	0.37	24.8	61.3	41.5	43.92
301	2 057.1	24.66	125.0	0.3	5.6	4.4	3.2	887.4	642.4	827.2	19.09
301	2 015.5	24.66	120.6	0.5	3.1	8.1	1.39	184.0	211.6	214.9	21.38
301	1 980.7	24.66	115.5	1.2	7.0	4.0	2.1	443.6	531.7	732.1	5.37
301	1 948.0	24.66	112.9	1.3	6.1	4.6	1.76	398.7	360.7	541.2	5.36
301	1 917.7	24.66	108.9	1.0	7.3	3.6	2.56	509.4	942.1	964.1	6.88
301	1 879.5	24.66	104.9	1.0	5.9	4.8	1.92	408.6	431.0	528.6	17.63
301	1 818.5	24.66	98.6	0.2	2.1	6.4	1.88	385.8		376.7	46.14
302	1 717.2	27.93	82.1	1.9	3.9	8.7	0.91	139.9	118.6	171.4	7.60
302	1 685.4	27.93	81.0	1.6	5.1	6.1	1.36	180.2	318.8	365.9	6.12
302	1 652.8	27.93	79.4	1.2	6.0	6.0	1.84	343.9	510.4	559.2	8.52
303	1 578.0	31.13	75.5	1.7	3.9	10.1	0.98	184.3	147.3	198.5	7.67
303	1 533.6	31.13	73.0	1.2	6.0	5.5	1.87	644.1	210.8	665.0	7.16
303	1 199.3	31.13	48.0	1.9	1.0	11.3	0.24	8.2	13.7	14.0	8.80
303	1 185.4	31.13	46.7	1.3	2.3	6.0	0.65	46.8	66.3	76.0	7.42
303	1 150.2	31.13	45.4	0.8	2.6	4.7	0.9	98.0	101.1	117.6	8.61
303	1 139.5	31.13	46.0	0.7	1.7	5.2	0.68	73.4	55.5	69.4	10.49
303	1 084.8	31.13	43.5	1.0	2.4	5.3	0.78	57.1	102.0	103.2	6.48
304	1 024.3	34.41	39.9	1.8	1.3	12.2	0.32	22.4	15.5	21.4	10.79
304	1 005.1	34.41	39.0	1.9	2.1	9.6	0.5	43.1	15.1	30.4	13.49
304	973.4	34.41	36.4	1.0	2.6	4.9	0.89	70.1	116.6	122.2	8.14
304	947.5	34.41	35.0	1.0	2.6	4.8	0.89	42.8	128.7	135.6	7.56
304	927.1	34.41	34.5	1.0	3.2	4.5	1.08	103.1	148.5	169.7	7.53
304	885.6	34.41	32.7	0.7	2.5	4.1	1.06	71.4	157.6	148.8	9.00
304	863.7	34.41	31.7	0.8	3.2	4.1	1.21	139.9	175.8	193.0	8.33
304	828.3	34.41	30.9	0.6	2.9	4.3	1.17	101.1	158.9	160.7	10.64
304	811.0	34.41	29.7	0.7	3.3	4.1	1.25	144.2	185.5	188.1	9.83
304	792.1	34.41	28.3	0.5	3.0	3.8	1.33	176.2	185.7	200.3	10.64
304	178.6	34.41	5.2	1.1	2.8	5.1	2.31	1.1		111.1	740.04
304	131.4	34.41	2.6	0.5	2.1	4.9	4.91	78.4	12.8	37.4	674.99
304	84.0	34.41	1.6	0.7	1.2	4.8	2.92		31.9	130.0	725.57
304	45.9	34.41	1.6	0.5	1.3	7.0	2.91	22.9		40.7	445.19
311	824.3	2.63	196.0	0.4	1.9	1.6	1.12	13.4	130.5	128.1	1.09
311	780.0	2.63	185.3	0.1		1.5	0		164.2	164.2	5.46
311	740.0	2.63	179.1	0.1		2.1	0		100.2	100.2	16.65
311	703.0	2.63	169.0	0.1	1.5	0.6	3.11		1 364.3	1 309.4	4.76

311	650.8	2.63	162.2	0.4	1.9	1.6	1.18	21.0	136.6	132.1	6.49
311	591.5	2.63	155.7	0.2	3.9	0.8	2.63	321.6	240.5	417.5	13.77
311	560.3	2.63	153.0	0.2	0.9	1.7	0.96		142.4	132.8	6.63
311	529.5	2.63	150.1	0.2	1.5	1.0	1.67		408.1	357.6	3.91
311	495.8	2.63	147.4	0.1		1.3	0		213.2	213.2	3.61
311	453.2	2.63	141.0	0.0			0.8	0	751.9	751.9	5.03
311	417.9	2.63	134.6	0.1	1.2	1.1	1.38		387.1	355.0	3.88
311	390.0	2.63	130.6	0.3	3.1	1.2	1.93	69.6	205.5	253.3	8.16
311	348.1	2.63	126.1	0.4	2.0	1.2	1.42	7.7	256.4	214.4	4.62
311	313.1	2.63	121.2	0.3	3.2	0.8	2.36		536.9	474.5	4.48
311	284.3	2.63	117.9	0.5	2.7	1.2	1.37	118.6	78.7	173.6	4.47
311	244.7	2.63	113.9	0.0	0.7	0.8	1.48		328.5	314.3	5.13
311	215.3	2.63	109.9	0.3	1.9	1.0	1.43	304.0		267.2	4.43
311	175.8	2.63	106.7	0.1			1.3	0	309.7	309.7	4.03
311	152.3	2.63	103.8	0.3	1.9	1.3	1.48		301.2	261.3	4.99
311	126.1	2.63	100.0	0.4	3.2	0.9	2.02		477.5	448.7	4.04
311	93.4	2.63	96.5	0.5	2.7	1.1	1.43	182.7	14.5	223.0	4.84
321	603.8	1.36	154.8	0.2	1.3	1.2	1.06	92.8	40.2	74.3	
321	574.7	1.36	151.8	0.1		0.6	0	384.5		384.5	5.99
321	542.6	1.36	145.9	0.1	1.4	0.9	1.45	77.8	100.0	92.5	11.09
321	513.3	1.36	139.9	0.2	3.6	0.4	2.78		250.0	492.7	3.78
321	469.1	1.36	133.9	0.3	2.3	0.7	1.39	78.5	67.9	142.6	3.91
321	420.6	1.36	127.2	0.1	3.0	0.6	2.66	212.2	202.1	291.6	8.53
321	370.1	1.36	121.7	0.3	1.8	0.8	1.17	26.8	85.8	93.2	4.77
321	341.9	1.36	118.0	0.2	3.3	0.4	2.84		449.0	486.8	2.78
321	299.3	1.36	112.8	0.3	1.7	0.8	1.28	6.3	101.7	105.4	4.25
321	265.5	1.36	108.9	0.2	3.0	0.5	2.29	208.3	48.4	314.3	3.90
321	230.6	1.36	105.9	0.3	1.9	0.8	1.11	32.9	75.0	102.3	4.26
321	193.4	1.36	102.7	0.1	2.1	0.6	2.07	332.4		301.6	4.21
321	159.3	1.36	98.3	0.3	1.9	0.8	1.38	141.6		149.3	5.77
321	129.1	1.36	93.9	0.3	3.4	0.4	2.49	281.6		424.7	3.06
321	92.2	1.36	89.6	0.3	1.9	0.7	1.3	22.0	12.4	124.3	4.85
321	62.8	1.36	84.0	0.2	4.8	0.3	4.22	954.3		1 040.5	4.41
331	549.1	4.87	128.3	0.4	2.1	3.1	1.11	99.1	115.1	115.2	
331	528.5	4.87	122.2	0.3	9.0	0.7	6.26	1 077.6	1 882.8	2 418.8	4.58
331	506.7	4.87	116.8	0.4	3.6	1.7	1.99	180.5	360.9	335.5	6.97
331	485.9	4.87	112.2	0.3	4.5	1.4	2.99	266.7	691.4	616.6	8.35
331	466.9	4.87	106.7	0.4	4.8	1.2	2.48	343.4	347.7	537.7	4.53
331	432.9	4.87	96.1	0.3	3.2	0.8	2	98.1	273.0	298.6	4.44
331	406.3	4.87	91.1	0.3	3.9	0.7	2.58	273.6	292.1	424.0	5.73
331	220.4	4.87	62.2	0.6	1.9	2.4	1.07	14.1	200.8	169.0	5.59
331	192.7	4.87	58.0	0.4	6.0	0.9	3.61		1 302.0	1 335.6	3.71
331	166.9	4.87	56.0	0.5	1.5	2.2	1.01		231.0	204.0	5.99
331	139.5	4.87	55.5	0.1		1.7	0		392.3	392.3	4.05
331	103.4	4.87	51.1	0.1		1.6	0		405.7	405.7	2.79

331	63.7	4.87	47.0	0.7	3.2	1.7	1.49	274.3	25.4	294.8	5.15
Media geom.		17.78	128.2	0.6	3.7	4.2	1.75	279.2	429.9	468.0	30.67

3.4.

*Tabla de resultados hidráulicos para el periodo de retorno de 500 años.
Arroyo Pollo Zamora. Simulación 2003_met.*

Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Froude # Chl	Shear LOB	Shear ROB	Shear Total	Top Width
		m3/s	m	m	m/s	m2	-	N/m2	N/m2	N/m2	m
401	1 938.5	14.99	175.7	0.6	2.2	7.0	0.91	74.4	104.0	99.3	1.62
401	1 920.9	14.99	168.3	0.0	1.2	1.4	3.88	3 341.8		3 272.5	7.48
401	1 902.3	14.99	162.5	0.1		2.9	0	630.1		630.1	11.86
401	1 871.2	14.99	160.9	0.4	1.5	7.5	0.88	39.2	106.6	85.0	24.22
401	1 836.5	14.99	154.2	0.1		1.6	0		2 174.3	2 174.3	23.30
401	1 813.3	14.99	143.4	0.5	6.7	2.5	3.31	878.1	682.3	955.7	11.93
401	1 790.7	14.99	139.2	0.1		2.7	0		656.1	656.1	7.35
401	1 758.7	14.99	133.8	0.5	4.5	3.6	2.07	290.5	432.8	434.2	9.78
401	1 731.1	14.99	130.0	0.5	4.7	3.5	2.1	397.8	417.1	462.3	10.19
401	1 696.0	14.99	126.1	0.6	3.6	3.6	1.69	416.0	137.4	361.7	8.42
401	1 660.5	14.99	121.1	0.5	5.6	2.9	2.51	442.0	636.4	646.6	8.72
401	1 618.8	14.99	115.8	0.5	4.0	4.1	1.84	314.8	299.9	336.4	12.54
401	1 572.8	14.99	109.8	0.6	5.0	3.2	2.09	504.2	358.1	521.2	7.74
401	1 541.0	14.99	106.6	0.6	3.6	3.7	1.69	168.1	416.6	347.4	9.33
401	1 518.5	14.99	104.0	0.5	4.5	3.4	2.16	370.0	469.6	484.2	10.00
401	1 486.4	14.99	101.4	0.3	1.9	5.5	1.27	20.5	189.1	181.8	19.34
401	1 448.0	14.99	97.6	0.6	3.9	3.7	1.79	183.8	392.4	377.8	10.59
401	1 405.0	14.99	94.1	0.5	3.1	4.5	1.5	146.3	290.8	249.3	15.10
401	1 372.9	14.99	92.7	0.6	2.5	6.0	1.05	100.7	138.8	138.0	13.80
401	1 350.6	14.99	92.8	0.1	0.4	6.6	0.53	102.6		91.8	13.47
401	1 320.0	14.99	92.2	0.4	1.5	8.0	0.77	28.8	82.9	75.8	20.68
401	1 120.3	14.99	75.4	1.2	2.7	5.6	0.87	57.6	139.0	137.4	6.98
401	1 099.8	14.99	70.3	0.5	5.3	1.7	3.24	1 995.8		1 741.9	4.37
401	1 078.5	14.99	68.3	0.7	4.1	3.2	1.86	120.4	524.6	486.4	7.68
401	1 050.7	14.99	66.5	1.0	2.7	4.2	0.9	101.7	80.8	120.1	6.65
401	1 017.8	14.99	64.2	0.8	4.7	2.8	1.71	278.3	224.9	373.0	6.04
401	979.2	14.99	61.9	0.7	3.4	3.0	1.32	157.5	182.2	216.6	6.36
401	937.3	14.99	59.0	0.7	4.5	2.4	1.95	564.4	120.7	537.8	4.96
401	907.6	14.99	55.0	0.9	3.8	2.5	1.38	181.1	135.6	267.9	5.09
401	866.0	14.99	51.0	0.7	8.4	2.0	3.37	858.0	630.8	1 451.6	4.33
402	811.0	33.36	48.4	1.2	1.7	12.8	0.5	31.9	45.7	45.4	13.86
402	768.6	33.36	45.9	0.9	6.4	5.0	2.26	623.6	415.1	584.6	10.99
402	740.0	33.36	44.7	0.9	3.7	7.4	1.31	211.7	237.9	250.0	12.58
402	708.4	33.36	43.5	1.2	3.5	8.2	1.05	143.0	184.8	193.4	12.20
402	669.0	33.36	41.5	1.1	4.3	6.4	1.38	196.2	355.7	338.3	8.49
402	645.8	33.36	40.4	0.9	4.4	6.3	1.57	400.6	226.4	357.7	11.29
402	625.8	33.36	38.9	0.8	4.8	5.9	1.74	312.3	427.4	435.7	9.93
402	594.9	33.36	36.3	1.2	5.3	5.8	1.6	299.9	404.9	444.9	7.18
402	567.0	33.36	34.4	1.3	4.6	5.8	1.43	146.7	423.3	414.8	6.72
402	546.8	33.36	33.7	1.6	5.1	7.5	1.31	277.9	247.6	334.5	7.07

402	519.3	33.36	23.0	0.4	8.6	2.6	4.63	1 077.6	2 746.1	2 374.9	9.90
402	480.6	33.36	18.0	0.8	5.0	4.8	2	234.0	695.0	613.9	9.23
402	451.7	33.36	16.8	0.6	2.2	5.2	0.91	84.7	87.3	95.0	13.54
402	415.6	33.36	14.9	0.5	2.6	4.5	1.19	110.6	122.2	128.5	20.94
402	358.6	33.36	12.9	0.4	2.1	4.8	1.17	102.6	81.7	106.3	23.64
402	337.0	33.36	12.0	0.5	2.2	5.1	0.96	87.6	85.9	96.3	31.91
402	317.6	33.36	11.9	0.4	1.8	5.5	0.88	76.4	66.3	78.3	26.64
402	237.9	33.36	7.4	0.4	0.0	269.7	0.02	0.0	0.0	0.0	247.66
402	204.3	33.36	5.6	0.4	0.8	27.7	0.47		1.2	1.2	410.60
402	168.1	33.36	4.2	0.4	0.1	108.1	0.06	0.0	0.1	0.1	392.43
402	136.9	33.36	3.3	0.5	0.3	78.4	0.14	0.0	0.2	0.2	423.88
402	95.3	33.36	3.2	0.5		17.8	0	15.1		15.1	543.52
402	61.0	33.36	3.0	0.4		20.1	0	179.5		179.5	548.38
411	668.1	8.57	118.9	0.2	9.7	1.2	7.11	1 078.4	2 605.7	1 972.1	12.74
411	623.2	8.57	113.9	0.5	2.7	3.9	1.27	107.4	114.2	125.5	14.80
411	581.6	8.57	108.1	0.3	6.1	1.9	3.7	952.7	770.1	976.2	10.45
411	561.1	8.57	105.5	0.4	2.9	4.1	1.47	152.2	201.6	201.2	15.61
411	539.7	8.57	104.1	0.6	2.9	4.2	1.2	136.0	140.4	159.5	10.62
411	509.3	8.57	101.3	0.4	4.9	2.6	2.67	435.2	482.2	525.1	11.70
411	479.9	8.57	98.0	0.5	3.1	3.8	1.48	181.9	213.5	222.7	11.67
411	449.9	8.57	95.5	0.5	3.0	3.2	1.58	355.2	86.9	284.1	10.42
411	276.2	8.57	79.5	0.9	0.8	4.7	0.25	8.5	6.7	9.5	7.58
411	257.6	8.57	78.5	0.0		1.4	0		56.8	56.8	7.16
411	233.7	8.57	76.5	0.1		1.0	0		107.1	107.1	7.88
411	139.8	8.57	61.0	0.8	0.8	3.0	0.35	19.7	1.8	19.4	5.86
411	128.1	8.57	59.3	0.7	3.1	1.8	1.25	101.6	115.3	186.8	4.92
411	111.7	8.57	56.5	0.5	3.2	1.4	1.56	115.7	194.1	235.6	4.97
411	90.4	8.57	54.9	0.4	5.7	1.4	3.05	290.5	833.0	903.5	5.35
411	75.8	8.57	53.9	0.6	3.5	2.6	1.47	145.0	230.6	254.6	6.49
411	35.6	8.57	50.3	0.4	2.6	2.0	1.36	115.7	147.5	159.0	7.79
Media geom.	19.47	73.6	0.6	3.6	11.2	1.50	331.9	362.3	448.6	46.69	

Anexo 10

Cartografía.

Índice.

- *Análisis hidrológico-hidráulico con HEC-RAS (simulaciones de 2003 y 1956)*
 1. Área inundable del Río de la Cala para un periodo de retorno de 500 años. *Simulación 2003 (e. 1/10.000, 3 A3)*
 2. Área inundable del Arroyo de los Jaboneros para un periodo de retorno de 25 años. *Simulación 2003 (e. 1/10.000, 2 A3)*
 3. Área inundable del Arroyo de los Jaboneros para un periodo de retorno de 500 años. *Simulación 2003 (e. 1/10.000, 2 A3)*
 4. Área inundable de los arroyos Piletas y Pollo Zamora para un periodo de retorno de 500 años. *Simulación 2003 (e. 1/10.000, A3)*
 5. Área inundable del Río de la Cala para un periodo de retorno de 500 años. *Simulación 1956 (e. 1/10.000, 3 A3)*
 6. Área inundable del Arroyo de los Jaboneros para un periodo de retorno de 500 años. *Simulación 1956 (e. 1/10.000, 2 A3)*
 7. Área inundable de los arroyos Piletas y Pollo Zamora para un periodo de retorno de 500 años. *Simulación 1956 (e. 1/10.000, A3)*

- *Análisis de inundabilidad unievento*
 8. Área inundable de los arroyos Piletas y Pollo Zamora durante el evento tormentoso de marzo de 2004 (e. 1/10.000, A3)
 9. Área inundable del Arroyo de los Jaboneros durante el evento tormentoso de noviembre de 2006 (e. 1/10.000, A3)

- *Factores de susceptibilidad a los movimientos gravitatorios de laderas*
 10. Factores de susceptibilidad a los movimientos gravitatorios de laderas en la cuenca del Río de la Cala (e. 1/10.000, 3 A3)
 11. Factores de susceptibilidad a los movimientos gravitatorios de laderas en la cuenca del Arroyo de los Jaboneros (e. 1/10.000, 2 A3)
 12. Factores de susceptibilidad a los movimientos gravitatorios de laderas en las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora (e. 1/10.000, A3)

- *Propuesta metodológica: área inundable modificada, proporción de carga sólida en el flujo y áreas emisoras de peligrosidad*
 13. Río de la Cala: área inundable modificada y proporción de carga sólida (mapas 1a y 1b) (e. 1/10.000, 3 A3)
 14. Río de la Cala: áreas emisoras de peligrosidad (mapa 2) (e. 1/10.000, 3 A3)
 15. Arroyo de los Jaboneros: área inundable modificada y proporción de carga sólida (mapas 1a y 1b) (e. 1/10.000, 2 A3)

16. Arroyo de los Jaboneros: áreas emisoras de peligrosidad (*mapa 2*) (e. 1/10.000, 2 A3)
17. Arroyos Piletas y Pollo Zamora: área inundable modificada y proporción de carga sólida (*mapas 1a y 1b*) (e. 1/10.000, A3)
18. Arroyos Piletas y Pollo Zamora: áreas emisoras de peligrosidad (*mapa 2*) (e. 1/10.000, A3)

1. *Área inundable del Río de la Cala para un periodo de retorno de 500 años. Simulación 2003 (e. 1/10.000, 3 A3)*

307 000

308 000

309 000

4 036 000

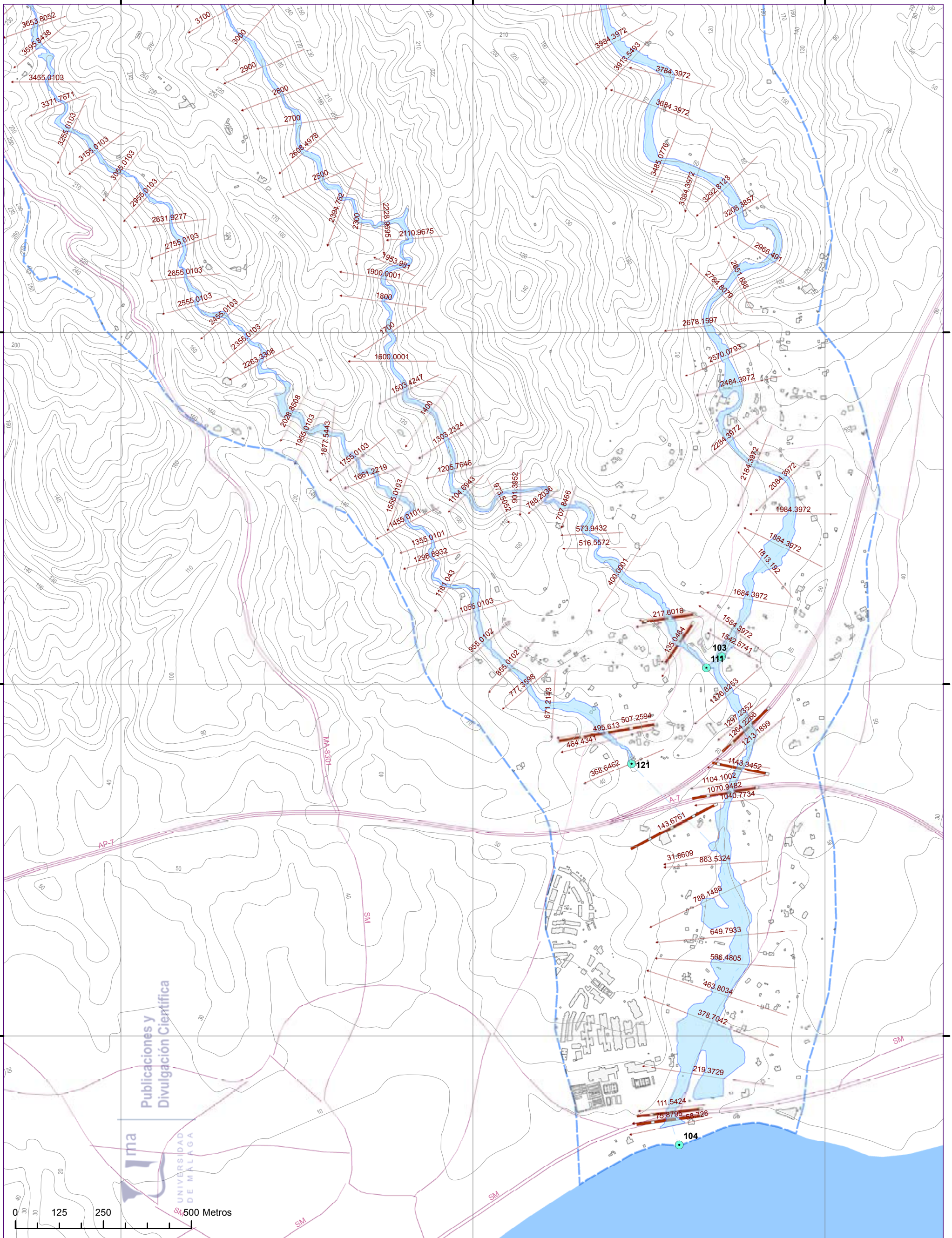
4 036 000

4 035 000

4 035 000

4 034 000

4 034 000



Publicaciones y
Divulgación Científica



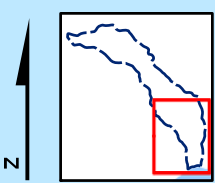
UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

0 30 125 250
500 Metros

Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en
ámbitos mediterráneos y propuestas de cartografía de peligrosidad adaptada

plano
1.a

- Área inundable
- Puentes y entubaciones
- Secciones de control
- Edificaciones (blocked obstructions)
- Puntos de caudal
- Límite cuenca fluvial
- Red viaria



Título de plano:

Área inundable para un periodo de retorno de 500 años. Cuenca del río de la Cala. Simulación 2003



e. 1/10.000

UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

307 000

308 000

4 039 000

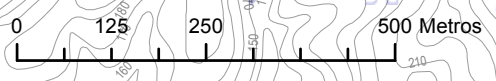
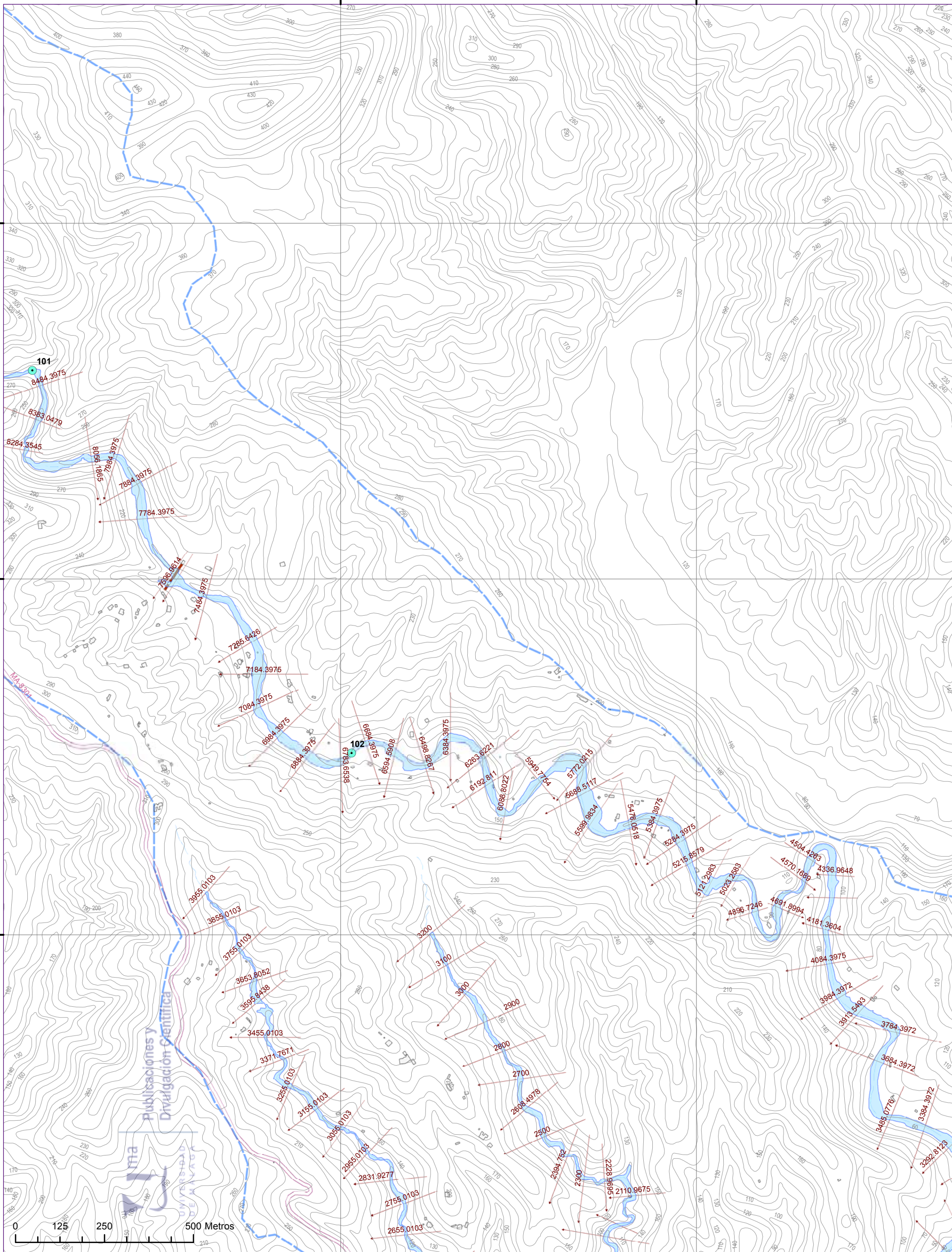
4 039 000

4 038 000

4 038 000

4 037 000

4 037 000



Área inundable	Puntos de caudal
Puentes y entubaciones	Límite cuenca fluvial
Secciones de control	Red viaria
Edificaciones (blocked obstructions)	

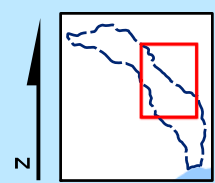
Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuestas de cartografía de peligrosidad adaptada

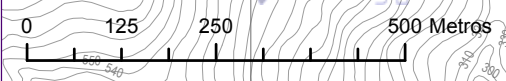
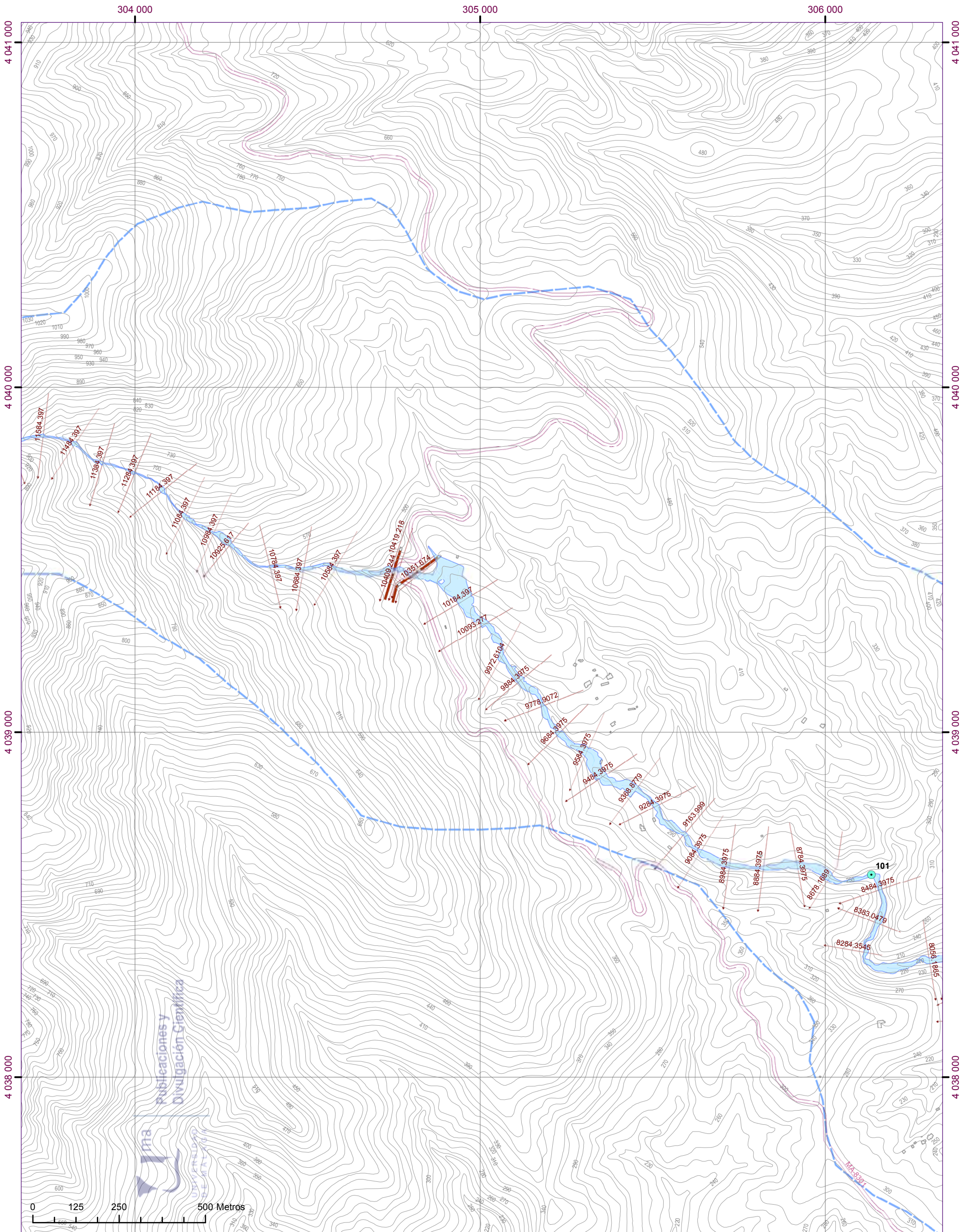
plano
1.b

Título de plano:

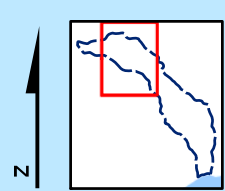
Área inundable para un periodo de retorno de 500 años. Cuenca del río de la Cala. Simulación 2003

e. 1/10.000





- Área inundable
- Puentes y entubaciones
- Secciones de control
- Edificaciones (blocked obstructions)
- Puntos de caudal
- Límite cuenca fluvial
- Red viaria



Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuestas de cartografía de peligrosidad adaptada

Título de plano:

Área inundable para un periodo de retorno de 500 años. Cuenca del río de la Cala. Simulación 2003

e. 1/10.000

plano
1.C



2. *Área inundable del Arroyo de los Jaboneros para un periodo de retorno de 25 años. Simulación 2003 (e. 1/10.000, 2 A3)*

377 000

378 000

379 000

4 068 000

4 068 000

4 067 000

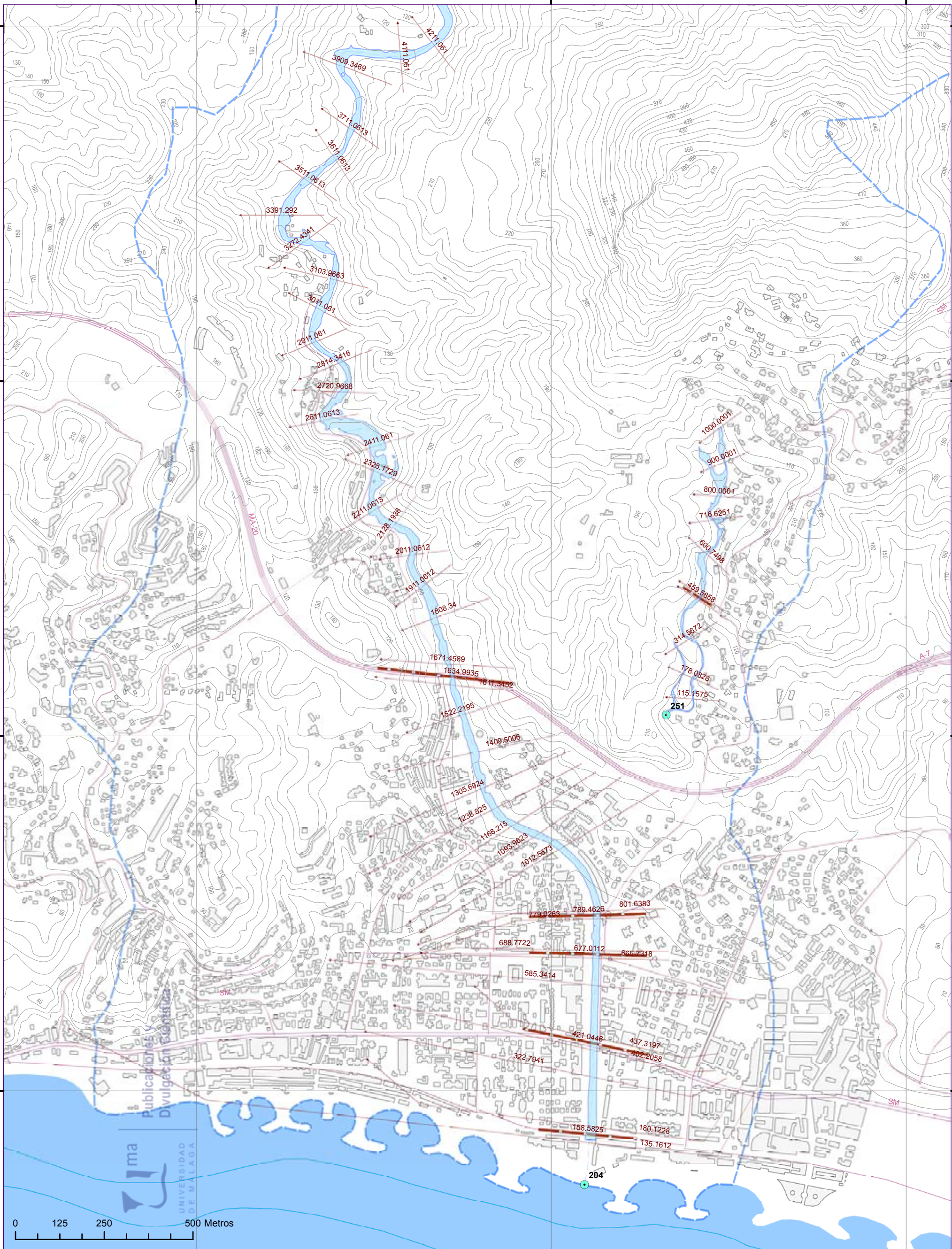
4 067 000

4 066 000

4 066 000

4 065 000

4 065 000

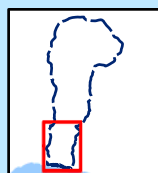


0 125 250 500 Metros

- Área inundable
- Puentes y entubaciones
- Secciones de control
- Edificaciones (blocked obstructions)

- Puntos de caudal
- Límite cuenca fluvial
- Red viaria

N



Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada

plano 2.a

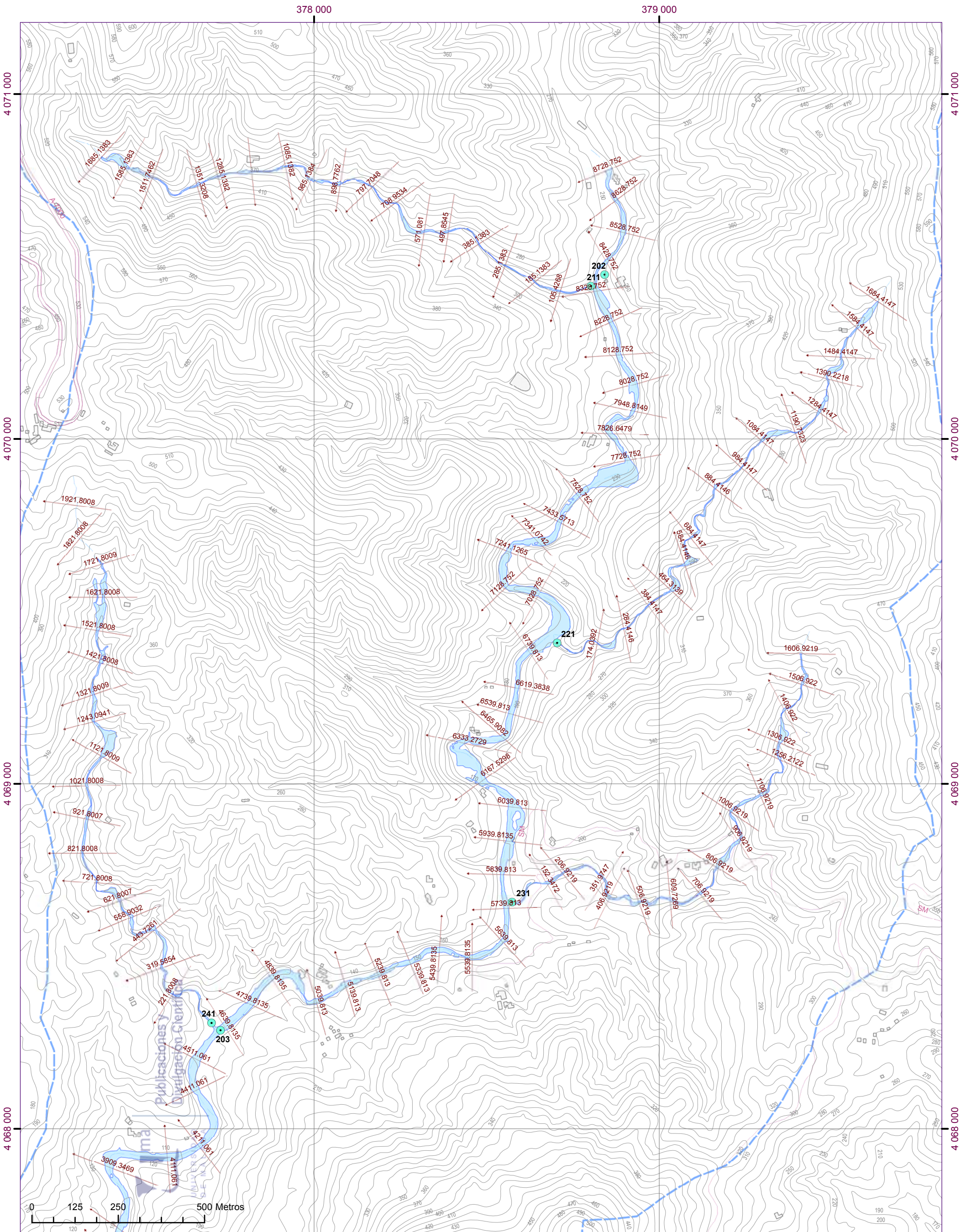
Título de plano:

Área inundable para un periodo de retorno de 25 años. Cuenca del arroyo de los Jaboneros. Simulación 2003

e. 1/10.000



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA




Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada

plano 2.b

Título de plano:

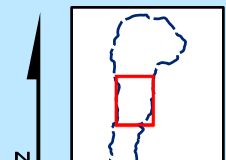
Área inundable para un periodo de retorno de 25 años. Cuenca del arroyo de los Jaboneros. Simulación 2003

e. 1/10.000



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

- Área inundable
- Puentes y entubaciones
- Secciones de control
- Edificaciones (blocked obstructions)
- Puntos de caudal
- Límite cuenca fluvial
- Red viaria



-
-
3. *Área inundable del Arroyo de los Jaboneros para un periodo de retorno de 500 años. Simulación 2003 (e. 1/10.000, 2 A3)*

377 000

378 000

379 000

4 068 000

4 068 000

4 067 000

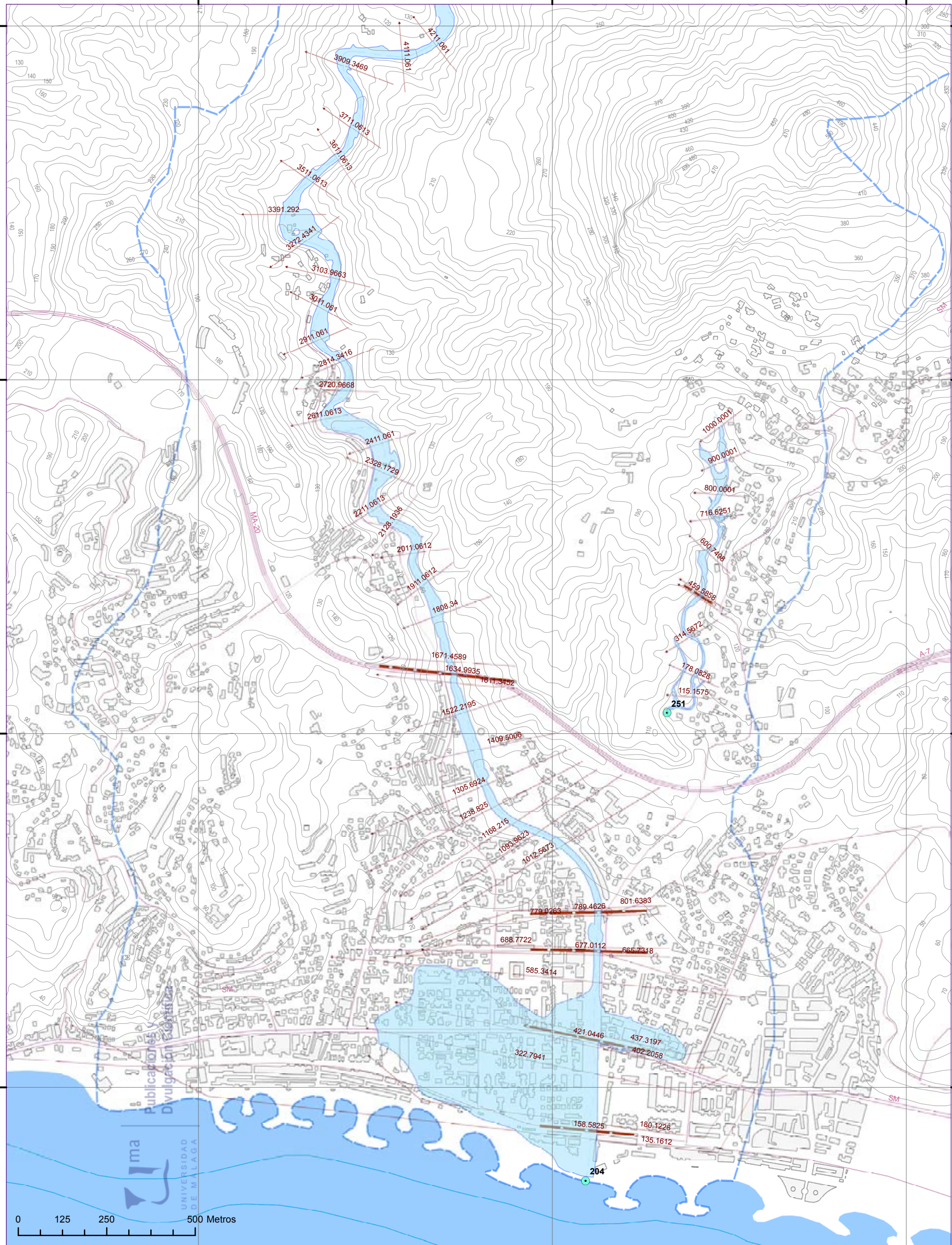
4 067 000

4 066 000

4 066 000

4 065 000

4 065 000

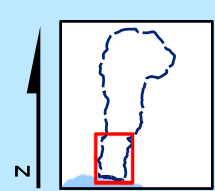


0 125 250 500 Metros

- Área inundable
- Puentes y entubaciones
- Secciones de control
- Edificaciones (blocked obstructions)
- Puntos de caudal
- Límite cuenca fluvial
- Red viaria

Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada

plano 3.a



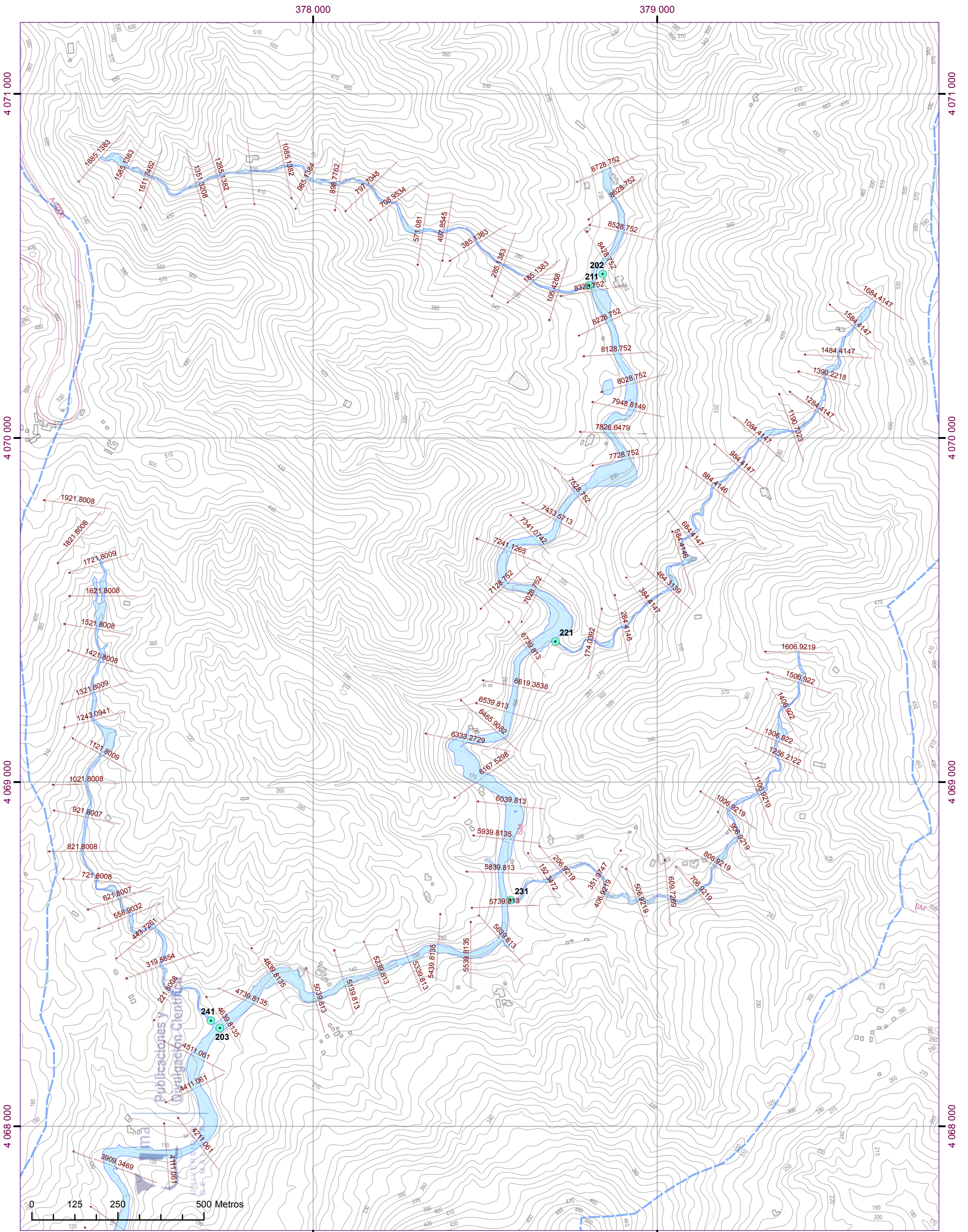
Título de plano:

Área inundable para un periodo de retorno de 500 años. Cuenca del arroyo de los Jaboneros. Simulación 2003



e. 1/10.000

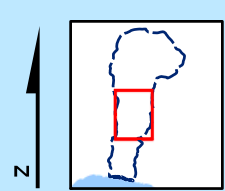
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA



Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada

plano
3.b

- Área inundable
- Puentes y entubaciones
- Secciones de control
- Edificaciones (blocked obstructions)
- Puntos de caudal
- Límite cuenca fluvial
- Red viaria

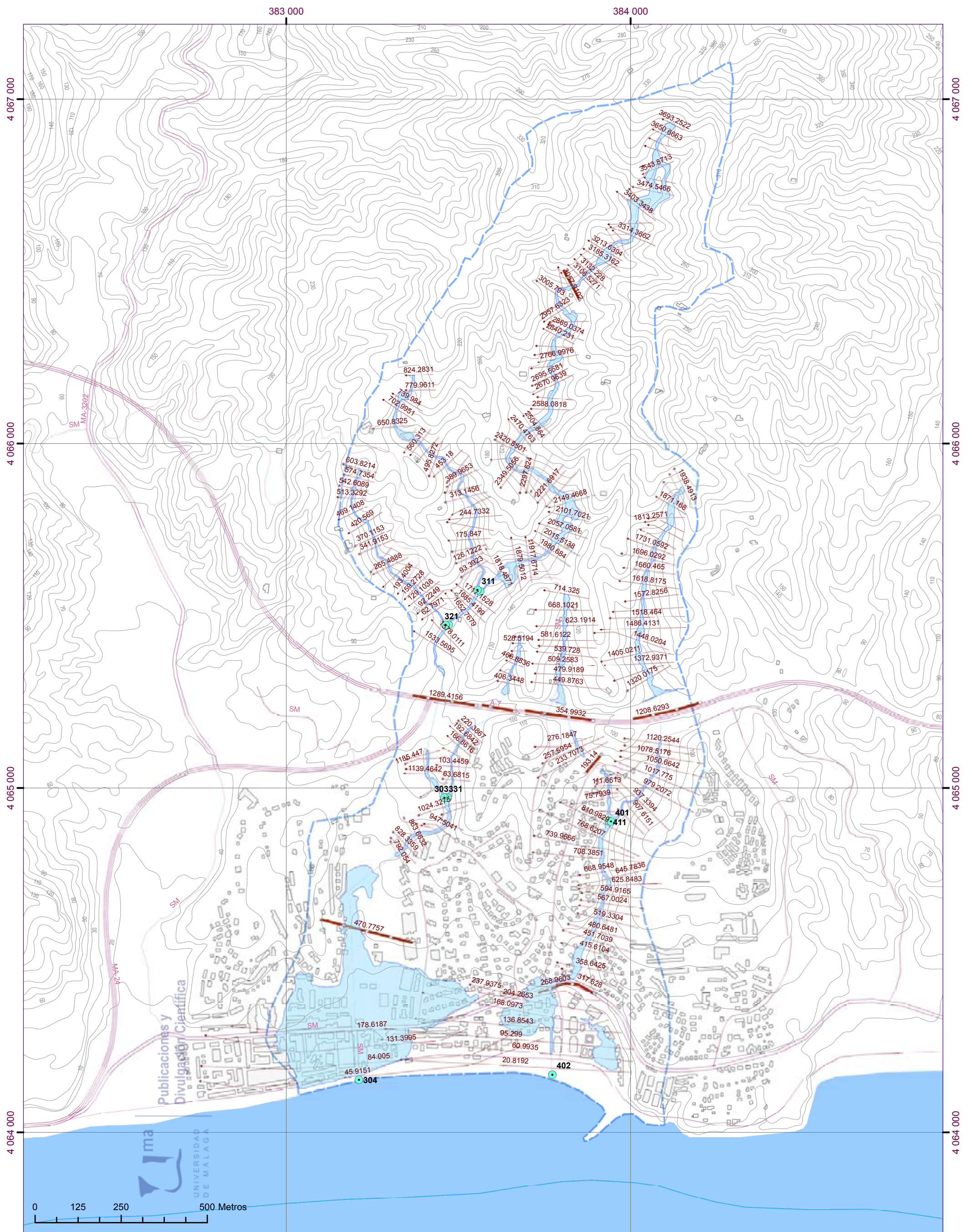


Título de plano:
Área inundable para un periodo de retorno de 500 años.
Cuenca del arroyo de los Jaboneros. Simulación 2003



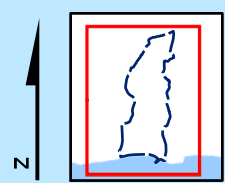
e. 1/10.000

4. *Área inundable de los arroyos Piletas y Pollo Zamora para un periodo de retorno de 500 años. Simulación 2003 (e. 1/10.000, A3)*



Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada

- Área inundable
- Puentes y entubaciones
- Secciones de control
- Edificaciones (blocked obstructions)
- Puntos de caudal
- Límite cuenca fluvial
- Red viaria



Título de plano:

Área inundable para un periodo de retorno de 500 años. Cuenca de los arroyos Piletas y Pollo Zamora. Simulación 2003



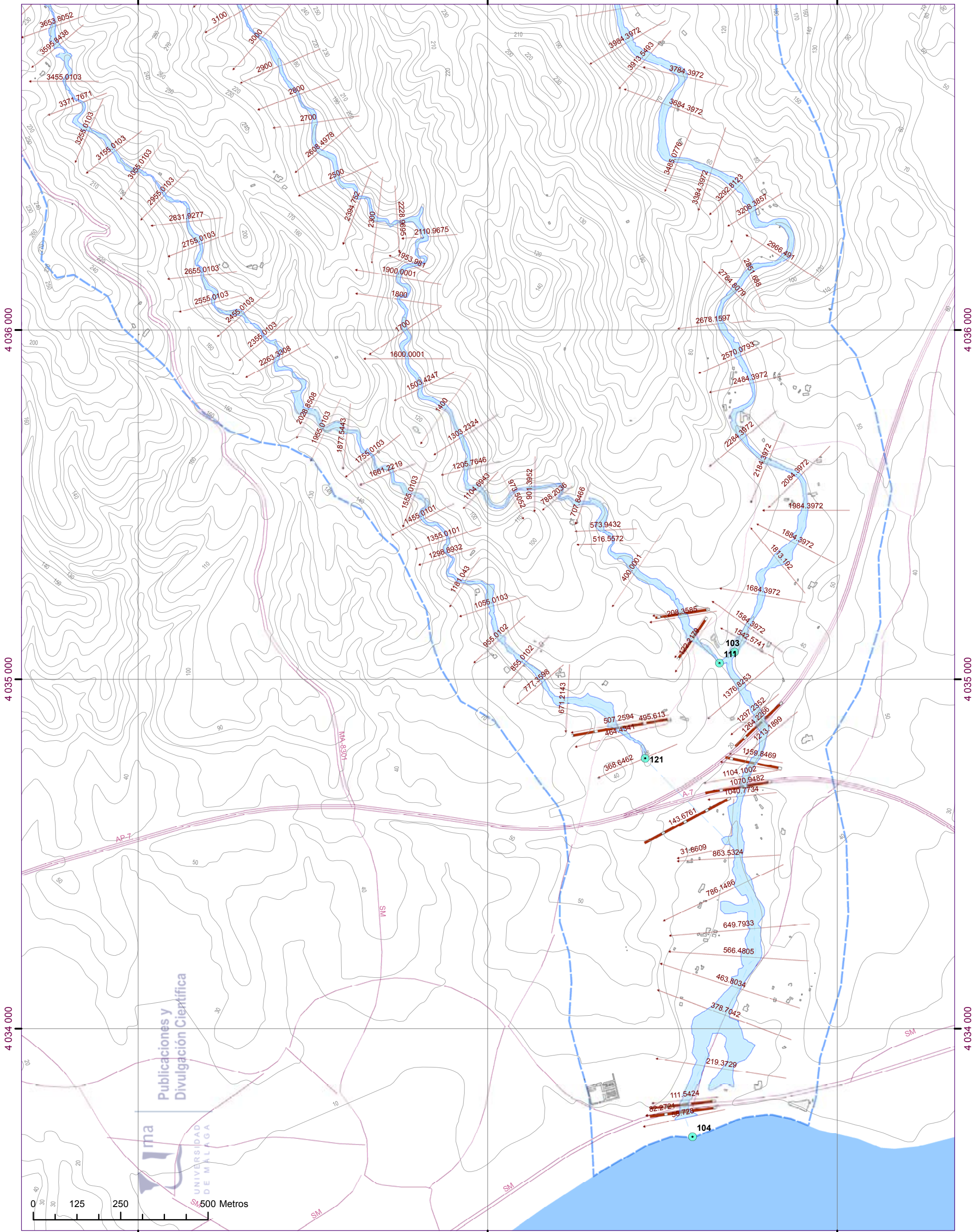
e. 1/10.000

5. *Área inundable del Río de la Cala para un periodo de retorno de 500 años. Simulación 1956 (e. 1/10.000, 3 A3)*

307 000

308 000

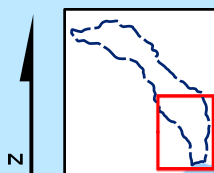
309 000



Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada

plano
5.a

- Área inundable
- Puentes y entubaciones
- Secciones de control
- Edificaciones (blocked obstructions)
- Puntos de caudal
- Límite cuenca fluvial
- Red viaria



Título de plano:

Área inundable para un periodo de retorno de 500 años. Cuenca del río de la Cala. Simulación 1956

e. 1/10.000



307 000

308 000

4 039 000

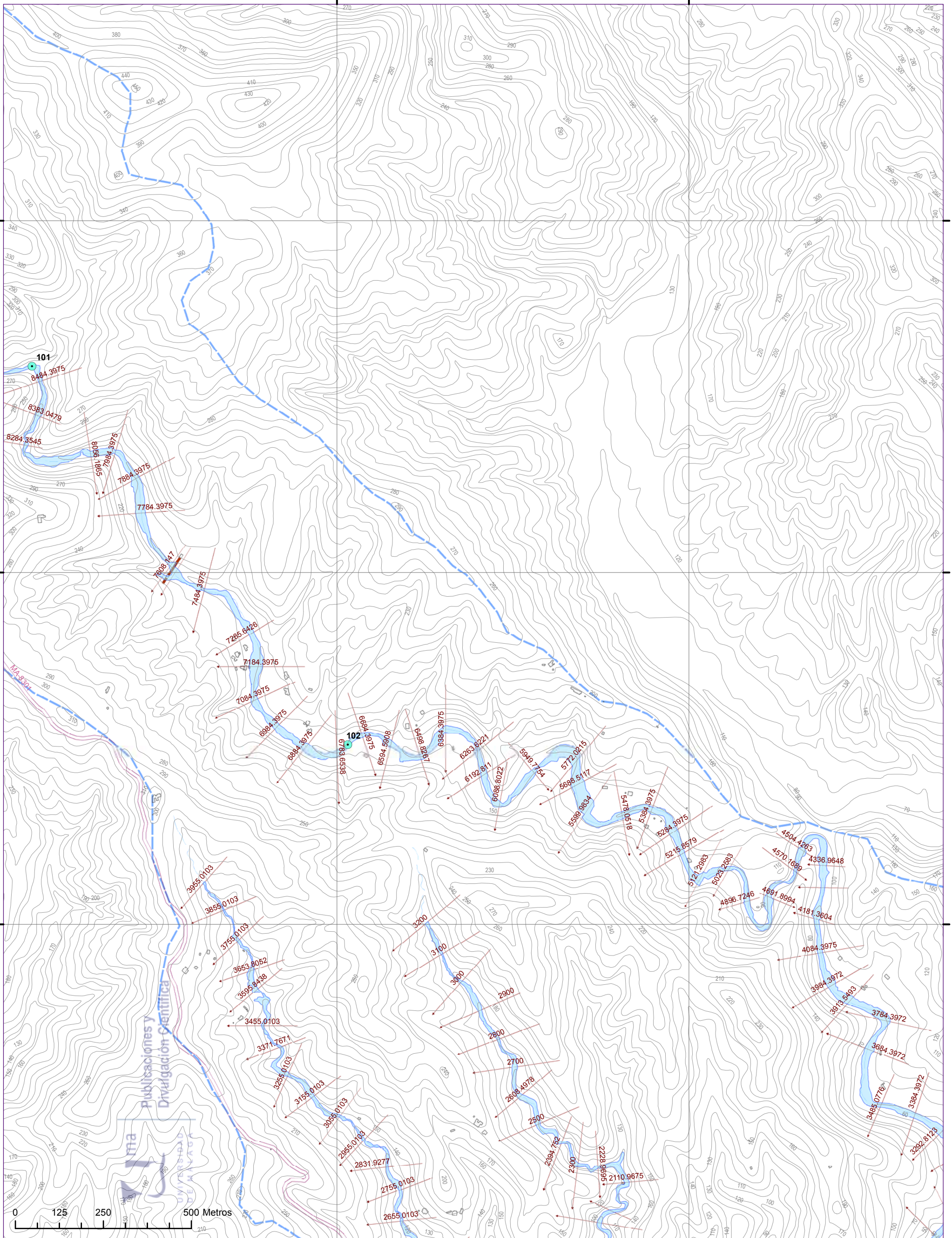
4 039 000

4 038 000

4 038 000

4 037 000

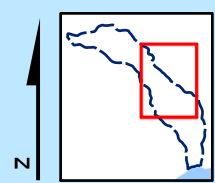
4 037 000



Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada

plano
5.b

- Área inundable
- Puentes y entubaciones
- Secciones de control
- Edificaciones (blocked obstructions)
- Puntos de caudal
- Límite cuenca fluvial
- Red viaria



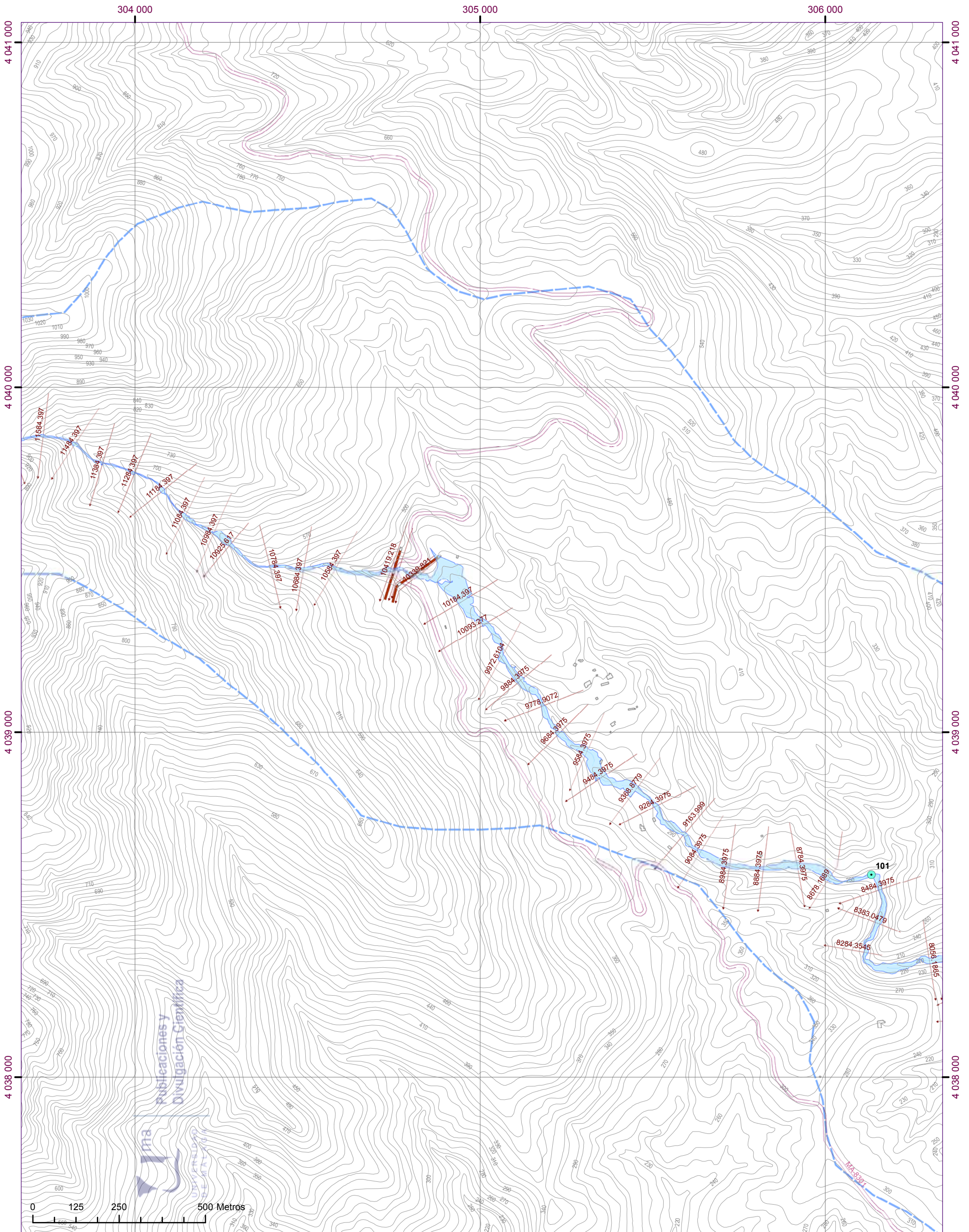
Título de plano:

Área inundable para un periodo de retorno de 500 años. Cuenca del río de la Cala. Simulación 1956



e. 1/10.000

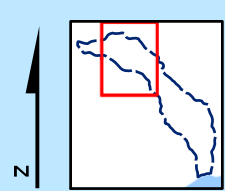
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA



ma
Publicaciones y
Divulgación Científica

0 125 250 500 Metros

- Área inundable
- Puentes y entubaciones
- Secciones de control
- Edificaciones (blocked obstructions)
- Puntos de caudal
- Límite cuenca fluvial
- Red viaria



Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada

plano
5.C

Título de plano:

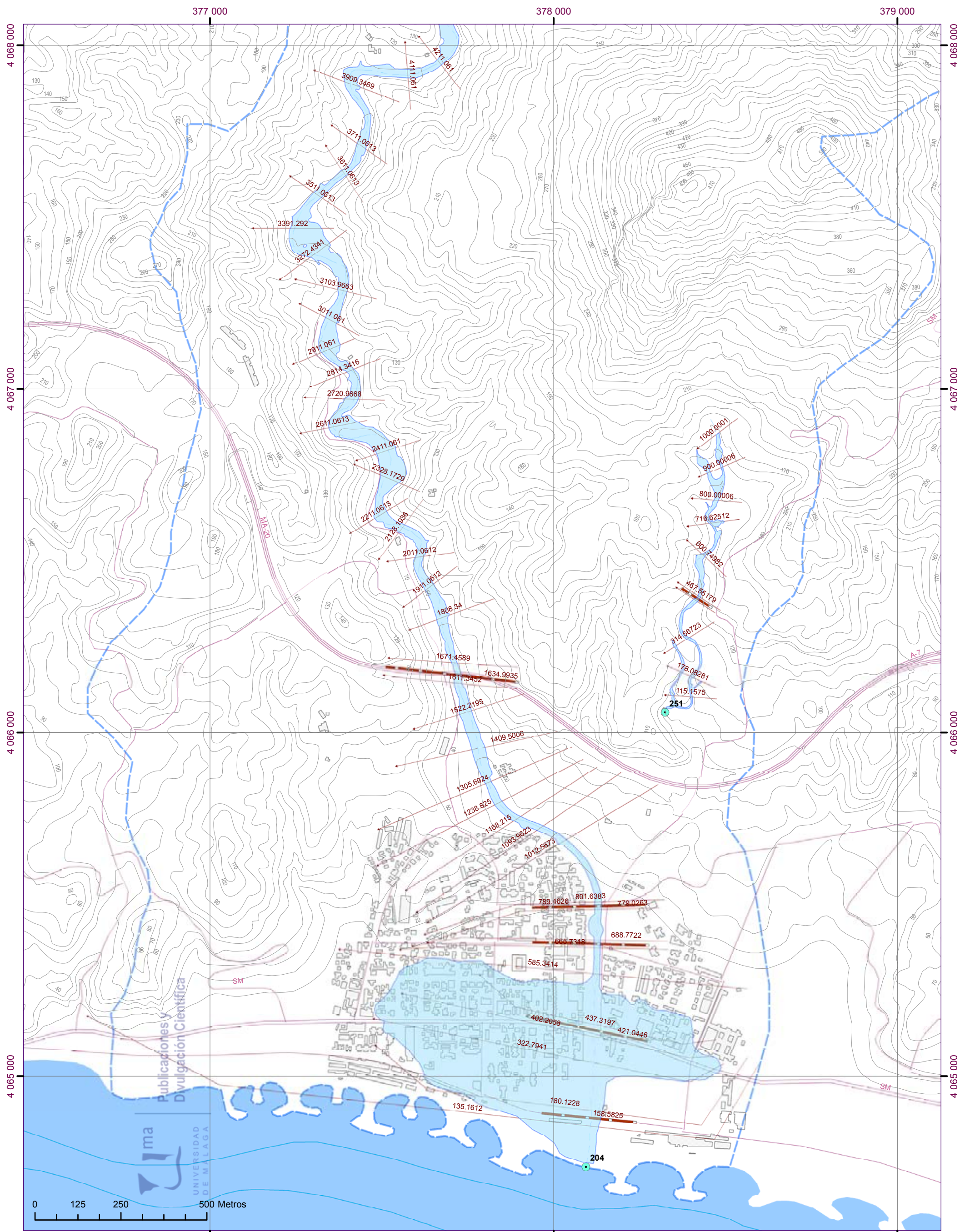
Área inundable para un periodo de retorno de 500 años. Cuenca del río de la Cala. Simulación 1956



e. 1/10.000








UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

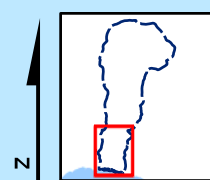
6. *Área inundable del Arroyo de los Jaboneros para un periodo de retorno de 500 años. Simulación 1956 (e. 1/10.000, 2 A3)*



Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada

plano 6.a

-  Área inundable
-  Puentes y entubaciones
-  Secciones de control
-  Edificaciones (blocked obstructions)
-  Puntos de caudal
-  Límite cuenca fluvial
-  Red viaria



Título de plano:
 Área inundable para un periodo de retorno de 500 años.
 Cuenca del arroyo de los Jaboneros. Simulación 1956



e. 1/10.000

378 000

379 000

4 071 000

4 071 000

4 070 000

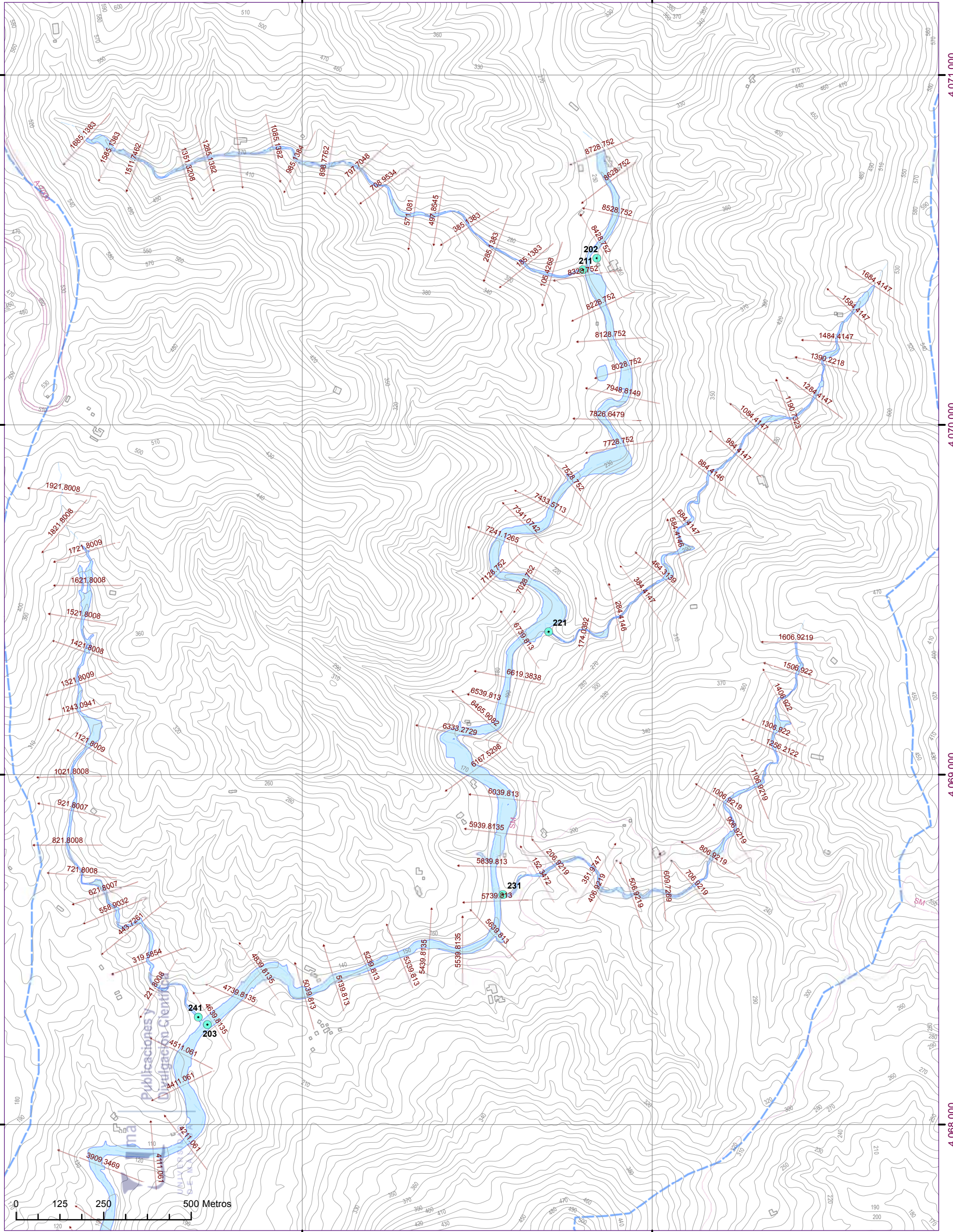
4 070 000

4 069 000

4 069 000

4 068 000

4 068 000

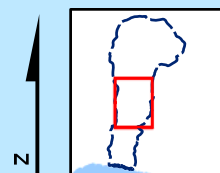


Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en
 ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada

plano
6.b

- Área inundable
- Puentes y entubaciones
- Secciones de control
- Edificaciones (blocked obstructions)

- Puntos de caudal
- Límite cuenca fluvial
- Red viaria



Título de plano:

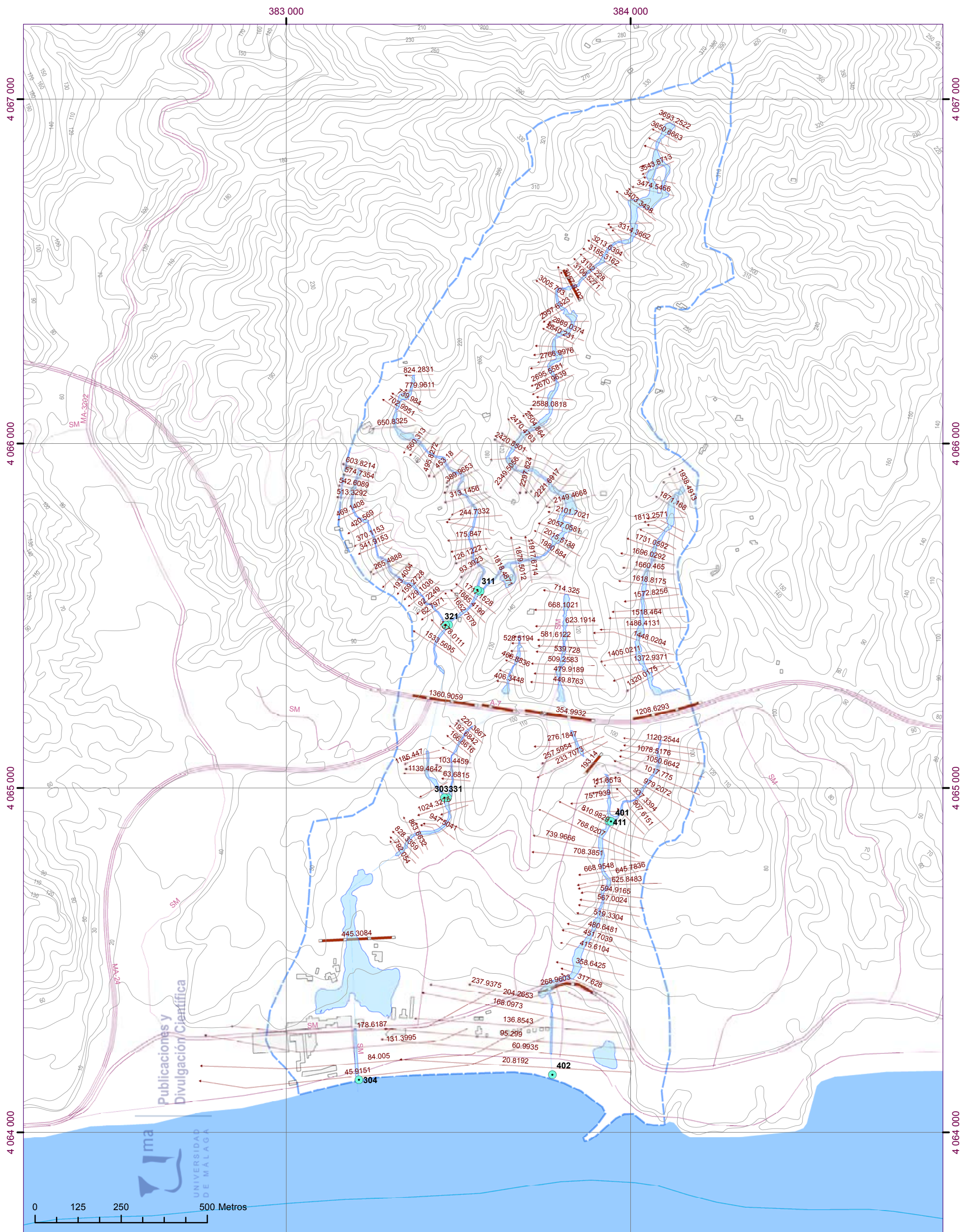
Área inundable para un periodo de retorno de 500 años.
 Cuenca del arroyo de los Jaboneros. Simulación 1956










e. 1/10.000

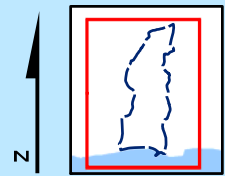
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

7. *Área inundable de los arroyos Piletas y Pollo Zamora para un periodo de retorno de 500 años. Simulación 1956 (e. 1/10.000, A3)*



Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada

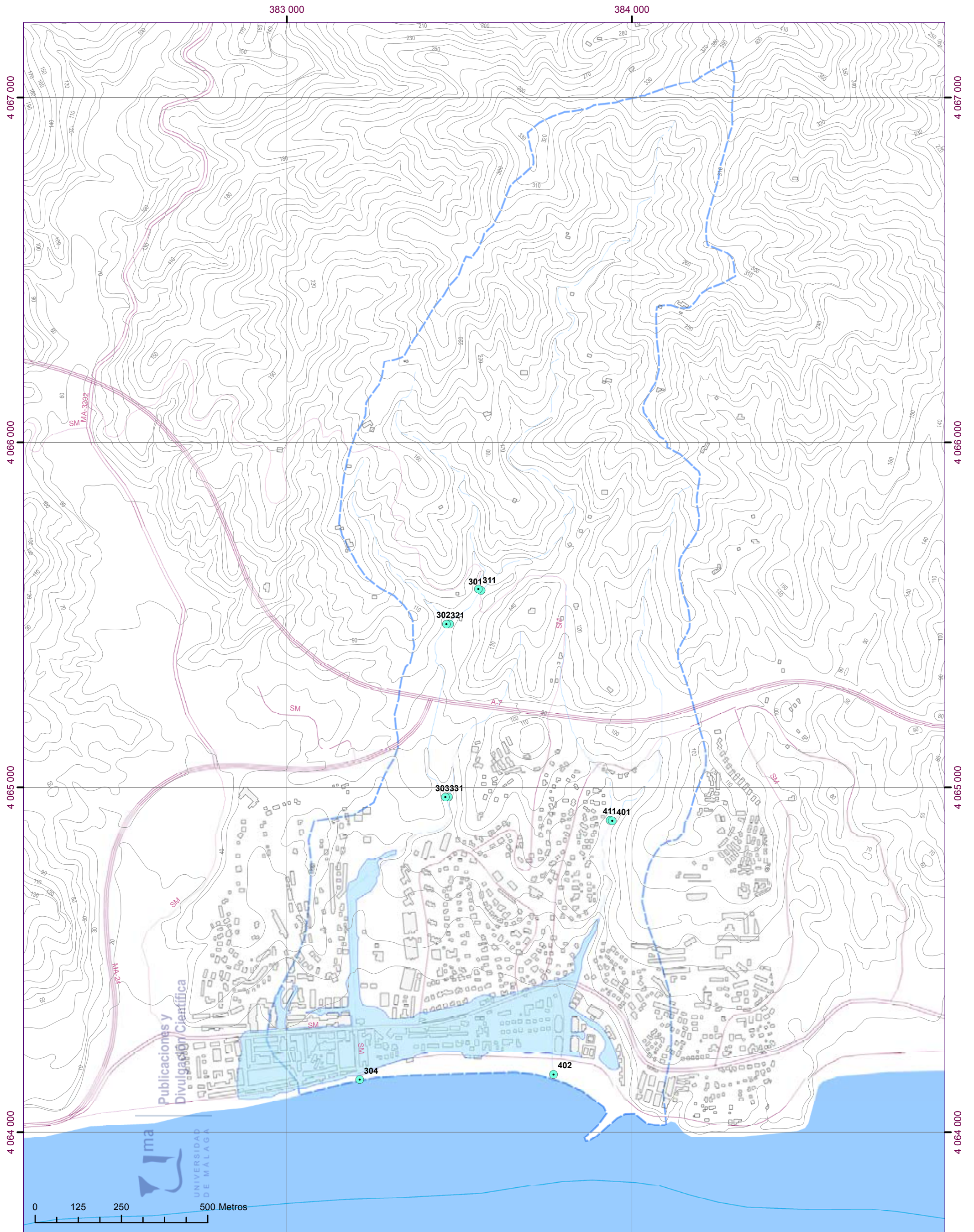
-  Área inundable
-  Puentes y entubaciones
-  Secciones de control
-  Edificaciones (blocked obstructions)
-  Puntos de caudal
-  Límite cuenca fluvial
-  Red viaria



Título de plano:
 Área inundable para un periodo de retorno de 500 años. Cuenca de los arroyos Piletas y Pollo Zamora. Simulación 1956








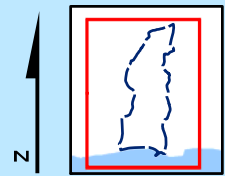
8. *Área inundable de los arroyos Piletas y Pollo Zamora durante el evento tormentoso de marzo de 2004 (e. 1/10.000, A3)*



Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada

plano
8

-  Área inundable
-  Puntos de caudal
-  Límite cuenca fluvial
-  Edificaciones
-  Red viaria



Título de plano:

Área inundable de los arroyos Piletas y Pollo Zamora durante el evento tormentoso de marzo de 2004

e. 1/10.000



9. *Área inundable del Arroyo de los Jaboneros durante el evento tormentoso de noviembre de 2006 (e. 1/10.000, A3)*

377 000

378 000

379 000

4 068 000

4 068 000

4 067 000

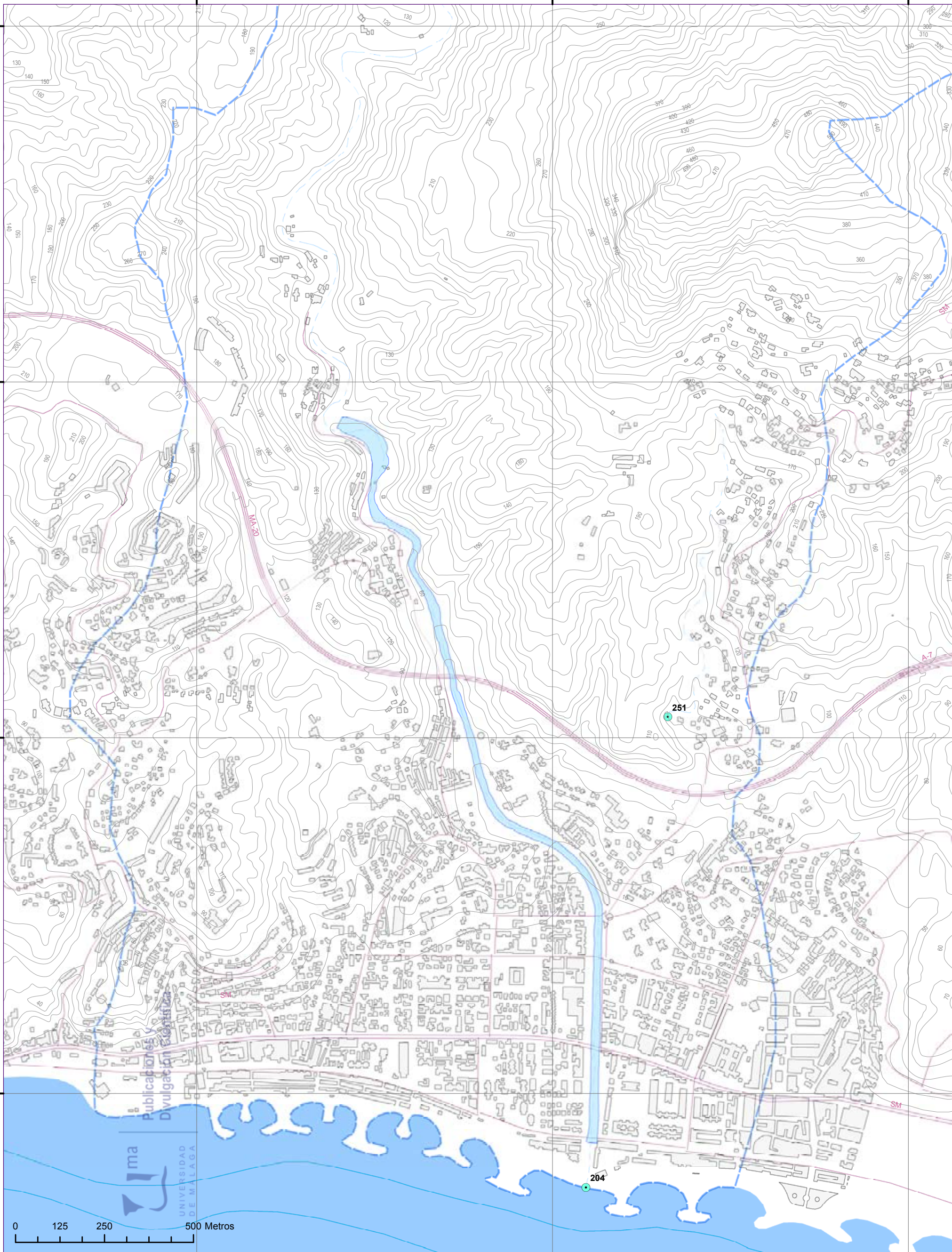
4 067 000

4 066 000

4 066 000

4 065 000

4 065 000

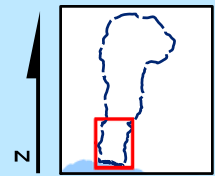


0 125 250 500 Metros



- Área inundable
- Edificaciones

- Puntos de caudal
- Límite cuenca fluvial
- Red viaria



Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada

plano
9

Título de plano:

Área inundable del arroyo de los Jaboneros durante el evento tormentoso de noviembre de 2006

e. 1/10.000



10. Factores de susceptibilidad a los movimientos gravitatorios de laderas
en la cuenca del Río de la Cala (e. 1/10.000, 3 A3)

307 000

308 000

309 000

4 036 000

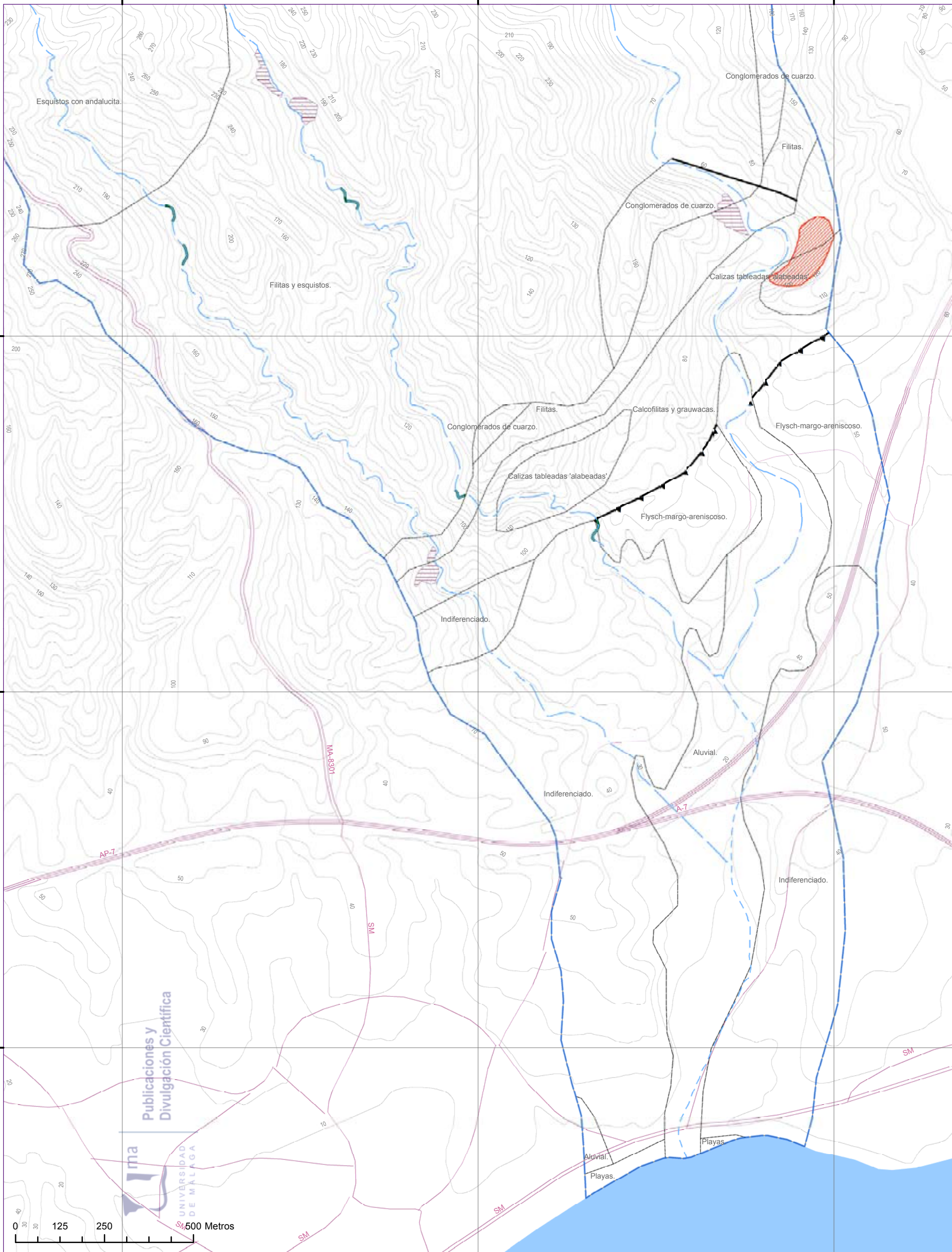
4 036 000

4 035 000

4 035 000

4 034 000

4 034 000



Litología

Contactos entre materiales

- Normal
- Discordante
- Mecánico
- Falla
- ▲ Cabalgamiento

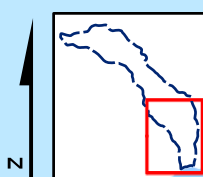
Depósitos susceptibles de ser movilizados

- Antrópicos
- Naturales
- Descalces antrópicos de taludes
- Descalces naturales de taludes

Procesos activos o recientes

Áreas de erosión acentuada

Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuestas de cartografía de peligrosidad adaptada



Título de plano:

Factores de susceptibilidad a los movimientos gravitatorios de laderas. Cuenca del río de la Cala

e. 1/10.000

plano 10.a



Publicaciones y Divulgación Científica

ma

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

307 000

308 000

4 039 000

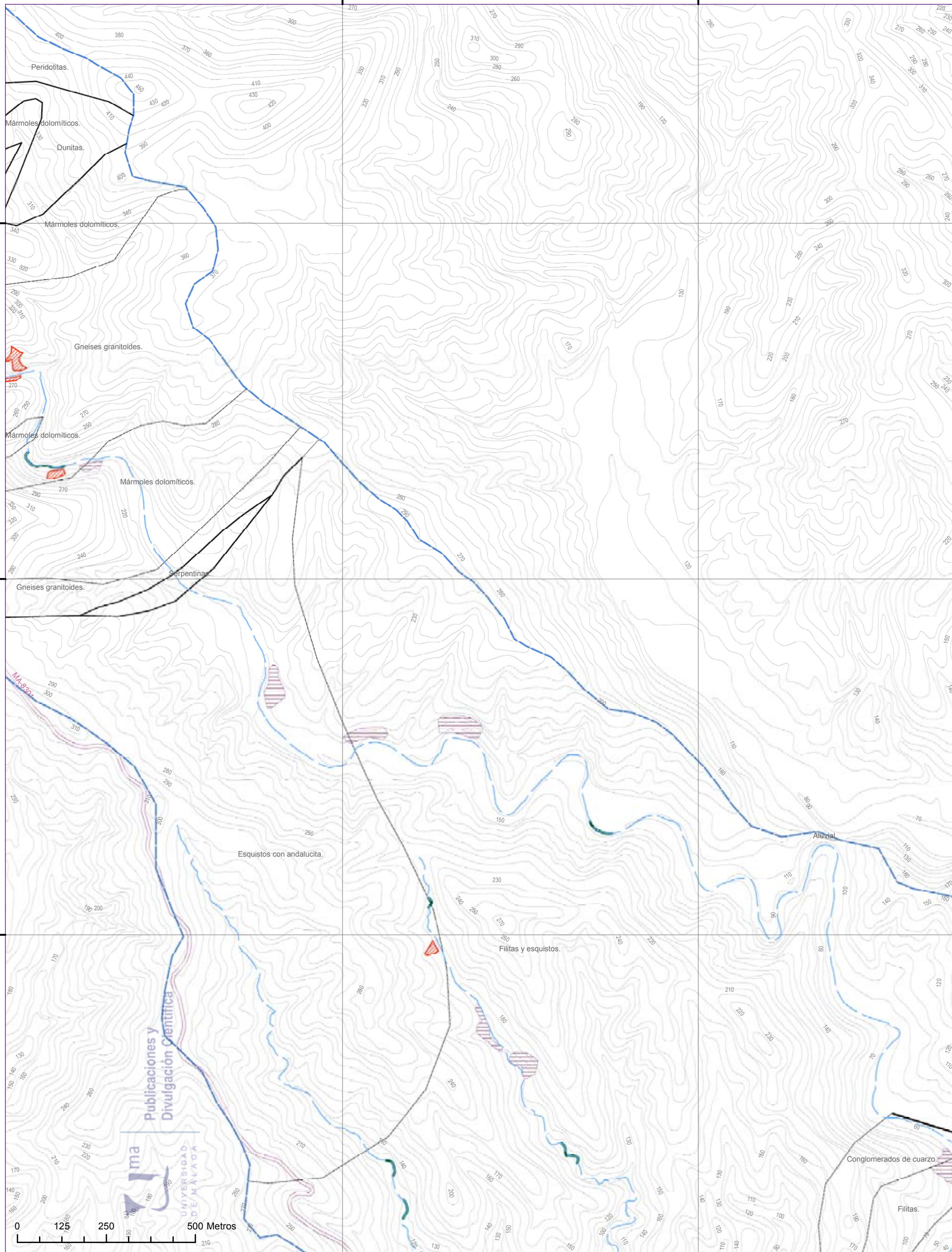
4 039 000

4 038 000

4 038 000

4 037 000

4 037 000



Litología

Contactos entre materiales

- Normal
- Discordante
- Mecánico
- Falla
- ▲ Cabalgamiento

Depósitos susceptibles de ser movilizados

- Antropicos
- Naturales
- Descalces antropicos de taludes
- Descalces naturales de taludes

Procesos activos o recientes

Áreas de erosión acentuada

Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuestas de cartografía de peligrosidad adaptada



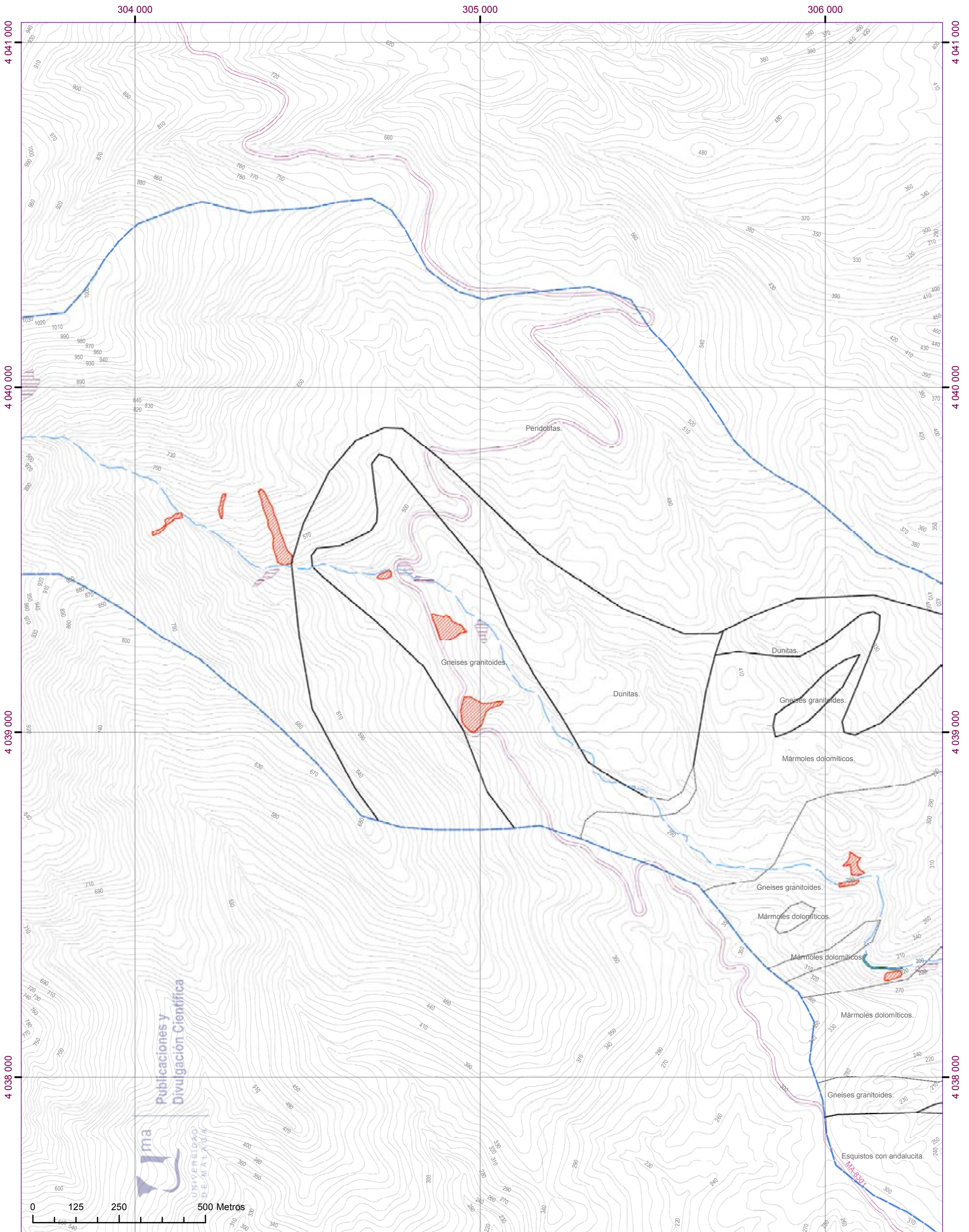
Título de plano:

Factores de susceptibilidad a los movimientos gravitatorios de laderas. Cuenca del río de la Cala

e. 1/10.000

plano 10.b





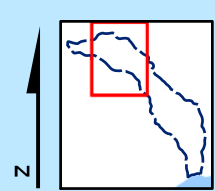
Publicaciones y Divulgación Científica



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

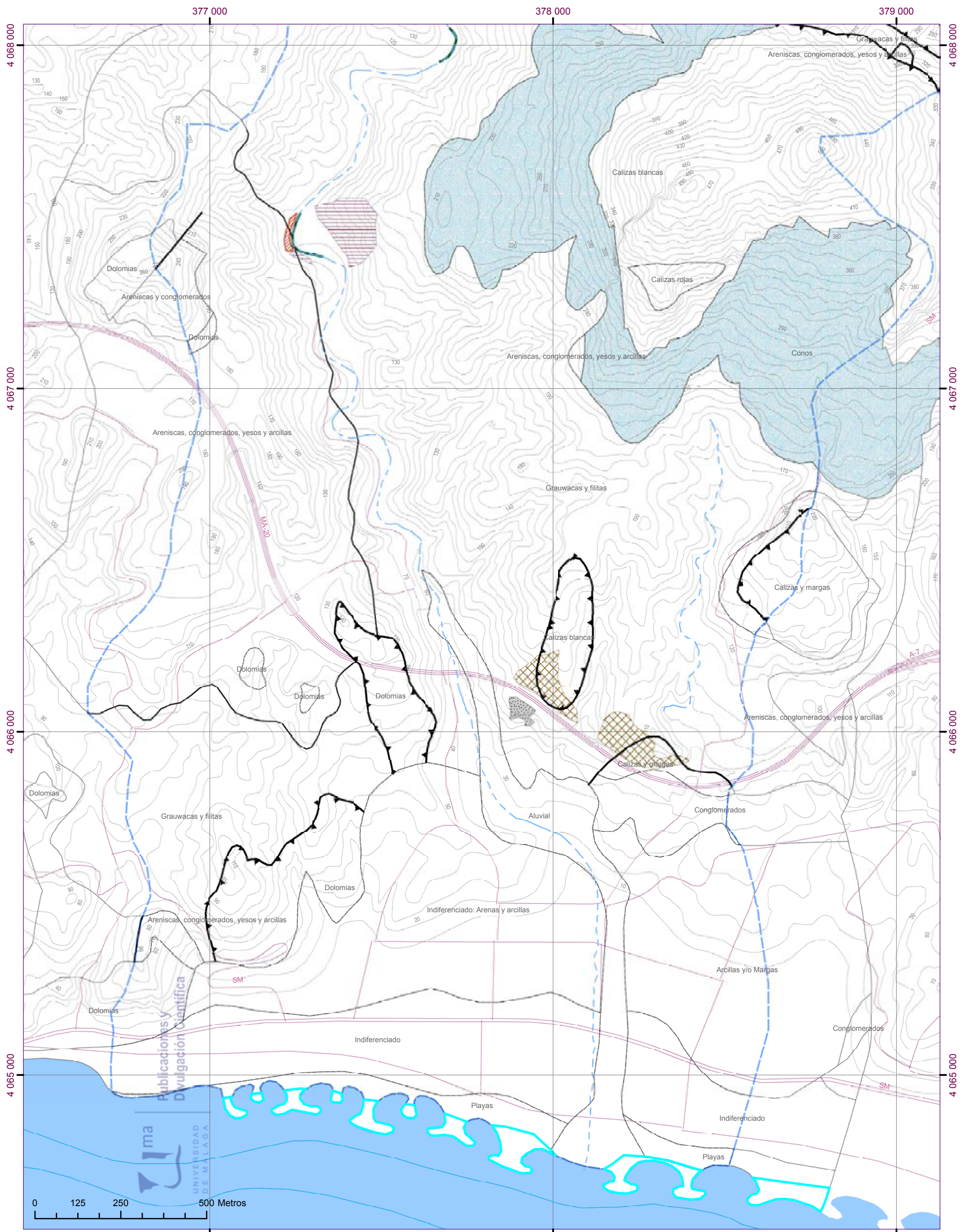
- | | | |
|----------------------------|---|------------------------------|
| Litología | Depósitos susceptibles de ser movilizados | Procesos activos o recientes |
| Contactos entre materiales | Antrópicos | Áreas de erosión acentuada |
| Normal | Naturales | |
| Discordante | Descalces antrópicos de taludes | |
| Mecánico | Descalces naturales de taludes | |
| Falla | | |
| Cabalgamiento | | |

Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuestas de cartografía de peligrosidad adaptada



Título de plano:
Factores de susceptibilidad a los movimientos gravitatorios de laderas. Cuenca del río de la Cala

11. Factores de susceptibilidad a los movimientos gravitatorios de laderas en la cuenca del Arroyo de los Jaboneros (e. 1/10.000, 2 A3)



Litología

Contactos entre materiales

- Normal
- Discordante
- Mecánico
- Falla
- Cabalgamiento

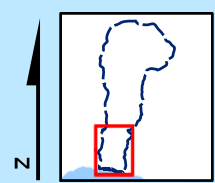
Depósitos susceptibles de ser movilizados

- Antropicos
- Naturales
- Descalces antropicos de taludes
- Descalces naturales de taludes

Procesos activos o recientes

Áreas de erosión acentuada

Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada



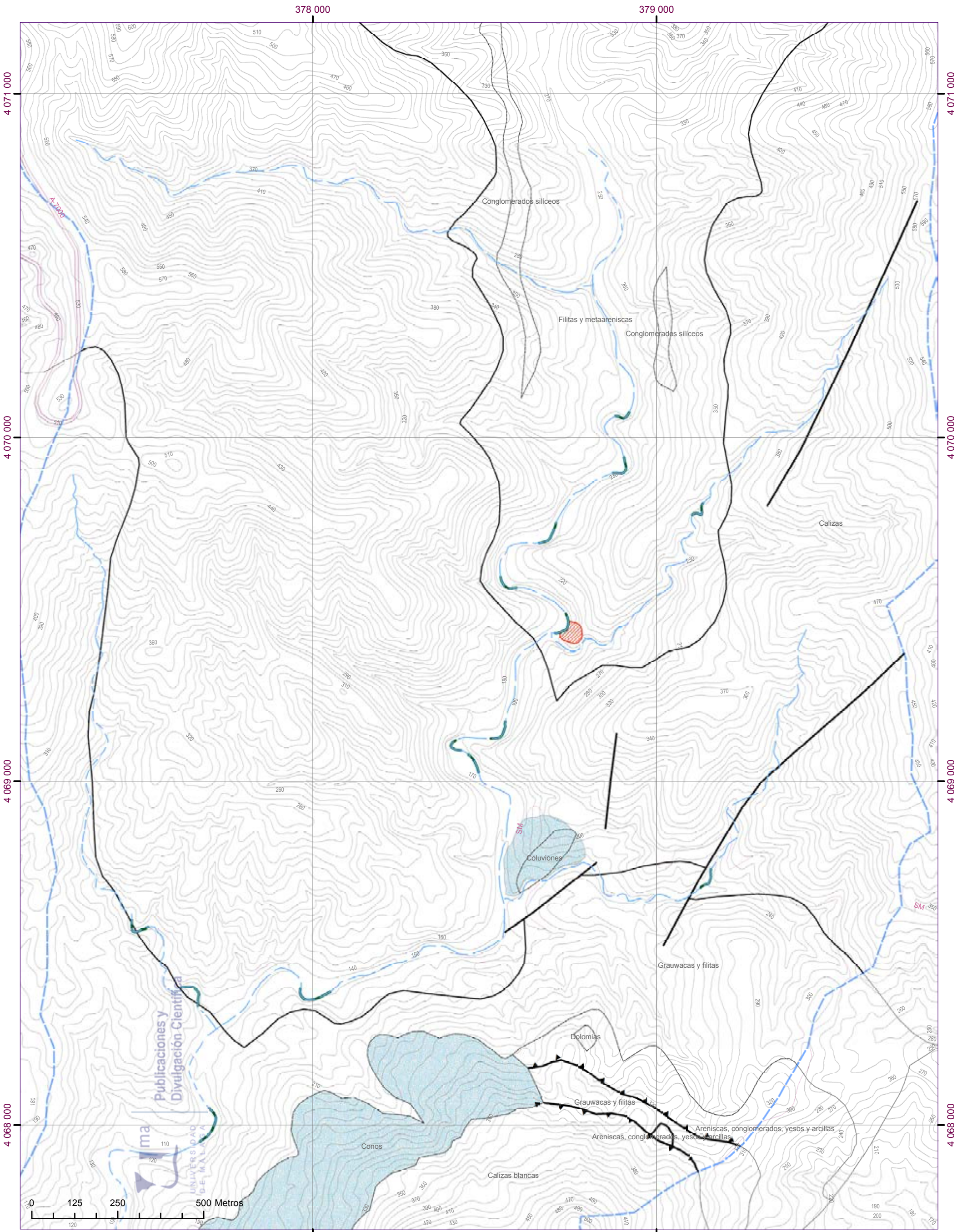
Título de plano:

Factores de susceptibilidad a los movimientos gravitatorios de laderas. Cuenca del arroyo de los Jaboneros

e. 1/10.000

plano 11.a





	Litología		Depósitos susceptibles de ser movilizados		Procesos activos o recientes
	Contactos entre materiales		Antrópicos		Áreas de erosión acentuada
	Normal		Naturales		
	Discordante		Descalces antrópicos de taludes		
	Mecánico		Descalces naturales de taludes		
	Falla				
	Cabalgamiento				

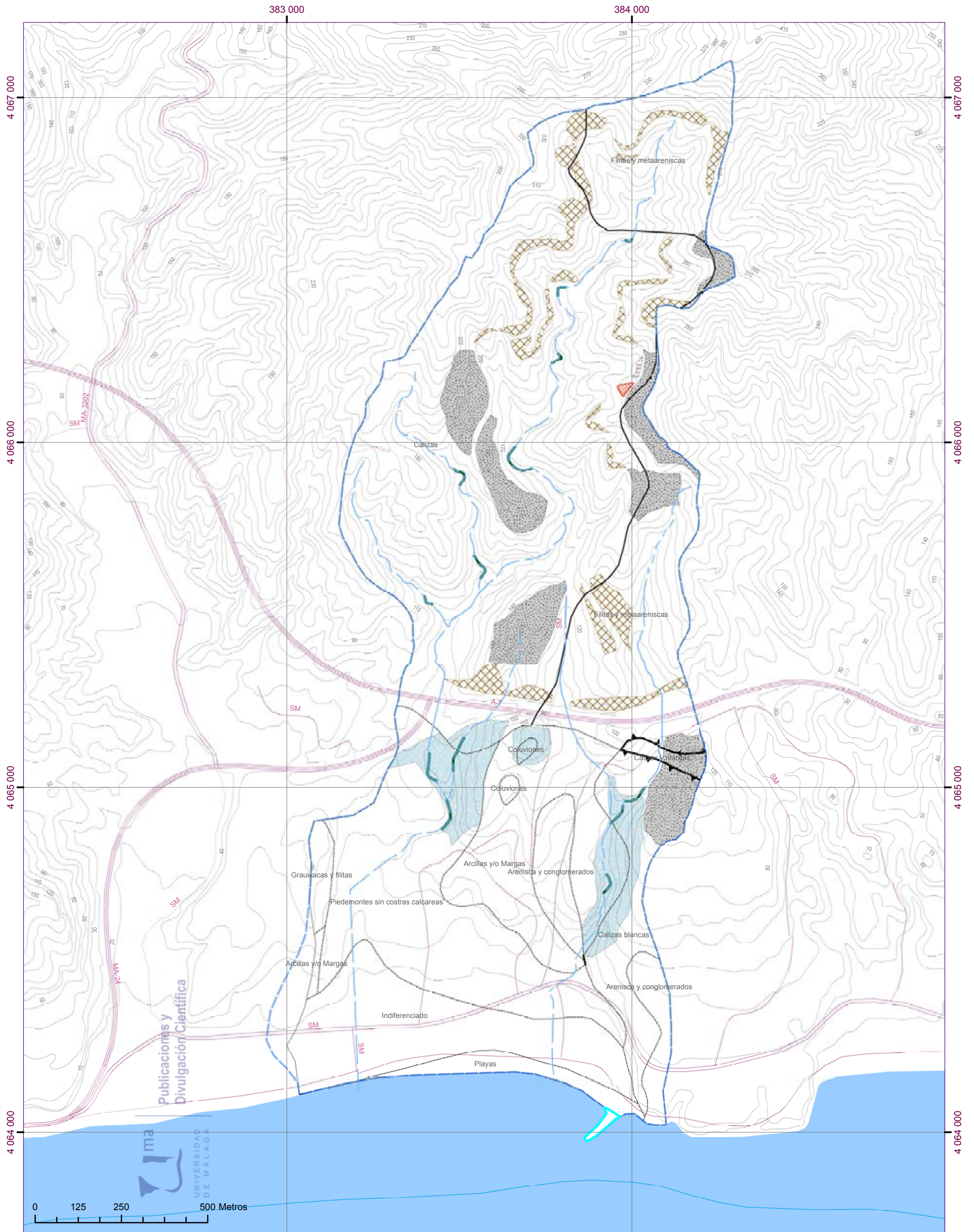
Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada

plano 11.b

Título de plano:
Factores de susceptibilidad a los movimientos gravitatorios de laderas. Cuenca del arroyo de los Jaboneros

e. 1/10.000

12. Factores de susceptibilidad a los movimientos gravitatorios de laderas en las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora (e. 1/10.000, A3)



Litología

Contactos entre materiales

- Normal
- - - - - Discordante
- Mecánico
- Falla
- ▲ Cabalgamiento

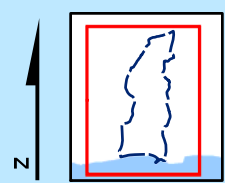
Depósitos susceptibles de ser movilizados

- Antrópicos
- Naturales
- Descalces antrópicos de taludes
- Descalces naturales de taludes

Procesos activos o recientes

Áreas de erosión acentuada

Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada



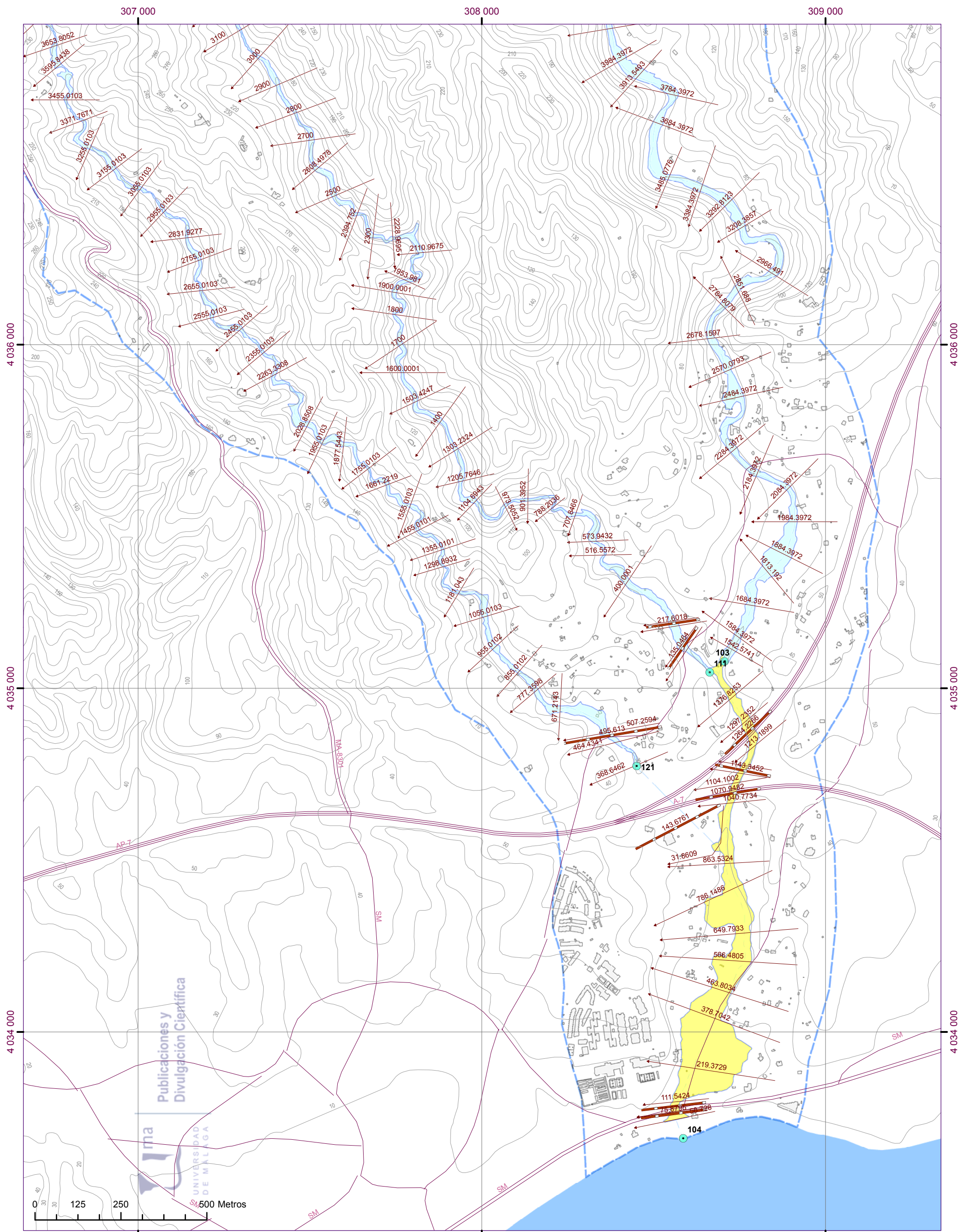
Título de plano:

Factores de susceptibilidad a los movimientos gravitatorios de laderas. Cuenca de los arroyos Piletas y Pollo Zamora

e. 1/10.000



13. Río de la Cala: área inundable modificada y proporción de carga sólida
(mapas 1a y 1b) (e. 1/10.000, 3 A3)



Área inundable modificada

% carga sólida

- Máxima
- Muy Alta
- Alta
- Normal

Puentes y entubaciones

Secciones de control

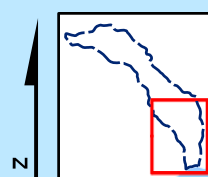
Edificaciones (blocked obstructions)

Puntos de caudal

Límite cuenca fluvial

Red viaria

Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuestas de cartografía de peligrosidad adaptada



Título de plano:

Área inundable modificada y proporción de carga sólida en el flujo (mapas 1a y 1b).
Cuenca del río de la Cala. PR 500 años

e. 1/10.000

plano
13.a



307 000

308 000

4 039 000

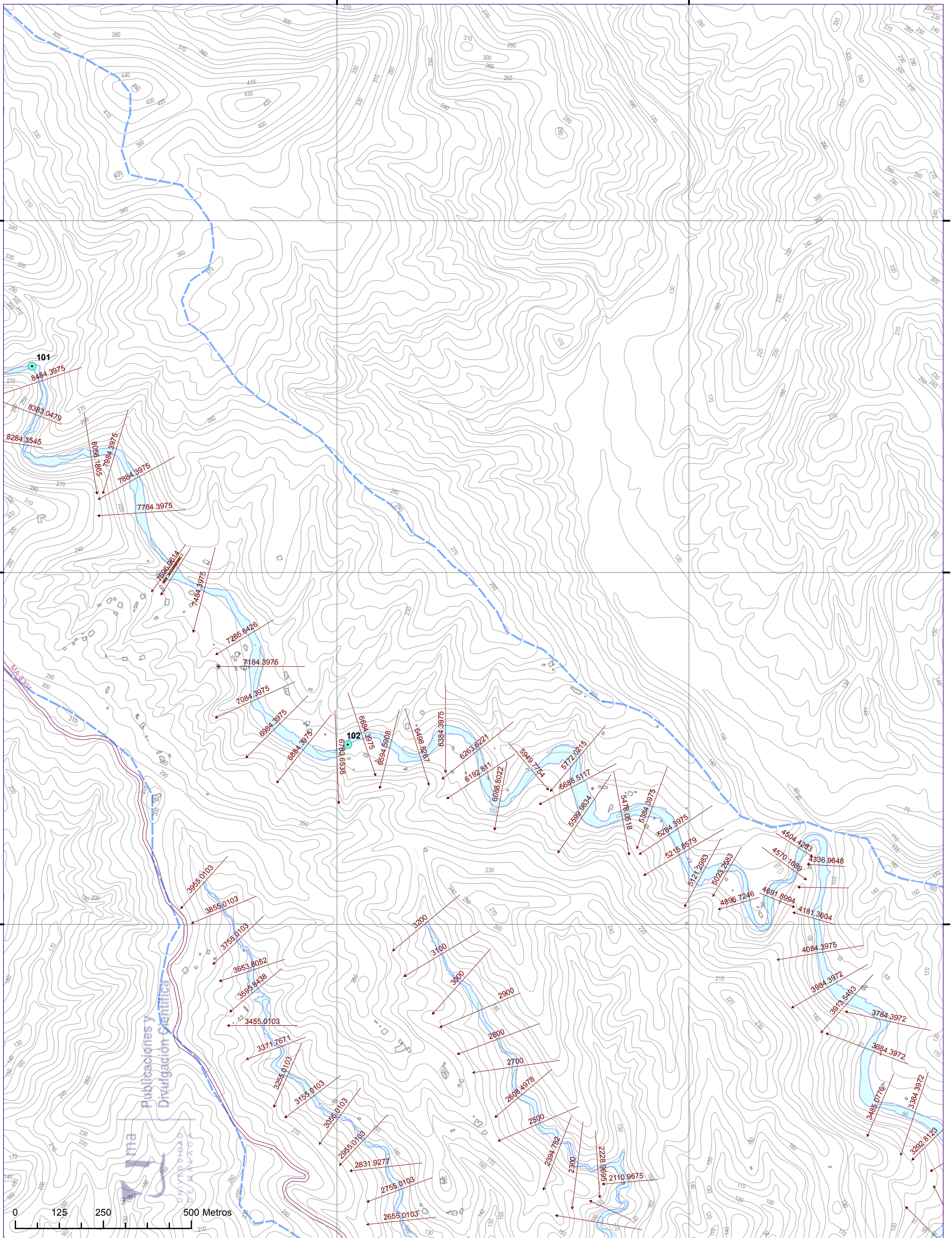
4 039 000

4 038 000

4 038 000

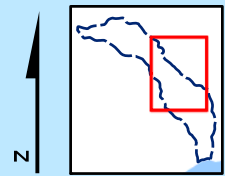
4 037 000

4 037 000



- Área inundable modificada
- % carga sólida**
- Máxima
- Muy Alta
- Alta
- Normal
- Puentes y entubaciones
- Secciones de control
- Edificaciones (blocked obstructions)
- Puntos de caudal
- Límite cuenca fluvial
- Red viaria

Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuestas de cartografía de peligrosidad adaptada

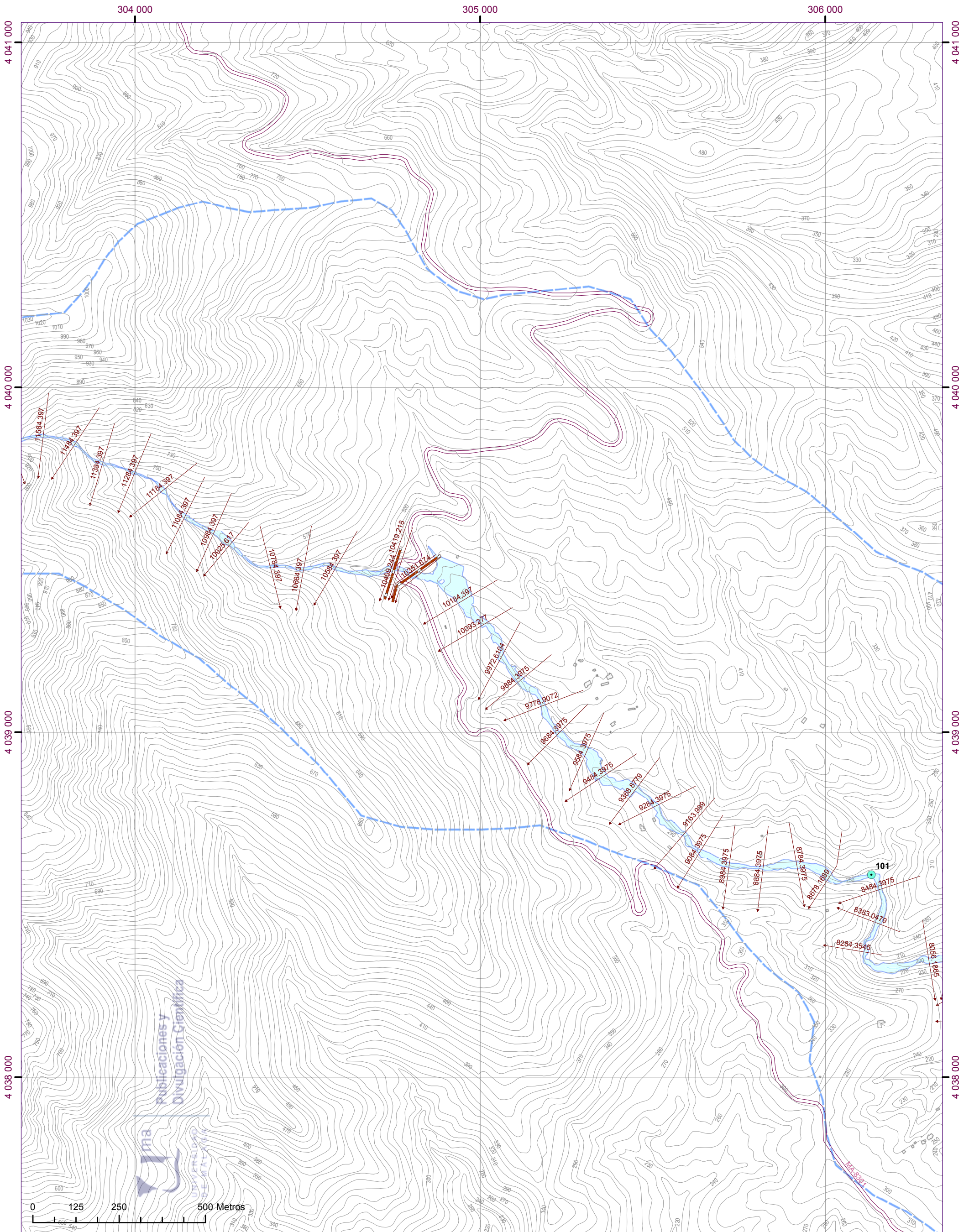


plano
13.b

Título de plano:
Área inundable modificada y proporción de carga sólida en el flujo (mapas 1a y 1b).
Cuenca del río de la Cala. PR 500 años

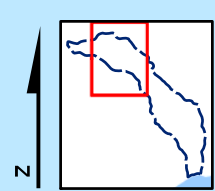


e. 1/10.000



-  Área inundable modificada
- % carga sólida**
-  Máxima
-  Muy Alta
-  Alta
-  Normal
-  Puentes y entubaciones
-  Secciones de control
-  Edificaciones (blocked obstructions)
-  Puntos de caudal
-  Límite cuenca fluvial
-  Red viaria

Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuestas de cartografía de peligrosidad adaptada



plano
13.c

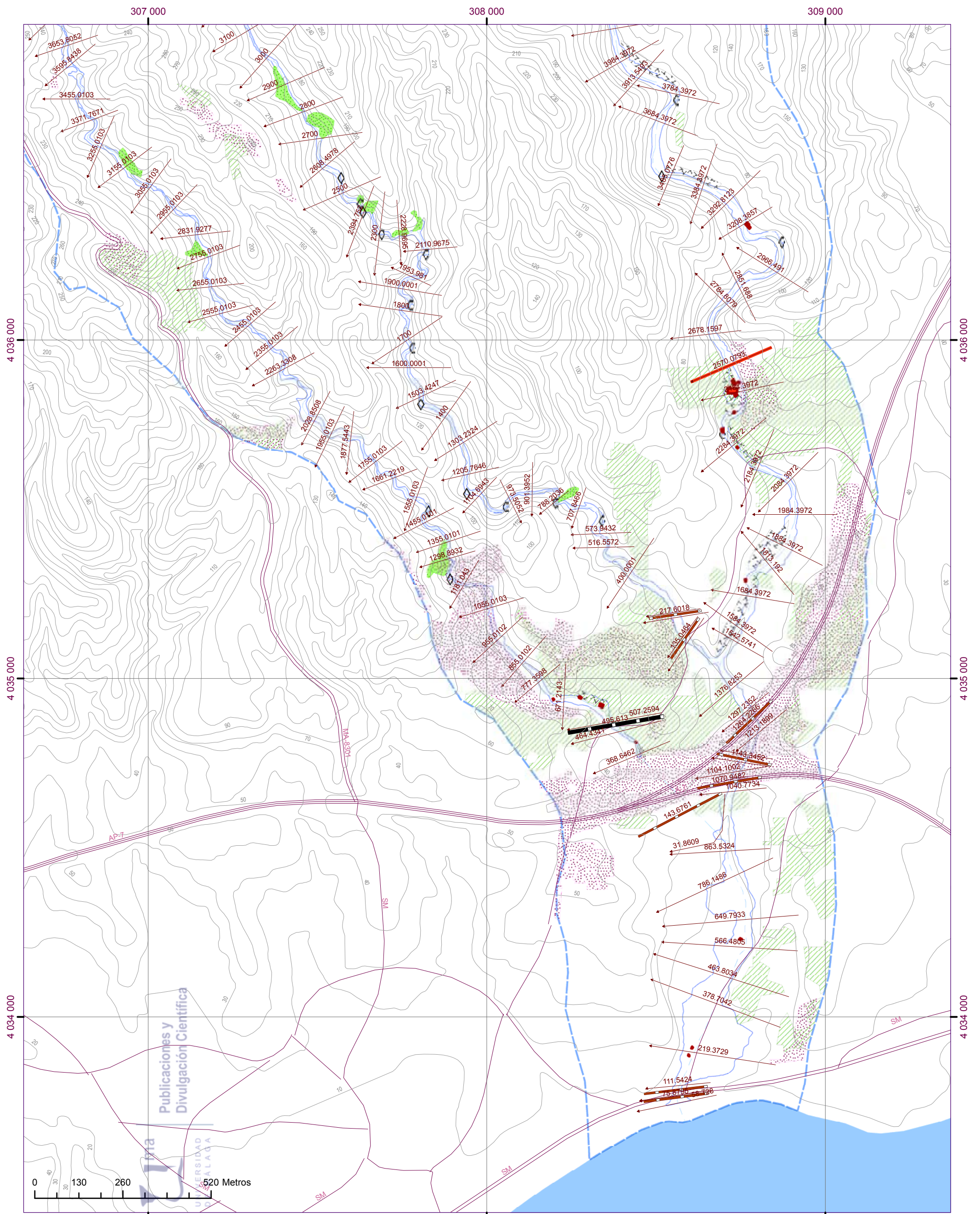
Título de plano:
Área inundable modificada y proporción de carga sólida en el flujo (mapas 1a y 1b).
Cuenca del río de la Cala. PR 500 años



e. 1/10.000

UNIVERSIDAD DE MADEIRA

14. Río de la Cala: áreas emisoras de peligrosidad (mapa 2) (e. 1/10.000, 3 A3)



- | | |
|--------------------------------------|--|
| Límite cuenca fluvial | Descalce taludes por erosión orillas |
| Red viaria | Edificaciones precarias en zona inundable |
| Área inundable modificada | Elevada producción sedimentos por erosión suelos |
| Puentes y entubaciones | Elevada producción restos vegetales |
| Secciones de control | Depósitos antrópicos susceptibles movilizarse |
| Infraestructuras posibilidad colapso | Depósitos naturales susceptibles movilizarse |
| Final de relieves confinados | Posibles focos contaminación |

Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuestas de cartografía de peligrosidad adaptada



Título de plano:

Áreas emisoras de peligrosidad en la cuenca del Río de la Cala (mapa 2)

e. 1/10.000

plano
14.a



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

307 000

308 000

4 039 000

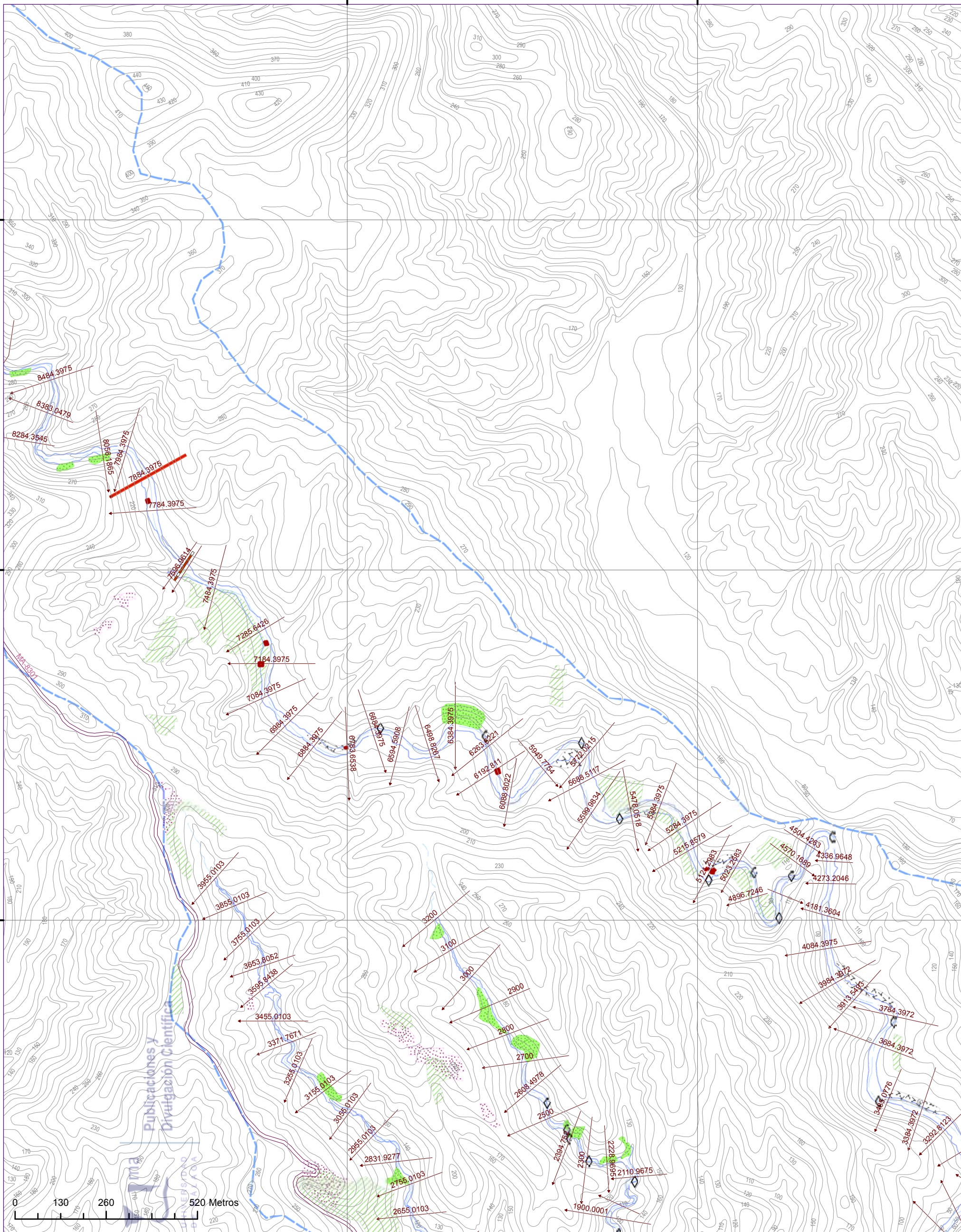
4 039 000

4 038 000

4 038 000

4 037 000

4 037 000



- Límite cuenca fluvial
- Red viaria
- Área inundable modificada
- Puentes y entubaciones
- Secciones de control
- Infraestructuras posibilidad colapso
- Final de relieves confinados
- Descalce taludes por erosión orillas
- Edificaciones precarias en zona inundable
- Elevada producción sedimentos por erosión suelos
- Elevada producción restos vegetales
- Depósitos antrópicos susceptibles movilizarse
- Depósitos naturales susceptibles movilizarse
- Posibles focos contaminación

Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuestas de cartografía de peligrosidad adaptada



Título de plano:

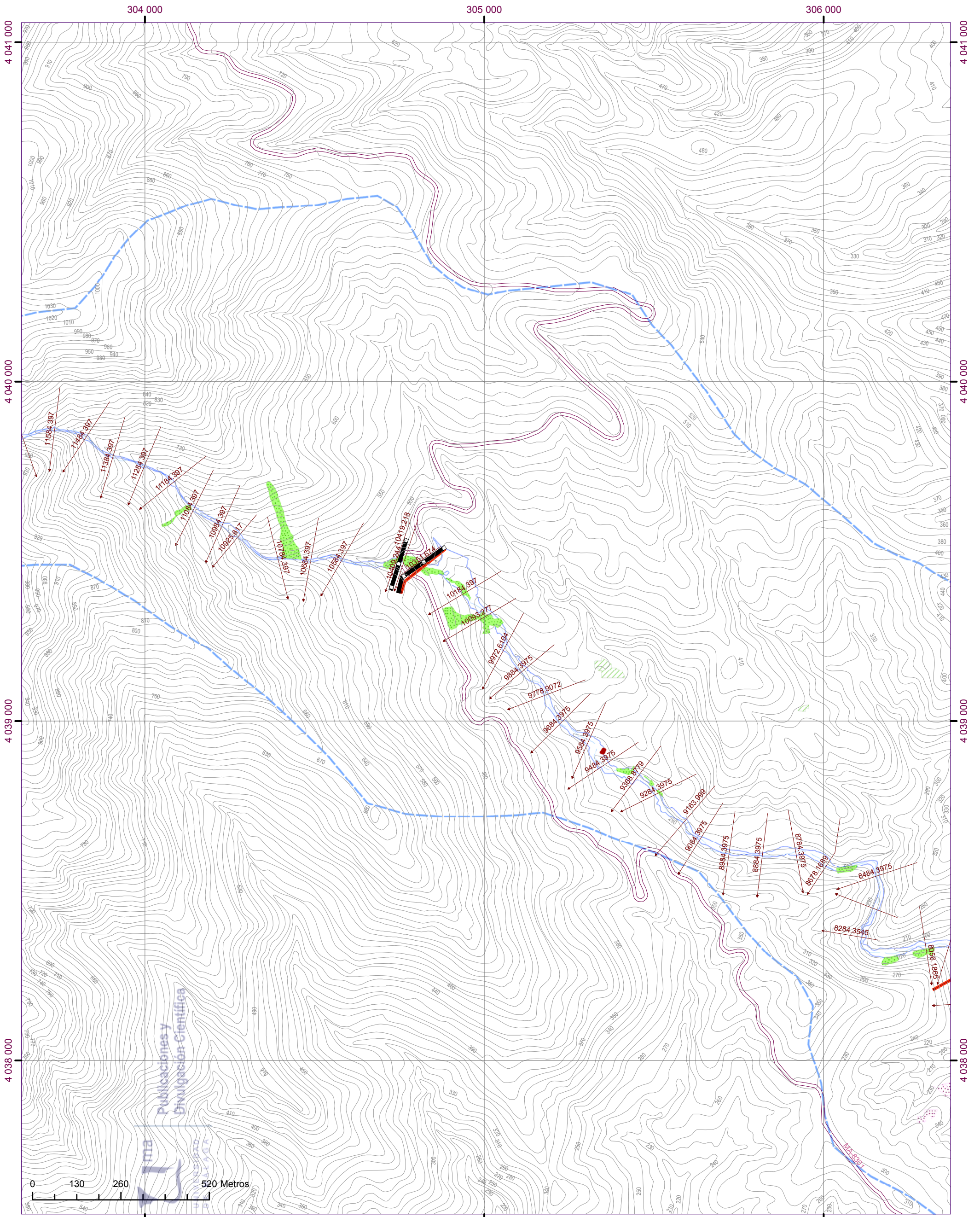
Áreas emisoras de peligrosidad en la cuenca del Río de la Cala (mapa 2)

e. 1/10.000

plano
14.b



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA



- Límite cuenca fluvial
- Red viaria
- Área inundable modificada
- Puentes y entubaciones
- Secciones de control
- Infraestructuras posibilidad colapso
- Final de relieves confinados

- Descalce taludes por erosión orillas
- Edificaciones precarias en zona inundable
- Elevada producción sedimentos por erosión suelos
- Elevada producción restos vegetales
- Depósitos antrópicos susceptibles movilizarse
- Depósitos naturales susceptibles movilizarse
- Posibles focos contaminación

Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuestas de cartografía de peligrosidad adaptada



plano
14.C

Título de plano:

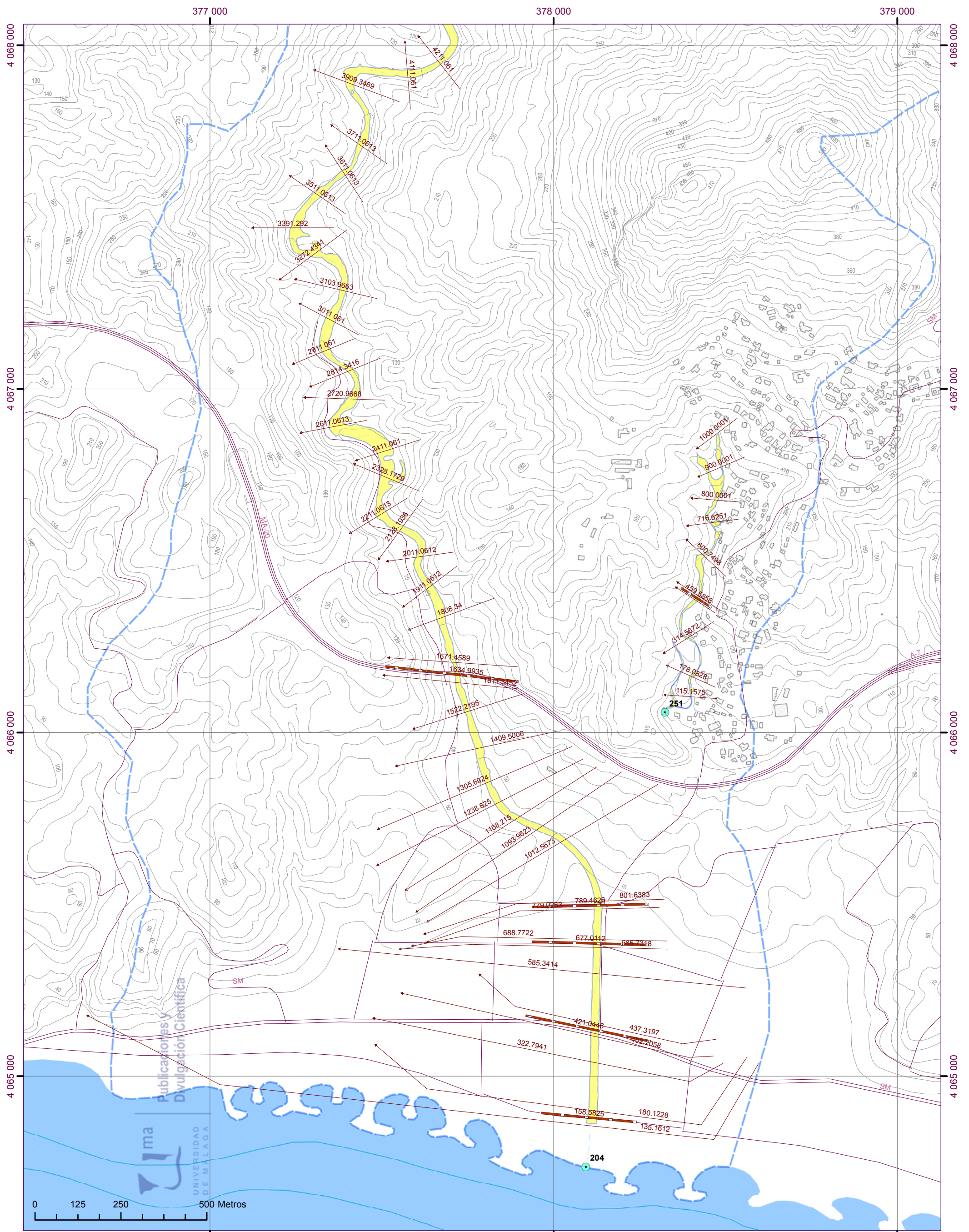
Áreas emisoras de peligrosidad en la cuenca del Río de la Cala (mapa 2)



e. 1/10.000

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

15. Arroyo de los Jaboneros: área inundable modificada y proporción de carga sólida (mapas 1a y 1b) (e. 1/10.000, 2 A3)



Área inundable modificada

% carga sólida

- Máxima
- Muy Alta
- Alta
- Normal

Puentes y entubaciones

Secciones de control

Edificaciones (blocked obstructions)

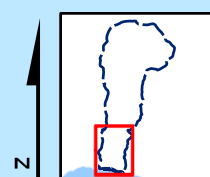
Puntos de caudal

Límite cuenca fluvial

Red varía

Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada

plano
15.a

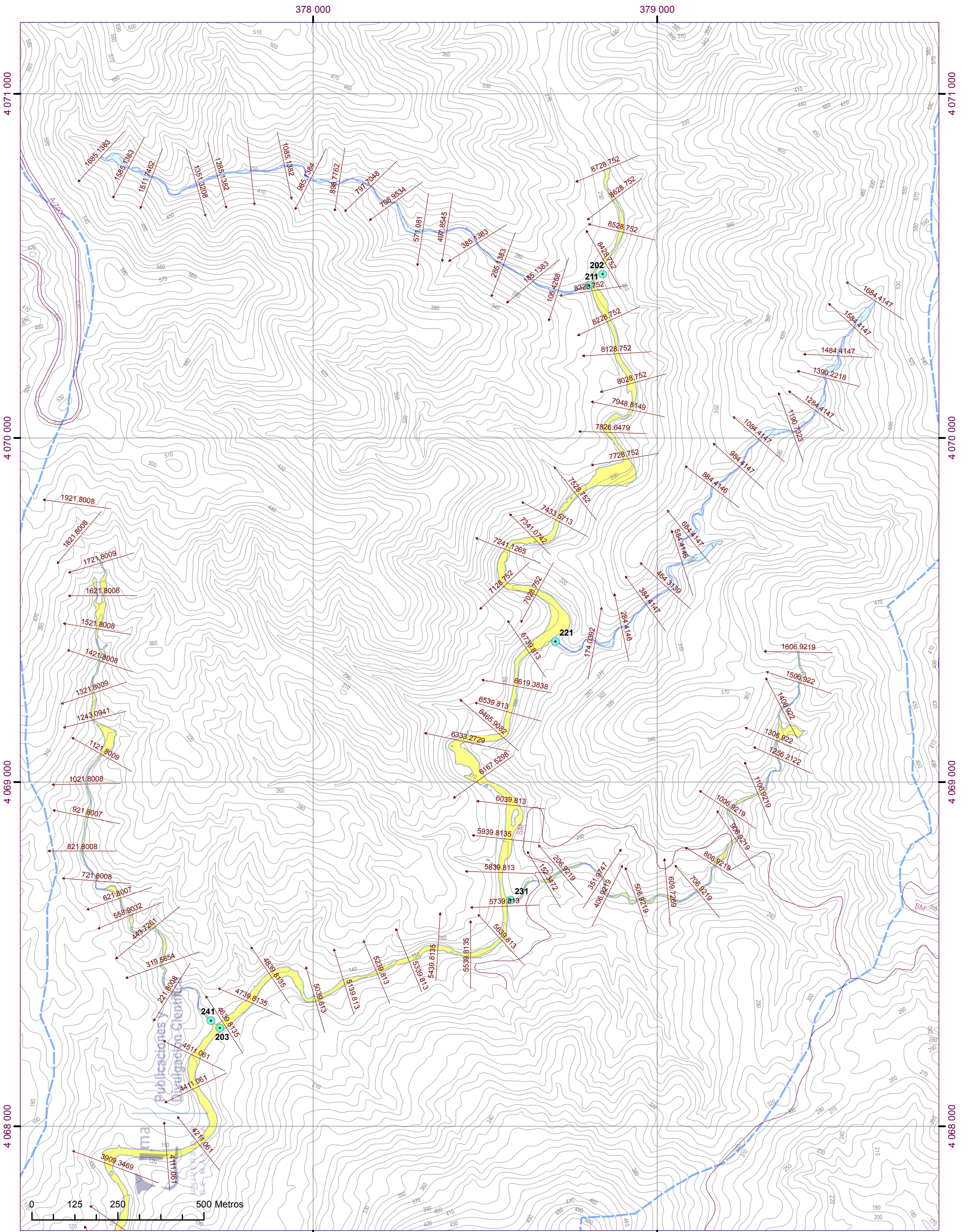


Título de plano:

Área inundable modificada y proporción de carga sólida en el flujo (mapas 1a y 1b). Cuenca del arroyo de los Jaboneros. PR 25 años



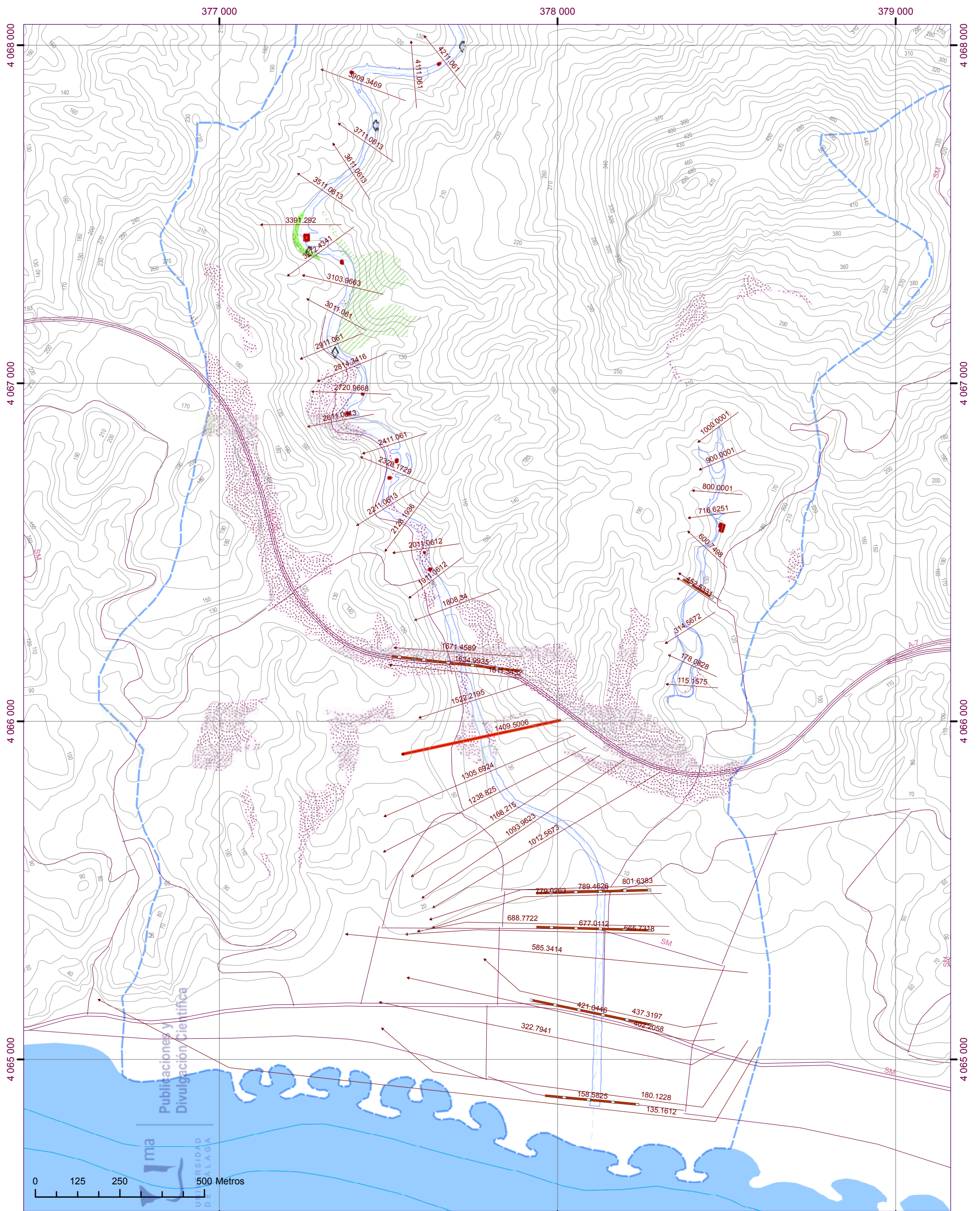
e. 1/10.000



<p>Área inundable modificada</p> <p>% carga sólida</p> <ul style="list-style-type: none"> Máxima Muy Alta Alta Normal 		<ul style="list-style-type: none"> Puentes y entubaciones Secciones de control Edificaciones (blocked obstructions) Puntos de caudal Límite cuenca fluvial Red viaria 	
<p>Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada</p>		<p>plano 15.b</p> <p>Título de plano: Área inundable modificada y proporción de carga sólida en el flujo (mapas 1a y 1b). Cuenca del arroyo de los Jaboneros. PR 25 años</p>	
<p>0 125 250 500 Metros</p>		<p>e. 1/10.000</p>	

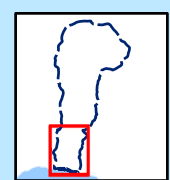


16. Arroyo de los Jaboneros: áreas emisoras de peligrosidad (mapa 2) (e. 1/10.000, 2 A3)



- | | | | |
|--|--------------------------------------|--|--|
| | Límite cuenca fluvial | | Descalce taludes por erosión orillas |
| | Red viaria | | Edificaciones precarias en zona inundable |
| | Área inundable modificada | | Elevada producción sedimentos por erosión suelos |
| | Puentes y entubaciones | | Elevada producción restos vegetales |
| | Secciones de control | | Depósitos antrópicos susceptibles movilizarse |
| | Infraestructuras posibilidad colapso | | Depósitos naturales susceptibles movilizarse |
| | Final de relieves confinados | | Posibles focos contaminación |

Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada



Título de plano:

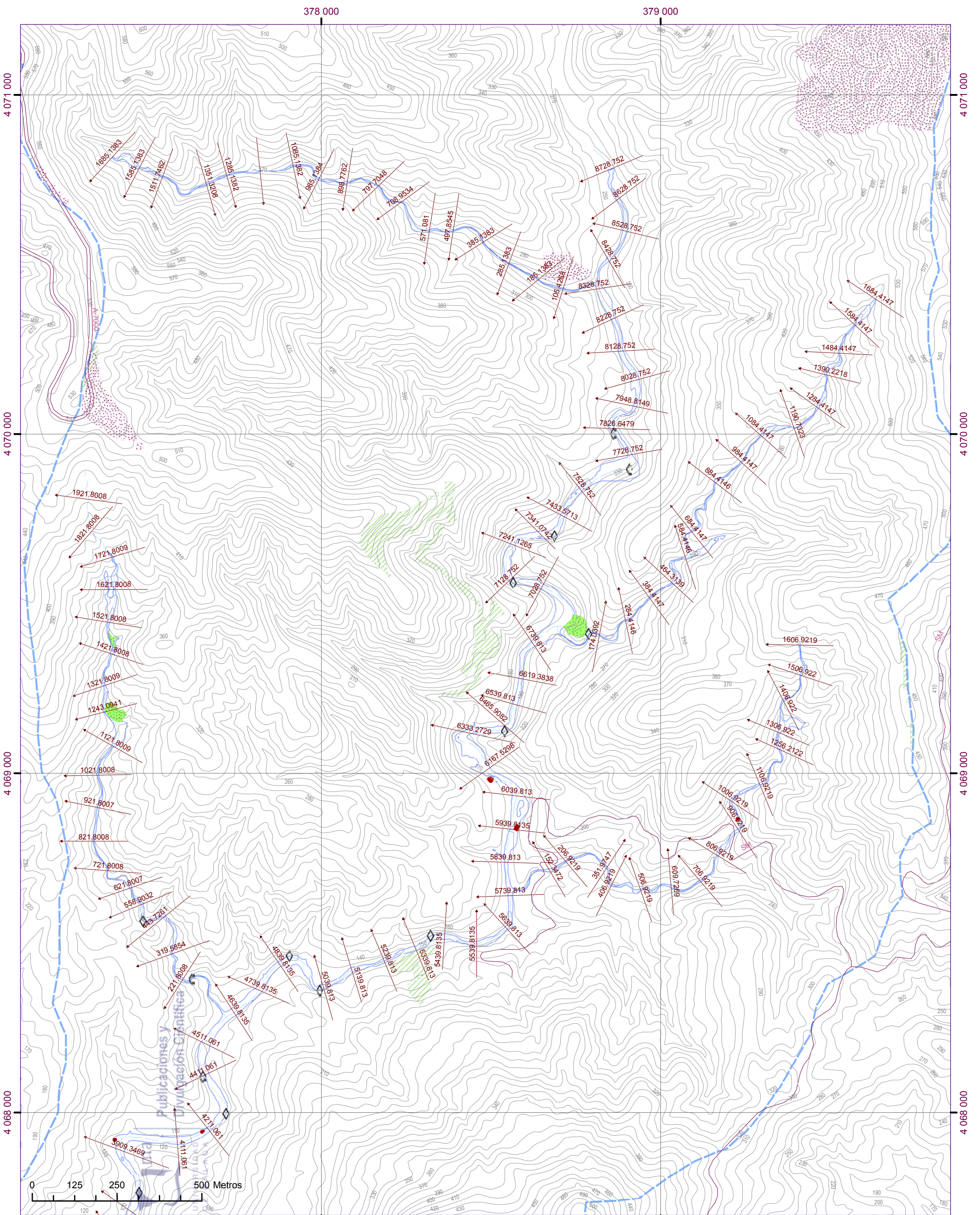
Áreas emisoras de peligrosidad en la cuenca del Arroyo de los Jaboneros (mapa 2)

e. 1/10.000

plano
16.a



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA



- Límite cuenca fluvial
- Red viaria
- Área inundable modificada
- Puentes y entubaciones
- Secciones de control
- Infraestructuras posibilidad colapso
- Final de relieves confinados

- Descalce taludes por erosión orillas
- Edificaciones precarias en zona inundable
- Elevada producción sedimentos por erosión suelos
- Elevada producción restos vegetales
- Depósitos antrópicos susceptibles movilizarse
- Depósitos naturales susceptibles movilizarse
- Posibles focos contaminación

Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada

plano
16.b

Título de plano:

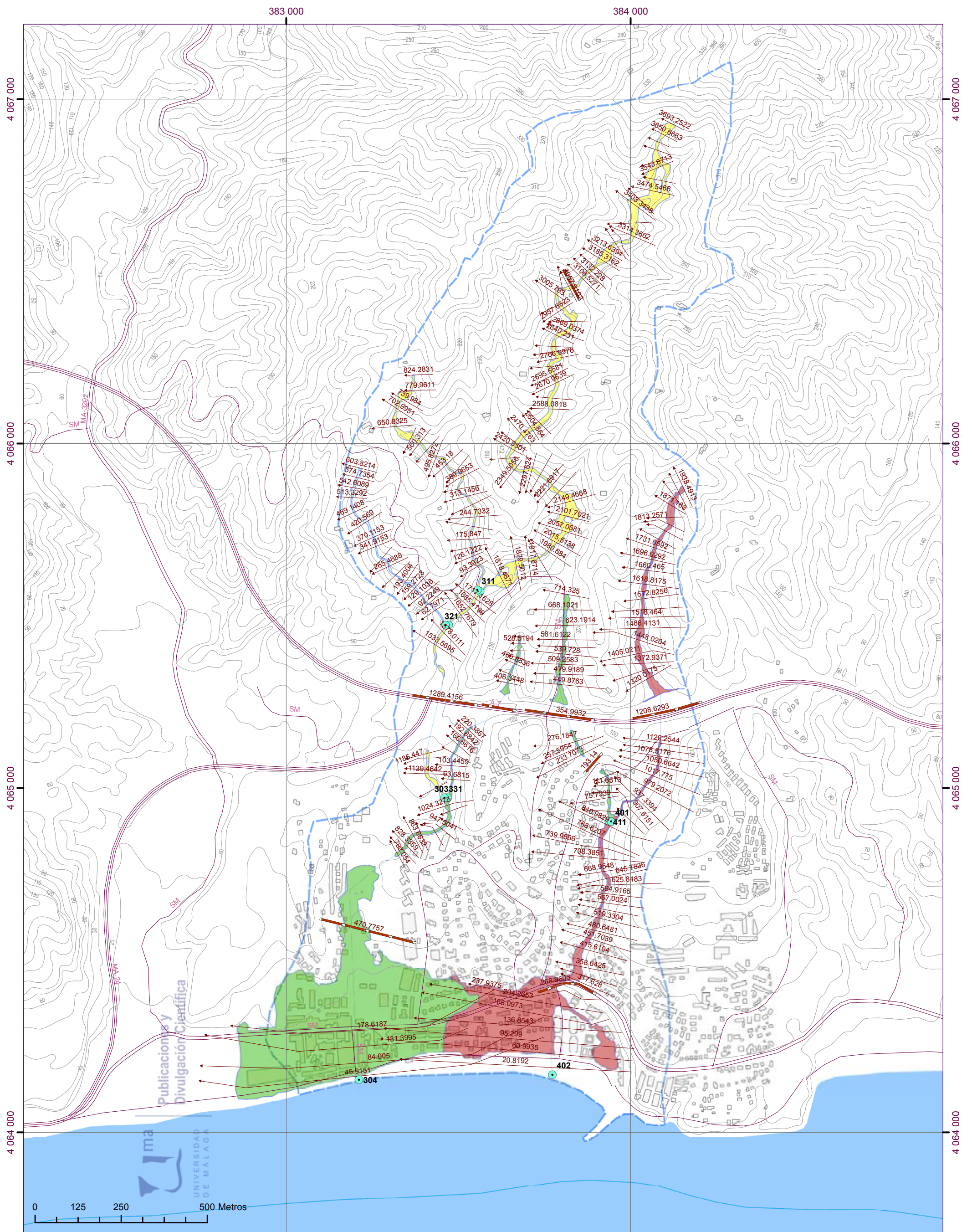
Áreas emisoras de peligrosidad en la cuenca del Arroyo de los Jaboneros (mapa 2)



e. 1/10.000

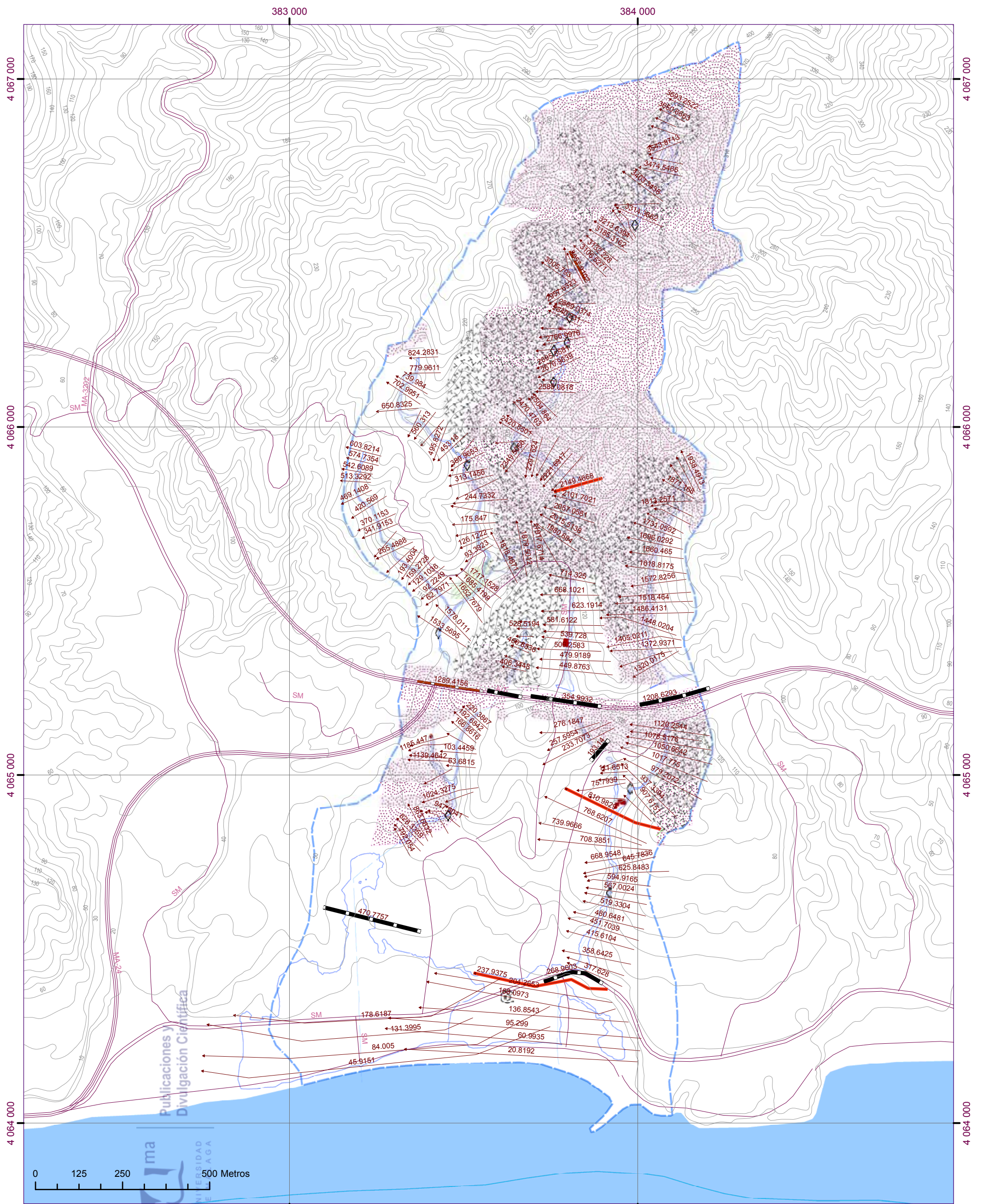
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

17. Arroyos Piletas y Pollo Zamora: área inundable modificada y proporción de carga sólida (mapas 1a y 1b) (e. 1/10.000, A3)



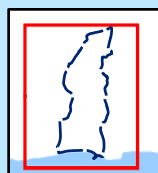
Área inundable modificada % carga sólida Máxima Muy Alta Alta Normal	Puentes y entubaciones Secciones de control Edificaciones (blocked obstructions) Puntos de caudal Límite cuenca fluvial Red viaria	<p>Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada</p> <p>Título de plano: Área inundable modificada y proporción de carga sólida en el flujo (mapas 1a y 1b). Cuenca de los arroyos Piletas y Pollo Zamora. PR 500 años</p> <p>e. 1/10.000</p>	<p>plano 17</p>
---	---	---	---------------------

18. *Arroyos Piletas y Pollo Zamora: áreas emisoras de peligrosidad (mapa 2) (e. 1/10.000, A3)*



- | | | | |
|--|--------------------------------------|--|--|
| | Límite cuenca fluvial | | Descalce taludes por erosión orillas |
| | Red viaria | | Edificaciones precarias en zona inundable |
| | Área inundable modificada | | Elevada producción sedimentos por erosión suelos |
| | Puentes y entubaciones | | Elevada producción restos vegetales |
| | Secciones de control | | Depósitos antrópicos susceptibles movilizarse |
| | Infraestructuras posibilidad colapso | | Depósitos naturales susceptibles movilizarse |
| | Final de relieves confinados | | Posibles focos contaminación |

Caracterización de cuencas fluviales periurbanas con riesgo de inundación en ámbitos mediterráneos y propuesta de cartografía de peligrosidad adaptada



Título de plano:

Áreas emisoras de peligrosidad en las cuencas de los arroyos Piletas y Pollo Zamora (mapa 2)

e. 1/10.000





Publicaciones y
Divulgación Científica