



## **UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS E INGENIEROS DE MONTES

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA RURAL

Tesis Doctoral

# **Evaluación de la pérdida de suelo en olivar a escala de microcuenca bajo distintos manejos de suelo**

Doctorando:

Ingeniera de Montes Encarnación V. TAGUAS RUIZ

Directores:

Dr. Ing. Agrónomo ADOLFO PEÑA ACEVEDO

Dr. Ing. Agrónomo JOSÉ LUIS AYUSO MUÑOZ





## **UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS E INGENIEROS DE MONTES

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA RURAL

Tesis Doctoral

# **EVALUACIÓN DE LA PÉRDIDA DE SUELO EN OLIVAR A ESCALA DE MICROCUENCA BAJO DISTINTOS MANEJOS DE SUELO**

Tesis doctoral presentada por Encarnación V. Taguas Ruiz en satisfacción de los requisitos necesarios para optar al grado de Dra. Ingeniera de Montes. Dirigida por los doctores Adolfo Peña Acevedo y José Luis Ayuso Muñoz de la E.T.S.I.A.M. de la Universidad de Córdoba

La doctoranda:

Encarnación V. TAGUAS RUIZ

Los directores de la tesis

ADOLFO PEÑA ACEVEDO

JOSÉ LUIS AYUSO MUÑOZ



Esta Tesis Doctoral se incluye dentro del Proyecto de Investigación CAO01-001-C4-3 “*Análisis de los Riesgos Erosivos de los Sistemas de Manejo del Suelo en diferentes zonas olivareras de Andalucía*”, financiado por la JUNTA DE ANDALUCÍA.



Esta Tesis Doctoral se incluye dentro del Proyecto de Investigación CICYT con título “*Integración de Procesos Erosivos e Hidrológicos en Cuencas de la Sierra de Cádiz*” financiado por el MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA.



*A Carlos y a mis padres*



## AGRADECIMIENTOS

No sé por dónde empezar. Algunas veces pensé en canciones o poemas que incluiría en los agradecimientos de mi tesis o en citas que suelo apuntar en mi pequeña libreta y que hoy no vienen al caso. Y es que después del esfuerzo y la ilusión de esta última etapa, me he quedado vacía de buenas ideas y llena de frases sencillas, que quizás no hagan justicia a la emoción y gratitud que siento por el gran número de amigos que me he ido encontrando durante este tiempo.

A mis directores, les agradezco que me acogiesen a su lado y me facilitasen todo tipo de medios para llevar a cabo este trabajo. Adolfo, tú confiaste en mí desde el principio, en este tiempo no he parado de aprender de ti, no sólo de tu capacidad de trabajo y organización, sino también de tu sentido de la justicia y tu humanidad. Muchas gracias por estar ahí para cualquier cosa. José Luís, como comandante de esta nave e hidrólogo en jefe, gracias por transmitirme tus conocimientos y tu ejemplo de responsabilidad y trabajo riguroso. A ambos gracias, por las palabras de apoyo y cariño que últimamente me han brindado.

Gracias a los propietarios Antonio Muñoz y Alonso Zamudio, que tan amablemente nos han permitido realizar los ensayos en sus fincas y nos han suministrado toda la información que les hemos requerido.

Esta tesis no hubiera sido posible además, sin tres personas que para mí encarnan las virtudes del mejor inventor de todos los tiempos, el entrañable y genial Eugenio Tarconi. Se trata de Rafael Pérez, Francisco Bellido y José Antonio Osuna. Gracias a los tres por prestarme su ingenio y sapiencia y por su apoyo y amistad.

A M<sup>a</sup> José Polo, le agradezco que desde un principio pusiera a mi disposición un estupendo laboratorio en el que he podido llevar a cabo innumerables ensayos. Gracias de verdad por tu confianza, tus consejos, tus conocimientos, tu cariño y las oportunidades que me has procurado.

Tampoco podría faltar la alianza perfecta G&G (Giráldez & Guzmán o al revés), a quienes le agradezco muchísimas explicaciones, artículos, programas... Adela, gracias por resolver mis cuestiones estadísticas. Juan Vicente, es un privilegio poder contar con una persona tan brillante y con una trayectoria como la tuya, de las que además de aprender, igual te busca un artículo o una tesis que se viene al campo a pegar palazos al canal. Gracias.

José Antonio Cobacho y Prudencio Salces, son otro par fundamentales en este trabajo. Muchas gracias por vuestra ayuda en los ensayos, en los planos, en el día a día. Sois dos personas maravillosas con las que es una suerte trabajar.

A María Nofuentes y Cristina Aguilar, les agradezco compartir conmigo tantos buenos momentos y su ayuda en las intensas jornadas de campo.

A Nuria Calero, mi brillante edafóloga, le estoy muy agradecida por su colaboración en diversos ensayos.

Gracias a Luciano Mateos por su ayuda en el cálculo del aforador.

Gracias a Sergio Robles, por su ayuda en los trabajos de Setenil.

Mis colaboradores emocionales tienen tanto peso o más que los técnicos, así pues:

Querido Carlos, tú ya sabes todo, tú eres todo...

Cuando pienso en mis padres, tengo tantas anécdotas conmovedoras como graciosas. Ellos me hacen salir airosa de cualquier asunto, de cualquier situación, porque ellos sí que de verdad son científicos de la vida y a ellos les debo, sin duda, el haber llegado hasta aquí. Gracias a mis hermanos a los que quiero y admiro tanto y con los que puedo contar para cualquier cosa.

Gracias también a Encarnita y a Manolo por vuestra ayuda y vuestro cariño.

A mi Bea, que siempre me escucha y oye mis quejas. Gracias por tus ánimos, por tu capacidad para ponerte en el lugar de los demás y especialmente, por tu sentido del humor. Osquitar, gracias por brindarme tus conocimientos culinarios y de as de la informática, es una suerte tener tan buenos y brillantes amigos.

Gracias a la gente que no me viene ahora mismo a la cabeza, pero que ha estado ahí.

Gracias a Dios, por echarme tantas manos. Él y yo sabemos de lo que hablamos.



## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN GENERAL</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1: INFLUENCIA DE LOS FACTORES TOPOGRÁFICOS Y EDAFOLÓGICOS EN LOS PROCESOS DE EROSIÓN Y DEPÓSITO EN DOS MICROCUENCA DE OLIVAR CON LOS MANEJOS DE MÍNIMO LABOREO Y NO LABOREO CON CUBIERTAS.</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE</b>	<b>4</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>14</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>15</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>18</b>
<b>2.1. Introducción</b>	<b>18</b>
<b>2.2. Sitios de estudio</b>	<b>18</b>
2.2.1. <i>Microcuenca de olivar en mínimo laboreo situada en Setenil (Cádiz)</i>	18
2.2.2. <i>Microcuenca de olivar en no laboreo con cubiertas situada en Puente Genil (Córdoba)</i>	20
<b>2.3. Caracterización de las microcuencas de estudio</b>	<b>21</b>
2.3.1. <i>Análisis exploratorio de las propiedades topográficas de las microcuencas de estudio</i>	21
2.3.2. <i>Análisis exploratorio algunas propiedades del suelo de las microcuencas de estudio</i>	22
<b>2.4. Localización y caracterización de puntos de erosión y depósito en las cuencas de estudio</b>	<b>25</b>
2.4.1. <i>Levantamientos topográficos de precisión: puntos de control para el análisis de la erosión y el depósito de sedimentos</i>	25
2.4.1.1. <i>Introducción</i>	25
2.4.1.2. <i>Microcuenca de Setenil</i>	25
2.4.1.3. <i>Microcuenca de Puente Genil</i>	26
2.4.2. <i>Caracterización topográficas y de variables del suelo de los puntos de erosión y depósito de sedimentos</i>	27
2.4.3. <i>Análisis de la incidencia de los controles topográficos y edafológicos sobre la distribución de sedimentos en las cuencas de estudio</i>	27
2.4.3.1. <i>Análisis de componente principales</i>	27
2.4.3.2. <i>Análisis Cluster</i>	28
<b>3. RESULTADOS</b>	<b>29</b>
<b>3.1. Caracterización topográfica de la microcuencas</b>	<b>29</b>

3.1.1. <i>Microcuenca de Setenil</i>	29
3.1.2. <i>Microcuenca de Puente Genil</i>	30
3.1.3. <i>Comparativa de los atributos topográficos de las cuencas de estudio</i>	32
<b>3.2. Caracterización de algunas propiedades del suelo en la microcuencas de estudio</b>	<b>34</b>
3.2.1. <i>Microcuenca de Setenil</i>	34
3.2.2. <i>Microcuenca de Puente Genil</i>	38
3.2.3. <i>Comparativa entre las propiedades físicas del suelo en ambas cuencas</i>	41
<b>3.3. Caracterización de los puntos de erosión en las microcuencas de estudio</b>	<b>43</b>
3.3.1. <i>Caracterización de los puntos de erosión en la microcuenca de Setenil</i>	43
3.3.1.1. Estudio de la incidencia de los factores topográficos sobre los puntos de erosión en la microcuenca de Setenil	43
3.3.1.2. Estudio de la incidencia de algunas propiedades del suelo sobre los puntos de erosión en la microcuenca de Setenil	50
3.3.1.3. Estudio de la incidencia combinada de variables topográficas y del suelo en la distribución de los puntos de erosión en la microcuenca de Setenil	59
3.3.2. <i>Caracterización de los puntos de erosión en la microcuenca de Puente Genil</i>	64
3.3.2.1. Estudio de la incidencia de los factores topográficos sobre los puntos de erosión en la microcuenca de Puente Genil	64
3.3.2.2. Estudio de la incidencia de algunas propiedades del suelo sobre los puntos de erosión en la microcuenca de Puente Genil	70
3.3.2.3. Estudio de la incidencia combinada de variables topográficas y del suelo en la distribución de los puntos de erosión en la microcuenca de Puente Genil	79
<b>3.4. Caracterización de los puntos de depósito en las microcuencas de estudio</b>	<b>84</b>
3.4.1. <i>Caracterización de los puntos de depósito en la microcuenca de Setenil</i>	84
3.4.1.1. Estudio de la incidencia de los factores topográficos sobre los puntos de depósito en la microcuenca de Setenil	84
3.4.1.2. Estudio de la incidencia de algunas propiedades del suelo sobre los puntos de depósito en la microcuenca de Setenil	85
3.4.1.3. Estudio de la incidencia combinada de variables topográficas y del suelo en la distribución de puntos de depósito en la microcuenca de Setenil	87
<b>4. CONCLUSIONES</b>	<b>92</b>
<b>5. REFERENCIAS</b>	<b>95</b>

## **CAPÍTULO 2: EVALUACIÓN DE LA ESCORRENTÍA Y LA PÉRDIDA DE SUELO EN DOS MICROCUENCAS DE OLIVAR SOMETIDAS A LOS MANEJOS DE MÍNIMO LABOREO Y NO LABOREO CON CUBIERTAS.**

	98
<b>ÍNDICE</b>	<b>99</b>
<b>RESUMEN.</b>	<b>107</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.</b>	<b>108</b>
<b>2. MATERIAL Y MÉTODOS.</b>	<b>112</b>
<b>2.1. Lugares de estudio: microcuencas de Setenil y Puente Genil.</b>	<b>112</b>
<b>2.2. Diseño y descripción del equipamiento par alas medidas de lluvia escorrentía y erosión.</b>	<b>115</b>
<i>2.2.1. Infraestructura para las medidas de caudal (escorrentía): aforador de profundidad crítica.</i>	115
2.2.1.1. Introducción.	115
2.2.1.2. Características específicas del aforador dispuesto a la salida de la cuenca de Setenil.	117
2.2.1.3. Características específicas del aforador dispuesto a la salida de la cuenca de Puente Genil.	122
<i>2.2.3. Equipamiento de medida lluvia-escorrentía-pérdida de suelo.</i>	128
2.2.3.1. Introducción.	128
2.2.3.2. Características específicas de los dispositivos de medida en Setenil.	131
2.2.3.2. Características específicas de los dispositivos de medida en Puente Genil	131
<b>3. RESULTADOS</b>	<b>133</b>
<b>3.1. Evaluación de las instalaciones para la medida de escorrentía y erosión en microcuencas de olivar.</b>	<b>133</b>
<i>3.1.1. Microcuenca de Setenil</i>	133
<i>3.1.2. Microcuenca de Puente Genil</i>	133
<b>3.2. Valoración de los datos de escorrentía y erosión obtenidos en las cuencas de estudio.</b>	<b>134</b>
<i>3.2.1. Microcuenca de Setenil</i>	135
3.2.1.1. Características de la lluvia.	135
3.2.1.2. Escorrentía y erosión de suelos.	137
<i>3.2.2. Microcuenca de Puente Genil</i>	141
3.2.2.1. Características de la lluvia.	141
3.2.1.2. Escorrentía y erosión de suelos.	143
<b>3.3. Discusión sobre los efectos en la escorrentía y erosión asociados al manejo en pequeñas cuencas.</b>	<b>147</b>
<b>4. CONCLUSIONES.</b>	<b>150</b>
<b>5. REFERENCIAS.</b>	<b>152</b>

**CAPÍTULO 3: MODELADO DE LA ESCORRENTÍA Y LA EROSIÓN EN DOS MICROCUENCAS DE OLIVAR SOMETIDAS A LOS MANEJOS DE MÍNIMO LABOREO Y NO LABOREO CON CUBIERAS.** 155

<b>ÍNDICE</b>	<b>156</b>
<b>RESUMEN.</b>	<b>163</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.</b>	<b>164</b>
<b>2. MATERIAL Y MÉTODOS.</b>	<b>167</b>
<b>2.1. Cuencas de estudio.</b>	<b>167</b>
2.2. El modelo AnnAGNPS.	167
2.2.1. <i>Introducción.</i>	167
2.2.2. <i>Hidrología.</i>	169
2.2.2.1. Hidrología de las celdas y generación de escorrentía.	169
2.2.2.2. Hidrología de las celdas e hidráulica de canales.	171
2.2.3. <i>Erosión.</i>	173
2.2.3.1. Erosión en celdas y transporte de sedimentos.	173
2.2.3.2. Erosión y transporte de sedimentos en canales.	176
2.2.3.3. Algoritmo de capacidad de transporte en canales.	177
2.2.3.4. Algoritmo de depósito en canales.	179
<b>2.3. Recopilación de datos para la aplicación del modelo AnnAGNPS en las cuencas de estudio.</b>	<b>181</b>
<b>2.4. Calibración y validación.</b>	<b>183</b>
2.4.1. <i>Introducción.</i>	183
2.4.2. <i>Análisis de sensibilidad.</i>	183
2.4.3. <i>Criterios estadísticos para la evaluación de la calibración.</i>	184
2.4.4. <i>Validación</i>	185
<b>2.5. Simulaciones: justificación de prácticas de conservación de suelos.</b>	<b>185</b>
<b>3. RESULTADOS.</b>	<b>186</b>
<b>3.1. Calibración.</b>	<b>186</b>
3.1.1. <i>Setenil</i>	186
3.1.2. <i>Puente Genil.</i>	189
<b>3.2. Validación.</b>	<b>190</b>
3.2.1. <i>Setenil</i>	190
3.2.2. <i>Puente Genil.</i>	191
<b>3.3. Simulaciones.</b>	<b>192</b>
3.3.1. <i>Escenario 1: Escorrentía y erosión en Setenil con fajas de vegetación siguiendo la curva de nivel</i>	192
3.3.2. <i>Escenario 2: Escorrentía y erosión en Puente Genil en años históricos más húmedos. Evaluación de las cubiertas espontáneas en condiciones de lluvia más desfavorables a las del caso de estudio.</i>	194

<b>4. CONCLUSIONES.</b>	<b>195</b>
<b>5. REFERENCIAS.</b>	<b>196</b>
<b>CONCLUSIONES FINALES</b>	<b>197</b>
<b>ANEJOS</b>	<b>198</b>
<b>ANEJO 1:</b> Atributos topográficos y propiedades del suelo de los puntos de erosión y depósito de las cuencas.	201
<b>ANEJO 2:</b> Datos del muestro de las variables edafológicas.	212
<b>ANEJO 3:</b> Histogramas de distribución de las variables de estudio en las superficies de las cuencas, las zonas de estudio y los puntos de erosión y depósito.	221
<b>ANEJO 4:</b> Ficheros de salida del ACP y el AC de los puntos de erosión y depósito en las cuencas.	242
<b>ANEJO 5:</b> Encuestas sobre el manejo de suelo realizado en la microcuencas durante el período de estudio.	273
<b>ANEJO 6:</b> Planos de las obras realizadas para la ejecución de dos instalaciones de medida de aforo de caudal y pérdida de suelo a la salida de dos microcuencas de olivar.	284
<b>ANEJO 7:</b> Curvas de gasto y ficheros de salida de los programas para el dimensionamiento de dos aforadores para la medida de caudal.	299
<b>ANEJO 8:</b> Representación de los hietogramas de lluvia bruta e hidrogramas de escorrentía con valores de concentración de sedimentos de los eventos observados en las cuencas de estudio.	307
<b>ANEJO 9:</b> Ficheros de entrada y ficheros de salida con los valores de escorrentía, caudales punta y descarga de sedimentos del programa AnnAGNPS.	319



## INTRODUCCIÓN GENERAL

El olivar es un elemento configurador de Andalucía y del resto de España. La continua expansión histórica de este sistema agrícola ha marcado el paisaje, la economía y la cultura de numerosas comarcas. Desde finales del siglo XVIII hasta mediados del siglo XX se asistió a una expansión continua de la superficie olivarera que ocupó progresivamente suelos con cada vez mayor pendiente, y por consiguiente, más frágiles. Durante mucho tiempo, este olivar fue cultivado con tracción animal que, al desplazarse según las curvas de nivel, limitaba la pérdida de suelo. La progresiva incorporación de maquinaria y el empleo generalizado del laboreo evidenció la intensidad y amplitud de la erosión en estos olivares (Junta de Andalucía, 2003).

En los últimos años, se han introducido nuevos sistemas de manejo como el laboreo mínimo, el laboreo nulo y el uso de cubiertas en las calles. Los diferentes sistemas de manejo de laboreo modifican las características del suelo y las condiciones de contorno de los procesos de transferencia de masa y energía que tienen lugar en ellos alterando la infiltración y consecuentemente, la generación de escorrentía y la erosión (Giráldez, 1997).

Los mecanismos de generación de escorrentía y pérdida de suelo han sido ampliamente estudiados en áreas semiáridas como Andalucía, aunque la mayoría de esfuerzos tanto en modelado como en adquisición de medidas de campo han estado concentrados en escala de parcela, a pesar de sus limitaciones en la predicción hidrológica (Cantón et al., 2001). Existen diversos estudios dedicados a la pérdida de suelo en olivar, todos ellos realizados sobre parcelas de ladera de un máximo de 200 m<sup>2</sup> donde se analizan la incidencia del uso de olivar y el manejo del suelo correspondiente (Kosmas et al., 1997; Pastor et al., 1999; Gómez et al. 2002; Gómez et al., 2003; Gómez et al., 2004; Hernández et al., 2005; Francia et al., 2005). Los resultados de estos estudios son diversos y, en algunos casos contradictorios, debido fundamentalmente a las distintas condiciones ambientales en las que se han realizado.

Por consiguiente, parece adecuado reducir la escala de estudio a unidades geomorfológicas no aisladas donde el número de fenómenos naturales que intervienen en la circulación de agua y sedimentos es mayor y más complejo que en las parcelas de ladera. Por otro lado, el 71,4% de las explotaciones olivareras en Andalucía son pequeñas y medianas, con un tamaño medio 2,37 ha para las primeras y de 18,02 ha para las segundas (Junta de Andalucía, 2003). De esta manera, la microcuenca, con una extensión intermedia que se ajusta al tamaño medio de la propiedad, se convierte en una unidad ambiental y de gestión ideal para abordar los problemas de pérdida de suelo y las medidas de conservación.

En esta situación, es necesaria la caracterización de los patrones hidrológicos y erosivos que tienen lugar en las microcuencas tratadas bajo distintos manejos, la recopilación de datos de precipitación, escorrentía y sedimentos que verifiquen la susceptibilidad real a la erosión de los olivares y finalmente, el modelado y validación de estos procesos para poner a punto herramientas de gestión que permitan simular distintos escenarios y predecir el impacto del manejo en otras microcuencas.

En este trabajo, se aborda el estudio de la erosión en dos microcuencas de aproximadamente 6 ha, sometidas a mínimo laboreo y a no laboreo con cubiertas. La primera parte, está dedicada al análisis de la variabilidad intrínseca de las cuencas desde el punto de vista de la topografía y el suelo (con las consideraciones derivadas del manejo) para conocer sus principales condicionantes a la hora de compararlas. En ellas, se han localizado puntos donde los procesos de erosión y depósito son evidentes, analizándose las variables más influyentes tanto para la interpretación de los valores de escorrentía y erosión (Cap. 2) como para el modelado (Cap. 3). La segunda parte, está dedicada a la adquisición y análisis de datos que proporcionen información del balance hidrológico y las pérdidas de suelo. Para ello, se ha diseñado e instalado una pequeña estación hidrológica en cada una de las cuencas de estudio, de las que se han adquirido datos de precipitación, escorrentía y concentración de sedimentos en un ciclo de

más de un año (2005-2006). Finalmente, en la última parte, se ha seleccionado un modelo de simulación de procesos hidrológicos y erosivos, AnnAGNPS (Bingner y Theurer, 2003), para su calibración y validación según los episodios registrados con el objeto de juzgar sus resultados así como su extrapolación a otros escenarios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BINGNER, R.L. y THEURER, F.D., 2003. *Agricultural non-point source pollution model*. AnnAGNPS Technical Processes Documentation Version 3.3. USDA-ARS-NRCS.
- CANTÓN, Y., F. DOMINGO, A. SOLÉ-BENET y J. PUIGDEFÁBREGAS, 2001. *Hydrological y erosion response of badland system in semiarid SE Spain*. J. Hydrol., 252: 65-84.
- JUNTA DE ANDALUCÍA, Consejería de Agricultura y Pesca. 2003. *El olivar andaluz*. Servicio de Publicaciones y Divulgación, Sevilla.
- FRANCIA, A., V. DURÁN y A. MARTÍNEZ, 2006. *Environmental impact from mountainous olive orchards under different soil-management systems (SE Spain)*. Sci. Total Environ., 358: 46-60.
- GIRÁLDEZ, J.V., 1997. *Efecto de los sistemas de laboreo sobre las propiedades físicas del suelo*. En: Agricultura de Conservación: Fundamentos Agronómicos, Medioambientales y Económicos. Eds. L. García Torres y P. González Fernández. Edita: Asociación Española Laboreo de Conservación/ Suelos Vivos, Córdoba, España.
- GÓMEZ, J.A., F. ORGAZ, F. J. VILLALOBOS y E. FERERES, 2002. *Analysis of the effects of soil management on runoff generation in olive orchards using a physically based model*. Soil Use Manag., 18: 191-198.
- GÓMEZ, J.A., M. BATTANY, C.S. RENSCHLER y E. FERERES, 2003. *Evaluating the impact of soil management on soil loss in olive orchards*. Soil Use Manag., 19: 127-134.
- GÓMEZ, J.A., P. ROMERO, P. GIRÁLDEZ y E. FERERES, 2004. *Experimental assessment of runoff y soil erosion in an olive grove on a Vertic soil in southern Spain affected by soil management*. Soil Use Manag., 20: 426-431.
- HERNÁNDEZ, A.J., C. LACASTA, J. PASTOR, 2005. *Effects of different management practices on soil conservation y soil water in a rainfed olive orchard*. Agr. Water Manag., 77: 232-248.
- KOSMAS, C., N. DANALATOS, L.H. CAMERAAT, M. CHABART, J. DIAMANTOPULUS, L. FARY, L. GUTIÉRREZ, L. JACOB, H. MARQUES, J. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A. MIZARA, N. MOUSTAKAS, J.M. NICOLAU, C. OLIVEROS, G. PINNA, R. PUDDU, J. PUIGDEFÁBREGAS, M. ROXO, A. SIMAO, G. STAMOU, N. TOMASI, D. USAI y A. VACCA, 1997. *The effects of land-use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions*. Catena, 29: 45-59.
- PASTOR, M., J. CASTRO, V. VEGA y M.D. HUMANES, 1997. *Sistema de manejos de suelo*. En: Barranco D., Fernández R.E., Rallo L., eds. El cultivo del olivo. CAP-Mundi Prensa; Sevilla-Madrid, 198-228.

## Capítulo 1:

Influencia de los factores topográficos y edafológicos en los procesos de erosión y depósito en dos microcuencas de olivar con manejos de mínimo laboreo y no laboreo con cubiertas.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>14</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>15</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>18</b>
<b>2.1. Introducción</b>	<b>18</b>
<b>2.2. Sitios de estudio</b>	<b>18</b>
2.2.1. <i>Microcuenca de olivar en mínimo laboreo situada en Setenil (Cádiz)</i>	18
2.2.2. <i>Microcuenca de olivar en no laboreo con cubiertas situada en Puente Genil (Córdoba)</i>	20
<b>2.3. Caracterización de las microcuencas de estudio</b>	<b>21</b>
2.3.1. <i>Análisis exploratorio de las propiedades topográficas de las microcuencas de estudio</i>	21
2.3.2. <i>Análisis exploratorio algunas propiedades del suelo de las microcuencas de estudio</i>	22
<b>2.4. Localización y caracterización de puntos de erosión y depósito en las cuencas de estudio</b>	<b>25</b>
2.4.1. <i>Levantamientos topográficos de precisión: puntos de control para el análisis de la erosión y el depósito de sedimentos</i>	25
2.4.1.1. <i>Introducción</i>	25
2.4.1.2. <i>Microcuenca de Setenil</i>	25
2.4.1.3. <i>Microcuenca de Puente Genil</i>	26
2.4.2. <i>Caracterización topográficas y de variables del suelo de los puntos de erosión y depósito de sedimentos</i>	27
2.4.3. <i>Análisis de la incidencia de los controles topográficos y edafológicos sobre la distribución de sedimentos en las cuencas de estudio</i>	27
2.4.3.1. <i>Análisis de componente principales</i>	27
2.4.3.2. <i>Análisis Cluster</i>	28

<b>3. RESULTADOS</b>	<b>29</b>
<b>3.1. Caracterización topográfica de la microcuencas</b>	<b>29</b>
3.1.1. <i>Microcuenca de Setenil</i>	29
3.1.2. <i>Microcuenca de Puente Genil</i>	30
3.1.3. <i>Comparativa de los atributos topográficos de las cuencas de estudio</i>	32
<b>3.2. Caracterización de algunas propiedades del suelo en la microcuencas de estudio</b>	<b>34</b>
3.2.1. <i>Microcuenca de Setenil</i>	34
3.2.2. <i>Microcuenca de Puente Genil</i>	38
3.2.3. <i>Comparativa entre las propiedades físicas del suelo en ambas cuencas</i>	41
<b>3.3. Caracterización de los puntos de erosión en las microcuencas de estudio</b>	<b>43</b>
3.3.1. <i>Caracterización de los puntos de erosión en la microcuenca de Setenil</i>	43
3.3.1.1. Estudio de la incidencia de los factores topográficos sobre los puntos de erosión en la microcuenca de Setenil	43
3.3.1.2. Estudio de la incidencia de algunas propiedades del suelo sobre los puntos de erosión en la microcuenca de Setenil	50
3.3.1.3. Estudio de la incidencia combinada de variables topográficas y del suelo en la distribución de los puntos de erosión en la microcuenca de Setenil	59
3.3.2. <i>Caracterización de los puntos de erosión en la microcuenca de Puente Genil</i>	64
3.3.2.1. Estudio de la incidencia de los factores topográficos sobre los puntos de erosión en la microcuenca de Puente Genil	64
3.3.2.2. Estudio de la incidencia de algunas propiedades del suelo sobre los puntos de erosión en la microcuenca de Puente Genil	70
3.3.2.3. Estudio de la incidencia combinada de variables topográficas y del suelo en la distribución de los puntos de erosión en la microcuenca de Puente Genil	79
<b>3.4. Caracterización de los puntos de depósito en las microcuencas de estudio</b>	<b>84</b>
3.4.1. <i>Caracterización de los puntos de depósito en la microcuenca de Setenil</i>	84
3.4.1.1. Estudio de la incidencia de los factores topográficos sobre los puntos de depósito en la microcuenca de Setenil	84
3.4.1.2. Estudio de la incidencia de algunas propiedades del suelo sobre los puntos de depósito en la microcuenca de Setenil	85
3.4.1.3. Estudio de la incidencia combinada de variables topográficas y del suelo en la distribución de puntos de depósito en la microcuenca de Setenil	87

<b>4. CONCLUSIONES</b>	<b>92</b>
------------------------	-----------

<b>5. REFERENCIAS</b>	<b>95</b>
-----------------------	-----------

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1.</b> Estadísticos de los atributos topográficos de la cuenca de Setenil.	29
<b>Tabla 1.2.</b> Estadísticos de los atributos topográficos de la cuenca de Puente Genil.	31
<b>Tabla 1.3.</b> Datos edafológicos de la calicata realizada en Setenil.	35
<b>Tabla 1.4.</b> Estadísticas de los atributos edafológicos en la microcuenca de Setenil.	35
<b>Tabla 1.5.</b> Estadísticas de los atributos de propiedades del suelo relacionados con la infiltración y el manejo en la microcuenca de Setenil.	37
<b>Tabla 1.6.</b> Datos edafológicos del perfil realizado en Puente Genil.	38
<b>Tabla 1.7.</b> Estadísticas de los atributos edafológicos en la microcuenca de Puente Genil.	39
<b>Tabla 1.8.</b> Estadísticas de los atributos relacionados con la infiltración y el manejo en la microcuenca Puente Genil.	39
<b>Tabla 1.9.</b> Estadísticos de los atributos topográficos de los puntos de pérdida de la cuenca de Setenil.	43
<b>Tabla 1.10.</b> Estadísticos de los atributos topográficos de la zona de estudio en la cuenca de Setenil.	43
<b>Tabla 1.11.</b> Estadísticas de los atributos edafológicos en la zona de estudio de la microcuenca de Setenil.	57
<b>Tabla 1.12.</b> Estadísticas de los atributos edafológicos de los puntos de pérdida en la microcuenca de Setenil.	57
<b>Tabla 1.13.</b> Estadísticas de algunas propiedades físicas del suelo relacionadas con la infiltración y el manejo de la zona de estudio en la microcuenca de Setenil.	57
<b>Tabla 1.14.</b> Estadísticas de algunas propiedades físicas del suelo relacionadas con la infiltración y el manejo de los puntos de pérdida en la microcuenca de Setenil.	58
<b>Tabla 1.15.</b> Varianza del ACP de los atributos de los puntos de pérdida de la microcuenca de Setenil.	59
<b>Tabla 1.16.</b> Peso de las variables del ACP de los puntos de pérdida de la microcuenca de Setenil.	60
<b>Tabla 1.17.</b> Coordenadas de los puntos de erosión sobre los ejes principales y cosenos cuadrados de las proyecciones de los puntos sobre los ejes como prueba de la calidad de la representación.	63
<b>Tabla 1.18.</b> Estadísticos de los atributos topográficos de los puntos de erosión de la cuenca de Puente Genil.	64
<b>Tabla 1.19.</b> Estadísticos de los atributos topográficos de la zona de estudio en la cuenca de Puente Genil.	64
<b>Tabla 1.20.</b> Estadísticas de los atributos edafológicos en la zona de estudio de la microcuenca de Puente Genil.	77
<b>Tabla 1.21.</b> Estadísticas de los atributos edafológicos de los puntos de pérdida en la microcuenca de Puente Genil.	77
<b>Tabla 1.22.</b> Estadísticas de algunas propiedades físicas del suelo relacionadas con la infiltración y el manejo de la zona de estudio en la microcuenca de Puente Genil.	78
<b>Tabla 1.23.</b> Estadísticas de algunas propiedades físicas del suelo relacionadas con la infiltración y el manejo de los puntos de pérdida en la microcuenca de Puente Genil.	78
<b>Tabla 1.24.</b> Varianza del ACP de los atributos de los puntos de pérdida de la microcuenca de Puente Genil.	80
<b>Tabla 1.25.</b> Peso de las variables del ACP de los puntos de pérdida de la microcuenca de Puente Genil.	81
<b>Tabla 1.26.</b> Coordenadas de los puntos de erosión sobre los ejes principales y cosenos cuadrados de las proyecciones de los puntos sobre los ejes como prueba de la calidad de la representación.	82
<b>Tabla 1.27.</b> Estadísticos de los atributos topográficos de los puntos de depósito de la cuenca de Setenil.	84
<b>Tabla 1.28.</b> Estadísticas de los atributos edafológicos de los puntos de depósito en la microcuenca de Setenil.	86
<b>Tabla 1.29.</b> Estadísticas de algunas propiedades físicas del suelo relacionadas con la infiltración y el manejo de los puntos de depósito en la microcuenca de Setenil.	88
<b>Tabla 1.30.</b> Varianza del ACP de los atributos de los puntos de depósito de la microcuenca de Setenil.	50
<b>Tabla 1.31.</b> Peso de las variables del ACP de los puntos de depósito de la microcuenca de Setenil.	88
<b>Tabla 1.32.</b> Coordenadas de los puntos de erosión sobre los ejes principales y cosenos cuadrados de las proyecciones de los puntos sobre los ejes como prueba de la calidad de la representación.	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1.</b> Situación general de las cuencas de estudio en Andalucía.	18
<b>Figura 1.2.</b> Delimitación de la subcuenca de Setenil sobre la ortofotografía diferenciando la zona de olivar y la de cereal.	19
<b>Figura 1.3.</b> Delimitación de la subcuenca de Puente Genil sobre la ortofotografía indicando la salida al arroyo (punto de aforo) y su salida al río Genil.	20
<b>Figura 1.4.</b> Puntos de muestreo de distintas propiedades del suelo en la cuenca de Setenil.	23
<b>Figura 1.5.</b> Puntos de muestreo de algunas propiedades del suelo en la cuenca de Puente Genil.	24
<b>Figura 1.6.</b> Modelo de elevación de la cuenca de Setenil con la maya de puntos de control, mostrando los puntos de pérdida (rojo) y ganancia (azul) de cota.	26
<b>Figura 1.7.</b> Modelo de elevación de la cuenca de Puente Genil con la maya de puntos de control, mostrando los puntos de pérdida (rojo) y ganancia (azul) de cota.	26
<b>Figura 1.8.</b> Vista de las laderas N (en primer plano) y S (suelo más rojizo) de la microcuenca de Setenil próxima al inicio de la cárcava.	29
<b>Figura 1.9.</b> Vista de las laderas N (en primer plano) y S (suelo más rojizo) de la microcuenca de Setenil en la cárcava.	29
<b>Figura 1.10.</b> Modelo de elevación tridimensional de una ortofoto con la cuenca de Setenil superpuesta.	30
<b>Figura 1.11.</b> Vista general de las laderas de la cuenca de Puente Genil.	31
<b>Figura 1.12.</b> Modelo de elevación tridimensional de una ortofoto con la cuenca de Puente Genil superpuesta.	32
<b>Figura 1.13.</b> Detalle de las medias lunas a los pies de los olivos y la pendiente en la ladera S de la cuenca de Puente Genil.	33
<b>Figura 1.14.</b> Detalle de la curvatura del terreno y la pendiente en la ladera N de la cuenca de Puente Genil.	33
<b>Figura 1.15.</b> Detalle de la pendiente y curvatura de una calle en la ladera S de la cuenca de Setenil vista desde el arroyo con evidencias de pérdida de suelo.	33
<b>Figura 1.16.</b> Detalle de la pendiente y curvatura de una calle en la ladera N de la cuenca de Setenil.	33
<b>Figura 1.17.</b> Vista de parte de la calicata llevada cabo en la cuenca de estudio de Setenil.	34
<b>Figura 1.18.</b> Paredes del arroyo de Setenil que ponen de manifiesto la profundidad del suelo.	34
<b>Figura 1.19.</b> Vista de la ladera N (a la derecha del arroyo) con abundancia de elementos gruesos en superficie.	36
<b>Figura 1.20.</b> Vista de una calle de la cabecera con una tasa menos de elementos gruesos en superficie y menos compactada.	36
<b>Figura 1.21.</b> Ladera N cubierta de elementos gruesos calizos y restos de vegetación agostada.	36
<b>Figura 1.22.</b> Zona de ladera S con elementos gruesos. Al final de la calle se observa la variación del color del suelo en cabecera.	36
<b>Figura 1.23.</b> Muestra de afloramientos de roca madre en la ladera.	38
<b>Figura 1.24.</b> Corte del terreno donde se limpió y se procedió al examen de los horizontes.	38
<b>Figura 1.25.</b> Zona más compactada en la ladera N por el paso de tractores.	40
<b>Figura 1.26.</b> Ensayo de Ksat en una zona la ladera S con mejores condiciones de infiltración	40
<b>Figura 1.27.</b> Ladera S con detalles de las dificultades del relieve.	40
<b>Figura 1.28.</b> Ladera S con detalles de las dificultades del relieve y afloramientos de caliza.	40
<b>Figura 1.29a.</b> Histograma del factor LSF en la zona de estudio en la microcuenca de Setenil.	44
<b>Figura 1.29b.</b> Histograma del factor LSF correspondiente a los puntos de erosión (Setenil).	44
<b>Figura 1.30a.</b> Histograma de $\beta$ (°) en la zona de estudio en Setenil.	45
<b>Figura 1.30a.</b> Histograma de $\beta$ (°) correspondiente a los puntos de erosión en la microcuenca de Setenil.	45
<b>Figura 1.31.</b> Distribución espacial de los valores de A (ha) en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.	46
<b>Figura 1.32.</b> Distribución espacial de los valores de LSF en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.	46
<b>Figura 1.33.</b> Distribución espacial de los valores de $w_T$ en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.	47
<b>Figura 1.34.</b> Distribución espacial de los valores de $\omega$ en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.	47
<b>Figura 1.35.</b> Distribución espacial de los valores de $\phi$ en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.	48

<b>Figura 1.36.</b> Distribución espacial de los valores de $\beta(^{\circ})$ en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.	49
<b>Figura 1.37.</b> Distribución espacial de los valores de $\Psi(^{\circ})$ en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.	49
<b>Figura 1.38.</b> Distribución espacial de los valores de $H$ (m) en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.	49
<b>Figura 1.39.</b> Distribución espacial de la fracción arena (%) en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.	50
<b>Figura 1.40.</b> Distribución espacial de la fracción limo (%) en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.	51
<b>Figura 1.41.</b> Distribución espacial de la fracción arcilla (%) en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.	51
<b>Figura 1.42.</b> Distribución espacial del % en materia orgánica (M.O.) en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.	52
<b>Figura 1.43.</b> Distribución espacial del % de carbonatos en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.	52
<b>Figura 1.44.</b> Distribución espacial de la $K_{sat0}$ (cm/h) en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.	53
<b>Figura 1.45.</b> Distribución espacial de los valores de $K_{sat10}$ (cm/h) en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.	53
<b>Figura 1.46.</b> Distribución espacial de los valores de $D_{ap0}$ (g/cm <sup>3</sup> ) en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.	54
<b>Figura 1.47.</b> Distribución espacial de los valores de $D_{ap10}$ (g/cm <sup>3</sup> ) en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.	54
<b>Figura 1.48.</b> Distribución espacial de los valores de $CC_0$ en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.	55
<b>Figura 1.49.</b> Distribución espacial de los valores de $CC_{10}$ en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.	55
<b>Figura 1.50.</b> Distribución espacial de los valores de $PMP_0$ en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.	56
<b>Figura 1.51.</b> Distribución espacial de los valores de $PMP_{10}$ en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.	56
<b>Figura 1.52a.</b> Histograma de la $K_{sat0}$ en la zona de estudio (Setenil).	58
<b>Figura 1.52b.</b> Histograma de la $K_{sat0}$ correspondiente a los puntos de erosión (Setenil).	58
<b>Figura 1.53.</b> Distribución de los puntos de pérdida en el plano principal y grupos determinados por el AC (Setenil).	61
<b>Figura 1.54.</b> Distribución de los grupos del AC en la microcuenca de Setenil.	62
<b>Figura 1.55.</b> Ladera representativa del Grupo 1 (mayo 2006).	62
<b>Figura 1.56.</b> Ladera representativa del Grupo 4 (mayo 2006).	62
<b>Figura 1.57.</b> Ladera representativa del Grupo 3 (mayo 2006).	62
<b>Figura 1.58.</b> Contraste de las características de suelo y relieve a ambos lados del arroyo.	62
<b>Figura 1.59.</b> Cárcava en la ladera originada por el deterioro causado por el flujo en una medialuna.	65
<b>Figura 1.60.</b> Camino de flujo en la ladera dirigido por la pendiente y la curvatura originada por las medialunas y las calles.	65
<b>Figura 1.61.</b> Cambio de pendiente negativo de una medialuna para la captación de agua en la ladera	65
<b>Figura 1.62.</b> Incidencia de las variaciones de curvatura local y la pendiente a lo largo de ladera S.	65
<b>Figura 1.63a.</b> Distribución de $\phi$ en la zona de estudio de la microcuenca de Puente Genil.	66
<b>Figura 1.63b.</b> Distribución de $\phi$ correspondiente a los puntos de erosión (Puente Genil).	66
<b>Figura 1.64.</b> Distribución espacial de los valores de $A$ (ha) en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.	66
<b>Figura 1.65.</b> Distribución espacial de los valores de $LSF$ en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.	67
<b>Figura 1.66.</b> Distribución espacial de los valores de $w_T$ en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.	67
<b>Figura 1.67.</b> Distribución espacial de los valores de $\omega$ en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.	68

<b>Figura 1.68.</b> Distribución espacial de los valores de $\phi$ en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.	68
<b>Figura 1.69.</b> Distribución espacial de los valores de $\beta(^{\circ})$ en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.	69
<b>Figura 1.70.</b> Distribución espacial de los valores de orientación en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.	69
<b>Figura 1.71.</b> Distribución espacial de los valores de $H$ (m) en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.	70
<b>Figura 1.72.</b> Distribución espacial de la fracción arena (%) en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.	71
<b>Figura 1.73.</b> Distribución espacial de la fracción limo (%) en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.	71
<b>Figura 1.74.</b> Distribución espacial de la fracción arcilla (%) en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.	72
<b>Figura 1.75.</b> Distribución espacial del contenido en M.O. (%) en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.	72
<b>Figura 1.76.</b> Distribución espacial del contenido en carbonatos (%) en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.	73
<b>Figura 1.77.</b> Distribución espacial de los valores de $K_{sat0}$ (cm/h) en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.	73
<b>Figura 1.78.</b> Distribución espacial de los valores de $K_{sat10}$ (cm/h) en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.	74
<b>Figura 1.79.</b> Distribución espacial de los valores de $D_{ap0}$ (g/cm <sup>3</sup> ) en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.	74
<b>Figura 1.80.</b> Distribución espacial de los valores de $D_{ap10}$ (g/cm <sup>3</sup> ) en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.	75
<b>Figura 1.81.</b> Distribución espacial de los valores de $CC_0$ en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.	75
<b>Figura 1.82.</b> Distribución espacial de los valores de $CC_{10}$ en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.	76
<b>Figura 1.83.</b> Distribución espacial de los valores de $PMP_0$ en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.	76
<b>Figura 1.84.</b> Distribución espacial de los valores de $PMP_{10}$ en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.	77
<b>Figura 1.85.</b> Distribución de los puntos de erosión en Puente Genil en el plano principal y grupos determinados por el AC.	80
<b>Figura 1.86.</b> Distribución de los grupos del AC en la microcuenca de Puente Genil.	82
<b>Figura 1.87.</b> Zona de la ladera S que puede ser representativa del Grupo 1 (abril 2006).	83
<b>Figura 1.88.</b> Zona de la ladera N donde se situaban los puntos Grupo 2 (junio 2006).	83
<b>Figura 1.89.</b> Muestra de depósitos de sedimentos en el canal mostrando la ladera N (mayo 2006).	84
<b>Figura 1.90.</b> Muestra de depósitos de sedimentos en el canal mostrando la ladera S (mayo 2006).	84
<b>Figura 1.91.</b> Ortofotografía de la subcuenca con los puntos de depósito, mostrando las áreas blanquecinas donde los elementos gruesos de carbonato cálcico son abundantes.	85
<b>Figura 1.92.</b> Ladera N mostrando elementos gruesos y cubierta vegetal, en el mes de mayo de 2006 poco antes del tratamiento fitosanitario de primavera.	86
<b>Figura 1.93.</b> Ladera S con el suelos desnudo, en el mes de mayo de 2006 poco antes del tratamiento fitosanitario de primavera.	86
<b>Figura 1.94a.</b> Histograma de $K_{sat0}$ en la zona de estudio de la microcuenca de Setenil.	87
<b>Figura 1.94b.</b> Histograma de $K_{sat0}$ correspondiente a los puntos de depósito localizado en la microcuenca de Setenil.	87
<b>Figura 1.95.</b> Plano principal mostrando las variables correlacionadas con cada eje y los grupos formados desde el AC.	90
<b>Figura 1.96.</b> Subcuenca de Setenil mostrando los grupos que el AC ha discriminado dentro de los puntos de ganancia.	91

**NOTACIÓN**

$A$	es el área contribuyente (ha).
$A_s$	es el área específica en $m^2 \cdot m^{-1}$ (Eq. 1.1.).
$C_i$	es el valor del peso de ponderación de un individuo en un grupo (AC, Eq. 1.14-15).
$CC_0$	es el valor de la capacidad de campo en los primeros 10 cm del suelo (tanto por uno).
$CC_{10}$	es el valor de la conductividad hidráulica por debajo de los primeros 10 cm del suelo (tanto por uno).
$CK$	es el coeficiente de curtosis de un conjunto de referidas a la distribución del total de la superficie de la cuenca o a la zona de estudio o a los puntos de erosión o los puntos de depósito para cada una de las variables topográficas y edafológicas estudiadas.
$CS$	es el coeficiente de sesgo de un conjunto de medidas referidas a la distribución del total de la superficie de la cuenca o a la zona de estudio o a los puntos de erosión o los puntos de depósito para cada una de las variables topográficas y edafológicas estudiadas.
$CV$	es el coeficiente de variación de un conjunto de medidas referidas a la distribución del total de la superficie de la cuenca o a la zona de estudio o a los puntos de erosión o los puntos de depósito para cada una de las variables topográficas y edafológicas estudiadas.
$D_{ap0}$	es el valor de la densidad aparente en los primeros 10 cm del suelo ( $g/cm^3$ ).
$D_{ap10}$	es el valor de la densidad aparente por debajo de los primeros 10 cm del suelo ( $g/cm^3$ ).
$D_i$	es la distancia de un punto $i$ al centroide de su grupo $K$ (AC, Eq. 1.14).
$Dt$	es la desviación típica de un conjunto de medidas referidas al total total de la superficie de la cuenca o a la zona de estudio o a los puntos de erosión o los puntos de depósito para cada una de las variables topográficas y edafológicas estudiadas.
$H$	es la cota o altitud en las celdas del modelo de elevación del terreno (m).
$K_{sat0}$	es el valor de la conductividad hidráulica en los primeros 10 cm del suelo (cm/h).
$K_{sat10}$	es el valor de la conductividad hidráulica por debajo de los primeros 10 cm del suelo (cm/h).
$M$	es el valor de medio de un conjunto de medidas referidas al totalde la superficie de la cuenca o a la zona de estudio o a los puntos de erosión o los puntos de depósito para cada una de las variables topográficas y edafológicas estudiadas.
$Max$	es el valor máximo de un conjunto de medidas referidas al total de la superficie de la cuenca o a la zona de estudio o a los puntos de erosión o los puntos de depósito para cada una de las variables topográficas y edafológicas estudiadas.
$Min$	es el valor mínimo de un conjunto de medidas referidas al total de la superficie de la cuenca o a la zona de estudio o a los puntos de erosión o los puntos de depósito para cada una de las variables topográficas y edafológicas estudiadas.
$LSF$	es el factor longitud de ladera (sin dimensiones, Eq. 1.1.).
$p$	número total variables topográficas y edafológicas que se incluyen en el ACP.
$PMP_0$	es el valor del punto de marchitez permanente en los primeros 10 cm del suelo (tanto por uno).
$PMP_{10}$	es el valor del punto de marchitez permanente por debajo de los primeros 10 cm del suelo (tanto por uno).
$RMSE$	notación general para el error medio cuadrático de una medida.
$u_\alpha$	vectores propios de la matriz de covarianza (para valores centrados y reducidos, de coeficientes de correlación, ACP, Eq. 1.11-12).
$V$	es la matriz del cuadrado de los cosenos directores de la proyección sobre cada eje principal de los individuos (ACP, Eq. 1.13).
$w_T$	es el Índice de Humedad Topográfico (sin dimensiones, Eq. 1.2.).
$w_j^*$	coordenadas o proyecciones de los individuos sobre los ejes principales (ACP, Eq.1.12-13).

## Capítulo 1

$X_i(w_j)$  conjunto de medidas correspondientes a los  $n$  sujetos  $w_j$  que se corresponden con los puntos de erosión y depósito (Eq. 1.9).

$X_{jk}$  coordenadas del centro de un grupo  $K$  (AC, Eq. 1.15).

$Z_i(w_j)$  conjunto de medidas correspondientes a los  $n$  sujetos  $w_j$  centradas y reducidas.

**SÍMBOLOS**

$\beta$	es la pendiente en grados.
$\varphi$	es la curvatura del perfil (sin dimensiones, Eq. 1.5).
$\psi$	es la orientación ( $^{\circ}$ , Eq. 1.7).
$\mu_i$	valor medio de los valores correspondientes a los $n$ sujetos para cada una de las $p$ variables (ACP, Eq. 1.9).
$\lambda_{\alpha}$	valores propios de la matriz de covarianza (para valores centrados y reducidos, de coeficientes de correlación, ACP, Eq. 1.10-11).
$\rho_{i,i-1}$	es la matriz de covarianzas, para datos centrados y reducidos es equivalente a la matriz de coeficientes de correlación (ACP, Eq. 1.10-11).
$\sigma^2$	es la varianza que explica cada uno de los ejes principales en el ACP (medida en valor absoluto, porcentaje y porcentaje acumulado).
$\sigma_c$	es el error medio cuadrático de la suma de dos magnitudes (Eq. 1.8)
$\sigma_i$	desviación típica de los valores correspondientes a los $n$ sujetos para cada una de las $p$ variables (ACP, Eq. 1.9).
$\omega$	es la curvatura plana (sin dimensiones, Eq. 1.4)

## RESUMEN

En Andalucía se elabora el 54,7% del aceite producido en la U.E. El 71,4% de las explotaciones olivareras en Andalucía son pequeñas y medianas, con un tamaño medio de 2,37 ha y 18,02 ha, respectivamente. Además, el olivar es uno de los cultivos en los que el riesgo de erosión es más elevado por las altas pendientes en la que están dispuestos.

Para abordar los problemas de pérdida de suelo y de productividad en estas explotaciones, la microcuenca constituye la una unidad geomorfológica donde los procesos de circulación de agua y sedimentos son más numerosos y complejos que en parcelas experimentales aisladas.

En este capítulo, en primer lugar, se han caracterizado algunos atributos topográficos, y edafológicos de dos pequeñas cuencas de aproximadamente 6 ha y sometidas a los manejos de mínimo laboreo (Setenil) y no laboreo con cubiertas (Puente Genil). Las variables de estudio han sido: área de desagüe ( $A$ ), factor de longitud de ladera ( $LSF$ ), índice de humedad topográfico ( $w_T$ ), pendiente ( $\beta$ ), curvatura plana ( $\omega$ ), curvatura del perfil ( $\varphi$ ), orientación ( $\Psi$ ), cota ( $H$ ), %arena, % limo, % arcilla, % M.O., %CaCO<sub>3</sub>, conductividad hidráulica saturada de 0 a 10 cm de profundidad y por debajo de 10 cm ( $K_{sat0}$  y  $K_{sat10}$ ), densidad aparente de 0 a 10 cm de profundidad y por debajo de 10 cm ( $D_{ap0}$ ,  $D_{ap10}$ ) y capacidad de campo y punto de marchitez permanente de 0 a 10 cm de profundidad y por debajo de 10 cm ( $CC_0$ ,  $CC_{10}$ ,  $PMP_0$  y  $PMP_{10}$ ). El objetivo ha sido caracterizar los patrones hidrológicos y erosivos de las microcuencas para poder compararlas. Así, se ha realizado un análisis exploratorio de los atributos de las cuencas examinando sus estadísticos, los histogramas y la distribución espacial de los mismos. Ambas cuencas presentan valores de textura próximos, sin embargo, tanto la topografía ( $\beta$  y  $LSF$ ) como otras variables derivadas del manejo como  $K_{sat0}$  y %M.O. resultan muy distintas. De esta manera, la cuenca de Puente Genil respecto a la de Setenil, presenta valores de  $\beta$  y  $LSF$  más elevados y distinta combinación de las curvaturas locales ( $\omega$  y  $\varphi$ ) como resultado de las medialunas construidas a los pies de los olivos. Por otra parte, en general los %M.O son superiores y la  $K_{sat0}$  notablemente más reducida.

Por otro lado, la necesidad del estudio de la erosión en olivar a una escala menor que la de parcela, exige la aplicación de métodos de medida que permitan adquirir un alto número de datos sin testigos de una forma fácil y económica y con valores de precisión adecuada, tales como el GPS (Global Positioning System). Se han establecido dentro de las cuencas unas zonas de estudio donde se han dispuesto unas mallas de puntos de control del nivel de cota, localizándose puntos de erosión y puntos de depósito. La caracterización de estos puntos según las variables anteriores y la comparación de estadísticos, histogramas y distribución espacial con los correspondientes a la zona de estudio, han permitido identificar distintas tendencias. Finalmente, tras el examen de rasgos globales de los puntos de erosión y depósito se han aplicado las metodologías del Análisis de Componentes Principales y el Análisis Cluster para el examen de diferentes patrones de comportamiento o grupos de variables que definan tendencias distintas entre estos puntos.

En los puntos de pérdida de suelo en ambas cuencas, tanto el papel de la topografía ( $\beta$  y  $LSF$ ) como el de las condiciones de infiltración ( $K_{sat0}$ ) resultan fundamentales para explicar la pérdida de suelo en los puntos de control. Así, las áreas más susceptibles a la pérdida de suelo en las cuencas de estudio son aquellas donde el transporte de sedimentos se ve favorecido por la topografía o por la reducción de infiltración. La erodibilidad tiene un papel menor debido o bien a la baja variabilidad (Puente Genil) o bien al papel de la cobertura (Setenil). En el caso del depósito, que únicamente se ha estudiado en la cuenca de Setenil, hay que destacar la tendencia a concentrarse en áreas con los valores más altos de  $K_{sat0}$ , lo cual incide en la importancia que la infiltración y el manejo tienen, en la redistribución de sedimentos en la cuenca.

## 1. INTRODUCCIÓN.

El olivar es uno de los cultivos en los que el riesgo de erosión es mayor, no sólo por la superficie tan importante que ocupa y su producción, hay  $1,48 \cdot 10^6$  ha en Andalucía en la cuales se obtienen el 54,7% del aceite elaborado en la U. E., sino que a ello se suma el efecto de las elevadas pendientes en la que están dispuestos los olivares. Autores como López-Cuervo (1990) llegan a estimar estas pérdidas en 80 t/ha. Por otra parte, el 71,4% de las explotaciones oliveras en Andalucía son pequeñas y medianas, con un tamaño medio 2,37 ha para las primeras y de 18,02 ha para las segundas (Consejería de Agricultura y Pesca, 2003), siendo la microcuenca una unidad ambiental cuya extensión permite abordar los problemas de pérdida de suelo por fincas individuales o por grupos reducidos de propietarios. Además, de cara a la investigación en las microcuencas en el número de fenómenos naturales que intervienen en la circulación de agua y sedimentos es mayor y más complejo que en las parcelas de ladera tradicionalmente utilizadas en el análisis de la erosión en olivar.

Los mecanismos de generación de escorrentía y pérdida de suelo han sido ampliamente estudiados en áreas semiáridas como Andalucía, aunque la mayoría de esfuerzos tanto en modelado como en medidas de campo han estado concentrados en escala de parcela, a pesar de sus limitaciones en la predicción hidrológica (Cantón et al., 2001).

Existen diversos estudios dedicados a la pérdida de suelo en olivar, todos ellos realizados sobre parcelas de un máximo de 200 m<sup>2</sup> donde se analizan la incidencia del uso dedicado a olivar y/o el manejo del suelo correspondiente (Kosmas et al., 1997; Pastor et al., 1999; Gómez et al. 2002; Gómez et al., 2003; Gómez et al., 2004; Hernández et al., 2005; Francia et al., 2005). Los resultados de estos estudios son diversos y, en algunos casos contradictorios, debido fundamentalmente a las distintas condiciones ambientales en las que se han realizado. Por consiguiente, el estudio de la pérdida de suelo desde el punto de vista una unidad geomorfológica como es la microcuenca, que se ajusta además al tamaño medio de la propiedad en olivar en Andalucía, resulta ideal para la implantación de medidas gestión que aseguren la sostenibilidad de los recursos.

El manejo del suelo en olivar influye sobre distintas características del suelo que pueden acelerar los procesos de erosión. Gómez et al. (1999) analizaron los efectos del laboreo en las propiedades físicas del suelo en parcelas de olivar en Santaella (Córdoba), diferenciando la zona bajo copa de la de la calle por su distinto comportamiento. Así, el contenido de materia orgánica, la densidad aparente, el índice de cono, la longitud de capilaridad macroscópica y la conductividad hidráulica mostraron diferencias significativas entre el sistema de laboreo convencional y el no laboreo. También, Polo et al. (2003) estudiaron en un olivar cuyo manejo era laboreo mínimo en La Rambla (Córdoba) la variabilidad de la conductividad hidráulica en la ladera según la localización del árbol y observaron las repercusiones en el balance precipitación-escorrentía. Los resultados concluyeron que la localización en la ladera era el factor que más diferencias originaba a la hora de promediar espacialmente los valores de conductividad hidráulica saturada, y que su variabilidad condicionaba notablemente el balance de lluvia-escorrentía en el caso de episodios de precipitación de baja intensidad y alta frecuencia.

También, controles topográficos como la pendiente, curvatura y longitud de ladera son componentes indispensables en el modelado de los procesos hidrológicos-erosivos de las cuencas (Wilson & Gallant, 2000, Cap. 1), especialmente cuando las operaciones de manejo inducen elementos locales como aterrazados, caballones y medialunas, que modifican las direcciones de flujo determinadas por la pendiente natural de la ladera en la cuenca. A escala de microcuenca, se suceden escenarios más complejos que en las parcelas, derivados de la variabilidad de las propiedades del suelo o/y de la topografía. Además, la caracterización e interpretación de los atributos más influyentes en la pérdida o en la redistribución de sedimentos en microcuencas de olivar sometidas a distintos manejos puede suministrar información

relevante a la hora de evaluar las medidas de conservación adecuadas a zonas más susceptibles, así como ampliar los conocimientos sobre los procesos que tienen lugar. Autores como Reyniers et al. (2005) en una parcela de 7,2 ha en Leefdaal (Bélgica) utilizan técnicas de precisión para determinar los atributos del relieve: elevación, pendiente y curvatura; y examinar sus relaciones con la variabilidad de la producción de grano debidas a los problemas de erosión. Sus resultados ilustran que las zonas con mayor elevación y pendiente presentan una menor producción y también mayor variabilidad.

Por otro lado, el reciente desarrollo tecnológico en la aplicación del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) ofrece amplias posibilidades para la caracterización temporal y espacial de las dinámicas de erosión y sedimentación (Higgit & Warbuton, 1999). La exactitud del GPS ha mejorado notablemente, haciéndolo aplicable al examen continuo de los cambios morfológicos de la superficie terrestre de pequeñas variaciones a intervalos cortos (Wu & Cheng, 2005). El desarrollo de esta técnica ha permitido que sea más barato, ligero y fácil de usar en investigaciones geofísicas como las medidas morfológicas de cárcavas efímeras en pequeñas cuencas (Cheng et al., 2003; Wu & Cheng, 2005); estimaciones morfométricas de transporte de sedimentos en cursos fluviales (Higgit & Warbuton, 1999; Brasington et al., 2003); cambios morfológicos de deslizamientos (Malet et al., 2000; Malet et al. 2002); comportamiento de glaciares (Sjoberg et al., 2000), variaciones de grosor de nieve (Theakstone et al., 1999). Malet et al. (2002) comprueban en su trabajo sobre el uso del GPS para el control continuo de los deslizamientos que se pueden detectar variaciones de hasta 5 mm/día, y que esta técnica resulta fácilmente adaptable a cualquier tipo de entidad geofísica.

Los métodos tradicionales para la medida de pérdida de suelo pasaban por la determinación del descenso del nivel topográfico con respecto a unos testigos que indican la posición de la superficie original (Haigh, 1977; Statham, 1981; Sarre, 1984). Posteriormente, se optó por el uso de teodolitos u otros instrumentos topográficos que no requerían testigos y proporcionaban una alta exactitud. Así, Laguna (1989), con la intención de modelar en una parcela de olivar la pérdida de suelo, levantó con teodolito los puntos más altos de las peanas de los olivos de las parcelas de estudio con el fin de delimitar una superficie original y distintos puntos del terreno, para comparar la superficie actual. Wesemael et al. (2006) usaron un teodolito con láser para establecer una serie de transectos topográficos en las laderas de una pequeña cuenca de 21 ha dedicada al cultivo de almendros, donde describieron la altimetría y reconstruyeron la superficie original para validar un modelo de erosión que considera la redistribución de sedimentos en la cuenca inducidos por el laboreo.

En los estudios dedicados a analizar la pérdida de suelo en olivar, la escala de trabajo ha sido la parcela, sin embargo el interés que suscita la ampliación de los estudios de erosión a la microcuenca requiere técnicas que permitan ampliar de un modo operativo y económicamente viable un número elevado de puntos de control repartidos por toda la superficie como el que permite el GPS.

Una vez descrito el interés por la ampliación de escala de los estudios de erosión en olivar, el análisis de los controles topográficos y edafológicos y su relación con el manejo y finalmente, las posibilidades del GPS para la localización de zonas susceptibles de pérdida o ganancia de sedimentos, los objetivos de este capítulo son:

1. Evaluar las características topográficas y físicas del suelo relacionadas con el manejo en dos microcuencas de olivar sometidas a dos manejos del suelo distintos de manera que resulte más fácil la interpretación y la comparación de los fenómenos hidrológicos y erosivos que tienen lugar en las mismas.
2. Localizar, a partir de la diferencia de medidas en altimetría sobre una serie de puntos de control distribuidos por las microcuencas en el intervalo aproximado de un año (una

campaña), zonas donde sea evidente la erosión o el depósito para estudiar el papel de las variables topográficas y del suelo que caracterizan estas zonas.

3. Análisis de las variables topográficas y edafológicas en los procesos de erosión y depósito en las microcuencas de estudio para extraer su relevancia en la aplicación de un modelo integral que simule estos procesos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Introducción.

El primer objetivo de este capítulo consiste en caracterizar los atributos topográficos, y edafológicos del suelo de las cuencas de estudio, para profundizar en sus patrones hidrológicos y erosivos y poder compararlas (Capítulo 2) y disponer de información que permita juzgar las aplicaciones del modelo AnnAGNPS como herramienta de simulación de la hidrología y erosión en olivar (Capítulo 3). De acuerdo a ello, se ha llevado a cabo un análisis exploratorio de los atributos de las cuencas examinando sus estadísticos, los histogramas y la distribución espacial de los mismos, de manera que se examine tanto su variabilidad intrínseca como sus diferencias.

En relación al segundo objetivo, se han establecido dentro de las cuencas unas mallas de puntos de control del nivel de cota donde se han localizado puntos de erosión y puntos de depósito. La siguiente etapa consiste en identificar las tendencias que manifiestan los atributos topográficos y edafológicos de estos puntos de control, comparando sus estadísticos, histogramas y distribución espacial con los correspondientes a la zona de estudio. Finalmente, la aplicación de técnicas como el Análisis de Componente Principales y el Análisis Cluster, permite el estudio de diferentes combinaciones de variables presentes en estas áreas de pérdida y ganancia de sedimentos, proporcionando información útil para la simulación de estos procesos.

### 2.2. Sitios de estudio.

#### 2.2.1. Microcuenca de olivar en mínimo laboreo situada en Setenil (Cádiz)

La subcuenca de *La Manga*, es una pequeña cuenca de cabecera que vierte al Río Guadalporcún a su paso por la localidad gaditana de Setenil, municipio situado al NE de la provincia, próximo a la provincia de Málaga (Figura 1.1). Tiene una extensión de 6,7 ha y se sitúa en zona de olivar de sierra (Figura 1.2).

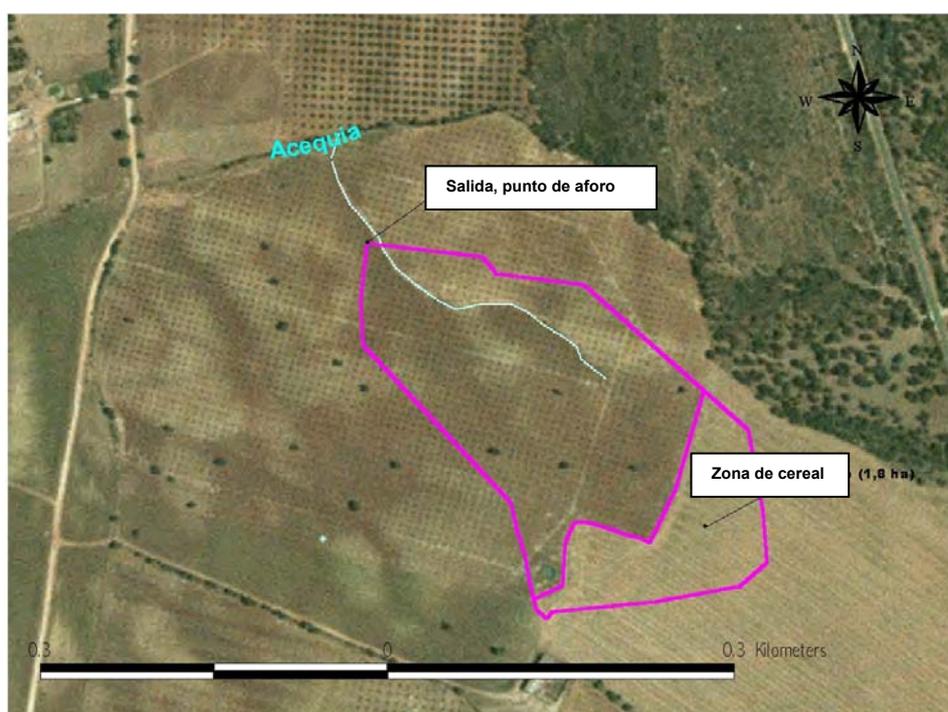


Figura 1.1. Situación general de las cuencas de estudio en Andalucía.

El clima de la cuenca es de tipo mediterráneo subhúmedo de tendencia atlántica. En la zona existen marcadas variaciones en la magnitud de las precipitaciones medias anuales, disminuyendo hacia el norte. Así, en Setenil, la localidad en la que se incluye la cuenca de estudio recoge una media anual de 1100 mm, mientras una localidad más septentrional a 20 km, Torre-Alháquime, recoge aproximadamente 600 mm. En cuanto a la variación anual, son las estaciones de otoño e invierno las que registran mayores lluvias (74,8 %), con un máximo que suele darse en el mes de diciembre (Castillo, 2002).

En relación a la fisiografía, la altitud media de la cuenca se halla en torno a 782 m, siendo el valor máximo de 796 m y el mínimo de 759 m. Por otro lado, la pendiente media es 10 %, siendo el valor máximo del 15 % y el mínimo 6 %.

El tipo de suelo predominante es el *luvisol crómico* (perfil ABtC), de colores rojos y textura arcillosa y el uso, es agrícola. La cuenca de estudio se encuentra sobre superficies antiguas de materiales descarbonatados o moderadamente calcáreos (CSIC-IARA, 1989).



**Figura 1.2.** Delimitación de la subcuenca de Setenil sobre la ortofotografía diferenciando la zona de olivar y la antigua zona de cereal.

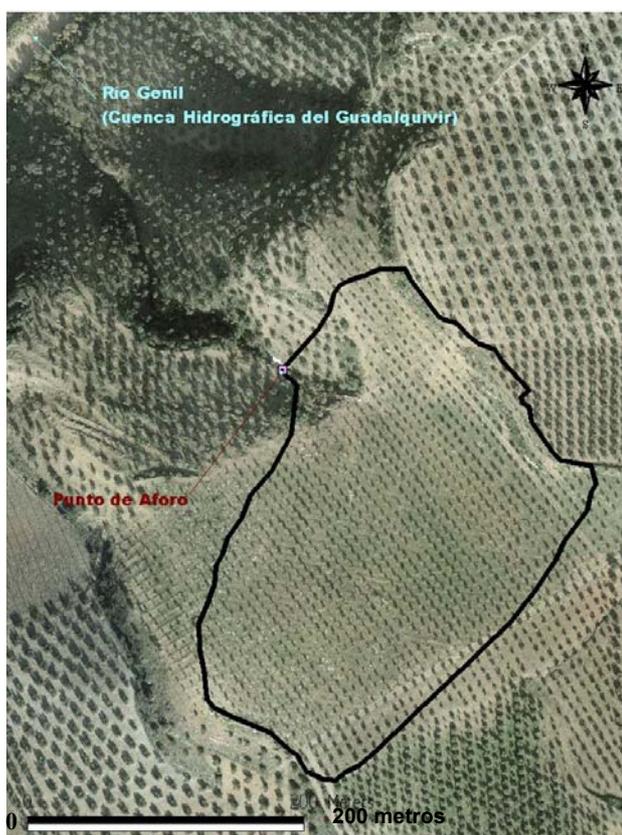
El manejo empleado en el olivar anteriormente fue el laboreo tradicional. Desde hace cinco años, el manejo de la finca ha cambiado hacia laboreo mínimo que básicamente consiste en una labor poco profunda cruzando las calles en primavera (abril o mayo) si el año no es seco. Así, en la campaña 2004-2005 caracterizada por la escasez de lluvia, no se labró debido al temor de un exceso de evaporación que no beneficiaría al desarrollo de la aceituna. La fertilización, fundamentalmente potásica, se realizó únicamente en el mes de noviembre debido a las pocas lluvias. La recogida se llevó cabo en diciembre mediante vibrador ayudado por un tractor, una vez preparada la superficie con el rulo. Finalmente, los tratamientos fitosanitarios entre otoño y primavera se realizan con un atomizador remolcado por un tractor.

### 2.2.2. Microcuenca de olivar en no laboreo con cubiertas situada en Puente Genil (Córdoba)

La otra cuenca de estudio está situada en el T.M. de la localidad de Puente Genil próxima al límite occidental de la provincia de Córdoba con Sevilla (Figura 1.1). La cuenca cuenta con un arroyo no permanente que vierte sus aguas directamente al río Genil, afluente del Guadalquivir, (Figura 1.3). Tiene una superficie de 6,1 ha y una pendiente media del 15 %. La longitud efectiva del canal que llega hasta el punto de aforo previsto es de unos 50 m (Figura 1.3).

Se sitúa dentro de una zona con un clima genuinamente mediterráneo con una precipitación media anual comprendida entre los 400 y 500 mm y una temperatura media de 18° C. Las lluvias se distribuyen principalmente entre los meses de otoño, invierno y primavera, siendo el verano una estación acusadamente seca.

La cuenca de estudio se encuentra en su totalidad sobre estratos de litología caliza o margocalizas pertenecientes principalmente al Terciario. Se define según la clasificación del la FAO como *cambisol cálcico*. Se trata de zonas suavemente onduladas en los que se ha acentuado la erosión de suelos rojos (luvisoles antiguos que pueden perdurar, junto con fluvisoles); también presentan recarbonatación de los horizontes superiores, motivadas por las labores agrícolas. Cuando la erosión es más intensa, especialmente, en las partes altas, aparecen al descubierto los horizontes cálcico (blanco pulverulento con nódulos) o petrocálcico (CSIC-IARA, 1989).



**Figura 1.3.** Delimitación de la subcuenca de Puente Genil sobre la ortofotografía indicando la salida al arroyo (punto de aforo) y su salida al río Genil.

En relación al manejo del suelo, la cuenca se dedicó al olivar bajo laboreo tradicional, tal y como atestiguan los olivos situados en terrazas en las zonas donde el tractor no podía entrar debido a la pendiente. Sin embargo en los últimos 12 años, se plantaron pequeños olivos de la

variedad arbequina situados sobre pequeños caballones o medialunas para los que las labores se han ido reduciendo debido principalmente a los escasos rendimientos que no justifican el alto número de operaciones de cultivo y la pérdida de suelo observada por el agricultor. Además, las ayudas de la Junta de Andalucía de los últimos años para favorecer la producción ecológica han impulsado al propietario en el año 2003 a suprimir definitivamente las labores, permitir el establecimiento de cierta cubierta vegetal espontánea y disminuir el uso de fitosanitarios, cambiando el paisaje del olivar notablemente.

### 2.3. Caracterización de las microcuencas de estudio.

#### 2.3.1. Análisis exploratorio de las propiedades topográficas de las microcuencas de estudio.

En la microcuenca de Setenil, dado su relieve aproximadamente uniforme y los costes económicos que supone un excesivo nivel de detalle, se consideró adecuado elaborar un modelo de elevación de tamaño de malla de 1,5 m a partir de los datos obtenidos en el levantamiento con GPS del año 2004 cuyo error medio cuadrático en altimetría (RMSE), era 2,0 cm con una separación de 10 m.

En Puente Genil, la dificultad de describir el microrrelieve en la cuenca por la incidencia de las medialunas y aterrazado, exigía un modelo de elevación de tamaño de celda menor. Así, que se realizó un vuelo fotogramétrico a baja altura llevada a cabo en marzo de 2003 con un tamaño de malla de 1,5 m y un RMSE de 0,20 m en altimetría.

Este trabajo, permitió elaborar mapas detallados de los atributos topográficos de las cuencas (Figuras 1.31-1.51 para Setenil y Figuras 1.72-1.84 para Puente Genil), así como determinar el valor del atributo correspondiente a cada punto de erosión o depósito de sedimentos. Los ficheros con estos valores alcanzados por los puntos de control aparecen recogidos en el ANEJO 1. En ambos casos, el sistema de información geográfica ARCVIEW (ESRI, 2000) permitió la transformación de los ficheros de puntos del terreno con valores de altimetría en modelos de elevación según la estructura en redes de triángulos irregulares (TIN). Finalmente, a partir de los ficheros en TIN se obtuvieron las mallas con los valores de elevación (GRID) de las cuencas de estudio, de las cuales se determinaron los siguientes atributos:

- Factor de ladera ( $LSF$ ): Se ha calculado según los trabajos de Moore and Burch (1986) según la Eq. 1.1 como variante, que computa los efectos de la topografía en la erosión, en lugar del factor longitud de ladera de la RUSLE.

$$LSF = (n + 1) \left( \frac{A_s}{22.13} \right)^n \cdot \left( \frac{\text{sen} \beta}{0.0896} \right)^m \quad (1.1)$$

Donde  $A_s$  es el área específica en  $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-1}$ ,  $\beta$  es la pendiente en grados  $m = 1,3$  y  $n = 0,4$ .

- Índice de Humedad Topográfico ( $w_T$ ): Este valor (Eq. 1.2, Beven y Kirkby, 1979) predice zonas de saturación donde el área específica es cuantiosa y el gradiente de la pendiente es pequeño como pueden ser laderas cóncavas con flujo convergente y valores de pendiente bajos (Wilson & Gallant, 2000).

$$w_T = Ln \left( \frac{A_s}{\tan \beta} \right) \quad (1.2)$$

Donde  $A_s$  es el área específica en  $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-1}$  y  $\beta$  es la pendiente en grados.

- Área contribuyente ( $A$ ): determinada como la superficie que vierte aguas arriba de cada una de las celdas. Se ha medido en ha y representa un indicador del volumen de escorrentía.

Según la metodología de Zevenbergen y Thorne (1987) para definir la altura en un punto  $z$  como una función polinómica cuadrática (Eq. 1.3.) dependiente de nueve términos  $A, B, C, D, E, F, G, H$  e  $I$  que se ajustan a los nueve puntos que responden a una malla móvil de  $3 \times 3$  y que una vez calculados en función de las cotas, permiten definir las siguientes variables

$$z = Ax^2y^2 + Bx^2y + Cxy^2 + Dx^2 + Ey^2 + Fxy + Gx + Hy + I \quad (1.3.)$$

- Curvatura plana o curvatura de la curva de nivel ( $\omega$ ) está relacionada con el comportamiento del flujo, convergente o divergente a lo largo de la ladera. Se corresponde con la segunda derivada de la función que describe el relieve en el plano horizontal y se calcula con el signo cambiado según la Eq. 1.4.

$$\omega = 2 \cdot \frac{DH^2 + EG^2 - FGH}{G^2 + H^2} \quad (1.4)$$

- Curvatura del perfil ( $\varphi$ , Eq. 1.5.): esta variable está relacionada con la aceleración del flujo en la ladera, determinante en los procesos de erosión y depósito a lo largo de la misma (Moore et al., 1991). Ambas curvaturas obedecen a las expresiones de Zevenbergen y Thorne (1987) integradas en un script para Arcview 3.2. (ESRI, 2000)

$$\varphi = 2 \cdot \frac{DG^2 + EH^2 - FGH}{G^2 + H^2} \quad (1.5)$$

- Pendiente ( $\beta$ , °, Eq. 1.6). La pendiente está implicada en cualquier proceso geomorfológico, ya que es determinante en la velocidad del flujo superficial y subsuperficial, la tasa de escorrentía, y finalmente, el contenido de agua en el suelo (Moore et al., 1991) por lo que su análisis en procesos erosivos es fundamental.

$$\beta = \arctan \left[ \left( G^2 + H^2 \right)^{1/2} \right] \quad (1.6)$$

- Orientación ( $\Psi$ , °, Eq. 1.7). Se relaciona con la insolación solar, la evapotranspiración y el desarrollo y distribución de la flora y fauna (Moore et al., 1991).

$$\Psi = 180 - \arctan \left( \frac{H}{G} \right) + 90 \left( \frac{G}{|G|} \right) \quad (1.7)$$

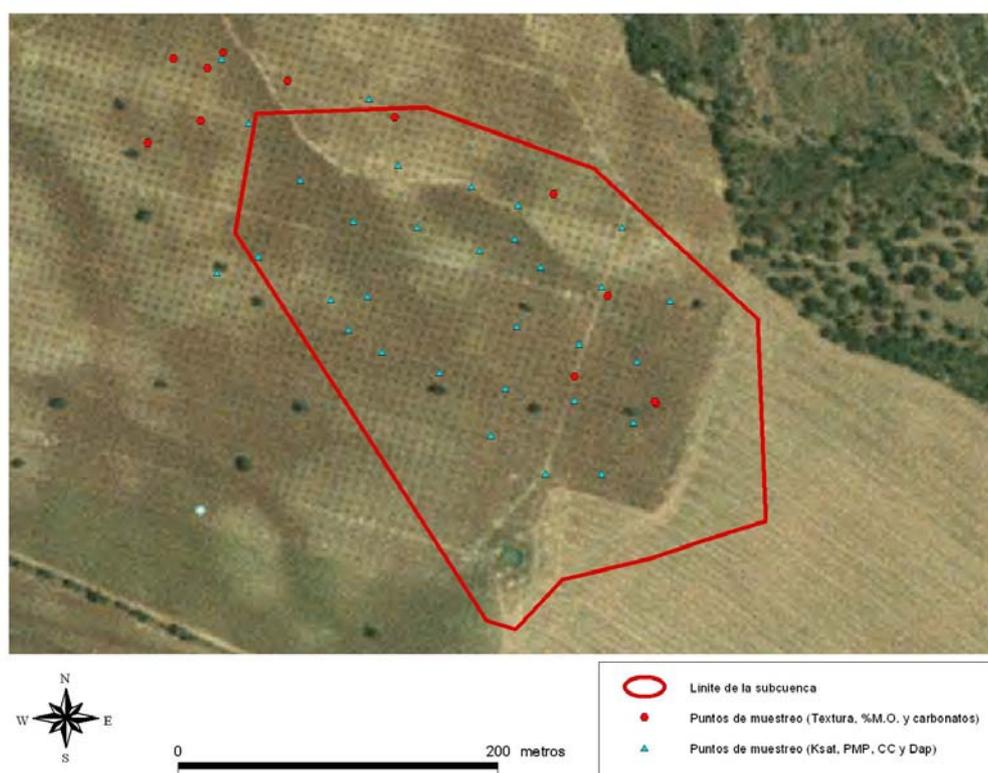
Una vez determinados los valores de las variables topográficas asociadas a cada celdilla, se calcularon sus estadísticos, se construyeron sus histogramas de distribución (ANEJO 3) y se representaron mapas explicativos (Figuras 1.31-1.38 para Setenil y Figuras 1.64-1.71 para Puente Genil), que han permitido evaluar su variabilidad dentro de las cuencas, así como comparar las tendencias existentes en los puntos de erosión y depósito.

### 2.3.2. Análisis exploratorio de algunas propiedades del suelo de las microcuencas de estudio.

En las cuencas de estudio, también se han llevado a cabo distintos muestreos para caracterizarlas desde el punto de vista edafológico. Los muestreos tuvieron lugar en el verano de 2004 en Setenil y en Puente Genil, en el de 2005 (ANEJO 2). En ellos, se utilizó un GPS de mano con precisión aproximada de  $\pm 5$  m, para determinar la posición de la muestra en la

cuenca de estudio, con la idea de llevar a cabo un análisis de la variabilidad espacial de las variables (Figuras 1.4 y 1.5).

Además del examen completo de dos perfiles en las cuencas de estudio, se recopilieron 11 muestras de los primeros 10 cm de suelo para describir las propiedades edafológicas en el caso de Setenil y 13 en el de Puente Genil, para el estudio de la erodibilidad. El tamaño y localización de la muestra se estableció con el criterio de barrer distintos niveles en la ladera con características representativas extraídas de visu (ANEJO 2).



**Figura 1.4.** Puntos de muestreo de distintas propiedades del suelo en la cuenca de Setenil.

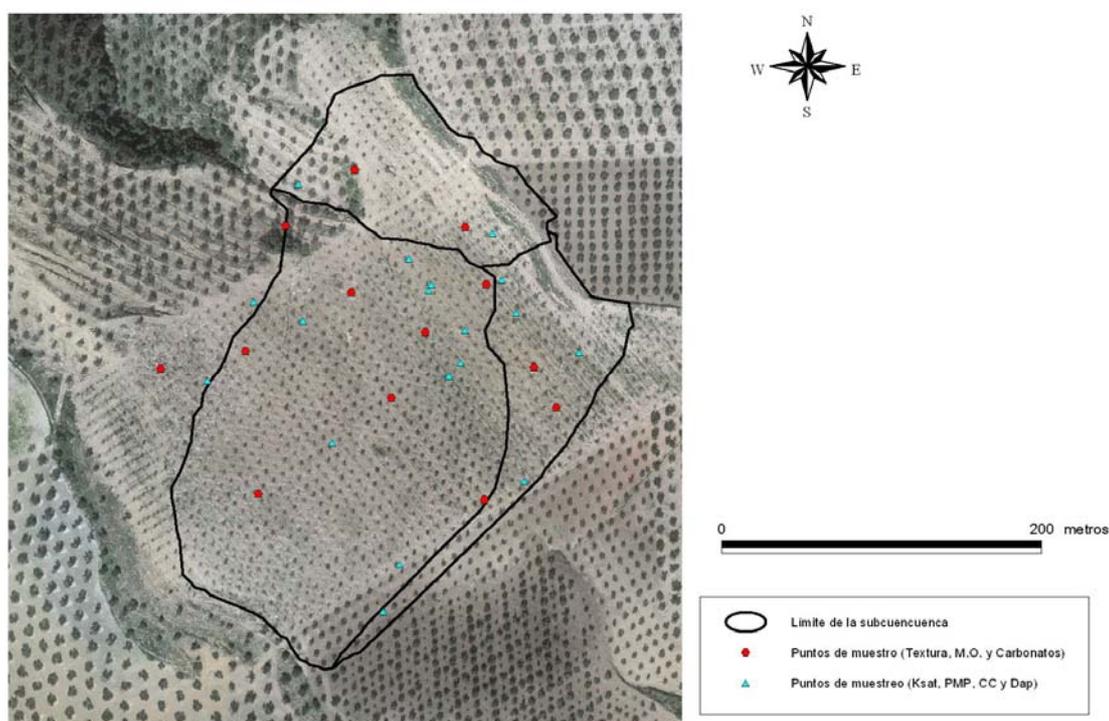
A partir de los datos puntuales se han elaborado mapas de suelo a la misma resolución que las variables topográficas interpolando para cada celda el valor del inverso del cuadrado de la distancia, considerando la incidencia de los seis puntos vecinos más próximos. Esta metodología se usa para la creación de superficies continuas a partir de atributos puntuales del terreno y según el análisis realizado por Burrough and McDonnell (1998, *Cap.5*), entre los métodos de interpolación determinísticos es el que proporciona los resultados dentro un intervalo más cercano a la realidad. Del trabajo han resultado mapas de la distribución espacial de las variables del suelo en cada cuenca.

A efectos prácticos, el factor erodibilidad es la respuesta a largo plazo del perfil del suelo a los procesos erosivos generados por las tormentas, tales como el arranque y el transporte por impacto de las gotas de lluvia y el flujo superficial, el depósito debido a la microtopografía y la infiltración de aguas dentro del perfil. La determinación de la erodibilidad se lleva a cabo a partir de la textura, el contenido de materia orgánica, la estructura y la permeabilidad, aunque aspectos como los fragmentos de roca superficiales y subsuperficiales influyen en su valor (USDA, 1972). En relación a ello, se han analizado en distintos puntos de las cuencas las siguientes variables:

- Textura: fracciones de arena, arcilla y limo. Se ha determinado por el método tradicional de la pipeta Robinson (Soil Conservation Service, 1972). La textura se relaciona con la resistencia al arranque de las partículas, así los suelos limosos son los que mayor susceptibilidad a la erosión presentan, frente a los más arcillosos que presentan valores bajos de erodibilidad. (Wischmeier, y Smith, 1978; NCRS-USDA, 2002)

- Materia orgánica (% MO). El contenido de M.O. está condicionado en olivar por la situación respecto al árbol (Gómez et al., 1999). Se ha analizado según el método Walkley-Black (Nelson y Sommers, 1982), para examinar sus incidencias en la estructura del suelo y en la intensidad de infiltración.

- Porcentaje de carbonatos (%  $CaCO_3$ ). Este parámetro se ha tomado como indicador de rocas subsuperficiales calcáreas, que pueden reducir la conductividad hidráulica en texturas gruesas, como puede ocurrir en Setenil donde los elementos gruesos son abundantes en algunas zonas. Su determinación se ha realizado por el método de van Wesemael (1955).



**Figura 1.5.** Puntos de muestreo de algunas propiedades del suelo en la cuenca de Puente Genil

Por otra parte, debido a su variabilidad y su importancia en la infiltración y el almacenamiento de agua en el suelo, se recopilieron 30 muestras en el caso de Setenil y 32 en el de Puente Genil (ANEJO 2), para la determinación de las siguientes propiedades entre 0 y 10 cm y a una profundidad superior a 10 cm, alternándose medidas en las calles y próximas a la copa:

- Conductividad hidráulica saturada ( $K_{sat0}$  y  $K_{sat10}$ ). La  $K_{sat}$  se estimó mediante la metodología descrita por Philip (1993) en ensayos de campo en las cuencas de estudio. Este factor interviene en todos aquellos procesos relacionados con el movimiento del agua y solutos a través del suelo. Así, su variabilidad debida a su situación en la ladera (Polo et al., 2003) como la derivada de las operaciones de manejo (Gómez et al. 1999) afectan tanto a la distribución de los patrones hidrológicos como al balance de agua en la superficie del suelo en olivar.

- Densidad aparente ( $D_{ap0}$  y  $D_{ap10}$ ). En olivar, está condicionada tanto por la posición respecto al árbol como por el manejo, tomando valores superiores en no laboreo (Gómez et al., 1999). En los ensayos de  $D_{ap}$  se tomaron una serie de terrones del suelo que se cubrieron con parafina para aislarlos de la humedad y calcular el volumen.

- Capacidad de campo ( $CC_0$  y  $CC_{10}$ ) y punto de marchitez permanente ( $PMP_0$  y  $PMP_{10}$ ). Estos factores se han elegido como representantes de las curvas de infiltración y capacidad de almacenamiento de agua útil para la planta en el suelo. Los valores de  $PMP$  y  $CC$  se evaluaron por diferencias de peso antes y después del secado, tras someter las muestras a las presiones características en las placas Richards.

De igual manera que en el caso de las variables topográficas, a partir de los valores obtenidos para cada celdilla se han calculado sus estadísticos, sus histogramas (ANEJO 3) y sus mapas de distribución espacial (Figuras 1.39-51 para Setenil y Figuras 1.72-84 para Puente Genil) identificando y comparando las distintas tendencias existentes en las cuencas.

## 2.4. Localización y caracterización de puntos de erosión y depósito en las cuencas de estudio.

### 2.4.1. Levantamientos topográficos de precisión: puntos de control para el análisis de la erosión y el depósito de sedimentos.

#### 2.4.1.1. Introducción.

Se han establecido dos mallas de puntos de control sobre las cuencas de estudio donde se han llevado mediciones en los meses de septiembre de 2004 y de 2005, con un equipo GPS Leyca 1200 de precisión planimétrica de  $1,0 \text{ cm} \pm 2 \text{ ppm}$  y altimétrica de  $2,0 \text{ cm} \pm 2 \text{ ppm}$ , indicadas como el error medido cuadrático ( $RMSE$ ). Así, cada medida en altimetría realizada tiene una probabilidad del 67 % de no cometer un error superior al valor del  $RMSE$ . La teoría de transmisión de errores en la suma de dos magnitudes verificará siempre que el error de la misma ha de ser la suma de los errores de los sumandos. Por consiguiente, el cuadrado del  $RMSE$  de la suma  $\sigma_c$  de dos magnitudes  $A_c$  y  $B_c$  será igual a la suma de los cuadrados de los  $RMSE$  de los sumandos,  $a_c$  y  $b_c$ , respectivamente (García, 1997) siempre que las medidas no sean sesgadas (los errores de medida tienen media 0) y que los errores en las medidas de un punto en 2004 y 2005 no estén relacionados (Eq. 1.8):

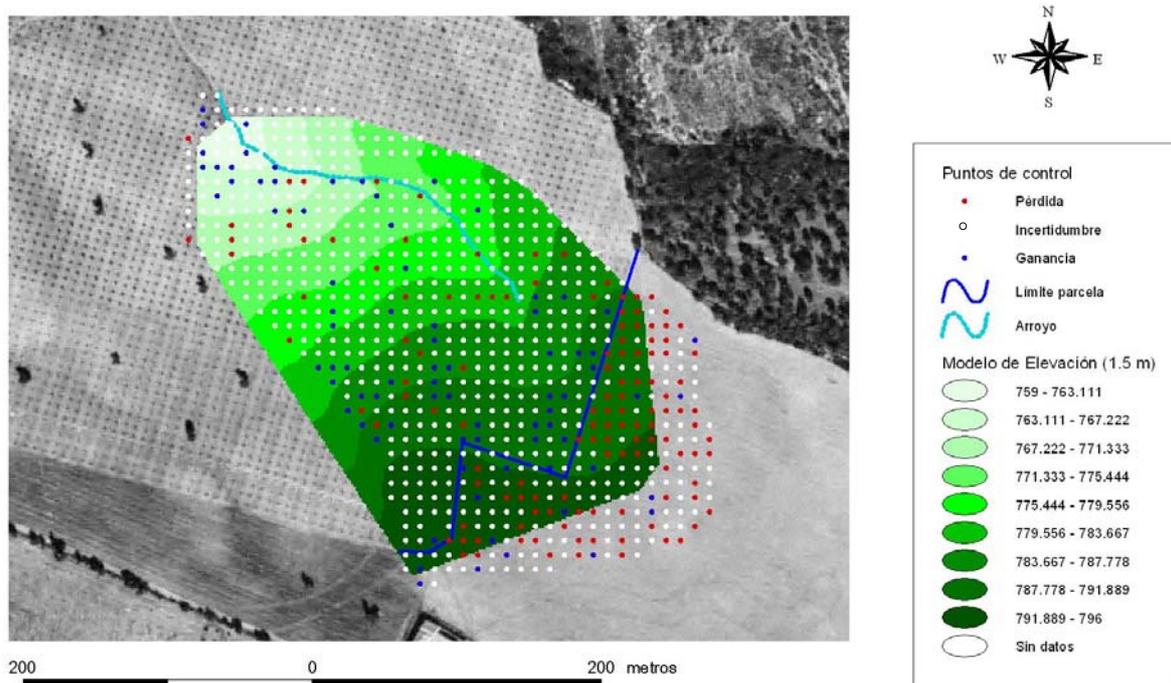
$$\sigma_c = \sqrt{a_c^2 + b_c^2} \quad (1.8)$$

De esta manera, sustituyendo el  $RMSE$  de las medidas de altimetría del año 2004 y las correspondientes al año 2005 en la Eq. 1.8, se obtiene un  $RMSE$  de la magnitud diferencia en altimetría de 2,8 cm, que supone un nivel de confianza del 67 %. Si se amplía el intervalo de confianza correspondiente al  $RMSE$  a 4,0 cm, la probabilidad de que la medida tenga un error inferior a  $\pm 4,0$  cm aumenta hasta el 84 % según la curva de Gauss.

Si se procede a evaluar el balance de cota en los puntos de control distribuidos por las cuencas entre los años 2005 y 2004, siempre que se hallen diferencias por encima o por debajo de 4,0 cm se tendrá una probabilidad de más del 80 % de estar caracterizando eficientemente pérdidas o ganancias de suelo. Precisamente, éste ha sido el criterio para localizar puntos de control donde se ha considerado que la erosión (pérdidas superiores a 4,0 cm) o el depósito son evidentes (ganancias de cota superiores a 4,0 cm).

#### 2.4.1.2. Microcuenca de Setenil.

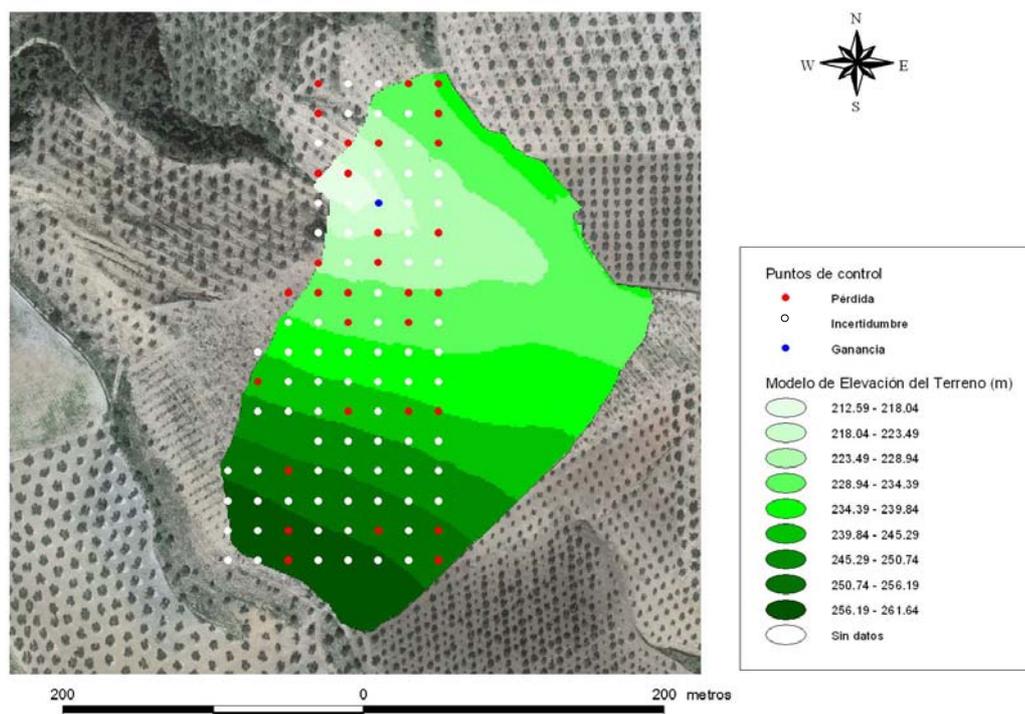
En este caso, se ha establecido una malla de alrededor de 800 puntos de control de separación  $10 \times 10 \text{ m}$  (Figura 1.6) donde tras analizar el balance de suelo, se han localizado según el criterio descrito en el epígrafe 2.4.1.1, 36 puntos de pérdida y 62 de ganancia.



**Figura 1.6.** Modelo de elevación de la cuenca de Setenil con la malla de puntos de control, mostrando los puntos de pérdida (rojo) y ganancia (azul) de cota.

#### 2.4.1.3. Microcuenca de Puente Genil.

En la cuenca de Puente Genil, el tamaño de malla se amplió a 20 x 20 m por problemas operativos relacionados con la instalación de una red aérea de riego. Además se ha desechado una parte de las medidas (Zona Este, Figura 1.7) debido a las alteraciones provocadas por estos trabajos. Así, de los 95 puntos muestreados se localizaron 25 con pérdidas de suelo y tan sólo 1 de ganancia, por lo que no hay análisis para este último caso.



**Figura 1.7.** Modelo de elevación de la cuenca de Puente Genil con la maya de puntos de control, mostrando los puntos de pérdida (rojo) y ganancia (azul) de cota.

2.4.2. *Caracterización topográfica y de variables del suelo de los puntos de erosión y depósito de sedimentos.*

Una vez localizados los puntos de pérdida y ganancia de cota sobre las superficies continuas de las variables elaboradas por interpolación de los datos de muestreo sobre las cuencas, se ha procedido a construir una matriz en la que a cada punto (de erosión y depósito) se le asocian los valores alcanzados por la celdilla sobre la que se encuentran, según las variables de estudio. A continuación, se han examinado estos valores y su localización, obteniéndose sus estadísticos e histogramas que se han comparado con las tendencias existentes en la zona de estudio de cada una de las cuencas.

2.4.3. *Análisis de la incidencia de los controles topográficos y edafológicos sobre la distribución de sedimentos en las cuencas de estudio.*

Debido a la heterogeneidad de las cuencas, el último paso está dedicado al análisis de patrones diferentes de variables sobre los puntos de erosión y depósito. La realización de este examen se va a llevar a cabo aplicando las técnicas estadísticas del Análisis de Componentes Principales (Malinowski, 1991, Cap. 1.2.), complementado con el Análisis Cluster (Timm, 2002, Cap. 9).

2.4.3.1. Análisis de componente principales (ACP).

El ACP consiste en un cambio de variables iniciales, todas más o menos correlacionadas entre sí, en nuevas variables sintéticas no correlacionadas llamadas componentes principales, donde se observan de la forma más eficiente las relaciones entre las variables y entre los individuos. El ACP es un método estadístico descriptivo, cuyo objetivo es poner de relieve los factores que diferencian o asemejan a un grupo de individuos.

Se ha realizado un ACP sobre la matriz de atributos de los puntos de pérdida y de depósito, obtenidos de los modelos de elevación de las variables descritas en el epígrafe en las zonas de estudio de las cuencas.

La metodología aplicada se describe brevemente: Consideremos un conjunto de medidas  $\{X_i(w_j)\}$  de  $p$  variables,  $\{X_i\}$  sobre un conjunto de  $n$  sujetos  $\{w_j\}$ , que se corresponden con los puntos de pérdidas o ganancia de suelo en las cuencas de estudio. Estos datos permiten definir una matriz de dimensión  $p \times n$ , o matriz inicial de datos. Como el orden de tamaño de las variables influye en el resultado del ACP, es recomendable trabajar con la matriz inicial de los datos centrados y reducidos  $\{X_i(w_j) - \mu_i / \sigma_i\} = \{Z_i(w_j)\}$ . A partir de aquí los pasos a llevar a cabo son los siguientes: cálculo de la matriz de correlaciones (Eq. 1.9); diagonalización de la matriz de correlaciones y obtención de los valores y vectores propios (Eq. 1.10 y 1.11); cálculo de las proyecciones de los individuos sobre los ejes principales (Eq. 1.12); cálculo de las componentes principales o proyección de las variables sobre el plano principal (Eq. 1.13) y la prueba de calidad de la representación de las variables y de los individuos, para verificar la calidad de la representación en el plano principal

$$\sum_{i=1}^n \{\rho_{i,i-1}\} = 1/n \sum (X_i(w_j) - \mu_i) / \sigma_i ((X_{i-1}(w_j) - \mu_{i-1}) / \sigma_{i-1}) \quad (1.9)$$

$$\text{Det} [\{\rho_{i,i-1}\} - \lambda_{\omega} I] = 0 \quad (1.10)$$

$$[\{\rho_{i,i-1}\} - \lambda_{\omega} I] x u_{\omega} = 0 \quad (1.11)$$

$$\{Z_i(w_j)\} x u_{\omega} = \{w^*j\}^{(p)} \quad (1.12)$$

$$\rho^*_{ip}(\{w^*j\}^{(p)}, \{Z_i(w_j)\}) = V \quad (1.13)$$

La prueba de calidad de los individuos se realiza elevando al cuadrado los valores de la matriz de coordenadas  $V$  que constituyen también los cosenos directores de la proyección centro-individuo y son indicadores de la proximidad a los ejes. La suma de los valores para las dos primeras componentes se considera otro índice de calidad, que para valores inferiores a 0,20 indican que la proyección del individuo no es adecuada y no se puede comparar los individuos porque el punto se halla alejado del plano (Philippeau, 1990)

Finalmente, con las nuevas coordenadas de los individuos calculadas por el ACP se ha refinado la clasificación con un análisis cluster (Timm, 2002) para discriminar los distintos grupos de patrones topográficos y edafológicos de puntos de pérdida o ganancia, atendiendo a las características que representan los ejes principales.

#### 2.4.3.2. Análisis Cluster (AC).

El Análisis Cluster, es una técnica estadística multivariante cuya finalidad es dividir un conjunto de objetos en grupos (*cluster* en inglés) de forma que los perfiles de los objetos en un mismo grupo sean muy similares entre sí (cohesión interna del grupo) y los de los objetos de clusters diferentes sean distintos (aislamiento externo del grupo). Se trata de una técnica eminentemente exploratoria cuya finalidad en este caso es la diferenciación de grupos sobre el nuevo sistema de coordenadas correspondiente al plano principal. Se describe la metodología utilizada basada en el caso de la modalidad jerárquica del centroide (Timm, 2002, Cap. 9):

Dada una serie de  $np$  puntos donde el dato  $i$  viene representado por sus coordenadas y el valor de su peso  $C_i$  ( $C_i=1$  o  $C_i=Q_i$ ) si es que se quiere ponderar ( $X_{1i}, \dots, X_{mi}, Q_i$ );  $i=1, \dots, np$ . Se establecen inicialmente un máximo de  $ng$  grupos en base a las características del problema. El criterio de óptimo es minimizar la distancia al centro  $K$  de cada "cluster", (Eq. 1.14)

$$\text{Min} \left[ \sum_{i=1}^{np} D_i \cdot C_i \right] \quad (i=1, \dots, np), \quad (1.14)$$

Siendo  $D_i$  la distancia del punto  $i$  al centro de su grupo  $K$  ( $X_{1k}, \dots, X_{mk}$ ), que se forma a partir de la Eq. 1.15.

$$X_{jk} = (X_{j1} \cdot C_1 + \dots + X_{jnk} \cdot C_{nk}) / (C_1 + \dots + C_{nk}) ; (j=1, m) \quad (1.15)$$

De esta manera, se calcula inicialmente el centroide de la masa de puntos y se excluye al punto más alejado del mismo. A continuación, se considera el punto excluido un nuevo centroide y se recalcula con los otros puntos el inicial, atribuyendo según la distancia a los mismos a un cluster u a otro. La formación de un nuevo grupo siempre disminuye el criterio óptimo. Continúa el proceso con los puntos más alejados a su centroide, recalculando y repartiendo nuevamente los individuos. El proceso finaliza cuando se alcanza el número máximo de grupos o bien no se dan cambios en los grupos.

### 3. RESULTADOS.

#### 3.1. Caracterización topográfica de la microcuencas.

##### 3.1.1. Microcuenca de Setenil

La cuenca de Setenil comprende altitudes que van desde 759 m a 796 m, siendo su valor medio de 782,6 m. (Figura 1.38) La distribución hipsométrica es aproximadamente bimodal, con más del 55 % de su superficie por encima del valor medio. El relieve se caracteriza por una cabecera donde la pendiente es reducida (entre 0 y 5%), combinada por dos laderas (una con situación más al N y la otra en posición S) en la que la pendiente aumenta hasta alrededor de un 15 % (Figura 1.36). El histograma muestra a un 46,1 % de la superficie con pendiente inferior a la media que es del 10,3 %. El porcentaje aumenta hasta el 91,0 % para el umbral correspondiente a una pendiente del 15 %. El valor de  $\Psi$  de la cabecera y la ladera S es N y tan sólo la ladera derecha, de menor superficie, presenta orientación SO (Figuras 1.8, 1.9 y 1.10).



**Figura 1.8.** Vista de las laderas N (en primer plano) y S (suelo más rojizo) de la microcuenca de Setenil próxima al inicio de la cárcava.



**Figura 1.9.** Vista de las laderas N (en primer plano) y S (suelo más rojizo) de la microcuenca de Setenil en la cárcava.

Las Tablas 1.1 y 1.2 muestran los estadísticos: media (M), desviación típica (Dt), mínimo (Min), máximo (Max), coeficiente de variación (CV), coeficiente de asimetría (CA) y coeficiente de curtosis (CK) de las cuencas de estudio. Los histogramas de las variables en las cuencas se encuentran en el ANEJO 3.

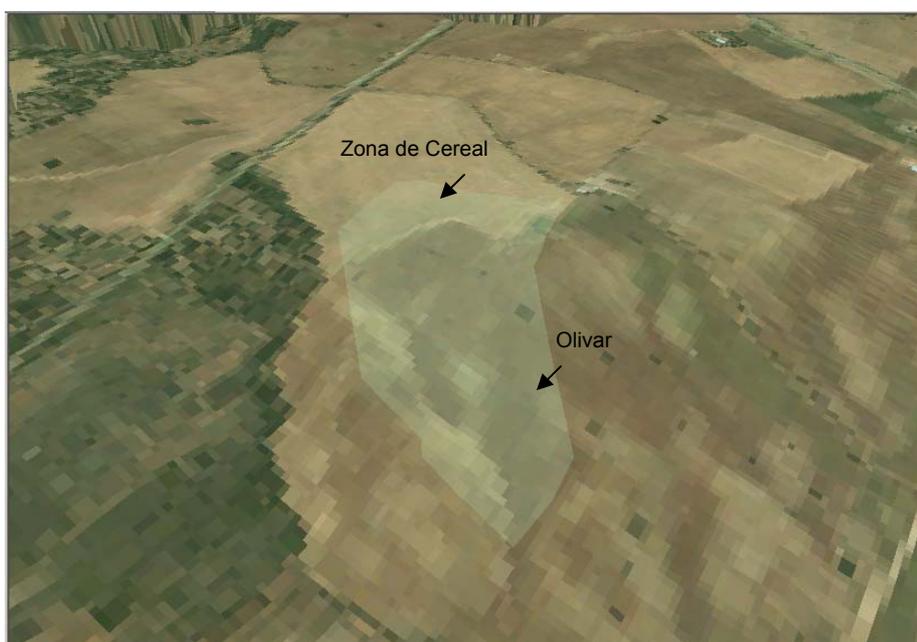
**Tabla 1.1.** Estadísticos de los atributos topográficos de la cuenca de Setenil.

	$LSF$	$w_T$	$A$ (ha)	$\omega$ (m)	$\varphi$ (m)	$\Psi$ (°)	$\beta$ (°)	$H$ (m)
<b>M</b>	1,96	7,27	0,03	-0,02	-0,02	259	5,93	782
<b>Dt</b>	2,23	0,69	0,25	1,21	1,77	119	2,18	8,98
<b>Min</b>	0,00	5,65	0,00	-29,4	-50,0	0,00	0,00	759
<b>Max</b>	73,9	18,8	6,68	24,3	43,0	360	22,9	796
<b>CV</b>	1,14	0,09	8,28	77,0	113	0,46	0,37	0,01
<b>CA</b>	7,30	3,24	15,5	2,57	-0,91	-1,41	0,24	-0,48
<b>CK</b>	108	20,0	268	125	241	0,33	1,19	-0,82

Tanto el  $LSF$  como  $A$ , tienen un alto porcentaje de variabilidad tal y como indican los valor de Dt, CS y CK, concentrándose la mayor parte del histograma en los primeros intervalos y con acusados extremos. Espacialmente, también incrementan su valor a medida que la superficie está más próxima al arroyo o forma parte de él (Figuras 1.31-1.32). Finalmente, el  $w_T$  no presenta valores especialmente elevados, considerando que zonas, que en campo se localizan como áreas saturables donde podría comenzar el flujo canalizado, toman valores próximos a 9,00 y el 97,5 % de la superficie tiene valores inferiores (Figura 1.33).

La  $\omega$  toma el signo negativo (cóncava) en el área del arroyo con los valores más bajos, en la cabecera y la ladera izquierda que inicialmente deberían ser áreas receptoras de sedimentos (Figura 1.34). Las áreas convexas se localizan prácticamente por toda la cuenca. De manera global, la curvatura tanto cóncava como convexa resulta suave, concentrándose entre  $-0,5$  y  $0,5$ , el 72,5 % de la superficie de la cuenca.

La  $\varphi$  presenta como valor medio un valor de curvatura negativo con bajo valor absoluto relacionado con una proporción de laderas cóncavas del 53,9 % de la superficie de la cuenca. Pese a que se alternan las tendencias en la curvatura, es en parte de la cabecera y en ambas laderas entre las curvas de nivel de 775 y 780 m donde se concentra la mayor parte de áreas convexas. En este caso el intervalo comprendido entre  $-0,5$  y  $0,5$  supone el 83,6 % de la superficie (Figura 1.35).



**Figura 1.10.** Modelo de elevación tridimensional de una ortofoto con la cuenca de Setenil superpuesta.

A grandes rasgos, la cuenca de Setenil se caracteriza por un relieve donde los valores de pendiente resultan suaves en cabecera, incrementándose a medida que se desciende. Las curvaturas locales son suaves prácticamente en toda la cuenca y las zonas con factores de ladera y áreas de desagüe más elevados se concentran en las inmediaciones del canal.

### 3.1.2. Microcuenca de Puente Genil

La microcuenca de Puente Genil se sitúa entre los 212 y los 262 m de altitud (Tabla 1.2), con una distribución unimodal donde el 57,8% de la superficie toma valores de cota inferiores al valor medio y con variaciones poco acusadas (CV). Los valores de pendiente tienden a ser elevados (entre el 10 y el 20 %), sólo en algunas zonas en el centro y en los bordes de la cuenca se suavizan estos valores (Figura 1.11 y 1.12). Finalmente, los valores por encima del 20 % se encuentran en las proximidades del arroyo, con el inicio de las terrazas y en algunos núcleos puntuales donde los afloramientos de roca o el deterioro de las medias lunas dispuestas a los pies de los olivos provoca incrementos cuantiosos de la pendiente.

La media de  $A$  deja a la izquierda al 90,0 % de la superficie de la cuenca. La distribución tal y como cabe prever presenta una larga cola a la derecha que en el extremo se corresponde con la

zona del arroyo (Figura 1.64). En este caso, el  $LSF$  toma valores relativamente elevados no sólo en el canal sino en la mayor superficie de la cuenca como resultado de la incidencia de la pendiente (Figura 1.65). Así en la distribución el 41,5 % de la superficie toma valores de  $LSF$  entre 1,0 y 3,0. Por otro lado, en la cuenca no predominan valores elevados de  $w_T$  debido a las elevadas pendientes que se alcanzan. Los valores más bajos están asociados a las pendientes acusadas de la ladera S, rodeando los afloramientos rocosos de la ladera N y en el área de terrazas (Figura 1.66). Pese a que la distribución muestra asimetría positiva, no abundan las áreas saturables desde el punto de vista del relieve. Así, en pequeñas cárcavas localizadas en la ortofoto los valores de  $w_T$  presentan valores próximos a 9,0 (muy superiores a la media), que en la distribución deja a su derecha a un 2,6 % de la superficie (con valores iguales o mayores)

**Tabla 1.2.** Estadísticos de los atributos topográficos de la cuenca de Puente Genil

	$LSF$	$w_T$	$A$ (ha)	$\omega$ (m)	$\varphi$ (m)	$\Psi$ (°)	$\beta$ (°)	$H$ (m)
<b>M</b>	2,64	6,93	0,03	-0,05	-0,05	113	8,46	239
<b>Dt</b>	4,05	0,79	0,20	2,54	4,42	127	4,39	10,9
<b>Min</b>	0,00	4,68	0,00	-40,7	-54,8	0,00	0,00	213
<b>Max</b>	118	13,2	6,11	34,2	59,9	359	46,0	262
<b>CV</b>	1,53	0,11	7,79	55,3	96,2	1,12	0,52	0,05
<b>CA</b>	8,77	1,84	20,9	-0,85	-0,24	0,80	2,58	0,36
<b>CK</b>	149	6,97	523	27,7	26,1	-1,03	12,1	-0,78

La  $\omega$  toma valores negativos en el 51,1 % de la superficie, mostrando una distribución en la cuenca con bajos valores absolutos y donde se van alternando los signos. Las variaciones de la curvatura resultan acusadas a medida que las curvas de nivel se hallan más próximas al arroyo (Figura 1.67). La distribución muestra un elevado apuntamiento y simetría a la izquierda, además, el intervalo correspondiente a -1,0 y 1,0 tan sólo reúne un 50,5 % del área.



**Figura 1.11.** Vista general de las laderas de la cuenca de Puente Genil.

La  $\varphi$  distribuye equitativamente las áreas cóncavas y convexas, que se alternan en ladera según las características naturales del relieve y los perfiles descritos por las medialunas (Figura 1.68). Por otro lado, los valores extremos de curvatura se corresponden con variaciones bruscas

motivadas por paredes verticales de roca y por el perfil derivado de las terrazas al comienzo del arroyo. En este caso el intervalo entre -1,0 y 1,0 comprende al 35,2 % de la superficie.

Por otro lado, en la cuenca se distinguen dos laderas, la situada más al N mayoritariamente orientada al S y la ubicada al S, que supone más del 70% de la superficie, con orientación N. Esta distribución justifica los altos índices de variación de la Tabla 1.2.



**Figura 1.12.** Modelo de elevación tridimensional de una ortofoto con la cuenca de Puente Genil superpuesta.

La cuenca de Puente Genil presenta un relieve donde destacan los altas pendientes, que justifican los valores de longitud de ladera elevados en una buena parte de su superficie. Por otro lado, la curvatura local toma valores significativos según el perfil descrito por las medialunas en la ladera, que alteran o modifican los caminos de flujo.

### 3.1.3. Comparación de los atributos topográficos de las cuencas de estudio.

Si se comparan las Tablas 1.1 y 1.2, variables como el  $LSF$  toma en Puente Genil valores más altos que en Setenil, como combinación de las áreas contributivas con valores de pendiente superiores. La  $Dt$ , el  $CV$  y  $CK$  manifiestan el mayor grado de variación del histograma en Puente Genil, que difiere sensiblemente en los primeros intervalos y se halla desplazado hacia la derecha respecto a la distribución de Setenil.

El  $w_T$  muestra en Setenil la incidencia de valores de pendiente menores que identificas zonas más favorables para la acumulación de agua y la saturación frente a una situación donde el papel de la topografía dirigiendo el flujo hacia el canal resulta evidente (Figura 1.11).

En el caso de  $A$  los estadísticos resultan aproximados aunque con un mayor grado de variación en el caso de Puente Genil donde hay una proporción mayor de áreas de desagüe cercanas a 0, de acuerdo con un perímetro de la divisoria superior al de Setenil.

La  $\omega$  presenta en ambas cuenca valores medios negativos (curvatura de la curva de nivel cóncava) próximos a 0 (curvaturas aproximadamente planas), sin embargo los histogramas de distribución, junto con el  $CA$  y  $CK$  son notablemente diferentes. En Setenil, el histograma

muestra asimetría positiva respecto a su media  $-0,02$ , con un 41,9 % de la superficie con curvaturas menores. Además, los intervalos de frecuencia toman los valores más altos próximos a su media ( $-0,02$ ), lo cual muestra una cuenca con curvaturas de curva de nivel más o menos planas. En el caso de Puente Genil, la curtosis o apuntamiento es notablemente menor, los intervalos de frecuencia se distribuyen en un intervalo mayor de valores ( $-40,7$  a  $34,2$ ) y la distribución deja por debajo de su media  $-0,05$ , el 49,0 % de los valores. En este caso, las modificaciones del relieve relacionadas con el manejo, se reflejan en un mayor grado de variabilidad de la curvatura donde el microrrelieve tiene una notable incidencia (Figuras 1.11 y 1.12). Finalmente, se observa en ambas cuencas un reparto equitativo de superficies cóncavas y convexas respecto a la curvatura plana.

El caso de la  $\varphi$  es similar. Pese a que los valores medios de las cuencas alcanzan valores próximos, las distribuciones son sensiblemente distintas tal y como pueden manifestar los valores de Dt y especialmente el CK. Así, en Setenil los valores de curvatura aproximadamente plana se concentran próximos a la media hacia su izquierda ( $-0,02$ ), frente a un reparto mucho menos apuntado en un intervalo de valores mayor ( $-54,8$  a  $59,9$ ) relacionado con las medialunas. En relación al signo, en Setenil el 54,0 % de la superficie toma valores negativos de  $\varphi$  frente al 50,0 % de Puente Genil.



**Figura 1.13.** *Detalle de las medialunas a los pies de los olivos y la pendiente en la ladera S de la cuenca de Puente Genil*



**Figura 1.14.** *Detalle de la curvatura del terreno y la pendiente en la ladera N de la cuenca de Puente Genil*



**Figura 1.15.** *Detalle de la pendiente y curvatura de una calle en la ladera S de la cuenca de Setenil vista desde el arroyo con evidencias de pérdida de suelo.*



**Figura 1.16.** *Detalle de la pendiente y curvatura de una calle en la ladera N de la cuenca de Setenil*

La tendencia de  $\Psi$  responde en el caso de Puente Genil a la situación de la ladera de mayor superficie orientada al NE. En Setenil, la mayor parte de la superficie lo hace, sin embargo, hacia el NO.

Los estadísticos y el histograma de  $\beta$  ( $^{\circ}$ ) en cada una de las cuencas varían de manera llamativa. De esta forma, en Puente Genil tan sólo un 20,6 % de la superficie presenta pendientes inferiores al 10 %, frente al 45,3 % de la superficie de la cuenca de Setenil (Figura 1.15 y 1.16). Si se considera un umbral del 15 %, en Setenil tan sólo un 9,0 % de su superficie superaría este límite, mientras que en Puente Genil el 42,7 % presenta pendientes mayores.

En relación a las cotas y al modelo de elevación (Figuras 1.6 y 1.7), hay que considerar las diferencias en los valores medios y en las distribuciones estadísticas de los valores. La cuenca de Setenil se halla a más de 400 m por encima del nivel de la de Puente Genil. Por otra parte, las variaciones de cota tal y como cabe esperar tras examinar la pendiente son superiores (Dt, Max-Min) también en Puente Genil, donde además los valores tienden a situarse a la derecha de la media frente a los de Setenil que lo hacen a su izquierda.

En resumen, además de las diferencias relacionadas con la diferencia de cotas en las que se sitúan las cuencas, la cuenca de Puente Genil presenta valores más altos y un mayor grado de variación en las pendientes del terreno que se traduce en variables como  $LSF$  y  $w_T$ . Las curvaturas locales, pese a que presentan valores medios aproximados, en el caso de Puente Genil, muestran una mayor variabilidad relacionada con el papel del microrrelieve (medialunas) en los caminos de flujo, mientras que en Setenil las curvaturas toman bajos valores absolutos (aproximadamente planas). Por otro lado, pese a las diferencias en los estadísticos la orientación resulta semejante, con dos laderas mayoritarias con orientación N y S fundamentalmente. También las  $A$  muestran diferencias poco relevantes relacionadas con las distintas formas de las cuencas.

### 3.2. Caracterización de algunas propiedades del suelo en la microcuencas de estudio.

#### 3.2.1. Microcuenca de Setenil.

El suelo en la cuenca de Setenil se ha clasificado como luvisol crómico, suelos que se han desarrollado principalmente sobre materiales no consolidados como depósitos glaciares, eólicos, aluviales y coluviales (CSIC-IARA, 1989).

El suelo de la cuenca de Setenil pertenece a la clase textural franco-arenosa, lo que lo caracteriza como un suelo medio que en líneas generales presenta unas buenas condiciones de retención de agua, fácil laboreo, permeabilidad media y equilibrada capacidad de retención de nutrientes.



**Figura 1.17.** Vista de parte de la calicata llevada cabo en la cuenca de estudio de Setenil.



**Figura 1.18.** Taludes del arroyo de Setenil que ponen de manifiesto la profundidad del suelo.

La Figura 1.17 y la Tabla 1.3 muestran el resultado de una calicata llevada a cabo en la zona en febrero de 2004. De ella, habría que destacar la elevada profundidad del suelo (Figura 1.18), considerando los mecanismos de generación de escorrentía relacionados con la saturación del mismo y el incremento del % de arcilla con la profundidad, que ha de repercutir en la condiciones de almacenamiento hídrico.

**Tabla 1.3.** Datos edafológicos de la calicata realizada en Setenil.

Horizonte	Espesor (cm)	% Elementos gruesos	% arena	% limo	% arcilla	Clase textural	pH	MO (%)
A	10	0,3	67,8	16,7	15,5	Francoarenosa	7,87	0,32
Bt	60	13,3	71,2	12	16,8	Francoarenosa	7,95	0,16
C	30	0,3	63	13,8	23,2	Francoarcilloarenosa	7,93	0,23

La Tabla 1.4 muestra los estadísticos representativos de las variables edafológicas relacionadas con la erodibilidad, obtenidos de la interpolación de los datos para la microcuenca de Setenil (ANEJOS 2 y 3)

**Tabla 1.4.** Estadísticas de algunos atributos edafológicos en la microcuenca de Setenil: textura, %M.O. y %Carbonatos.

	% Arcilla	% Limo	% Arena	% M.O.	% Carbonatos
M	14,5	8,8	76,8	0,87	8,34
Dt	1,1	1,6	1,9	0,13	3,82
Min	6,7	5,0	71,9	0,41	1,61
Max	16,6	13,60	87,8	1,40	22,70
CV	0,08	0,18	0,02	0,15	0,46
CS	-1,85	0,56	0,02	0,76	1,21
CK	6,16	-0,42	2,05	2,16	1,47

En relación a la textura, el contenido de arcilla en la cuenca se distribuye uniformemente a excepción de la salida donde las muestras de depósitos presentan pocos sedimentos finos (Figura 1.41). Así, a medida que se asciende en la ladera tiende a aumentar la fracción de arcilla aunque los porcentajes más altos se alcanzan en altitudes medias a ambos lados del canal entre los 775 y 785 m.

La distribución de la fracción limosa en la cuenca muestra una zona (ladera N) caracterizada por un alto contenido en limo con valores por encima del 10,0 % mientras que en la cabecera y en la salida del arroyo los porcentajes son inferiores a la media (Figura 1.39). De esta manera, la distribución presenta un 75,5 % de la superficie de la cuenca con fracciones comprendidas entre 5,0 y el 10,0 % y un 24,5 % del territorio con valores superiores.

El contenido de arena muestra, aproximadamente, la tendencia invertida de la fracción limo, siendo la cabecera y la salida de la cuenca las zonas más arenosas y la ladera N la de menor contenido en arena (Figura 1.42). En este caso la distribución, cuenta con un 78,4 % de la superficie de la cuenca con valores entre el 75,0 y 80,0 % de fracción arena.

La M.O. también tiende a tomar valores más altos en la ladera N, donde la protección de los elementos gruesos superficiales y la menor eficiencia de los herbicidas permite el establecimiento de algunos pequeños núcleos vegetales. Hay que destacar que a medida que las condiciones para las labores resultan más favorables como en el área más plana de cabecera, el % de M.O. tiende a disminuir. La Dt y el CV en términos de % M.O. resultan altos, ilustrando las diferentes tendencias observadas dentro de la microcuenca (Figuras 1.17).

El % carbonatos se ha elegido como indicador de los elementos gruesos de carbonato cálcico existente en superficie, ya que, para una misma cantidad de lluvia se considera que en el primer horizonte existirá un lavado menor en las áreas donde éstos abundan. Así, lo confirma además la

concentración de elementos gruesos en algunos enclaves de la finca (Figura 1.21) tras examinar los datos del análisis. La microcuenca muestra un área mayoritaria en cabecera (Figura 1.20) y en mitad de la ladera donde no existen elementos gruesos y el lavado y la incidencia de las labores ha reducido su contenido, frente algunos núcleos en la ladera N y en las proximidades del arroyo en la ladera S donde existen puntos de alta concentración (Figuras 1.22 y 1.43).

Las Figuras 1.19-22 ofrecen una muestra de las diferencias entre distintas zonas. La ladera N (Figuras 1.19 y 1.21), es un área que pese a que sobre ella se realizan las mismas labores que en el resto de la cuenca, la abundancia de elementos gruesos en superficie que permite mayores tasas de acumulación de M.O y los rasgos topográficos más acusados, la diferencian de la cabecera (Figura 1.20) y la otra ladera donde a pesar de que existen algunos enclaves con una mayor frecuencia de elementos gruesos (Figura 1.22), la topografía es más suave y las labores al suelo se desempeñan sin dificultad.



**Figura 1.19.** Vista de la ladera N (a la derecha del arroyo) con abundancia de elementos gruesos en superficie.



**Figura 1.20.** Vista de una calle de la cabecera con menor cantidad de elementos gruesos en superficie y menos compactada.



**Figura 1.21.** Ladera N cubierta de elementos gruesos calizos y restos de vegetación agostada.



**Figura 1.22.** Zona de ladera S con elementos gruesos. Al final de la calle se observa la variación del color del suelo en cabecera.

Por otra parte, la Tabla 1.5 muestra el resumen de los valores de la distribución de otras propiedades físicas que resultan descriptivas del manejo, la infiltración o el almacenamiento del agua en el suelo en el primer horizonte ( $K_{sat}$ ,  $D_{ap}$ ,  $CC$  y  $PMP$ ), en los primeros 10 cm, y en el segundo horizonte, a mayor profundidad. Los puntos de muestreo de estas propiedades aparecen reflejados en la Figura 1.4 y los datos iniciales en la Tabla 1.40 del ANEJO 2.

**Tabla 1.5.** Estadísticas de las propiedades del suelo relacionados con la infiltración y el manejo en la microcuenca de Setenil.

	$K_{sat0}$ (cm/h)	$K_{sat10}$ (cm/h)	$D_{ap0}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$D_{ap10}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$CC_0$	$CC_{10}$	$PMP_0$	$PMP_{10}$
M	16,1	11,5	1,67	1,69	0,15	0,15	0,07	0,07
Dt	9,9	3,9	0,08	0,08	0,01	0,01	0,01	0,01
Min	2,0	3,0	1,11	1,47	0,12	0,12	0,05	0,05
Max	44,0	41,9	1,90	1,89	0,18	0,20	0,10	0,09
CV	0,6	0,3	0,05	0,05	0,07	0,08	0,11	0,09
CS	0,5	2,4	-1,04	0,03	0,19	1,21	0,44	-0,14
CK	-1,1	11,4	4,88	-0,91	-0,23	2,30	0,52	0,77

La  $K_{sat0}$  presenta en la cuenca una acusada variabilidad que se ajusta a una distribución bimodal (Figura 1.44), donde las zonas de cabecera toman valores más elevados con un máximo relativo en el intervalo de 25-30 cm/h que supone un 17,1 % de la superficie de la cuenca. Sin embargo, un 31,9 % del territorio de la cuenca toma valores de  $K_{sat0}$  entre 5-10 cm/h. Existe cierta correlación entre la distribución espacial de la  $K_{sat0}$  con la del contenido de arena (positiva), la M.O. (negativa) y también el % de carbonatos (negativa). Así, estas tendencias pueden indicar que en las zonas de conductividades más altas, con condiciones de infiltración más favorables, existe un mayor contenido de arena y el lavado y la incidencia de las labores han provocado la disminución del contenido de M.O. Por otro parte, la combinación de los elementos gruesos superficiales (carbonato cálcico) y el paso de la maquinaria deben haber sellado y reducido los huecos de paso del agua, haciendo que los valores de conductividad sean menores en las áreas con alta concentración de carbonatos.

La  $K_{sat10}$  muestra un valor medio inferior al del primer horizonte y una variabilidad notablemente menor. Esta tendencia es típica en suelos que han sido labrados tal y como comprobó Gómez (1998) en las calles de parcelas de olivar sometidas a laboreo, y puede justificarse por la aproximación, en este segundo horizonte, a la suela de labor. El histograma, en este caso presenta una distribución unimodal, con un 53,9 % de la superficie con valores entre 10 y 15 cm/h que espacialmente se sitúan en cabecera y en la ladera S (al O). Por debajo de 10 cm/h, se encuentran la ladera N y algunos enclaves en cabecera (Figura 1.45).

Los estadísticos correspondientes a la  $D_{ap0}$  reflejan algunas variaciones dentro de la cuenca (Figura 1.46). El histograma de la  $D_{ap0}$  presenta al 78,0 % de la superficie de la cuenca con valores de densidad aparente comprendidos entre 1,6 y 1,8 g/cm<sup>3</sup>, que quizás son relativamente altos para un suelo franco-arenoso pero que pueden responder a una disminución del volumen de poros tras el paso del rulo a principios del verano (fecha del muestreo). Si se comparan los histogramas de  $D_{ap0}$  y  $D_{ap10}$ , tal y como induce a pensar la media y CS, los valores en el segundo horizonte tienden a ser superiores tal y como Gómez (1998) determinó en parcelas sometidas a laboreo tradicional.

En el caso de  $CC$ , se manifiestan ciertas variaciones en la cuenca relacionadas con los cambios de textura que tienen lugar a lo largo de las laderas. Por otra parte, las medias en ambos horizontes coinciden y toman valores característicos de suelos franco-arenosos (Figuras 1.48-49). Sin embargo tanto los histogramas como la distribución espacial de los valores de  $CC$  en la cuenca difieren. Así, en el segundo horizonte los valores tienden a ser mayoritariamente inferiores a la media (0,15) que constituye el umbral del 68,1 % de la superficie de la cuenca, frente a un 53,2 % en el primero respondiendo quizás al aumento del contenido de la fracción arena.

Los  $PMP$  son también típicos de la textura del suelo franco-arenosa en ambos horizontes. Las variaciones son mínimas, mostrando histogramas donde el intervalo entre 0,06 y 0,08 comprende a más del 75 % de la superficie (Figuras 1.50-51).

La cuenca de Setenil presenta una marcada variabilidad en propiedades del suelo como la fracción *limo*, el % de *M.O.*, el %  $CaCO_3$  (elementos gruesos de caliza) y los valores de  $K_{sat}$ . En relación a la susceptibilidad del suelo a la erosión resulta difícil reconocer zonas en la cuenca donde se manifiesten factores directamente ligados a la pérdida de suelo ya que texturas más vulnerables se hayan protegidas por elementos gruesos superficiales y mayores tasas de *M.O.* y las áreas desnudas presentan mejores condiciones de infiltración. Es necesario examinar los puntos de pérdida para localizar los enclaves más frágiles y explicar la incidencia de las variables.

### 3.2.2. Microcuenca de Puente Genil.

En el caso de Puente Genil, el cambisol cálcico (IARA-CSIC, 1989) presenta un perfil del tipo AC. El segundo horizonte se caracteriza por una débil a moderada alteración del material original, de hecho tal y como muestra la Figura 1.23, existen abundantes afloramientos de roca madre. En este caso, se ha realizado también un examen de los horizontes (Tabla 1.6) en un corte del terreno que se limpió y que aparece en la Figura 1.24.



**Figura 1.23.** Muestra de afloramientos de roca madre en la ladera



**Figura 1.24.** Corte del terreno donde se limpió y se procedió al examen de los horizontes

El suelo según la textura entraría también en la categoría de franco-arenoso según la clasificación del Triángulo de Textura de Suelo, lo que le atribuiría condiciones semejantes a las del suelo de Setenil (buenas condiciones de retención de agua, fácil laboreo, permeabilidad media y equilibrada capacidad de retención de nutrientes), aunque en este caso disminuye el contenido en arcilla y aumentan los limos.

De los resultados de la Tabla 1.6 habría que destacar la escasa profundidad del suelo, el reducido contenido en arcillas y la riqueza en *M.O.* Por otra parte, se trata de un suelo franco donde visualmente en la cuenca no se aprecian importantes variaciones como ocurría en Setenil.

**Tabla 1.6.** Datos edafológicos del perfil realizado en Puente Genil.

Horizonte	Espesor (cm)	% Elementos gruesos	% arena	% limo	% arcilla	Clase textural	pH	MO (%)
A	10	22,7	59,5	35,2	5,3	Francoarenosa	8,8	1,59
C	40	24,4	60,8	34,3	4,9	Francoarenosa	8,8	1,59

La Figura 1.5 presenta los puntos de muestreo en la cuenca de los que cuales (Epígrafe 2.3.2) se han obtenido los valores de la Tabla 1.7.

Las diferencias de la textura en la cuenca no son muy acusadas, a excepción de la ladera N que presenta un menor contenido en arena y mayor fracción de limo y arcilla. Si se examinan los histogramas, la distribución del contenido en arena presenta a un 84,8 % de la cuenca con valores comprendidos entre el 70,0 y el 75,0 %. En el caso del limo, el 85,8% de la cuenca tomaría valores de la fracción de limo entre el 15,0 y el 20,0 % y para las arcillas el intervalo entre el 5,0 y el 10,0 % engloba a un 72,7 % de la superficie, con valores mayores de CV (Figuras 1.72-74).

El contenido de M.O. es relativamente alto en toda la cuenca (Figura 1.75), el uso de cubiertas vegetales para proteger el suelo en las calles y el escaso uso de fitosanitarios han permitido estas tasas, que tan sólo se reducen en una pequeña área de cabecera y que aumentan notablemente en el área de las terrazas debido al abandono de las labores y la proliferación de malas hierbas. Estas características explican una distribución con un valor de Dt tan elevado, donde además los intervalos más cuantiosos se concentran a la derecha de la media (CS).

**Tabla 1.7.** Estadísticas de los atributos edafológicos en la microcuenca de Puente Genil: textura, % M.O. y % Carbonatos.

	% Arcilla	% Limo	% Arena	% M.O.	% Carbonatos
M	9,92	19,1	71,0	1,71	48,8
Dt	1,74	1,95	3,68	0,23	5,15
Min	7,01	16,5	54,0	0,91	39,5
Max	18,0	28,0	75,6	2,89	62,4
CV	0,18	0,10	0,05	0,13	0,11
CS	2,34	2,27	-2,55	0,26	0,26
CK	5,90	5,41	6,37	2,72	-0,84

Finalmente, en el caso de los carbonatos también la variabilidad resulta globalmente baja, si se consideran los valores de la Dt y el CV, aunque la distribución espacial presenta al área E con un contenido notablemente menor (inferior al 45,0 %) al de la extensa ladera S, con numerosos afloramientos de roca caliza en superficie y contenidos en carbonatos por encima del 50,0 % (Figura 1.76).

La Tabla 1.8 presenta algunos estadísticos de  $K_{sat}$ ,  $D_{ap}$ ,  $CC$  y  $PMP$ . Los puntos de muestreo de estas propiedades aparecen también reflejados en la Figura 1.5 y los datos en el ANEJO 2.

**Tabla 1.8.** Estadísticas de los atributos relacionados con la infiltración y el manejo en la microcuenca Puente Genil.

	$K_{sat0}$ (cm/h)	$K_{sat10}$ (cm/h)	$D_{ap0}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$D_{ap10}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$CC_0$	$CC_{10}$	$PMP_0$	$PMP_{10}$
M	6,83	9,04	1,60	1,62	0,18	0,17	0,06	0,06
Dt	3,39	6,52	0,08	0,07	0,01	0,01	0,00	0,00
Min	0,40	0,01	1,40	1,03	0,13	0,15	0,04	0,05
Max	19,88	36,47	1,89	1,84	0,20	0,19	0,07	0,07
CV	0,50	0,72	0,05	0,05	0,05	0,03	0,06	0,08
CS	-0,04	1,80	0,73	-0,93	-0,17	-0,37	-1,22	0,29
CK	-1,22	3,07	0,78	4,92	0,01	1,52	1,76	-0,14

La variabilidad de la  $K_{sat0}$  resulta menor que en Setenil, a pesar de los valores Max, Min y el CV, que responden a una distribución bimodal donde las zonas al N y E (37,1 % de la superficie), presentarían valores de  $K_{sat0}$  por debajo de 5,0 cm/h y la parte S (Figura 1.23), con valores superiores. Los valores de  $K_{sat0}$  más altos en la ladera S para un mismo manejo y una textura con baja variabilidad (Figura 1.77), puede obedecer a una mayor frecuencia de afloramientos de roca madre que pueden relacionarse con la presencia de macroporos, que junto a los valores cuantiosos de M.O. pueden favorecer la infiltración en un suelo donde la escasa profundidad es otro rasgo edafológico a tener en cuenta.

Los valores más bajos de  $K_{sat0}$  en la ladera N, parece relacionarse por un lado con valores más altos de  $D_{ap}$  y también con características de la textura. Así, la ladera N constituye una zona de paso de maquinaria y vehículos entre fincas (Figura 1.25), manifestándose una mayor compactación que en la ladera S donde las peligrosas pendientes reducen el tránsito (Figuras 1.27 y 1.28). En relación a la textura, el contenido en arcillas en la zona es superior al resto de la finca, lo cual le debe conferir unas condiciones de infiltración más lentas. Finalmente, en el área NE, la disminución de M.O. puede relacionarse con una peor estructura que podría explicar también los valores tan pequeños de  $K_{sat0}$ .



**Figura 1.25.** Zona más compactada en la ladera N por el paso de tractores.



**Figura 1.26.** Ensayo de  $K_{sat}$  en una zona la ladera S con mejores condiciones de infiltración.



**Figura 1.27.** Ladera S con detalles de las dificultades del relieve.



**Figura 1.28.** Ladera S con detalles de las dificultades del relieve y afloramientos de caliza.

La  $K_{sat10}$  continúa con la tendencia bimodal que justifica la variabilidad tan acusada por parte de  $D_t$  y  $CV$ . Sin embargo, en la distribución el 74,5 % de la superficie de la cuenca toma valores por debajo de 10 cm/h. Especialmente, la ladera N toma los valores más altos, por encima de 15 cm/h, lo cual contrasta con la distribución en la cuenca de  $K_{sat0}$ . Por otro lado, el área NE toma los más bajos de  $K_{sat10}$  (entre 0 y 5 cm/h) y la ladera S presenta valores intermedios comprendidos entre 5 y 15 cm/h (Figura 1.78).

Pese a los valores medios, la  $K_{sat0}$  supera a la  $K_{sat10}$  en un 52,2 % de la superficie de la cuenca situada principalmente en la ladera S y un área que se extiende al NE. Gómez (1998), sin embargo, determinó en parcelas de olivar bajo no laboreo esta tendencia al incremento de la  $K_{sat}$  con la profundidad, que en este caso, se manifiesta en las áreas más compactadas y con menor

contenido en M.O., donde la incidencia de la salpicadura y el paso de maquinaria tiende a sellar los poros superficiales.

La  $D_{ap0}$  no presenta una alta variabilidad en la cuenca de acuerdo con los valores de Dt y CV, además de un valor medio típico para un suelo franco-arenoso para el que la distribución deja a la izquierda de la media al 52,6 % de la superficie de la cuenca. Así, a grandes rasgos la ladera S toma los valores menores de  $D_{ap0}$  por debajo de  $1,6 \text{ g/cm}^3$  mientras que la ladera N y la zona E presentan valores superiores (Figura 1.80). La  $D_{ap10}$  presenta, prácticamente, los mismos valores estadísticos que la  $D_{ap0}$ , aunque la distribución está desplazada a la derecha y el valor de  $1,6 \text{ g/cm}^3$  deja a su izquierda a un 34,7 % de la superficie con valores iguales o más pequeños. Existe cierta correlación negativa en la ladera S donde la  $D_{ap10} > D_{ap0}$  y las  $K_{sat0} > K_{sat10}$ . En la ladera N estas relaciones entre horizontes tienen signo contrario (Figura 1.79-80).

En el caso de CC, los valores medios en ambos horizontes son algo elevados para un suelo franco-arenoso pero la incidencia de los limos puede favorecer las condiciones de almacenamiento de agua para las plantas. Los histogramas presentan algunas diferencias y en el segundo horizonte hay cierto desplazamiento a la izquierda quizás relacionado con un mayor contenido en fracción arena en el segundo horizonte (Tabla 1.6, Figuras 1.81-82).

Los PMP son también típicos de la textura del suelo franco-arenoso en ambos horizontes. Las variaciones son mínimas, mostrando histogramas donde el intervalo entre 0,06 y 0,07 engloba en ambos casos a un 64 % de la superficie (Figuras 1.83-84).

En resumen, en la microcuenca de Puente Genil se diferencian globalmente dos zonas: la primera, al N, presenta un mayor contenido en arcillas y limos y las condiciones de infiltración superficiales más desfavorables ( $K_{sat0}$  más bajos de la cuenca). La zona S se caracteriza por el menor contenido en %M.O. y abundancia de carbonatos y porque, en ella se observa una menor compactación con  $D_{ap0}$  menores y  $K_{sat0}$  mayores que en el resto de la cuenca.

### 3.2.3. Comparación entre las propiedades físicas del suelo en ambas cuencas.

En relación a las texturas, Setenil alcanza valores muy superiores a Puente Genil en el contenido de arena y arcilla, siendo además Dt y CV inferiores. Los valores de limo resultan por otro lado, notablemente más bajos lo que confiere a Puente Genil, desde el punto de vista erosivo mayor susceptibilidad.

En el caso de la M.O. las sensibles diferencias están estrechamente relacionadas con el manejo, las cubiertas espontáneas que el agricultor de Puente Genil respeta y tan solo siega en verano como defensa ante incendios, favorecen una mejor estructura del suelo y también protección del suelo en primavera. En ambos casos, los distintos manejos han favorecido importantes diferencias entre las distribuciones en la que no resultan comparables.

En el caso de los carbonatos, las diferencias entre laderas de Setenil justifica el alto CV, mientras que los valores medios explican las disparidades entre un suelo de escasa profundidad muy próximo a la roca madre como es el de Puente Genil frente a un suelo más profundo y suelto en el que en zonas puntuales los elementos gruesos resultan muy abundantes.

En relación a la  $K_{sat}$ , resulta interesante comparar como en el caso de Setenil con un manejo de mínimo laboreo y texturas más o menos comparables, los valores medios en ambos horizontes resultan más elevados, siendo  $K_{sat0}$  mayor que  $K_{sat10}$ . Esta reducción está asociada a la aparición de suela de labor. En Puente Genil, bajo no laboreo con cubiertas, los valores de conductividad resultan más reducidos y se invierte la relación entre  $K_{sat10}$  y  $K_{sat0}$ . En este caso la ausencia de

labores y la incidencia de la lluvia y el tránsito de maquinaria tienden a disminuir, especialmente en algunas zonas (ladera N), las vías de infiltración.

Los valores medios de  $D_{ap}$  resultan aproximados aunque son ligeramente más elevados en Setenil, seguramente por el mayor contenido en la fracción arena y por la incidencia del rulo previa a la recopilación de las muestras. En ambos casos la variabilidad (CV) en las cuencas resulta baja.

Finalmente, en relación al agua disponible para la planta los valores de  $CC$  y  $PMP$  en Puente Genil en ambos horizontes suponen por unidad por volumen un mayor contenido de agua disponible para el árbol en el suelo, aunque la baja profundidad de éste limita el almacenamiento hídrico.

Así, considerando unas condiciones de textura aproximadas pese a que cada cuenca presenta sus peculiaridades las incidencias del manejo se reflejan fundamentalmente en los valores de  $M.O.$  y  $K_{sat}$ . De esta manera, la microcuenca de Puente Genil combina la protección de sus cubiertas vegetales con tasas más reducidas de infiltración que pueden comprometer en años secos dicha protección frente a Setenil donde la conductividad es notablemente superior y donde tan sólo los elementos gruesos de la ladera N cubren y protegen el suelo de la erosividad de la lluvia. Finalmente, considerando únicamente el factor numérico K de la RUSLE, Puente Genil muestra un suelo más erodible pero con diferencias pequeñas, ( $0,040 \text{ t.h.MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$  para Setenil frente  $0,043 \text{ t.h.MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ ).

### 3.3. Caracterización de los puntos de erosión en las microcuencas de estudio.

#### 3.3.1. Caracterización de los puntos de erosión en la microcuenca de Setenil.

##### 3.3.1.1. Estudio de la incidencia de los factores topográficos sobre los puntos de erosión en la microcuenca de Setenil.

Se han examinado los valores, los estadísticos, los histogramas y la distribución espacial de los puntos de pérdida para cada una de las variables topográficas definidas en el Epígrafe 2.3.1. El objetivo es examinar los rasgos topográficos característicos de estos puntos de control donde se ha observado pérdida de suelo respecto a las tendencias observadas en las zonas de estudio en cada cuenca.

La Tabla 9 muestra el valor de los estadísticos en los 36 puntos de pérdida. En realidad, este número de puntos es bajo considerando el número de celdas que se han derivado del número de elevación de tamaño 1,5 m x 1,5 m. Sin embargo, aunque la resolución naturalmente ha de influir en los resultados, este tamaño de celdas representa adecuadamente singularidades del terreno como el propio arroyo e incluso las calles. Además, dados los márgenes de precisión que el GPS proporciona, para una única campaña es natural que el número de puntos donde se observan pérdidas o ganancias de suelo sea pequeño. El seguimiento de los puntos de control en años sucesivos abre líneas futuras de investigación en el que se pueden estudiar y ampliar los resultados de este trabajo.

Si se observan los atributos del relieve de los puntos de pérdida de suelo (Tablas 9 y 10) y se comparan con las tendencias (histogramas y mapas de distribución espacial, ANEJO 3 y Figuras 1.31-1.38 al final del Epígrafe) en la cuenca, eliminando los valores que se corresponden con la zona de cereal, que es la que va considerarse como la zona de estudio de erosión y depósito, puede observarse lo siguiente:

**Tabla 1. 9.** Estadísticos de los atributos topográficos de los puntos de pérdida de la cuenca de Setenil.

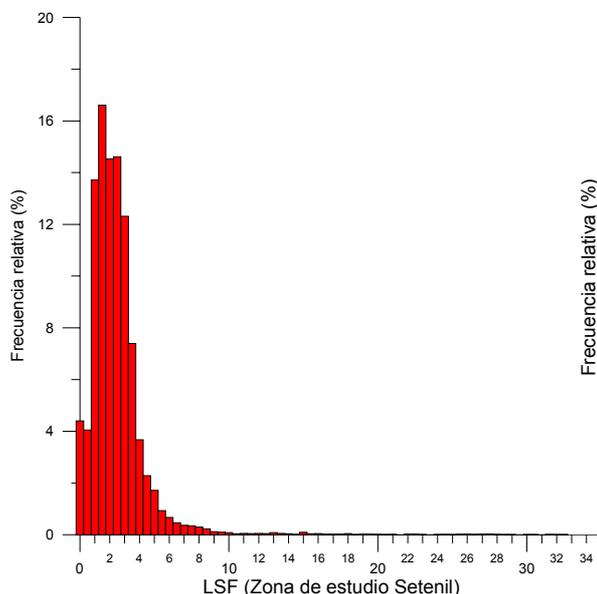
	$LSF$	$w_T$	$A$ (ha)	$\omega$	$\varphi$	$\Psi(^{\circ})$	$\beta (^{\circ})$	$H$ (m)
M	2,48	6,98	0,07	0,10	-0,23	297,33	6,84	779,50
Dt	1,80	0,48	0,35	0,61	0,83	91,90	1,51	7,68
Min	7,48	8,48	5,00	1,54	0,78	357,86	9,34	790,66
Max	0,00	6,52	2,14	-1,26	-4,82	4,82	3,02	765,42
CV	1,59	1,79	0,00	0,00	-5,11	-2,71	-0,54	-0,31
CA	2,36	3,40	5,98	0,65	29,14	6,48	-0,38	-1,23
CK	2,48	6,98	35,81	0,10	-0,23	297,33	6,84	779,50

**Tabla 1. 10.** Estadísticos de los atributos topográficos de la zona de estudio en la cuenca de Setenil.

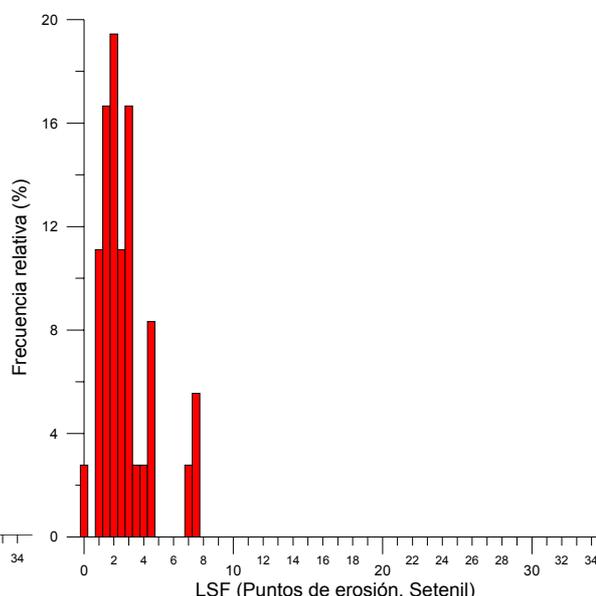
	$LSF$	$w_T$	$A$ (ha)	$\omega$	$\varphi$	$\Psi(^{\circ})$	$\beta (^{\circ})$	$H$ (m)
M	2,23	7,19	0,04	0,01	-0,01	271,0	6,43	780,32
Dt	2,32	0,69	0,28	0,98	1,01	109,5	1,83	8,54
Min	0,00	6,00	0,00	-9,27	-22,45	0,0	0,00	759,00
Max	73,90	18,84	6,68	16,19	19,71	360,0	14,76	796,00
CV	1,04	0,10	7,76	194,39	-95,75	0,4	0,28	0,01
CA	7,36	3,86	14,26	0,06	0,40	-1,7	0,02	-0,32
CK	105,00	24,58	226,31	22,26	79,24	1,5	0,47	-0,81

En relación al  $LSF$ , se observa cierto desplazamiento del histograma de puntos de pérdida hacia la derecha respecto el de la zona de estudio, tal y como indican las medias y la comparativa de histogramas (Figuras 1.29<sup>a</sup> y 1.29 b). La distribución espacial (Figura 1.32) presenta a gran parte de los puntos de pérdida relativamente próximos al arroyo, lo cual justifica estos resultados.

El  $w_T$  en los puntos de pérdidas tiende a ser algo menor en los primeros intervalos. Así, un  $w_T$  igual a 7,00 en el histograma de los puntos de pérdida engloba un 60,5 % de los puntos de pérdida, mientras que en la zona de estudio un 40,3 % de su superficie presenta valores menores (Figura 1.33). Estas variaciones aunque pequeñas pueden indicar que en los puntos de pérdidas pese a áreas de desagüe cuantiosas la decisiva incidencia de la pendiente disminuye las posibilidades para la saturación.



**Figura 1.29a.** Histograma del factor  $LSF$  en la zona de estudio en la micorcuenca de Setenil



**Figura 1.29b.** Histograma del factor  $LSF$  correspondiente a los puntos de erosión (Setenil)

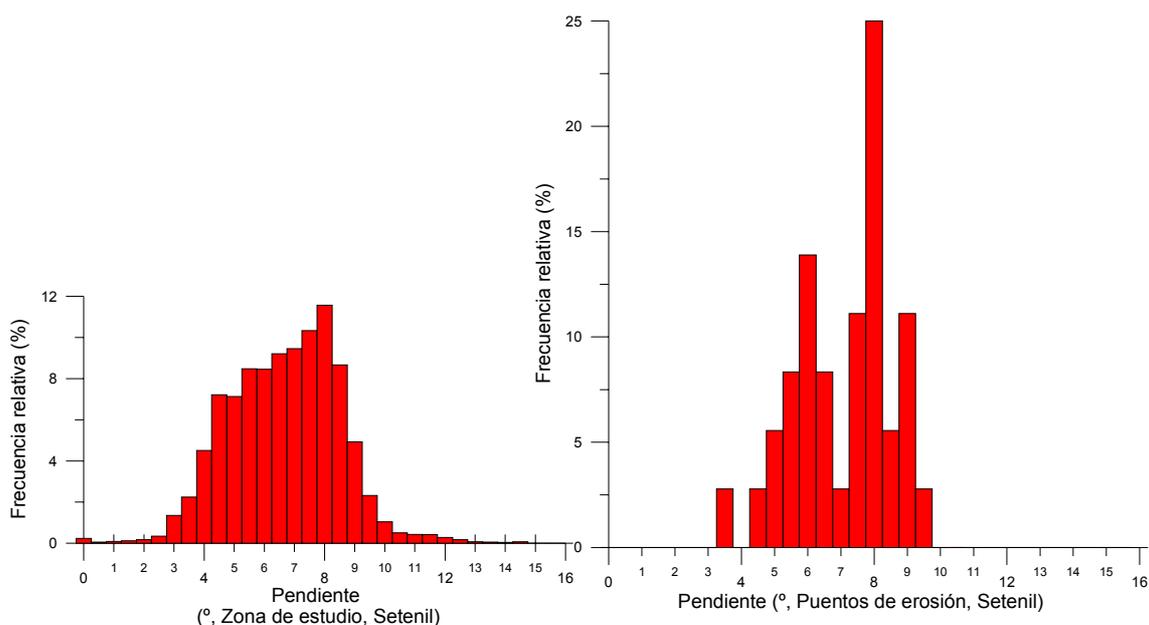
El  $A$  muestra una tendencia similar a  $LSF$  y la media en los puntos de pérdida es notablemente superior a la de la zona de estudio (0,07 ha frente 0,04 ha). Hay un desplazamiento hacia la derecha de la distribución de los puntos de pérdida en los primeros intervalos, que se justifica nuevamente observando la situación de los puntos en la cuenca (Figura 1.31).

La  $\omega$ , sin embargo, muestra valores medios y distribuciones diferentes. Por ejemplo, el histograma de los valores de curvatura plana en la zona de estudio presenta un 55,0 % de su superficie con signo negativo, mientras que el 58,3 % de los puntos de pérdida se localizan en áreas con curvatura positiva. En realidad, los valores de curvatura tienen valores absolutos bajos (Figura 1.34), pero la incidencia mayoritaria de áreas convexas en los puntos de pérdida diferenciándose de la distribución de la curvatura cóncava, puede poner de manifiesto la tendencia de los puntos de erosión a frecuentar este tipo de zonas.

En el caso de  $\varphi$  ocurre lo contrario y pese a que en un 53,7 % de la zona de estudio los valores son negativos, en estas áreas se localizan el 72,2 % de los puntos de pérdida. Como en el caso anterior, los valores de  $\varphi$  mayoritariamente toman valores absolutos bajos (el 60,0 % de la superficie de la zona de estudio toma valores entre -0,1 y 0,1) pero habrá que observar el resto de variables topográficas así como su combinación con las variables del suelo y/o relacionadas con el manejo que argumenten la abundancia de puntos de pérdida sobre áreas cóncavas desde el punto de vista del perfil (Figura 1.35).

Mayoritariamente la cuenca se halla orientada al O, lo cual justifica el valor medio elevado de  $\Psi$ . En la zona de estudio la ladera situada más al S, con orientación NO, supone aproximadamente 2/3 de su superficie. En ella se concentran aproximadamente el 70,0 % de los puntos de pérdida, lo cual explica los valores más altos del histograma y la media (297° frente 271°) y la mayor variabilidad (Figura 1.37).

En el caso de la  $\beta$ , los puntos de pérdida toman un valor medio superior, que supone aproximadamente un 1 % más. El valor mínimo de pendiente en los puntos de pérdida con un ángulo de  $3^\circ$  (5,3 %) ilustra el desplazamiento hacia la derecha de la distribución del histograma de los puntos de pérdida (Figuras 1.30a y 1.30b). El mapa de pendientes (Figura 1.36) también muestra como en el área de cabecera, con ángulos cercanos a 0, no se ha evaluado ningún punto con pérdida. Las diferencias entre los histogramas se manifiestan en los primeros intervalos hasta llegar a  $8^\circ$ , así el 40,9 % de la zona de estudio presenta valores de pendiente superiores a  $7^\circ$  (12,2 %), distribuyéndose sobre ella el 55,6 % de los puntos de pérdida de suelo.



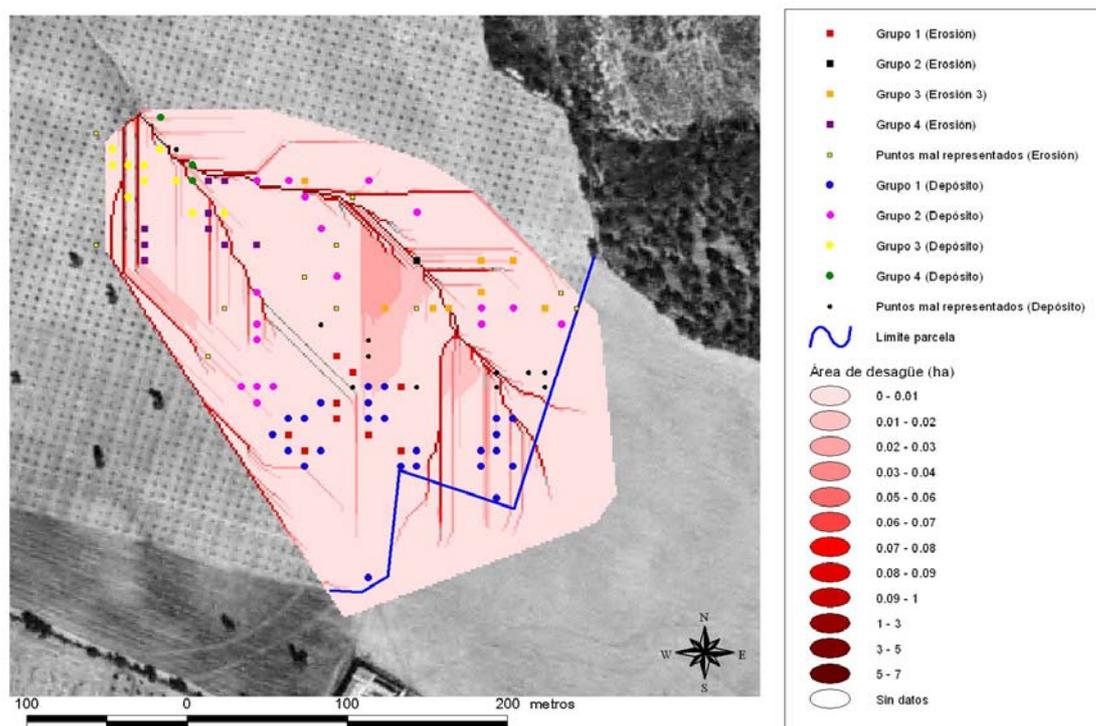
**Figura 1.30a.** Histograma de  $\beta$  (°) en la zona de estudio en Setenil

**Figura 1.30b.** Histograma de  $\beta$  (°) correspondiente a los puntos de erosión en la microcuenca de Setenil.

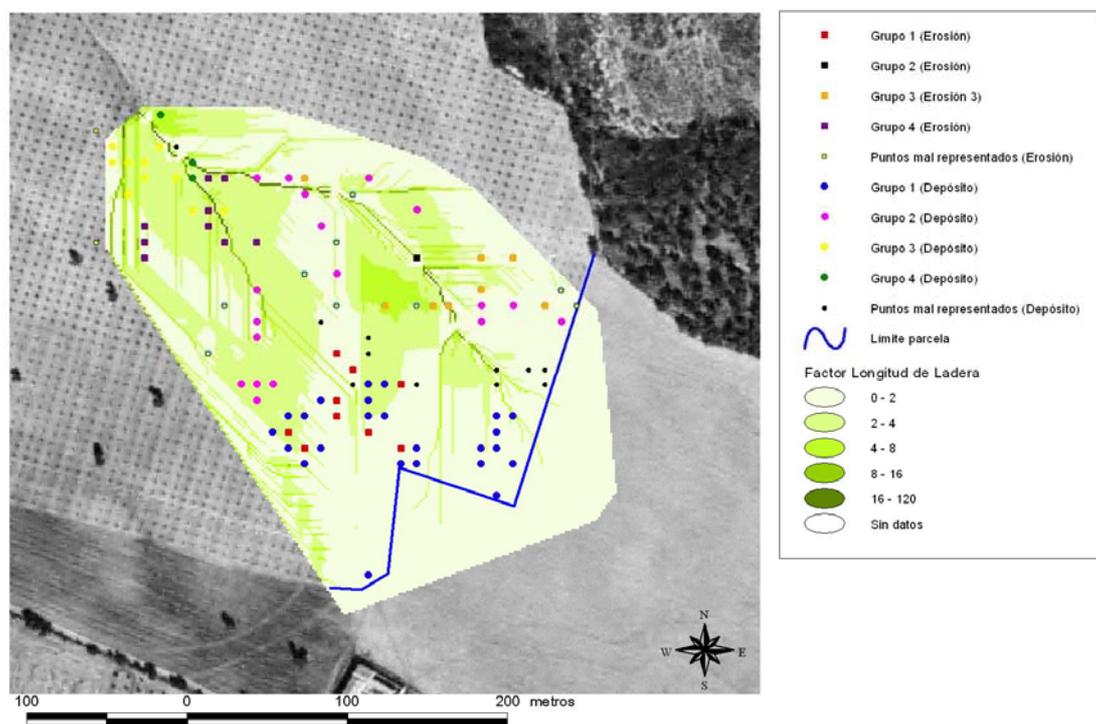
Finalmente, los estadísticos correspondientes al modelo de elevación de la zona de estudio y los de las cotas de los puntos de pérdida no muestran diferencias importantes.

Así, los puntos de pérdida se sitúan en áreas caracterizadas por  $A$ ,  $LSF$  y  $\beta$  altos en relación a los valores de la zona de estudio. Las curvaturas planas y del perfil de las zonas donde se distribuyen los puntos de erosión, en general presentan bajo valor absoluto (curvaturas relativamente planas). La curvatura plana ( $\omega$ ) relacionada con la convergencia y divergencia del flujo, tiende a ser convexa, mientras que la curvatura del perfil, asociada a la aceleración del flujo, es mayormente cóncava, quizás los bajos valores absolutos, la incidencia de la pendiente y las labores pueda explicar que en este tipo de relieve local abunden los puntos de erosión, para ello es necesario examinar la incidencia conjunta de todas las variables.

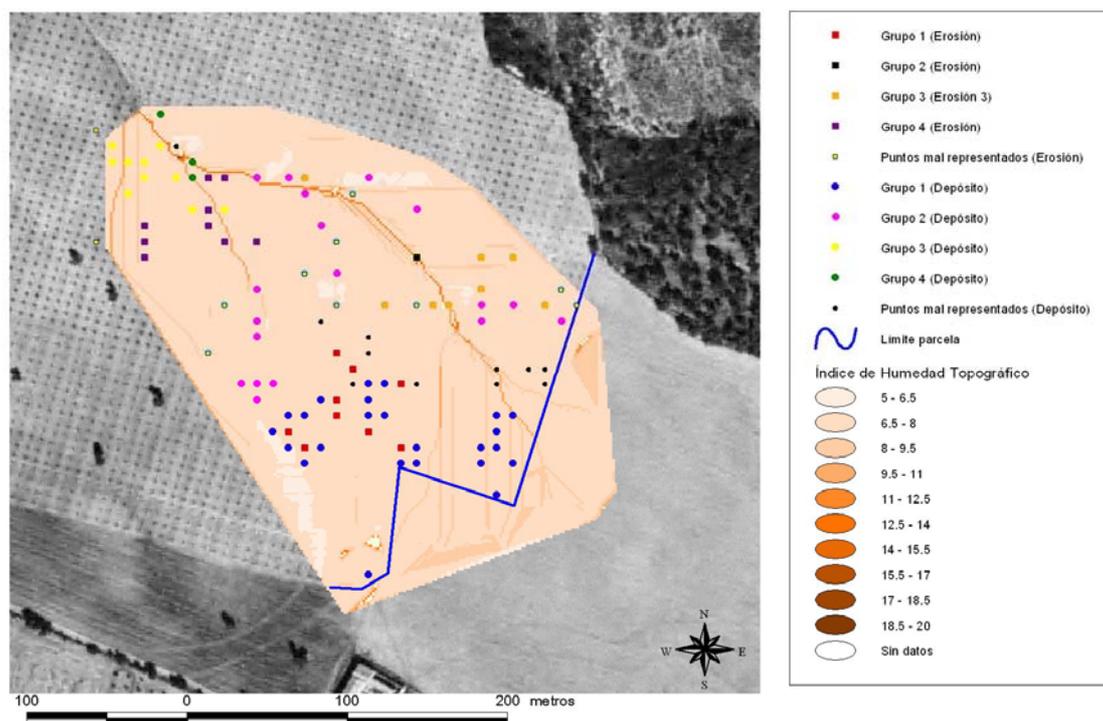
A continuación se presentan los mapas de distribución de las variables topográficas junto a los puntos de erosión y depósito diferenciados por grupos, que tal y como se verá en el Epígrafe 3.3.1., responden al resultado del ACP para el examen de las variables más influyentes a la hora de describir la pérdida o la ganancia de suelo.



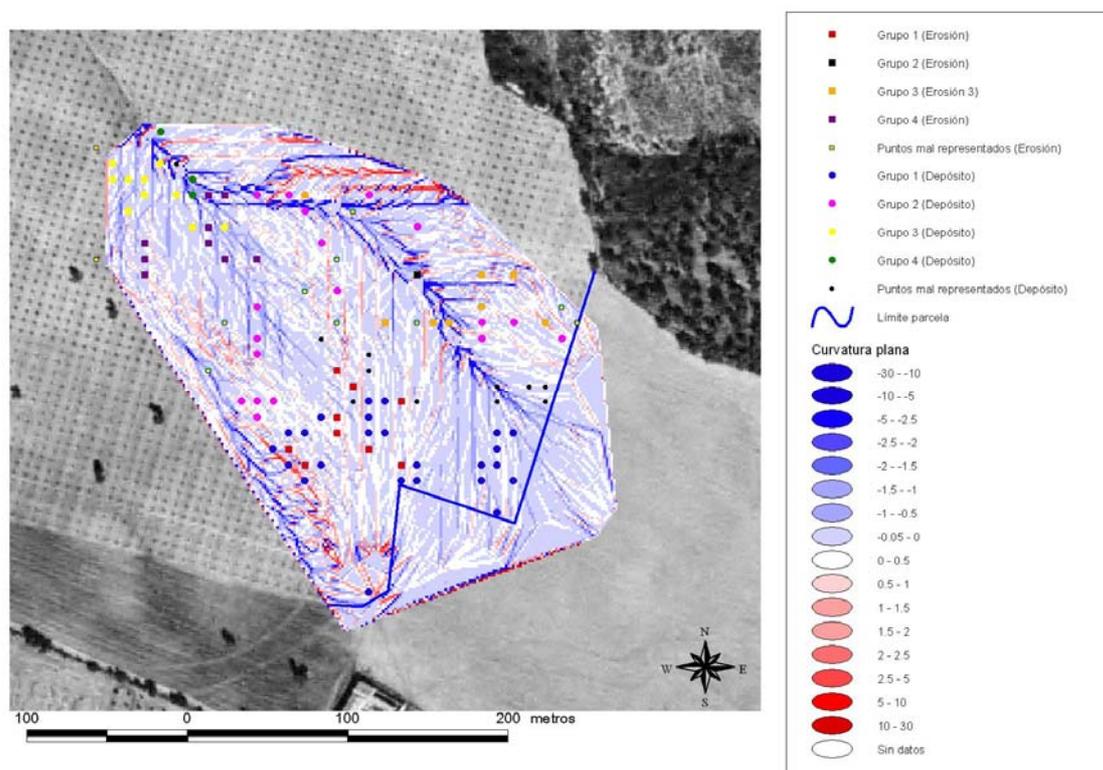
**Figura 1.31.** Distribución espacial de los valores de  $A$  (ha) en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.



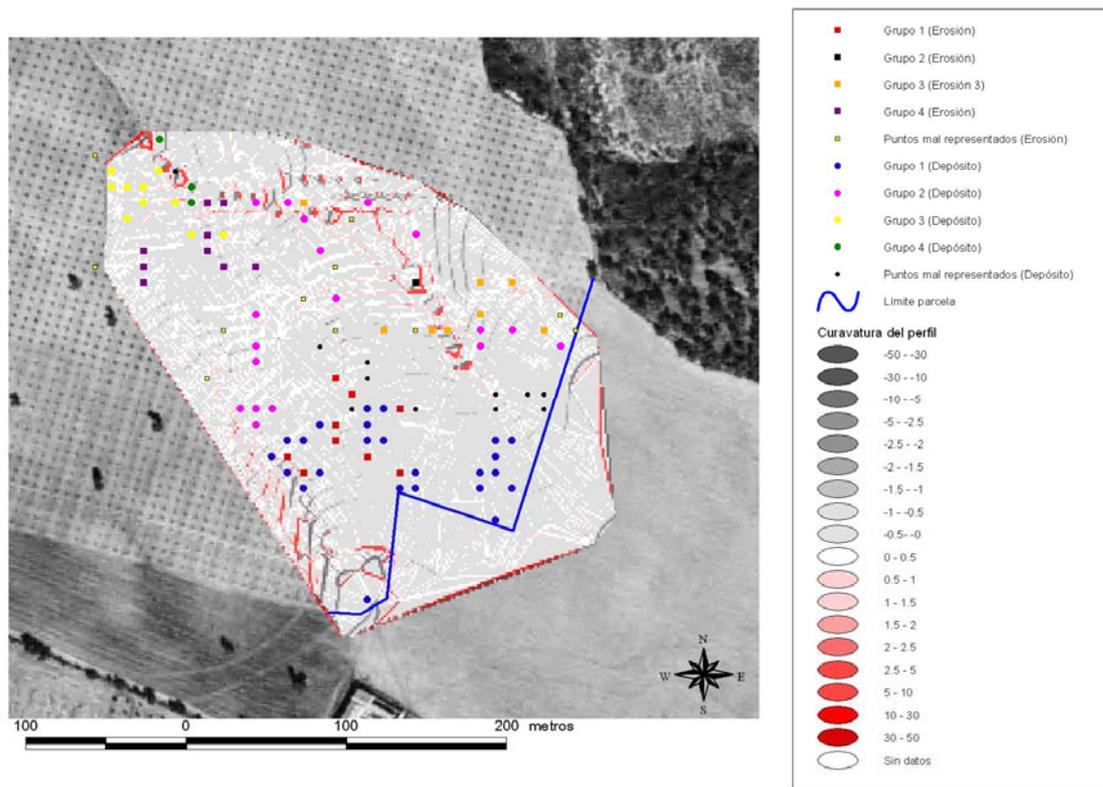
**Figura 1.32.** Distribución espacial de los valores de  $LSF$  en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.



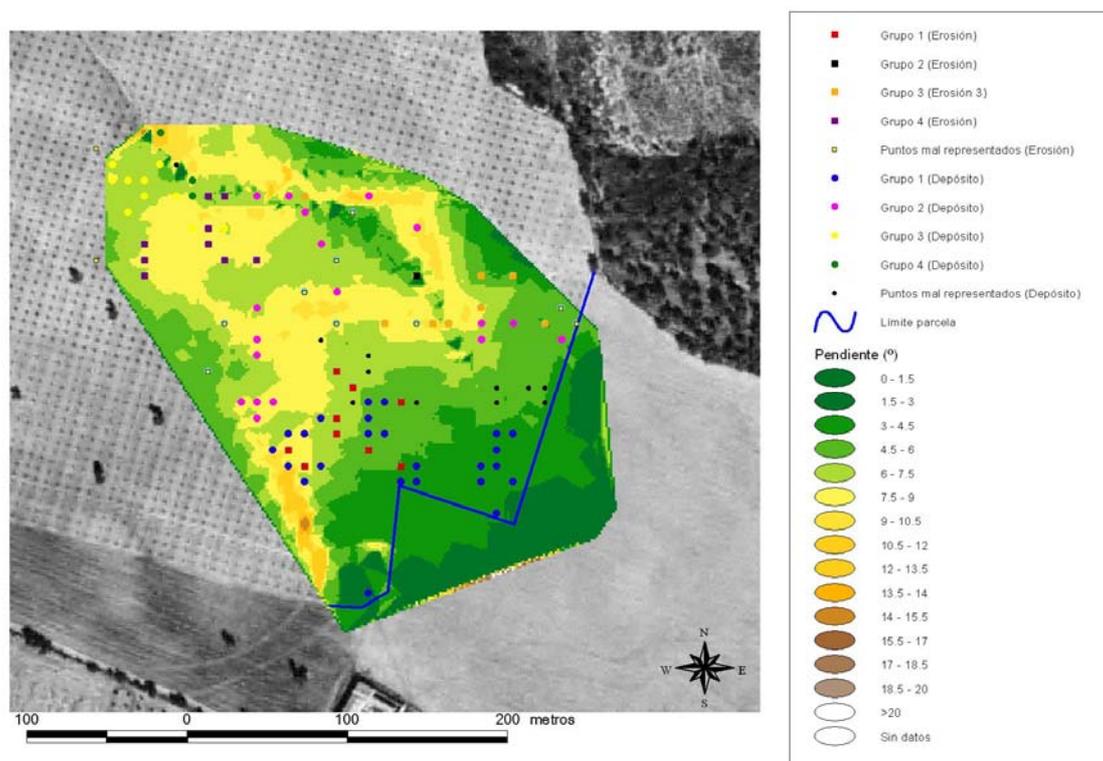
**Figura 1.33.** Distribución espacial de los valores de  $w_T$  en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.



**Figura 1.34.** Distribución espacial de los valores de  $\omega$  en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.



**Figura 1.35.** Distribución espacial de los valores de  $\phi$  en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.



**Figura 1.36.** Distribución espacial de los valores de  $\beta$  (°) en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.

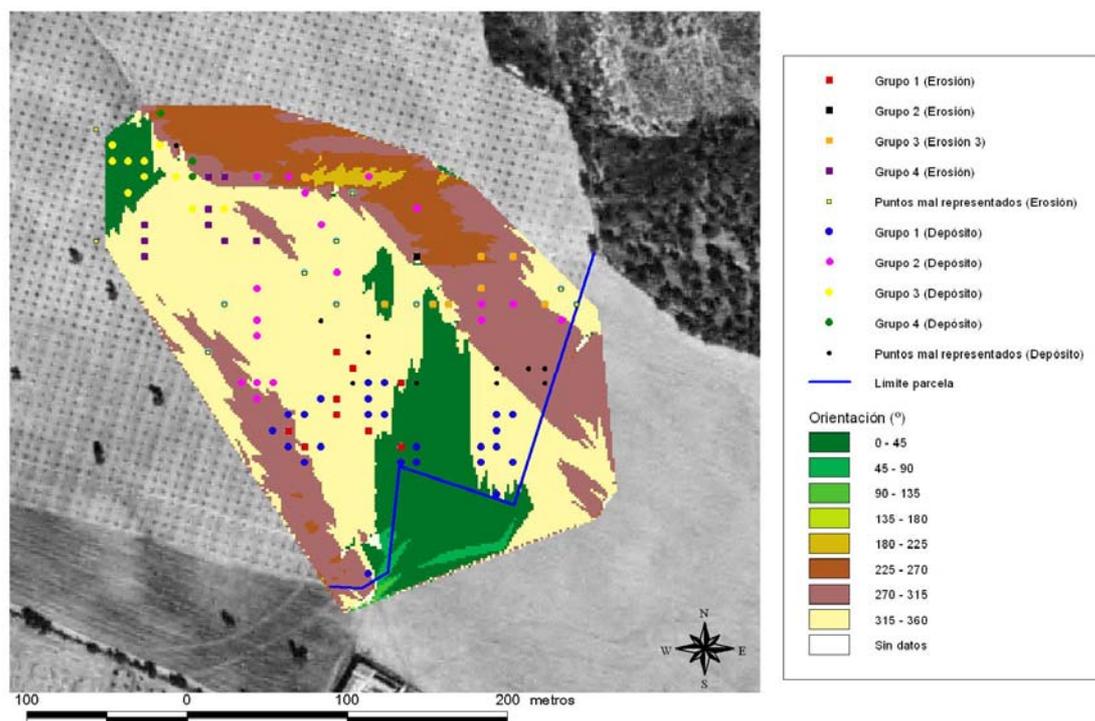


Figura 1.37. Distribución espacial de los valores de  $\Psi(^{\circ})$  en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.

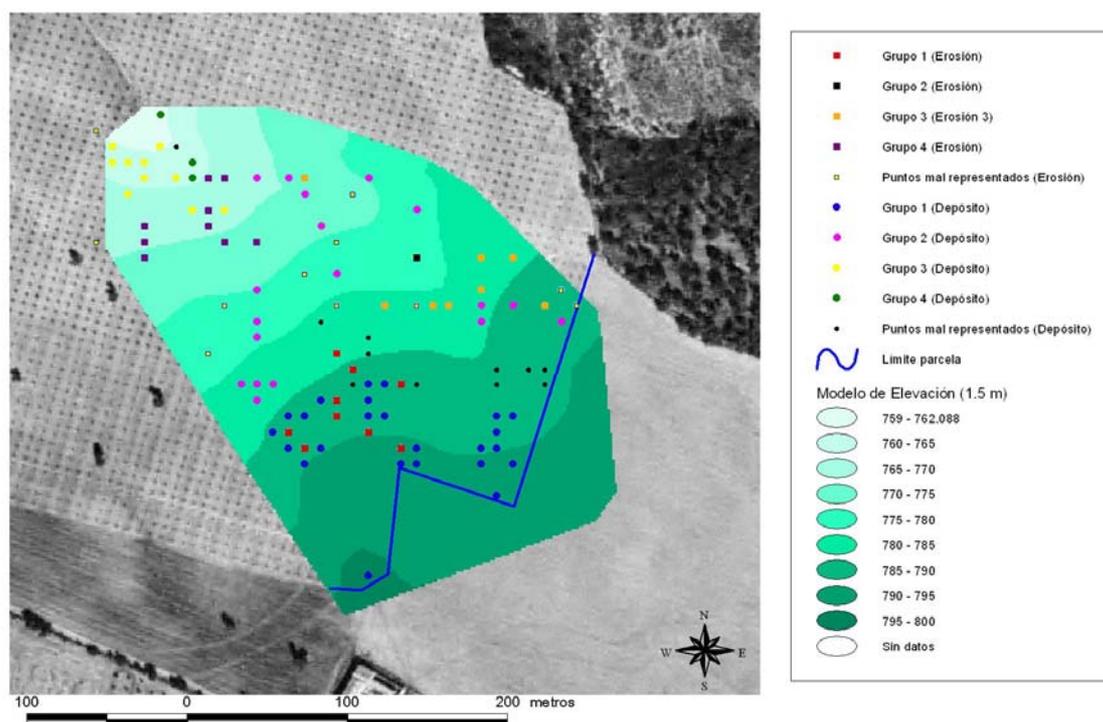


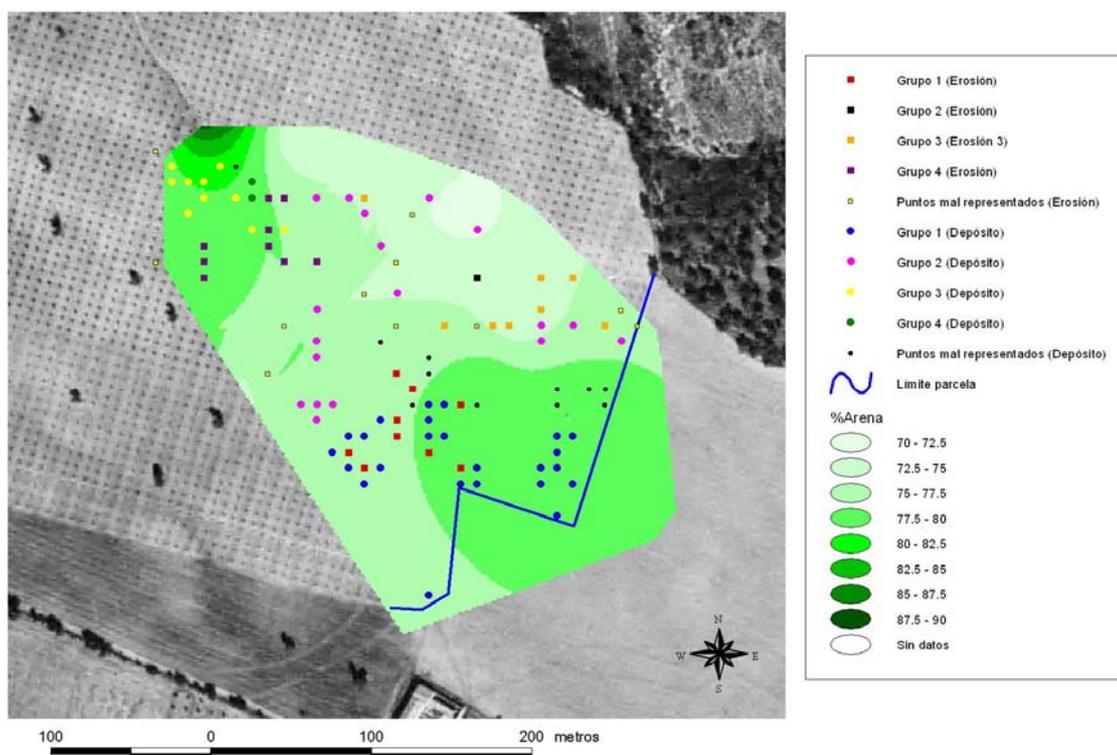
Figura 1.38. Distribución espacial de los valores de  $H(m)$  en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.

3.3.1.1. Estudio de la incidencia de algunas propiedades del suelo sobre los puntos de erosión en la microcuenca de Setenil.

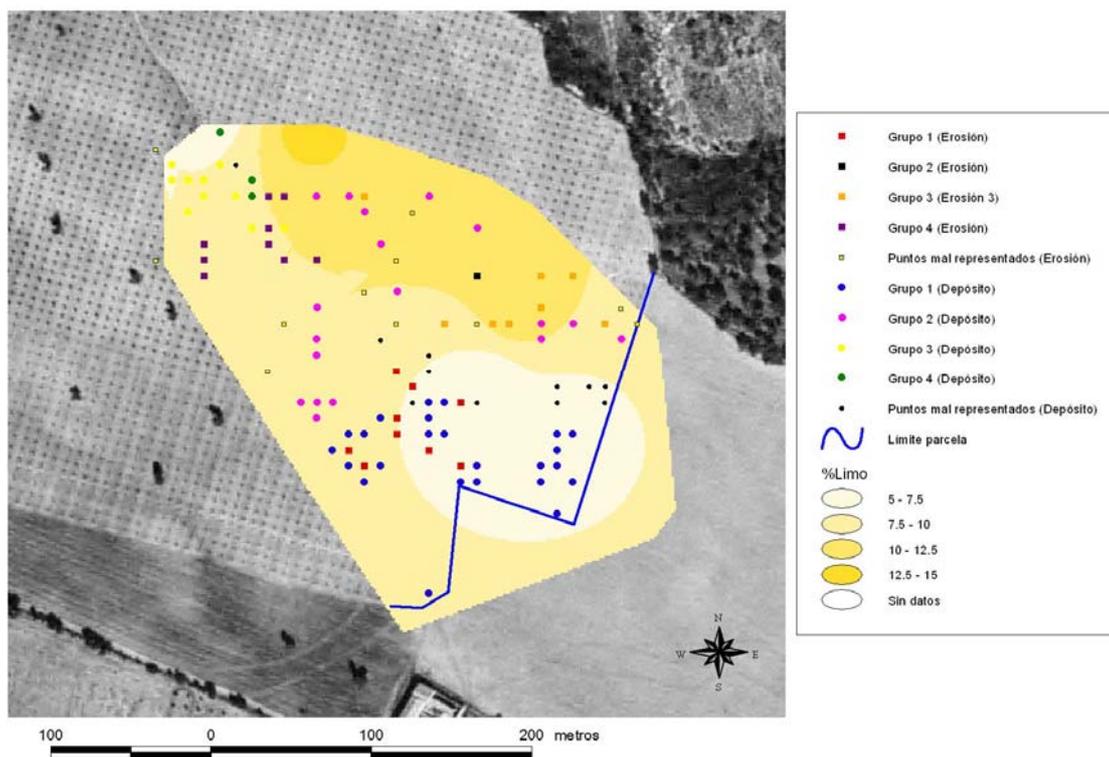
En el caso de las propiedades del suelo, las Tablas 1.11, 1.12, 1.13 y 1.14 ofrecen las estadísticas básicas de las variables de suelo que se citan en el epígrafe 2.3.2 en los puntos de erosión y en la zona de estudio; los mapas aparecen a continuación recopilados en las Figuras 1.39-1.51 mientras que los histogramas de distribución el ANEJOS 3. Se resumen a continuación las tendencias más notables de los puntos de erosión en relación a la zona de estudio.

En la textura, únicamente en la fracción de limo se observa que el histograma de los puntos de pérdidas muestra los primeros intervalos desplazados a la derecha respecto a la zona de estudio. Un ejemplo de esta tendencia es que el 36,8 % de los puntos de pérdida se distribuye en zonas de la cuenca donde la fracción limo es superior al 10,0 %, que en la zona de estudio supone un 28,9% de su superficie (Figura 1.41) y que se halla fundamentalmente en la ladera N.

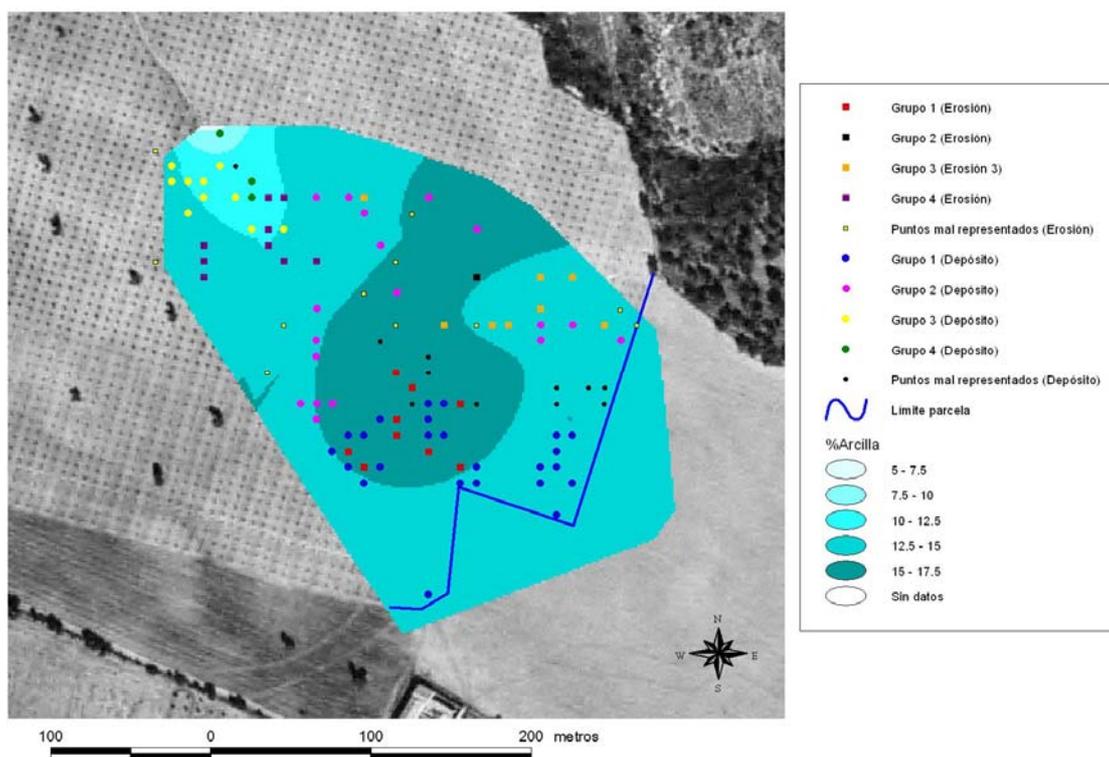
La M.O., tal y como ocurre con el % de limo y de carbonatos, alcanza en las proximidades del arroyo de la ladera N, mayores proporciones seguramente como resultado de la abundancia de elementos gruesos cálcicos restando eficiencia a las labores y mejores condiciones de humedad que permitan a la vegetación espontánea desarrollarse (Figura 1.42). Los puntos de pérdida muestran en relación a la M.O. una distribución aproximadamente bimodal como resultado de la incidencia del grupo de puntos situados en estas áreas respecto a los situados en el resto de la cuenca.. Además, pese a que las medias no arrojan cuantiosas diferencias, la zona de estudio muestra un histograma unimodal desplazado a la izquierda respecto al de los puntos de pérdida. En él, el 61,6 % de la superficie del área de estudio presenta % de M.O. inferiores a 0,90 %, mientras que un 52,6 % de los puntos de erosión ocupa estas áreas. Estos valores indican que pese a las mejoras en la estructura del suelo derivadas de mayores tasas de M.O. la incidencia y combinación de otras variables es más importante a la hora de explicar la pérdida de suelo.



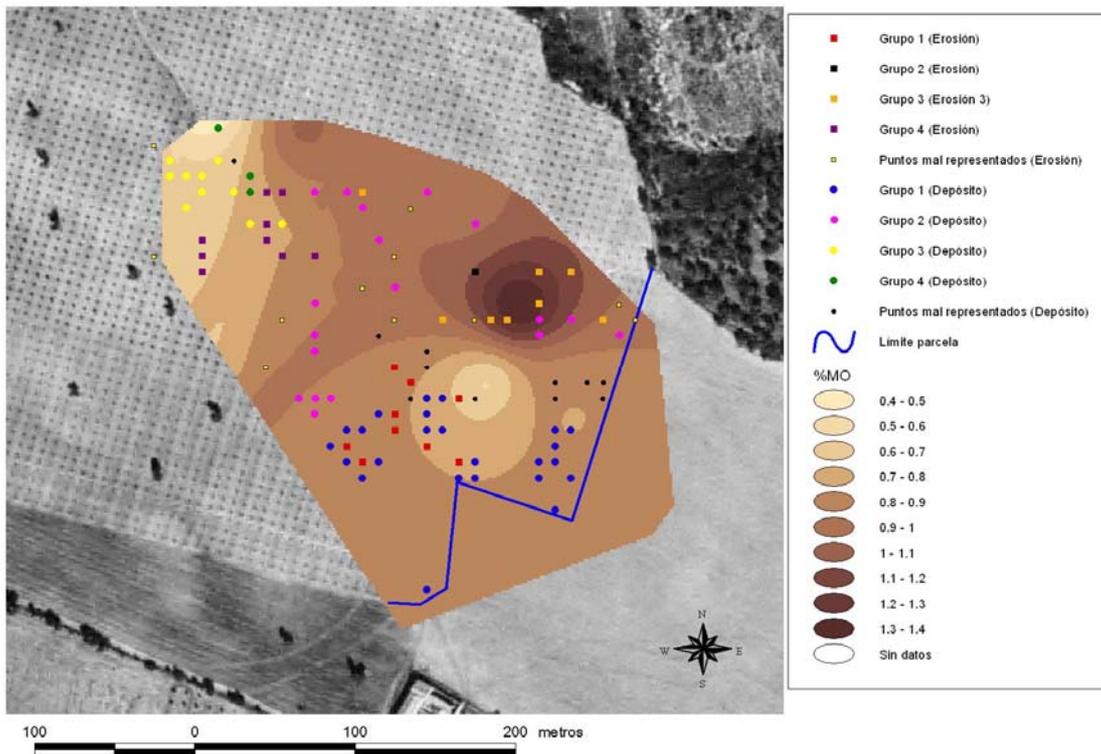
**Figura 1.39.** Distribución espacial de la fracción arena (%) en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.



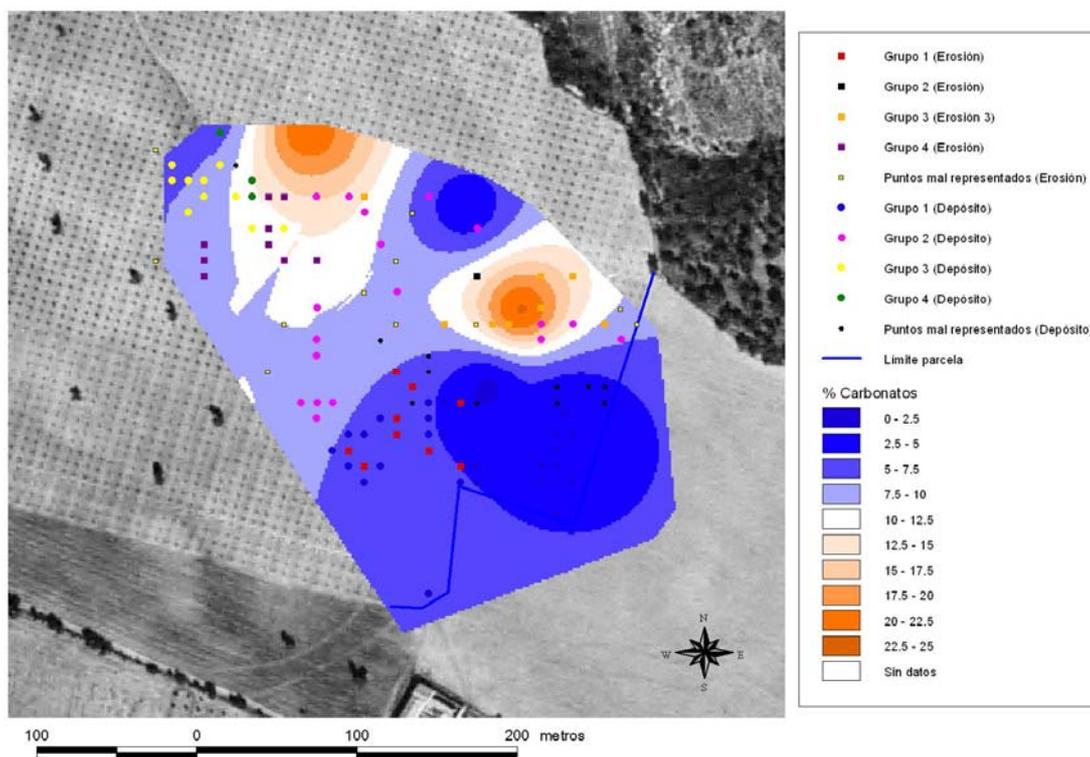
**Figura 1.40.** Distribución espacial de la fracción limo (%) en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.



**Figura 1.41.** Distribución espacial de la fracción arcilla (%) en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.



**Figura 1.42.** Distribución espacial del % en materia orgánica (M.O.) en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.



**Figura 1.43.** Distribución espacial del % de carbonatos en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.

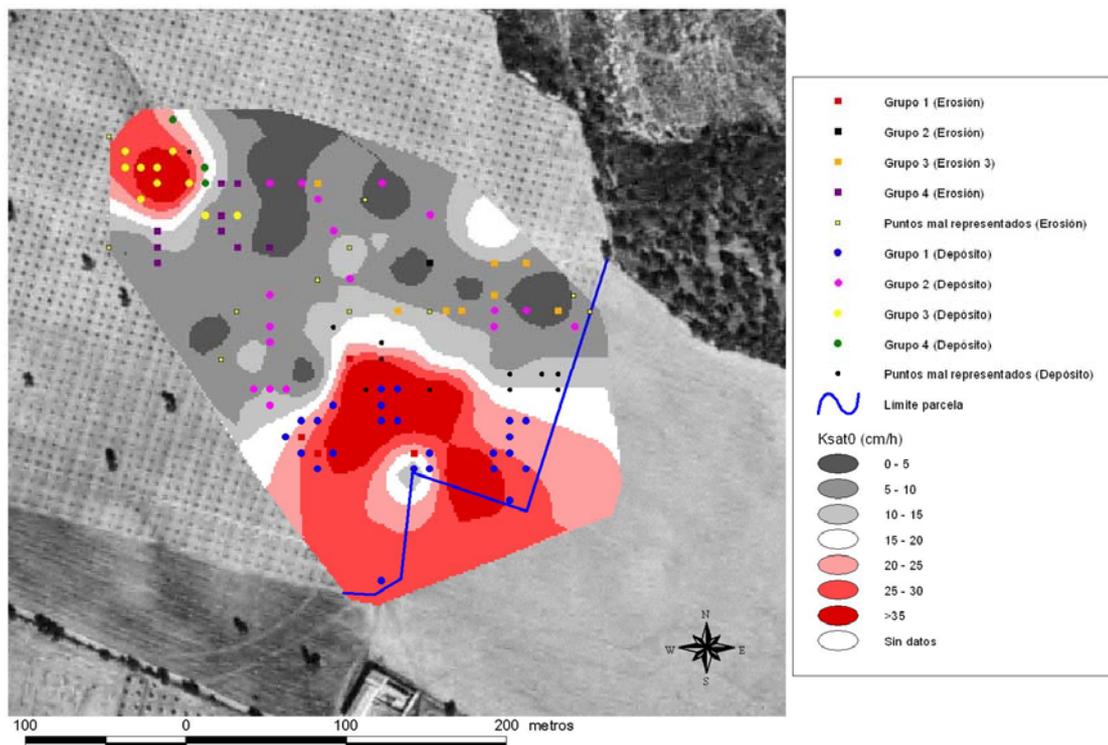


Figura 1.44. Distribución espacial de la  $K_{sat0}$  (cm/h) en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.

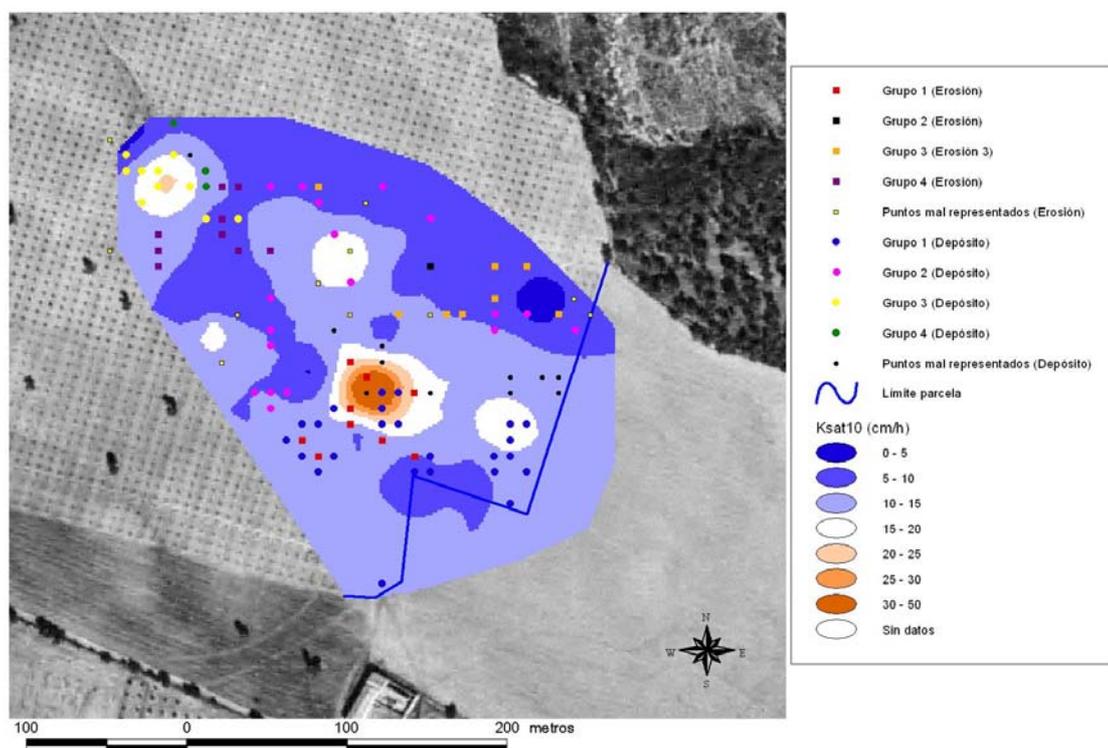


Figura 1.45. Distribución espacial de los valores de  $K_{sat10}$  (cm/h) en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.

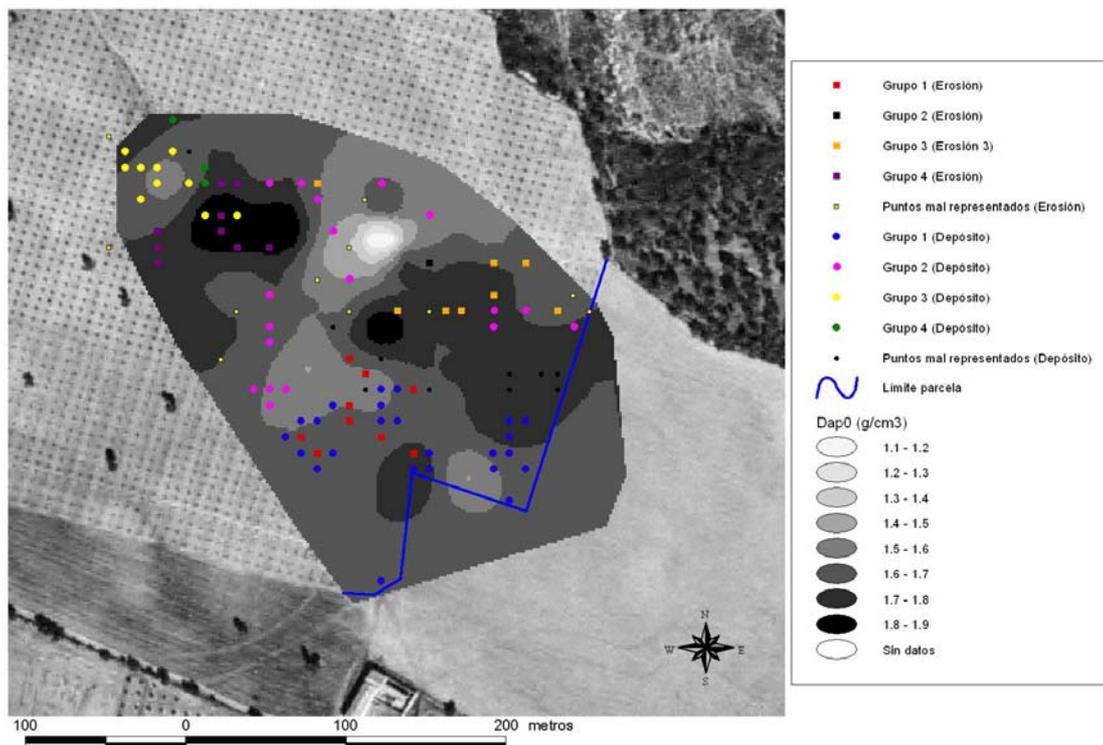


Figura 1.46. Distribución espacial de los valores de  $D_{ap0}$  ( $g/cm^3$ ) en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.

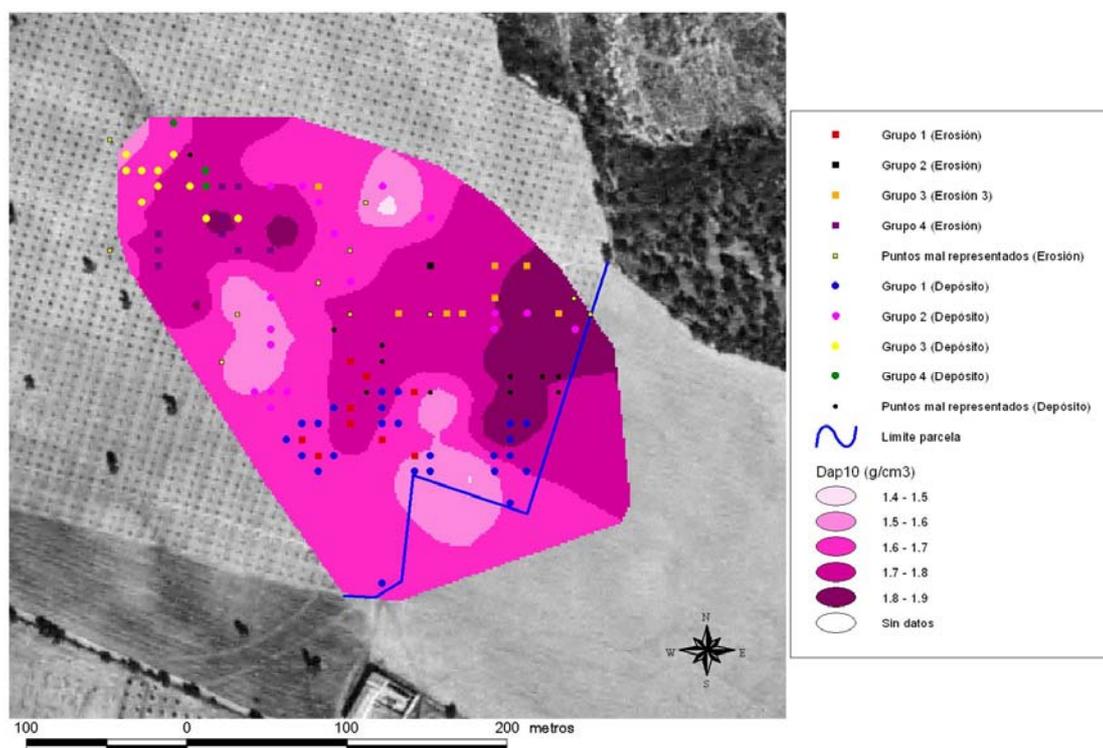
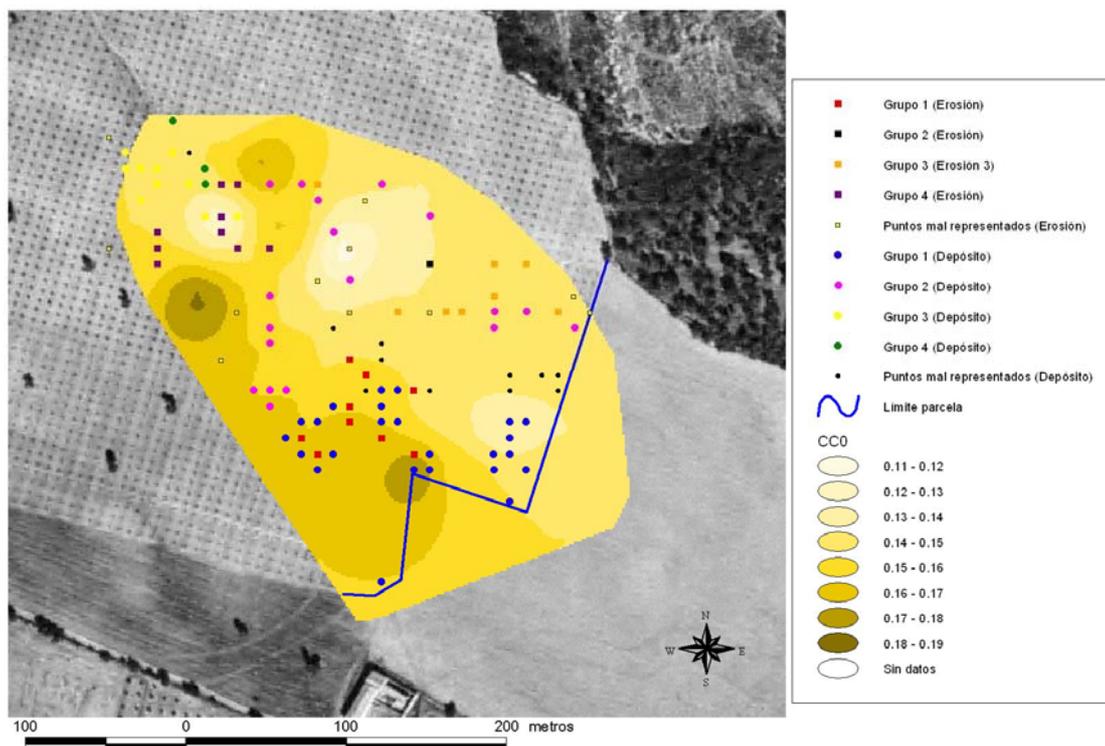
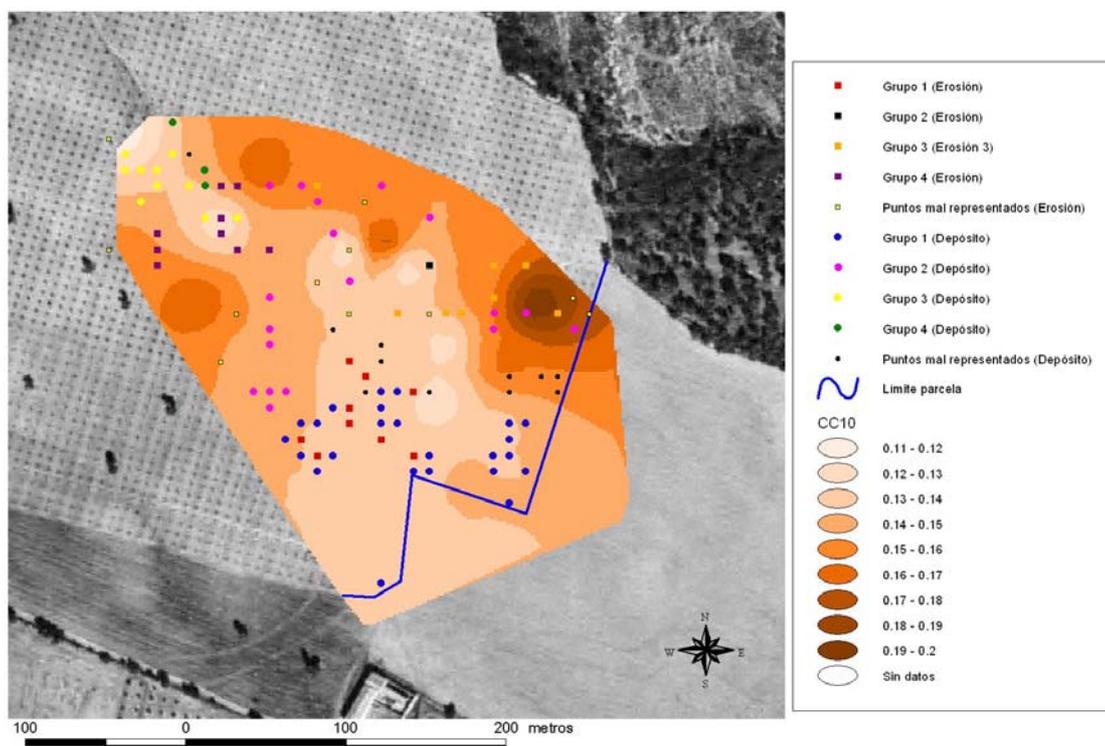


Figura 1.47. Distribución espacial de los valores de  $D_{ap10}$  ( $g/cm^3$ ) en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.



**Figura 1.48.** Distribución espacial de los valores de  $CC_0$  en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.



**Figura 1.49.** Distribución espacial de los valores de  $CC_{10}$  en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.

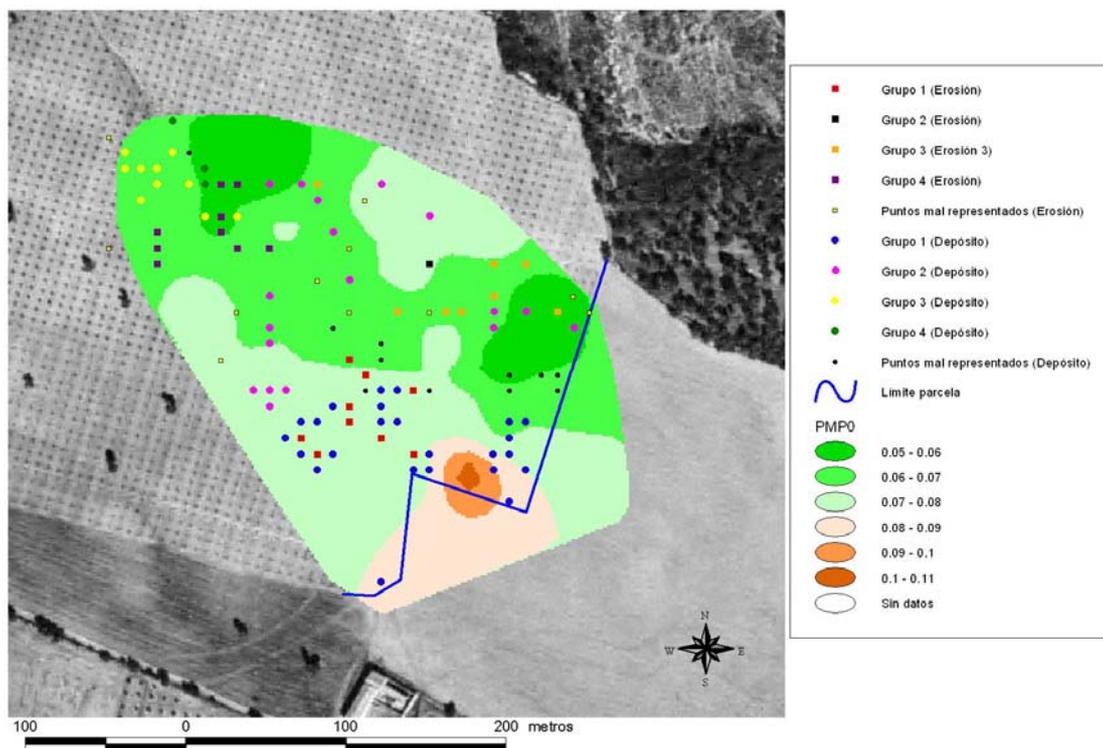


Figura 1.50. Distribución espacial de los valores de PMP<sub>0</sub> en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.

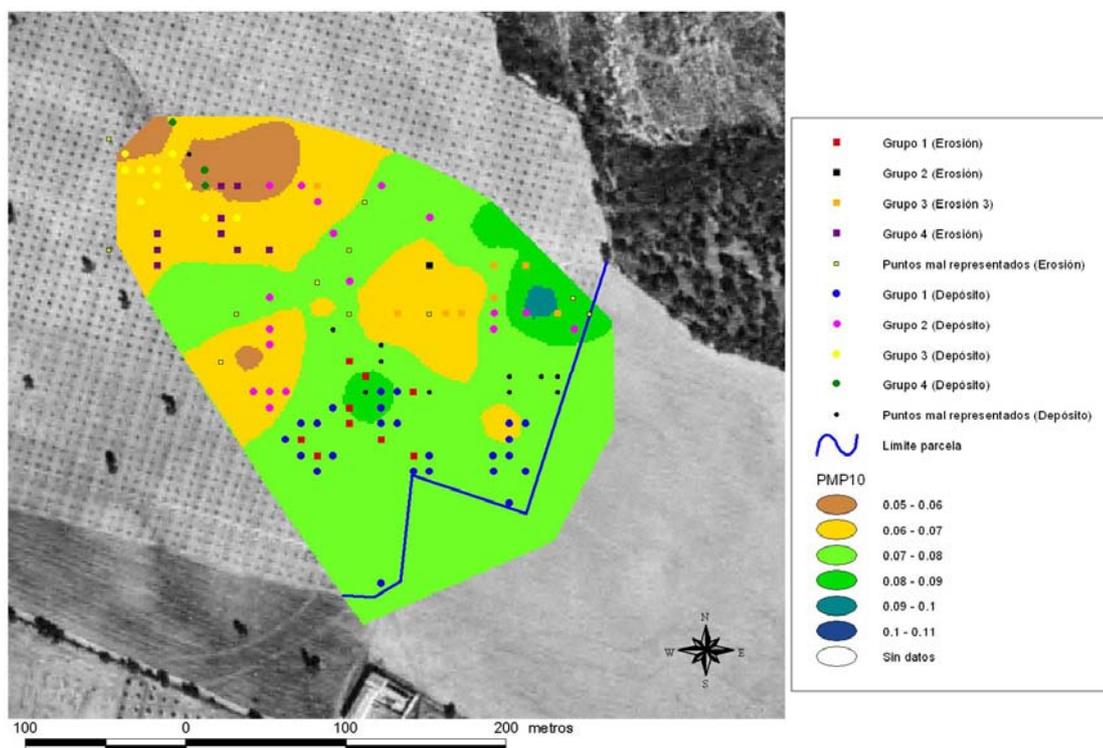


Figura 1.51. Distribución espacial de los valores de PMP<sub>10</sub> en la microcuenca de Setenil con los puntos de erosión y depósito por grupos del ACP.

**Tabla 1.11.** Estadísticas de los atributos edafológicos en la zona de estudio de la microcuenca de Setenil.

	% Arcilla	% Limo	% Arena	% M.O.	% Carbonatos
M	14,4	9,0	76,6	0,88	8,88
Dt	1,2	1,6	2,0	0,14	3,90
Min	6,9	5,0	71,9	0,41	1,61
Max	16,6	13,6	87,8	1,40	22,70
CV	0,1	0,2	0,0	0,16	0,44
CS	-1,7	0,3	0,3	0,60	1,02
CK	4,7	-0,6	1,8	1,38	1,09

**Tabla 1.12.** Estadísticas de los atributos edafológicos de los puntos de pérdida en la microcuenca de Setenil

	% Arcilla	% Limo	% Arena	% M.O.	% Carbonatos
M	14,4	9,3	76,4	0,92	10,38
Dt	1,0	1,4	1,5	0,17	3,95
Min	12,2	5,9	73,6	0,68	3,55
Max	15,7	11,7	78,5	1,33	20,61
CV	0,1	0,2	0,0	0,18	0,38
CS	-0,9	-0,3	-0,4	0,91	0,87
CK	-0,4	-0,5	-1,1	0,31	0,74

En el caso de los valores de carbonatos (Figura 1.43), se mantiene la tendencia de la M.O. (Figura 1.42) y la distribución de los puntos de pérdida toma valores más elevados. Así, un 29,9 % de la superficie de estudio presenta % de carbonatos mayores del 10 %, en la cual se encuentran el 41,7 % de los puntos de pérdida de suelo.

Por consiguiente, en las áreas donde el contenido de limo, la M.O. y % de carbonatos resultan más elevados la densidad de puntos de erosión es mayor, lo cual indica que otras variables (como las topográficas u otras propiedades relacionadas con la infiltración y el manejo) tienen más peso.

Finalmente, van a examinarse las propiedades edafológicas relacionadas con la infiltración y el manejo. Las Tablas 1.13 y 1.14 presentan el resumen de las estadísticas determinados en la zona de estudio y en los puntos de pérdida de suelo.

**Tabla 1.13.** Estadísticas de algunas propiedades físicas del suelo relacionadas con la infiltración y el manejo de la zona de estudio en la microcuenca de Setenil.

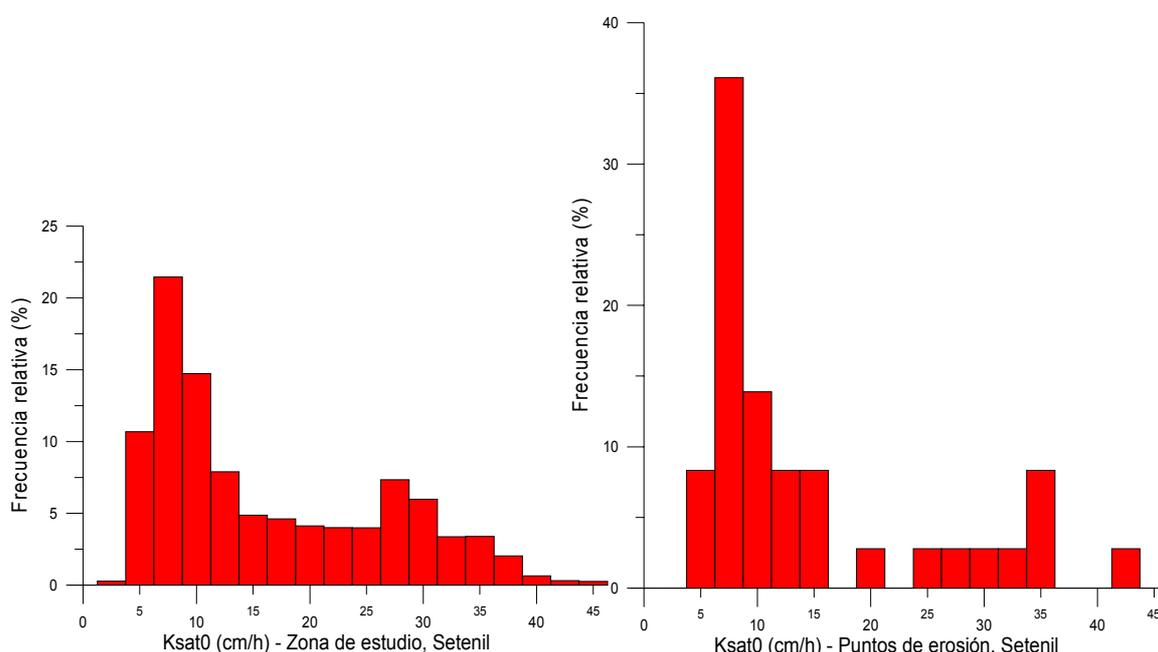
	$K_{sat0}$ (cm/h)	$K_{sat10}$ (cm/h)	$D_{ap0}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$D_{ap10}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$CC_0$	$CC_{10}$	$PMP_0$	$PMP_{10}$
M	15,01	11,53	1,66	1,70	0,15	0,15	0,07	0,07
Dt	10,04	4,15	0,09	0,08	0,01	0,01	0,01	0,01
Min	2,00	3,00	1,11	1,47	0,12	0,12	0,05	0,05
Max	44,00	41,86	1,90	1,89	0,18	0,20	0,10	0,09
CV	0,67	0,36	0,05	0,05	0,07	0,08	0,11	0,09
CS	0,72	2,25	-0,95	-0,01	0,17	1,14	0,56	0,06
CK	-0,77	9,78	4,02	-0,85	-0,32	2,02	1,47	0,63

Así, la  $K_{sat0}$  en la cuenca toma en el área de cabecera valores elevados respecto al resto de la cuenca donde se reducen especialmente en la ladera N (Figura 1.44). Así, la mayoría de los puntos de erosión se hallan distribuidos en áreas con  $K_{sat0}$  comprendidas entre 0,0 y 10,0 cm/h, existiendo un pequeño grupo de puntos de erosión en la cabecera, donde los mecanismos de pérdida de suelo deben ser diferentes. Los histogramas de la zona de estudio y los puntos de pérdida resultan bimodales, sin embargo en el 59,9 % de la superficie de estudio con  $K_{sat0}$  menores de 15 cm/h, se distribuyen el 75,0 % de los puntos de erosión. En el caso del siguiente horizonte, las variaciones de la conductividad son bajas, a excepción de zonas pequeñas donde

aparecen los extremos, coincidiendo prácticamente los histogramas. Al igual ocurre, con  $CC$  y  $PMP$  en ambos horizontes donde las diferencias en la cuenca son tan pequeñas que las diferencias en las distribuciones de frecuencia no son significativas (Figura 1.46).

**Tabla 1.14.** Estadísticas de algunas propiedades físicas del suelo relacionadas con la infiltración y el manejo de los puntos de pérdida en la microcuenca de Setenil.

	$K_{sat0}$ (cm/h)	$K_{sat10}$ (cm/h)	$D_{ap0}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$D_{ap10}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$CC_0$	$CC_{10}$	$PMP_0$	$PMP_{10}$
M	13,47	11,92	1,69	1,73	0,15	0,15	0,07	0,07
Dt	10,53	5,48	0,09	0,08	0,01	0,01	0,01	0,01
Min	3,93	5,05	1,41	1,55	0,12	0,13	0,06	0,06
Max	40,52	33,71	1,89	1,83	0,17	0,19	0,08	0,09
CV	0,78	0,46	0,06	0,04	0,08	0,10	0,09	0,10
CS	1,32	2,14	-0,32	-0,75	-0,22	1,32	0,09	0,32
CK	0,41	6,33	1,47	-0,14	0,06	1,55	-0,66	-0,26



**Figura 1.52a.** Histograma de la  $K_{sat0}$  en la zona de estudio (Setenil).

**Figura 1.52b.** Histograma de la  $K_{sat0}$  correspondiente a los puntos de erosión (Setenil).

Finalmente, la  $D_{ap0}$  se distribuye en la zona de estudio de una forma más o menos regular (Figura 1.46) con un intervalo mayoritario comprendido entre 1,5 y 1,7 g/cm<sup>3</sup> que está representado por el 62,5 % de la superficie y en el que se sitúa un 50 % de los puntos de pérdida. Por otra parte, un 34,4 % del área de estudio presenta  $D_{ap0}$  superiores a 1,7 g/cm<sup>3</sup>, localizándose sobre ella otro 47,2 % de los puntos de erosión. En el segundo horizonte, se mantiene la misma tendencia y un 69,5 % de los puntos de pérdida de suelo se distribuyen en zonas con  $D_{ap10}$  por encima de 1,7 g/cm<sup>3</sup>, que en la zona de estudio abarca únicamente el 47,4 % de su superficie. Por consiguiente, parece que áreas más compactadas en ambos horizontes tienden a concentrar una mayor densidad de puntos de erosión (Figura 1.48).

En este caso, tanto la  $K_{sat0}$  como la  $D_{ap}$  ponen de manifiesto una tendencia mayoritaria de los puntos de pérdida a distribuirse en zonas donde las condiciones de infiltración resultan más desfavorables pese a que estas zonas presenten valores más altos de M.O. y abundancia de elementos gruesos en superficie.

### 3.3.1.1. Estudio de la incidencia combinada de variables topográficas y del suelo en la distribución de los puntos de erosión en la microcuenca de Setenil.

Una vez revisados globalmente los rasgos topográficos y de propiedades del suelo más característicos de los puntos de erosión en la microcuenca de Setenil, se va a examinar sobre los puntos de pérdida de suelo, la existencia de correlaciones entre variables que actuando de manera conjunta identifiquen patrones de comportamiento distinto de los puntos de erosión. Por consiguiente, los resultados de la aplicación de la técnica del ACP y el AC que se describió en los Epígrafes 2.4.3.1. y 2.4.3.2. se resumen a continuación:

**Tabla 1.15.** Varianza del ACP de los atributos de los puntos de pérdida de la microcuenca de Setenil.

	$\sigma^2$	$\sigma^2$ (fracción)	$\sigma^2$ (fracción acum.)
Eje 1	5,95	0,28	0,28
Eje 2	3,82	0,18	0,47
Eje 3	3,18	0,15	0,62
Eje 4	2,33	0,11	0,73
Eje 5	1,53	0,07	0,80
Eje 6	1,28	0,06	0,86
Eje 7	0,76	0,04	0,90
Eje 8	0,68	0,03	0,93
Eje 9	0,51	0,02	0,96
Eje 10	0,28	0,01	0,97
Eje 11	0,17	0,01	0,98
Eje 12	0,12	0,01	0,98
Eje 13	0,11	0,01	0,99
Eje 14	0,09	0,00	0,99
Eje 15	0,05	0,00	1,00
Eje 16	0,04	0,00	1,00
Eje 17	0,01	0,00	1,00
Eje 18	0,01	0,00	1,00
Eje 19	0,00	0,00	1,00
Eje 20	0,00	0,00	1,00
Eje 21	0,00	0,00	1,00

En primer lugar, habría que señalar que la matriz de datos de entrada estaba tipificada para homogeneizar las unidades, así que el resultado de la matriz de covarianza es una matriz de coeficientes de correlación (ANEJO 4). De ella, además de las correlaciones de los atributos del relieve como  $LSF$  y  $w_T$  (0,94) resultado de las expresiones que utilizan y la distribución espacial en la cuenca y las correlaciones negativas de  $\phi$  con  $LSF$  (-0,95) y  $A$  (0,84), indicadoras que a medida que los puntos de erosión se encuentran más cercanos al arroyo las curvaturas locales aumentan su concavidad, habría que destacar las correlaciones del  $\%CaCO_3$  con el  $\% M.O$  (0,77) y con el  $\% limo$  (0,85).

Por otra parte, la Tabla 1.15 ofrece el valor de las varianzas que explica cada eje, tanto en valor absoluto como en porcentaje. La información correspondiente al plano principal (primer y segundo eje) supone un 47 % de la variabilidad del sistema, con un tercer eje se alcanza el 62 %.

En la Tabla 1.16, aparecen en negrita los pesos de las variables en los ejes principales por encima del 0,6. De ella, puede extraerse como el primer eje principal responde a variables edafológicas y relacionadas con el manejo como la  $K_{sat}$  en ambos horizontes, el  $PMP_0$ , el  $\%CaCO_3$  y  $\%limo$ , mientras que el segundo recoge principalmente los aspectos topográficos:

$LSF$ ,  $A$ ,  $\varphi$ ,  $\beta$  junto con el % arcilla. En relación al tercer eje, debido a que se repiten variables y que la  $CC_{10}$  tiene una variabilidad mínima en la cuenca, no va a ser considerado.

La Figura 1.53, muestra la distribución de los individuos en el plano principal. De ella se han extraído los puntos cuya suma de los cosenos cuadrados sobre los ejes principales es inferior a 0,2 ya que al hallarse tan alejados, no puede juzgarse su proximidad real con el resto (Tabla 17).

**Tabla 1.16.** *Peso de las variables del ACP de los puntos de pérdida de la microcuenca de Setenil.*

	Eje 1	Eje 2	Eje 3
$LSF$	-0,33	<b>0,68</b>	-0,59
$w_T$	-0,57	0,02	<b>-0,61</b>
$A$ (ha)	-0,38	<b>0,63</b>	<b>-0,61</b>
$\omega$	0,04	0,49	-0,07
$\varphi$	0,31	<b>-0,69</b>	0,56
$\Psi(^{\circ})$	0,09	-0,03	-0,15
$\beta (^{\circ})$	-0,10	<b>-0,61</b>	0,07
$H$ (m)	0,57	0,52	0,36
$K_{sat0}$	<b>0,85</b>	0,05	-0,19
$K_{sat10}$	<b>0,65</b>	-0,03	-0,24
$Dap0$	-0,55	-0,44	-0,16
$Dap10$	-0,47	0,01	0,23
$CC0$	0,56	-0,04	0,05
$CC10$	-0,18	0,20	<b>0,67</b>
$PMP0$	<b>0,68</b>	0,31	-0,26
$PMP10$	0,53	0,46	0,54
% Carbonatos	<b>-0,82</b>	0,05	0,32
%MO	-0,52	0,52	0,51
%arena	0,48	-0,56	-0,40
%limo	<b>-0,87</b>	0,11	0,25
%arcilla	0,50	<b>0,68</b>	0,25

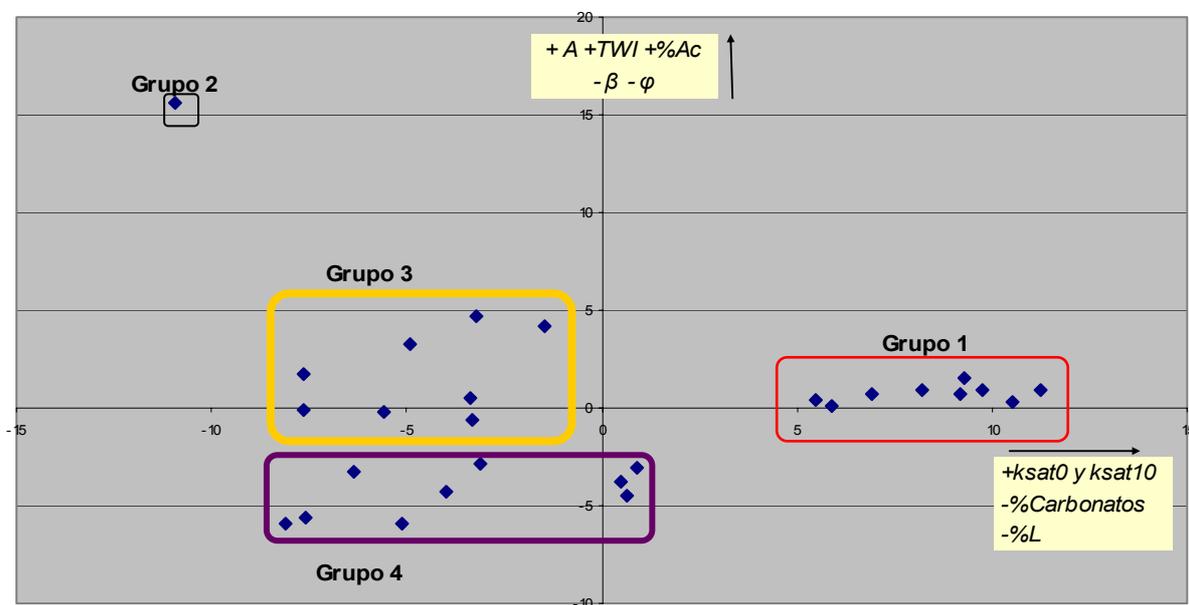
Según el resultado de la Tabla 16, en la Figura 1.53 el primer y cuarto cuadrante mostraría los individuos con  $K_{sat}$  mayores y menores % $CaCO_3$  y % limo. En relación al segundo eje principal, el primer y segundo cuadrante muestra los puntos con  $A$ ,  $w_T$  y %arcilla más altos y  $\beta$  y  $\varphi$  más bajas.

Las variaciones de  $PMP_0$  en la cuenca son muy bajas (entre 0,06 y 0,08) y no tiene sentido discriminar grupos de puntos por un valor mayor o menor, así que no se considerarán en el análisis.

En el AC, el establecimiento del número máximo de grupos se ha llevado a cabo diferenciando sobre el terreno seis zonas aparentemente diferentes considerando sus características visuales, la situación en la ladera y la posición respecto el arroyo. Sin embargo, se han examinado los resultados para cuatro, cinco y seis grupos, determinando que la mejor solución era la correspondiente a cuatro grupos, dado que el objetivo es establecer cualitativamente rasgos generales sobre la combinación de variables en la pérdida de suelo y el aumento del número de grupo no suministraba información significativa.

Así, el Grupo 1, muestra una serie de puntos en el que las condiciones de infiltración son buenas ( $K_{sat0}$  entre 19,2 y 40,5 cm/h), los condicionantes topográficas intermedios ( $\beta$  comprendidas entre el 8,0 y 12,5 % y  $\varphi$  entre -0,20 y 0,04). Por otra parte, en la zona correspondiente, la ausencia de elementos gruesos limitando la eficacia de las labores y protegiendo el suelo de la salpicadura permite la pérdida de suelo que favorecen los agentes topográficos para intensidades

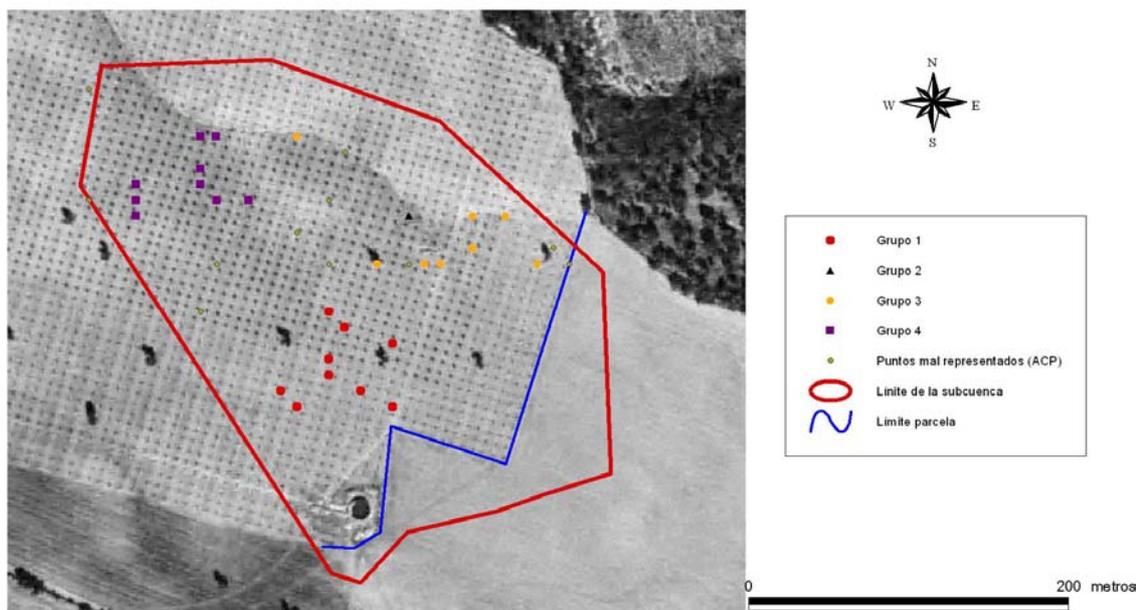
de lluvia elevadas (Figura 1.55). En este caso, las variables más influyentes a la hora de explicar la pérdida de suelo en este grupo han de ser los valores de pendiente y la ausencia de cobertura (expresada con  $\%CaCO_3$ ), donde tanto la acción mecánica de las labores como la lluvia pueden actuar provocando en algunos puntos el balance de pérdida evidente de suelo.



**Figura 1.53.** Distribución de los puntos de pérdida en el plano principal y grupos determinados por el AC.

El grupo 2, se diferencia claramente del resto porque es el único punto, pese a los efectos de resolución de la Figura 1.54, que realmente pertenece según la información topográfica al canal. Su alto valor de área de desagüe, valores de conductividad bajas y un  $\%CaCO_3$  bajos asociados a un lavado profundo en el horizonte, los separa del resto.

El grupo 3 y el grupo 4 (Figuras 1.57 y 1.56) tienen en común los valores de  $K_{sat0}$  bajos: entre 3,9 y 10,0 cm/h para el 3 y valores entre 4,4 y 14,1cm/h para el grupo 4, junto con una mayor proporción de  $\%CaCO_3$  y  $\%limo$ . El grupo 3 muestra los valores más elevados de  $A$  mientras que en el grupo 4 son los valores de  $\beta$  y la  $\phi$  los factores topográficos más característicos. Así, el grupo 3 presenta valores de pendiente entre el 7,5 % y 16 %, frente al grupo 4 con una pendiente mínima del 12,8 % y  $\phi$  más convexas. En estas áreas, pese a la presencia de elementos gruesos en superficie protegiendo el suelo, las reducidas tasas de infiltración favorecen la concentración del flujo, especialmente cuando los valores de pendiente y/o el área de desagüe son elevados (como es el caso del Grupo 3). En estos casos, el poco material que quede suelto por la lluvia o las labores es susceptible al transporte a otras zonas dadas las condiciones para la concentración del flujo.



**Figura 1.54.** Distribución de los grupos del AC en la microcuenca de Setenil.



**Figura 1.55.** Ladera representativa del Grupo 1 (mayo 2006)



**Figura 1.56.** Ladera representativa del Grupo 4 (mayo 2006)



**Figura 1.57.** Ladera representativa del Grupo 3 (mayo 2006)



**Figura 1.58.** Contraste de las características de suelo y relieve a ambos lados del arroyo.

**Tabla 1.17.** Coordenadas de los puntos de erosión sobre los ejes principales y cosenos cuadrados de las proyecciones de los puntos sobre los ejes como prueba de la calidad de la representación.

Código	Coordenada Eje 1	Coordenada Eje 2	$\cos^2 \alpha$ (Eje 1)	$\cos^2 \alpha'$ (Eje 2)	Suma $\cos^2 \alpha$
210	6,94	0,73	0,89	0,01	0,90
216	8,20	0,95	0,71	0,01	0,72
252	9,28	1,56	0,89	0,03	0,92
257	5,50	0,36	0,76	0,00	0,76
263	9,18	0,76	0,92	0,01	0,93
304	9,76	0,89	0,91	0,01	0,92
320	10,54	0,30	0,85	0,00	0,85
356	11,26	0,87	0,86	0,01	0,87
365	1,29	-0,82	0,07	0,03	<b>0,10</b>
373	5,90	0,07	0,73	0,00	0,73
454	1,42	0,62	0,04	0,01	<b>0,04</b>
456	-1,45	4,22	0,02	0,19	0,22
462	-7,62	-0,06	0,57	0,00	0,57
463	-5,59	-0,20	0,41	0,00	0,41
464	-3,35	0,56	0,33	0,01	0,34
466	-2,12	-1,98	0,09	0,08	<b>0,16</b>
469	1,13	-0,48	0,05	0,01	<b>0,06</b>
476	1,94	-1,40	0,11	0,06	<b>0,17</b>
502	-7,64	1,75	0,51	0,03	0,53
507	-0,64	2,17	0,01	0,07	<b>0,07</b>
525	0,37	0,49	0,00	0,01	<b>0,01</b>
539	0,92	-3,09	0,02	0,21	0,23
556	-10,93	15,58	0,24	0,48	0,72
560	-4,93	3,30	0,32	0,14	0,46
562	-3,20	4,67	0,12	0,26	0,38
577	1,19	2,46	0,02	0,08	<b>0,10</b>
582	-3,10	-2,86	0,21	0,18	0,39
584	-3,98	-4,31	0,25	0,29	0,53
589	0,62	-4,48	0,01	0,36	0,36
596	0,51	-3,78	0,00	0,24	0,24
600	-7,58	-5,62	0,39	0,21	0,60
638	-8,12	-5,95	0,41	0,22	0,63
662	-0,88	2,56	0,01	0,11	<b>0,12</b>
681	-3,34	-0,61	0,19	0,01	0,20
686	-6,37	-3,28	0,42	0,11	0,53
687	-5,11	-5,96	0,25	0,34	0,58
210	6,94	0,73	0,89	0,01	0,90
216	8,20	0,95	0,71	0,01	0,72
252	9,28	1,56	0,89	0,03	0,92

En un contexto donde globalmente los puntos de erosión se hallan caracterizados por localizarse dentro de la zona de estudio en áreas con  $\beta$  altas,  $\omega$  relativamente convexas,  $\varphi$  relativamente cóncavas,  $K_{sat0}$  más reducidas y donde abundaban los contenidos en  $M.O.$ ,  $\%CaCO_3$  y  $\%limo$ . Se pueden diferenciar a grandes rasgos dos patrones diferentes de variables relacionados con las pérdidas de suelo. El primero (relacionado con el grupo 1) está caracterizado por buenas condiciones de infiltración donde los factores topográficos como  $A$  y  $\beta$ ,  $\omega$  y la ausencia de ningún tipo de protección del suelo son los principales agentes a los que se puede relacionar con la pérdida de suelo. Los otros dos grupos mayoritarios (3 y 4) representarían zonas más limosas con cierta cobertura de elementos gruesos pero con condiciones de infiltración reducida y donde se une además la incidencia de los factores topográficos como el  $A$  (grupo 3) o como la  $\beta$  (grupo 4).

3.3.2. Caracterización de los puntos de erosión en la microcuenca de Puente Genil.

3.3.2.1. Estudio de la incidencia de los factores topográficos sobre los puntos de erosión en la microcuenca de Puente Genil.

El área de estudio útil en la cuenca de Puente Genil abarca el 70% de la superficie de la cuenca y engloba la zona donde los puntos de control se han medido sin incidentes provocados por la instalación de riego. En ella se han localizado según los criterios de epígrafe 2.4.1., 25 puntos de pérdida de suelo. A continuación, tal y como se ha descrito, se han generado a partir del MDE de la cuenca de tamaño 1,5 m x 1,5 m los mapas con los atributos topográficos de la cuenca Figuras 1.64-1.84 al final del apartado, de los cuales se ha extraído la información de las celdas sobre las que se han localizado los puntos de erosión cuyos estadísticos (Tabla 1.18) se comparan con los correspondientes a la zona de estudio (Tabla 1.19). Aunque hubiera sido ideal una densidad de puntos de control mayor, ya que la extensión, forma y el tamaño de la malla de muestreo (20 x 20 m) limitan las características del estudio se ha observado lo siguiente:

**Tabla 1.18.** Estadísticos de los atributos topográficos de los puntos de erosión de la cuenca de Puente Genil.

	$LSF$	$w_T$	$A$ (ha)	$\omega$	$\varphi$	$\Psi(^{\circ})$	$\beta (^{\circ})$	$H$ (m)
M	2,79	6,66	0,01	-0,57	1,21	94,73	9,72	237,28
Dt	3,52	0,48	0,02	2,05	3,97	113,94	4,06	12,06
Min	0,00	5,62	0,00	-5,72	-5,15	1,43	5,38	216,64
Max	15,59	7,69	0,08	2,33	15,17	351,87	24,58	260,36
CV	126,30	7,24	222,56	-362,15	327,98	120,28	41,73	5,08
CA	2,56	0,10	3,28	-1,07	1,83	0,97	2,39	0,51
CK	7,31	0,32	11,06	1,10	5,58	-0,76	7,16	-0,80

**Tabla 1.19.** Estadísticos de los atributos topográficos de la zona de estudio en la cuenca de Puente Genil.

	$LSF$	$w_T$	$A$ (ha)	$\omega$	$\varphi$	$\Psi(^{\circ})$	$\beta (^{\circ})$	$H$ (m)
M	3,17	6,78	0,03	-0,08	-0,04	89,75	9,47	240,02
Dt	4,71	0,72	0,24	2,70	3,92	115,80	3,82	12,04
Min	0,00	4,83	0,00	-40,68	-36,16	0,00	0,19	212,59
Max	118,08	13,17	6,11	34,22	47,54	359,42	40,52	261,64
CV	148,65	10,60	785,07	-3488,79	-9487,14	129,03	40,38	5,02
CA	8,16	2,37	18,08	-1,29	0,29	1,22	2,69	0,00
CK	120,49	10,60	377,82	29,81	14,84	-0,15	11,40	-1,15

El  $LSF$  medio en el área de estudio es notablemente superior al de los puntos de pérdida, al concentrar las zonas de pendientes y áreas de desagüe más elevadas (áreas de terrazas). El diseño de muestreo debería de haber contemplado toda la cuenca y un menor tamaño de malla para aumentar la densidad de puntos, aunque con los resultados obtenidos parece que los puntos de pérdida no requieren altos valores de  $LSF$ ,  $A$  o  $w_T$  (Figuras 16.64-66).

En la  $\omega$  se aprecian diferencias tanto en las medias como en los histogramas. Así, la distribución de los puntos de pérdida se halla desplazada a la izquierda respecto a la de la zona de estudio debido a la incidencia de algunos valores negativos de alto valor absoluto situados en áreas de cóncavas. Es necesario examinar las características del microrrelieve para justificar que un 56% de los puntos de pérdida estén asociados a áreas cóncavas, considerando que en la zona de estudio un 50 % del área presenta signo negativo (Figura 1.67). Las medialunas originan un cambio de pendiente negativo que frena y capta el flujo a los pies del árbol (Figura 1.61), de manera que la escorrentía en gran parte de la cuenca transcurre ladera abajo a través de áreas cóncavas intermedias entre ellas (Figura 1.60 y 1.62) o bien por caminos originados por el deterioro de estas formaciones (Figura 1.59).



**Figura 1.59.** Cárcava en la ladera originada por el deterioro causado por el flujo en una medialuna.



**Figura 1.60.** Camino de flujo en la ladera dirigido por la pendiente y la curvatura originada por las medialunas y las calles.



**Figura 1.61.** Cambio de pendiente negativo de una medialuna para la captación de agua en la ladera.



**Figura 1.62.** Incidencia de las variaciones de curvatura local y la pendiente a lo largo de ladera S.

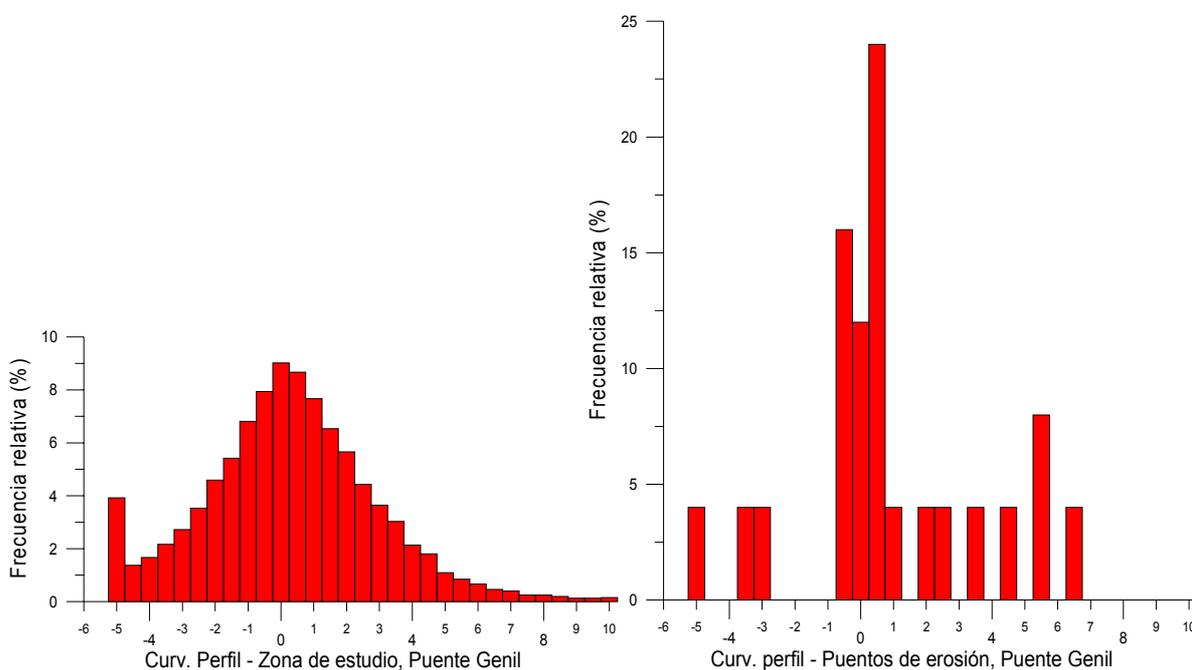
La media de  $\phi$  en los puntos de pérdida toma un valor de 1,21 que comparado con la media de la zona de estudio, -0,04, resulta notablemente superior, lo cual induciría a pensar en una clara tendencia de los puntos de pérdida a situarse sobre zonas de perfil convexo. Sin embargo, aunque el 40 % de los puntos de erosión se sitúa en áreas con signo negativo frente al 50 % de la zona de estudio (Figura 1.63a y 1.63b), un valor extremo en torno 15 responde a las llamativas diferencias en las medias. En este caso, parece que en la cuenca los perfiles convexos tal y como pueden representar las medialunas (Figura 1.60) resultan zonas más susceptibles a la pérdida de suelo.

En el caso de  $\Psi$ , la comparación de los estadísticos y las distribuciones no proporcionan información importante para la caracterización de los puntos de pérdida (Figura 1.70).

La  $\beta$  de los puntos de pérdida de suelo toma un valor medio ligeramente superior, siguiendo la tendencia del histograma que se halla ligeramente desplazado a la izquierda. Así, si en la zona de estudio un 47,7 % de su superficie presenta  $\beta$  superiores a  $9^\circ$  (15,8 % de pendiente), el 52,0 % de los puntos se sitúa en esos enclaves (Figura 1.69). Estas diferencias poco llamativas, contrasta con las diferencias entre los valores mínimos que en los puntos de erosión alcanzan  $5,4^\circ$  (9,4 % de pendiente).

La cota  $H$ , con un valor medio menor en los puntos de pérdida y un histograma algo desplazado a la izquierda respecto al del área de estudio, es indicadora de la tendencia de los puntos de pérdida a concentrarse en el área próxima al arroyo con valores de cota menores (Figura 1.71).

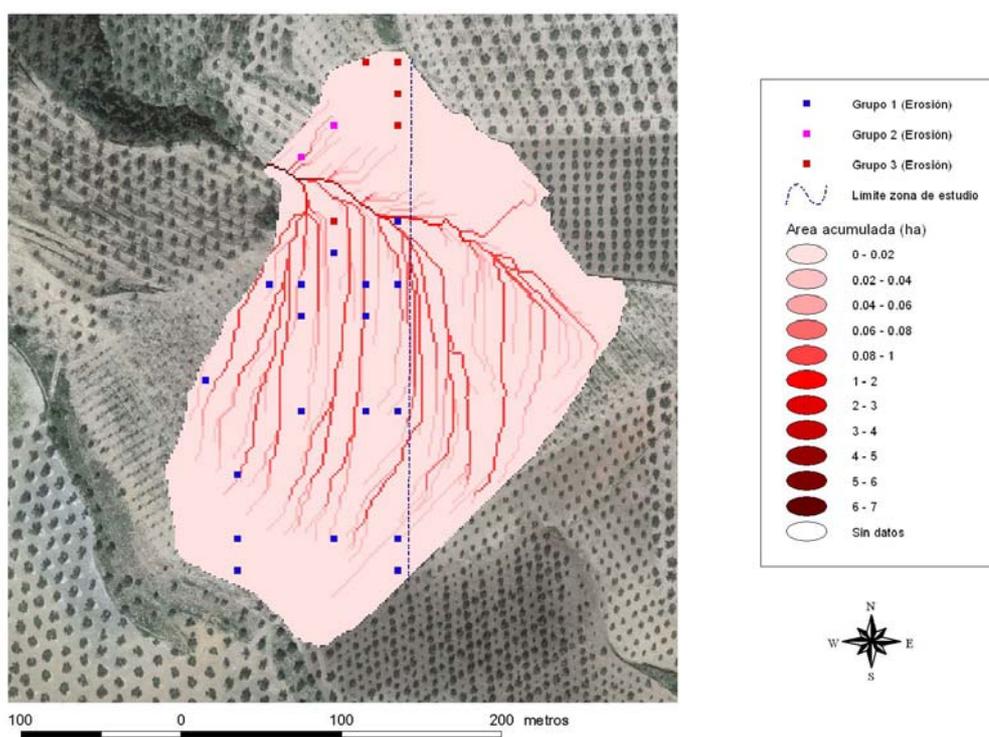
En resumen, en una cuenca donde los valores de pendiente son tan acusados y el microrrelieve marca los caminos de flujo,  $\beta$ ,  $\phi$  y  $\omega$  parecen ser las variables topográficas más influyentes a la hora de caracterizar los puntos de pérdida de suelo en la zona de estudio.



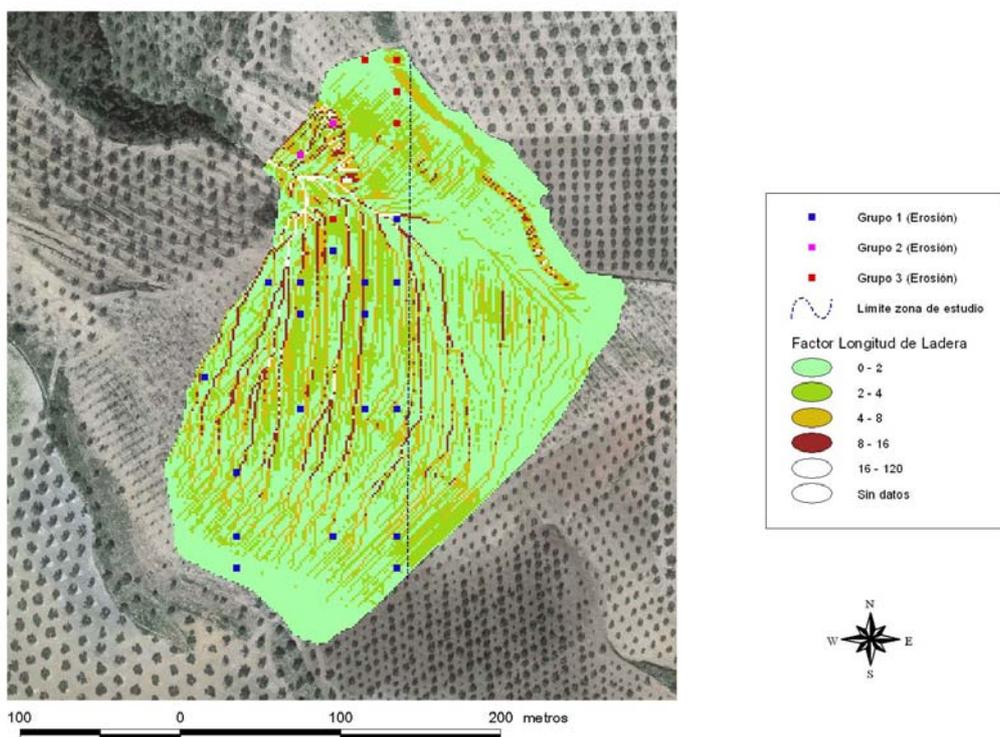
**Figura 1.63a.** Distribución de  $\phi$  en la zona de estudio de la microcuenca de Puente Genil

**Figura 1.63b.** Distribución de  $\phi$  correspondiente a los puntos de erosión (Puente Genil)

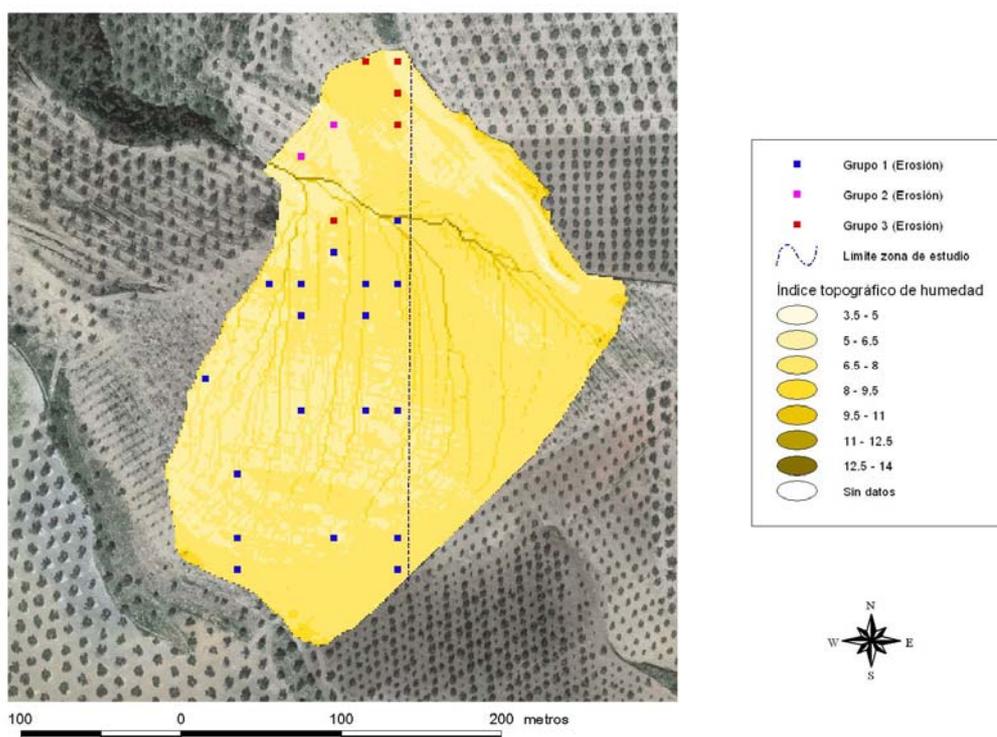
A continuación se muestran los mapas de distribución de las variables topográficas en las cuencas de estudio junto a los grupos discriminados a partir del ACP y AC que se describen en el Epígrafe 3.3.2.3.



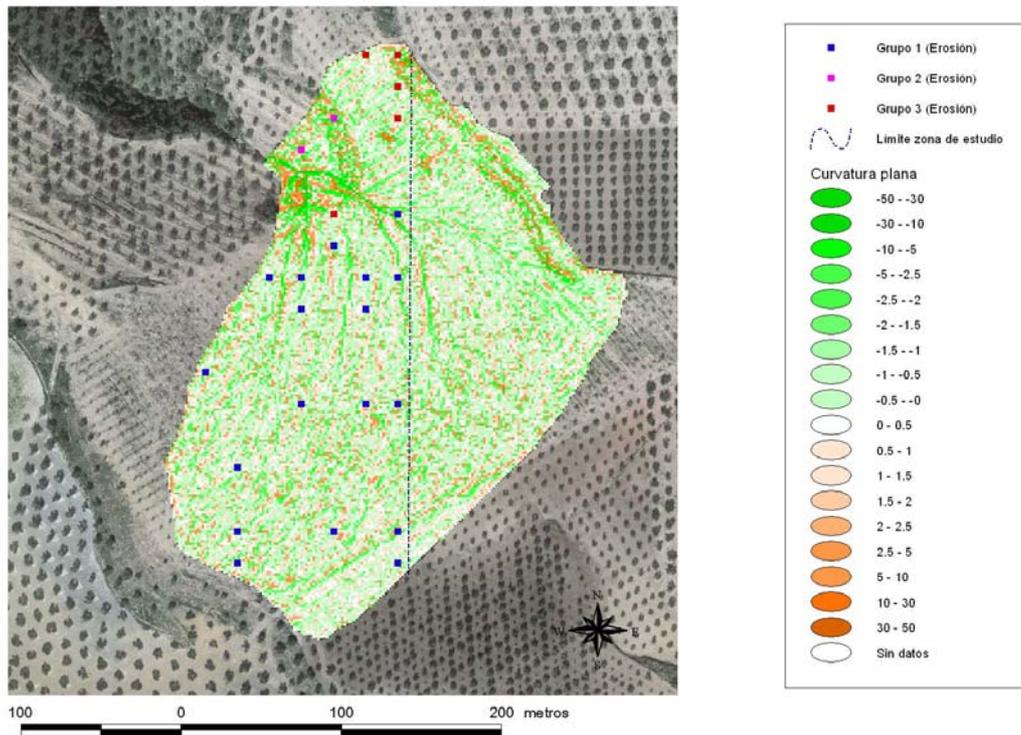
**Figura 1.64.** Distribución espacial de los valores de  $A$  (ha) en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.



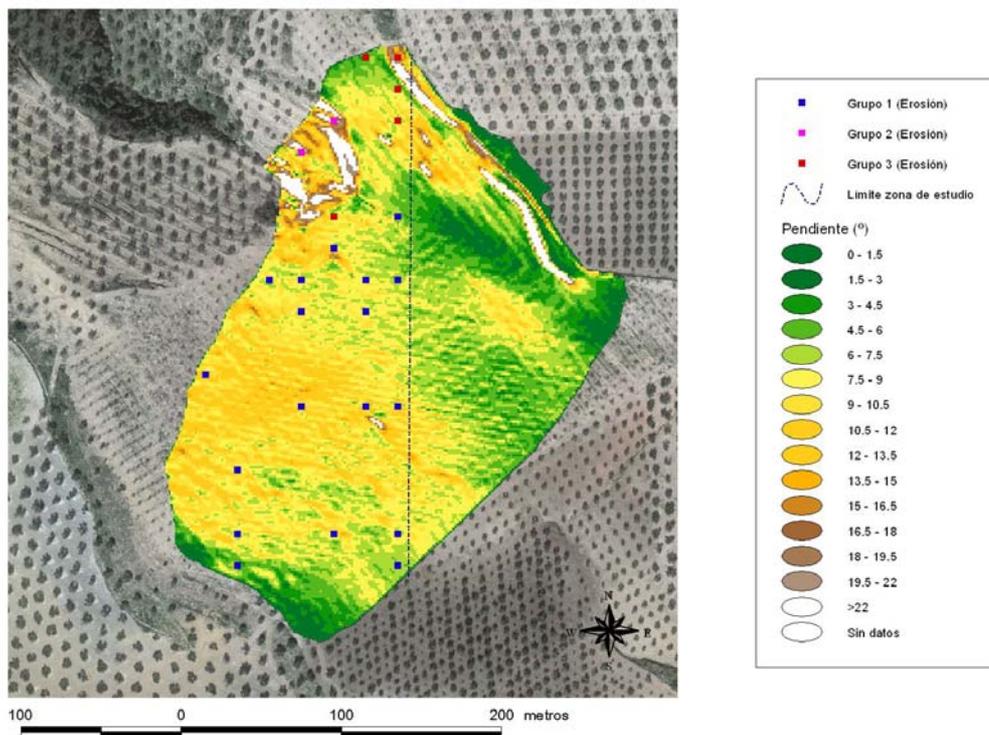
**Figura 1.65.** Distribución espacial de los valores de LSF en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.



**Figura 1.66.** Distribución espacial de los valores de  $w_T$  en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.



**Figura 1.67.** Distribución espacial de los valores de  $\omega$  en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.



**Figura 1.68.** Distribución espacial de los valores de  $\phi$  en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP

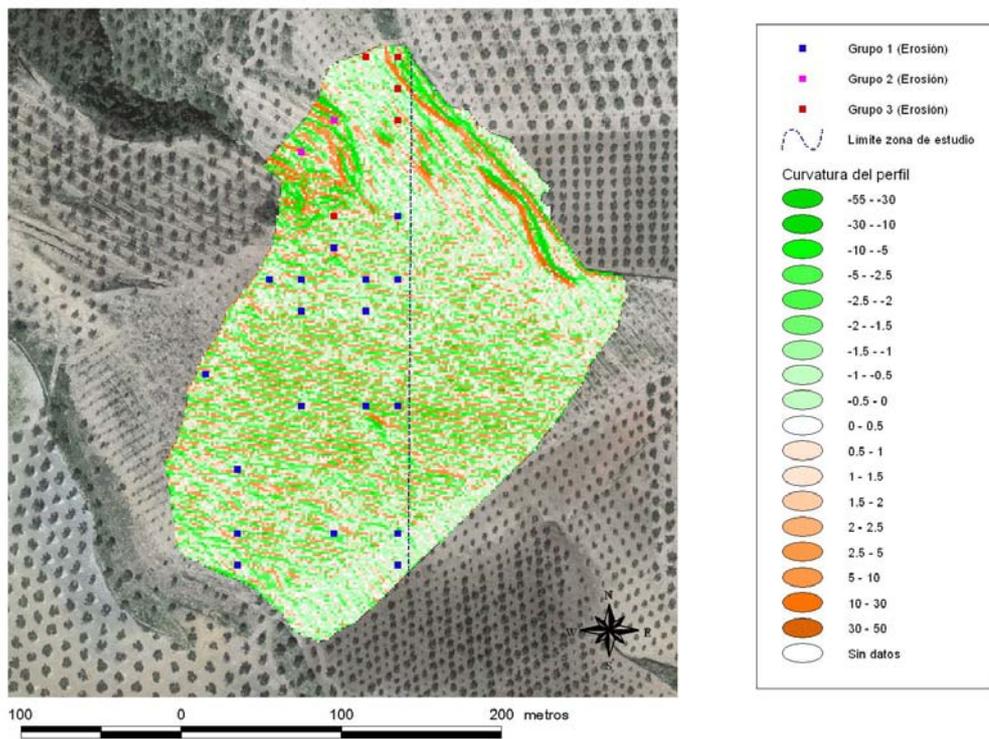


Figura 1.69. Distribución espacial de los valores de  $\beta(^{\circ})$  en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.

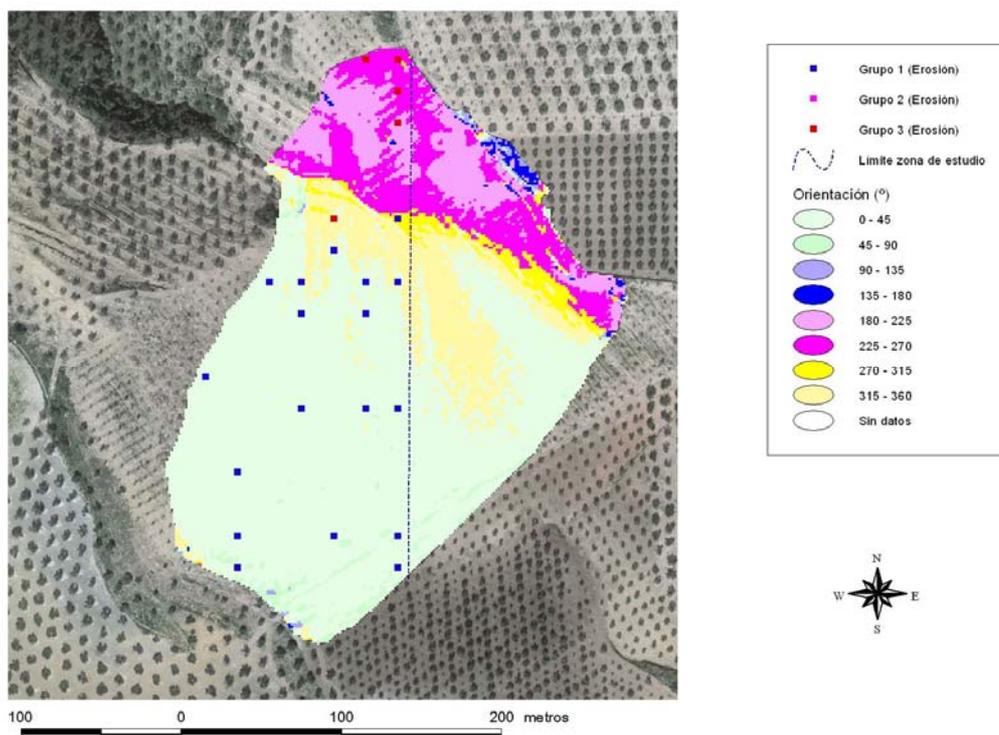
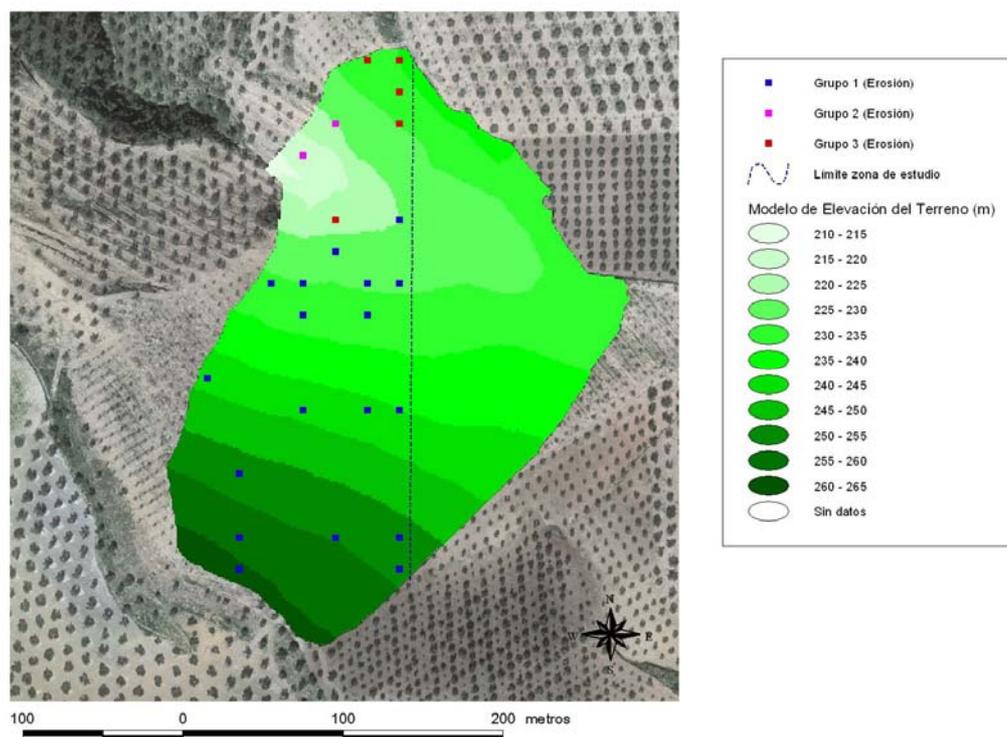


Figura 1.70. Distribución espacial de los valores de orientación en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.

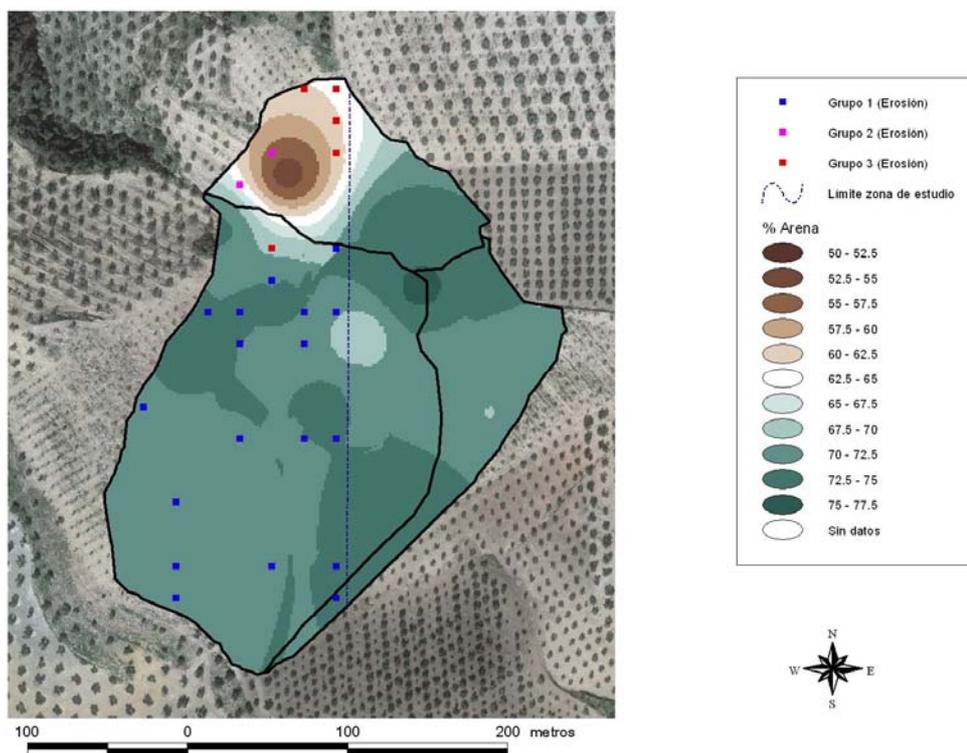


**Figura 1.71.** Distribución espacial de los valores de  $H$  (m) en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.

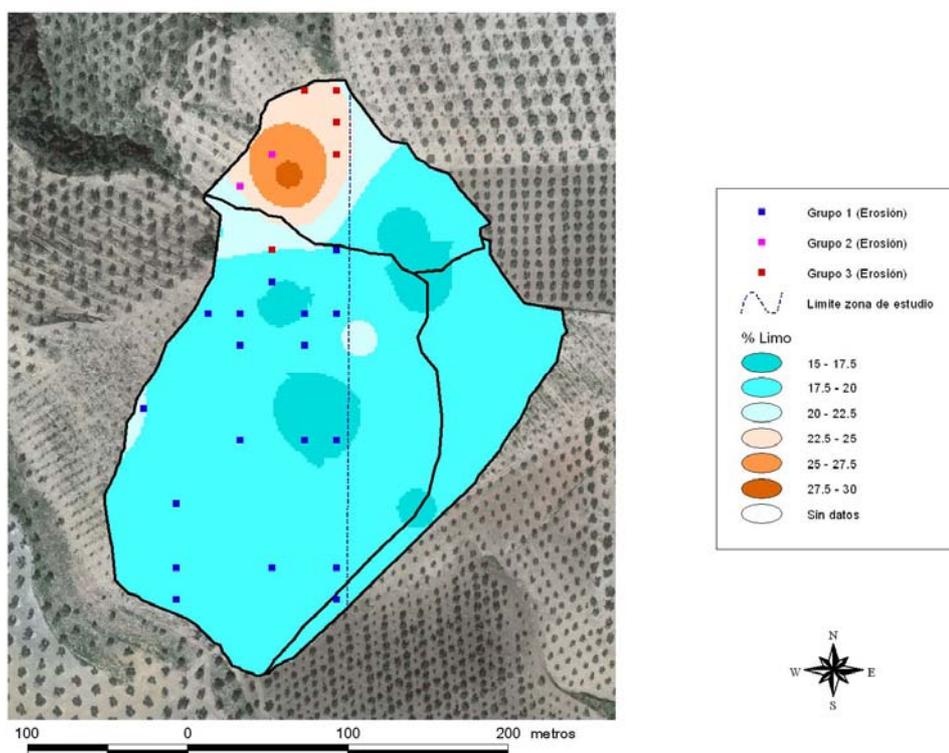
### 3.3.2.2. Estudio de la incidencia de algunas propiedades del suelo sobre los puntos de erosión en la microcuenca de Puente Genil.

En el caso de las variables de suelo, se ha procedido de la misma forma que en la microcuenca de Setenil, siendo las Tablas 1.20 y 1.21, los resúmenes estadísticos representativos de los atributos de los puntos de erosión y la zona de estudio que se han examinado junto con la distribución espacial (Figuras 1.72 – 1.84, a continuación) y los histogramas.

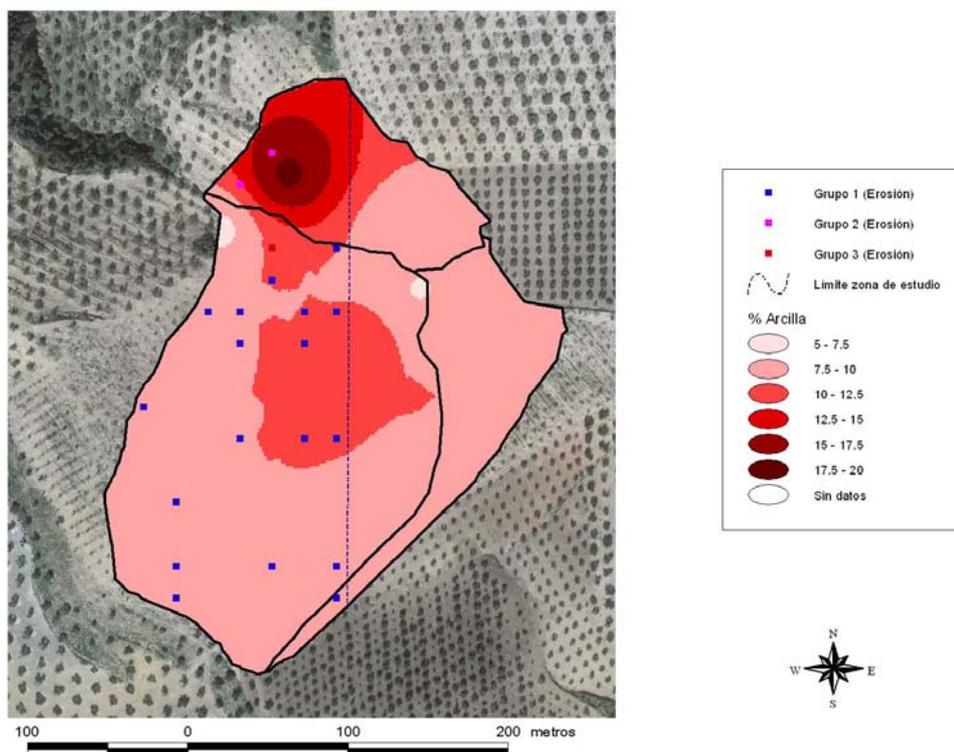
Así, pese a que no hay diferencias muy llamativas en los estadísticos, en la fracción de arcilla, las medias reflejan el desplazamiento hacia la derecha del histograma de los puntos de pérdida. De esta forma, un 56,0 % de los puntos de pérdida se distribuyen en áreas con contenidos en arcilla superiores al 10,0 % (Figura 1.74). En la zona de estudio, tan sólo un 36,6 % de la superficie presenta contenidos de arcilla superiores al 10,0 %. Por consiguiente, cabe pensar en cierta tendencia de los puntos de pérdida a ocupar zonas más arcillosas. En el caso del limo, el incremento en el valor medio está también relacionado con diferencias en las distribuciones. Los puntos de pérdida de suelo tienden a distribuirse en zonas donde hay un ligero mayor contenido en limo (Figura 1.73). Por ejemplo, si en la zona de estudio un 20,8 % del área presenta contenidos en limo superiores al 20,0 %, un 32,0 % de los puntos de pérdida pertenecen a estas zonas. Finalmente, para la fracción arenosa los puntos de pérdida ocurre lo contrario (Figura 1.72), ocupando los puntos de pérdida las zonas con menor contenido en arenas. El resultado es que existe un desplazamiento a la izquierda del histograma de arenas de los puntos de erosión respecto al de los valores de la zona de estudio que explican la disminución de la media.



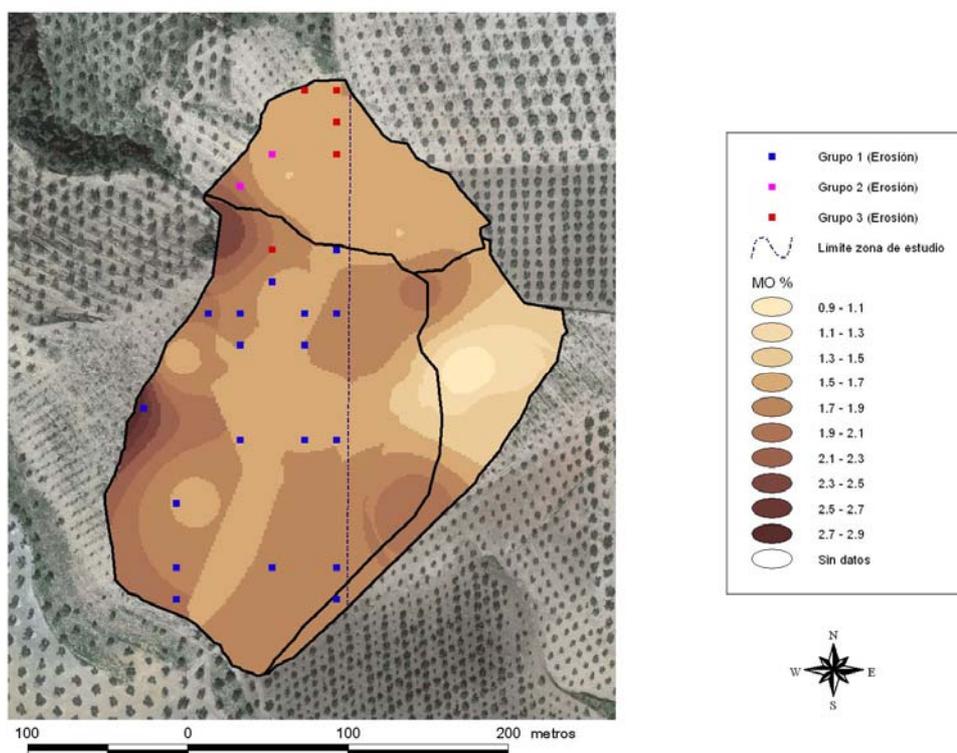
**Figura 1.72.** Distribución espacial de la fracción de arena (%) en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.



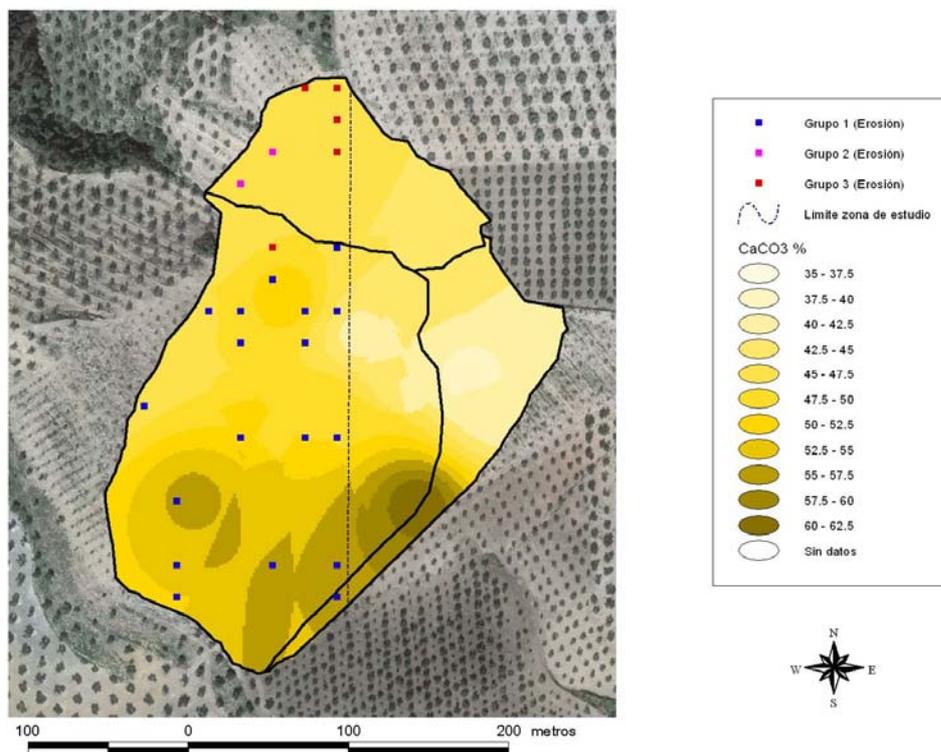
**Figura 1.73.** Distribución espacial de la fracción limosa (%) en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.



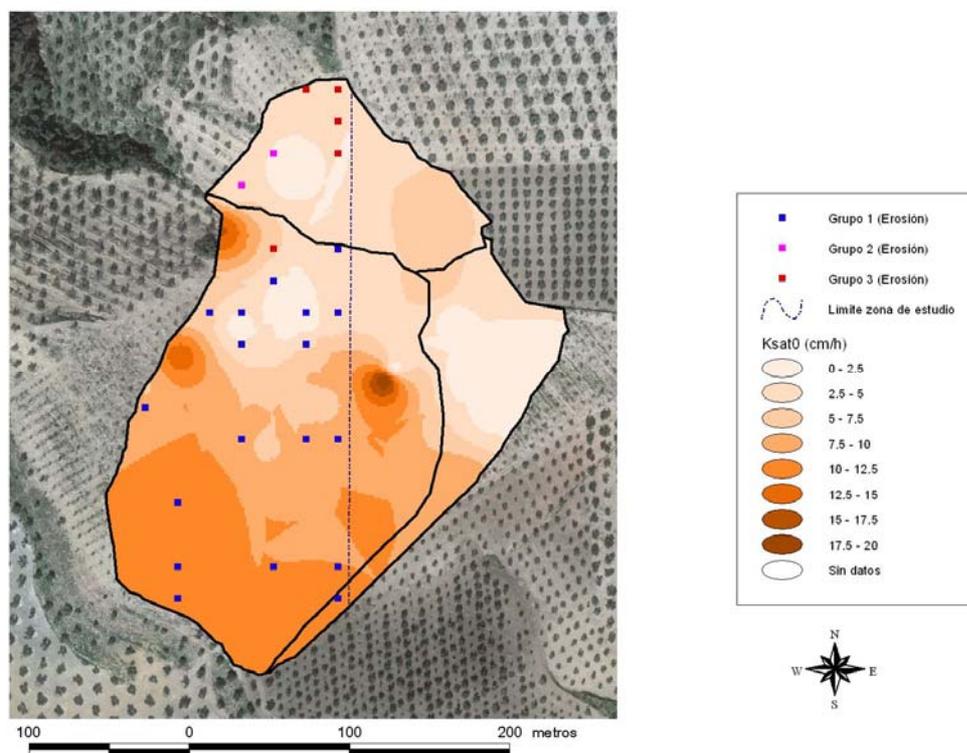
**Figura 1.74.** Distribución espacial de la fracción arcillosa (%) en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.



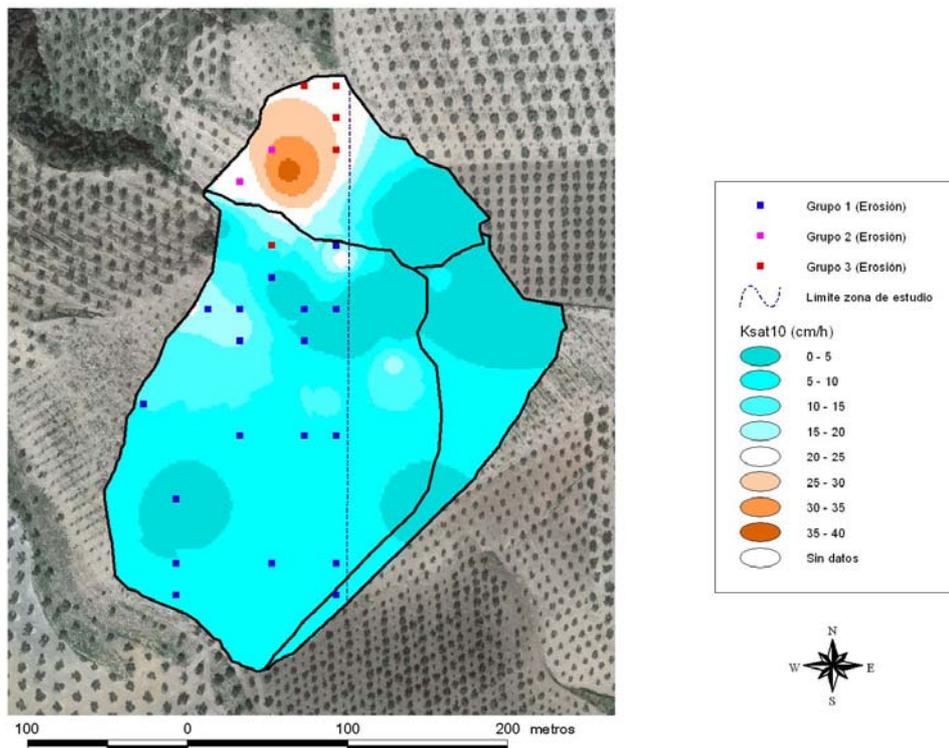
**Figura 1.75.** Distribución espacial del contenido en M.O. (%) en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.



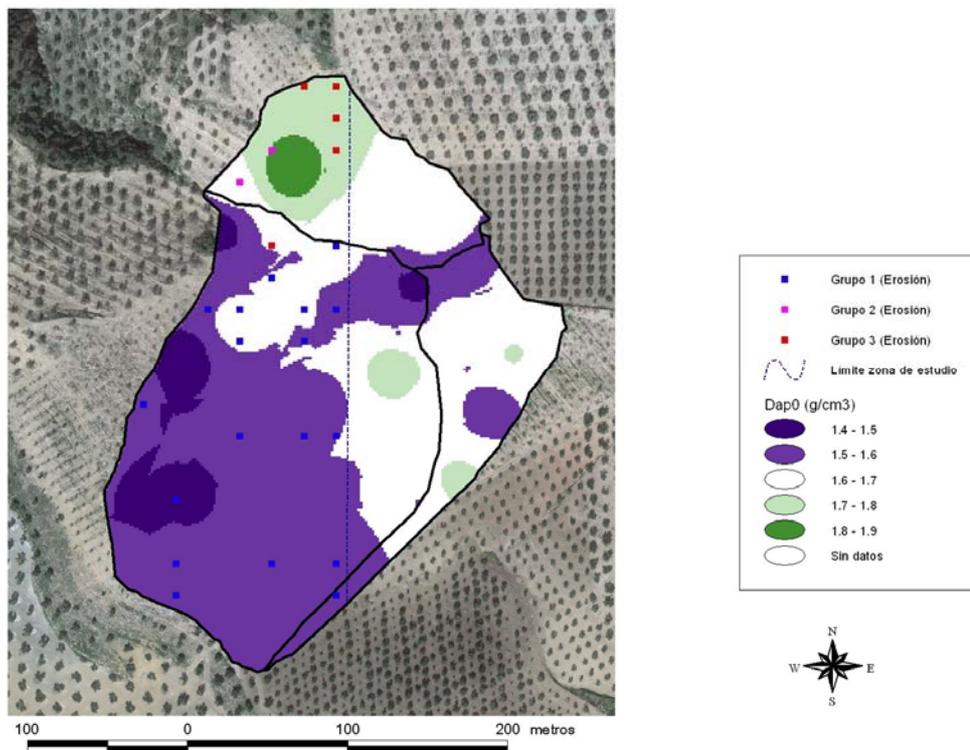
**Figura 1.76.** Distribución espacial del contenido en carbonatos (%) en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.



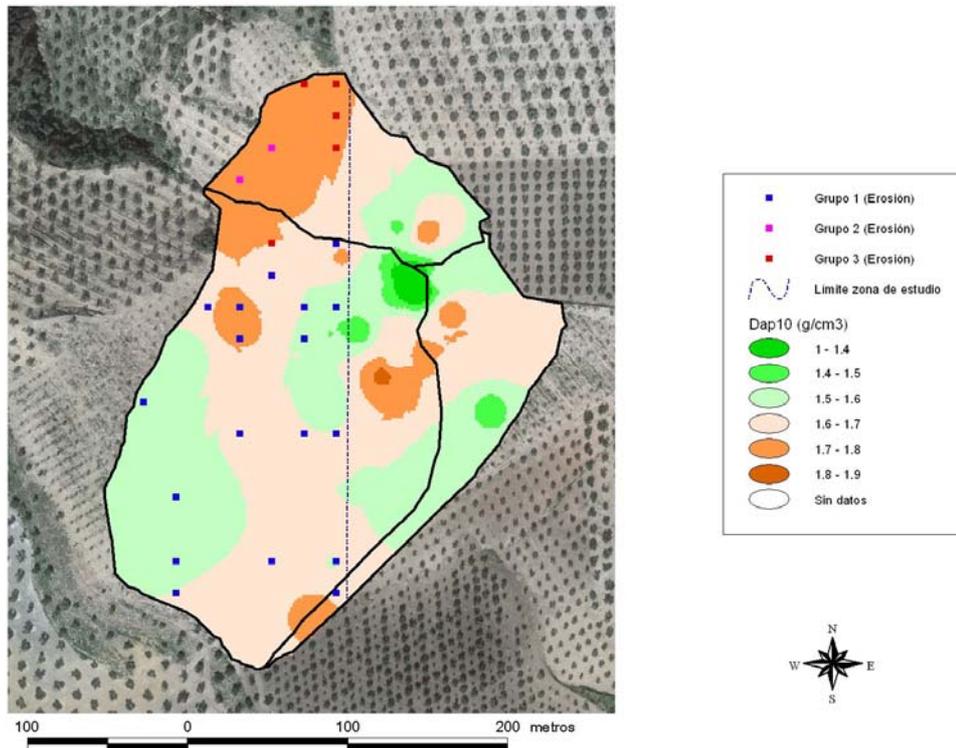
**Figura 1.77.** Distribución espacial de los valores de  $K_{sat0}$  (cm/h) en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.



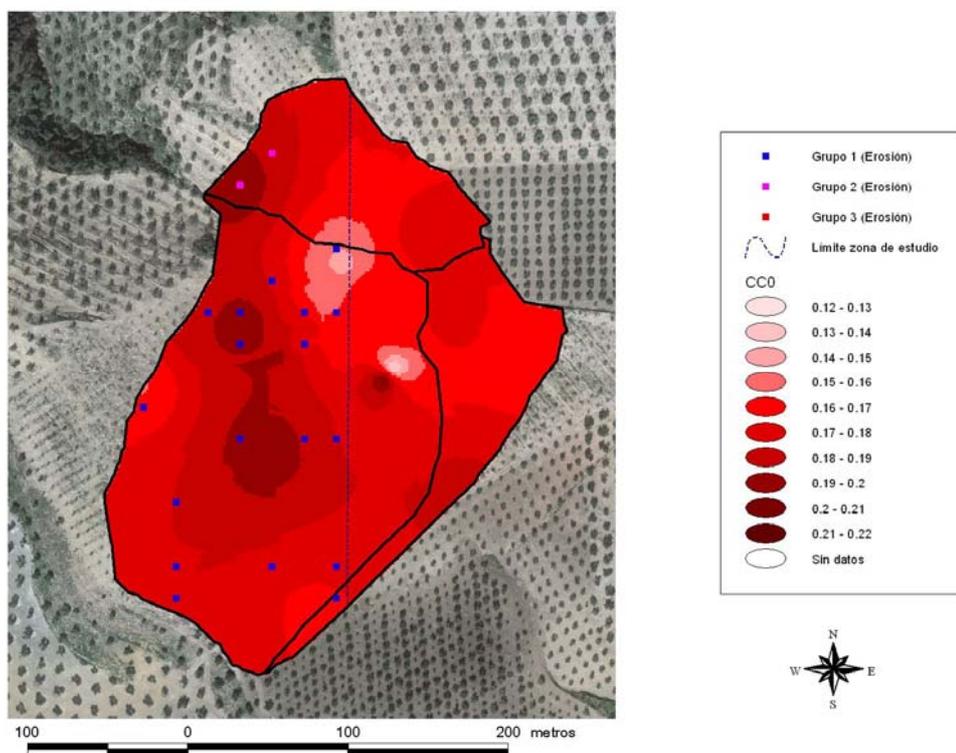
**Figura 1.78.** Distribución espacial de los valores de  $K_{sat10}$  (cm/h) en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.



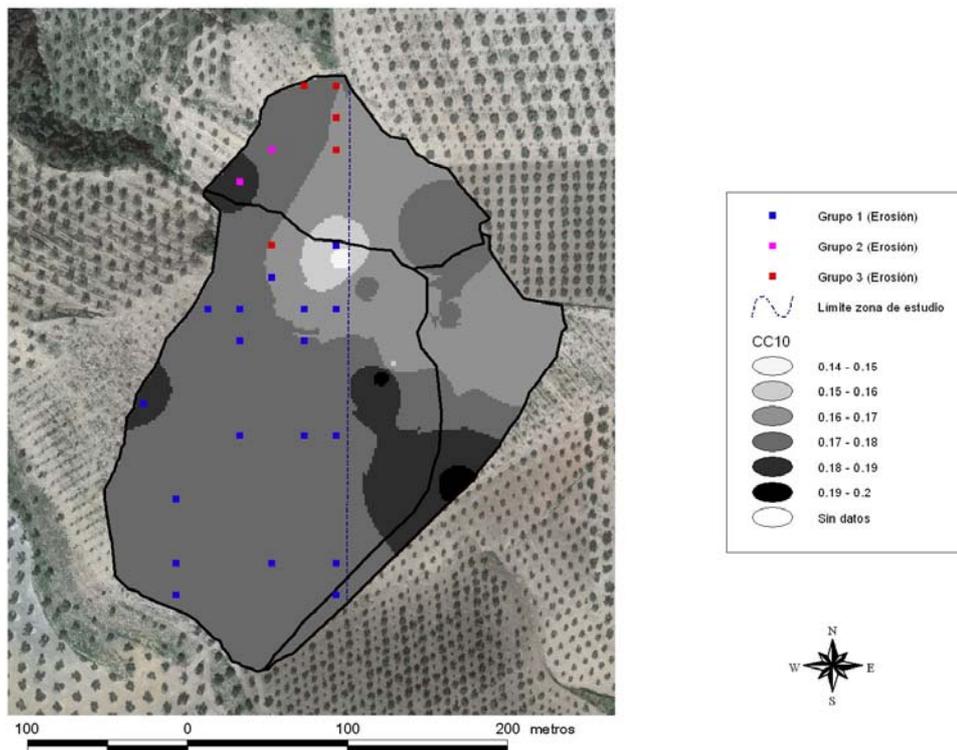
**Figura 1.79.** Distribución espacial de los valores de  $D_{ap0}$  (g/cm<sup>3</sup>) en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.



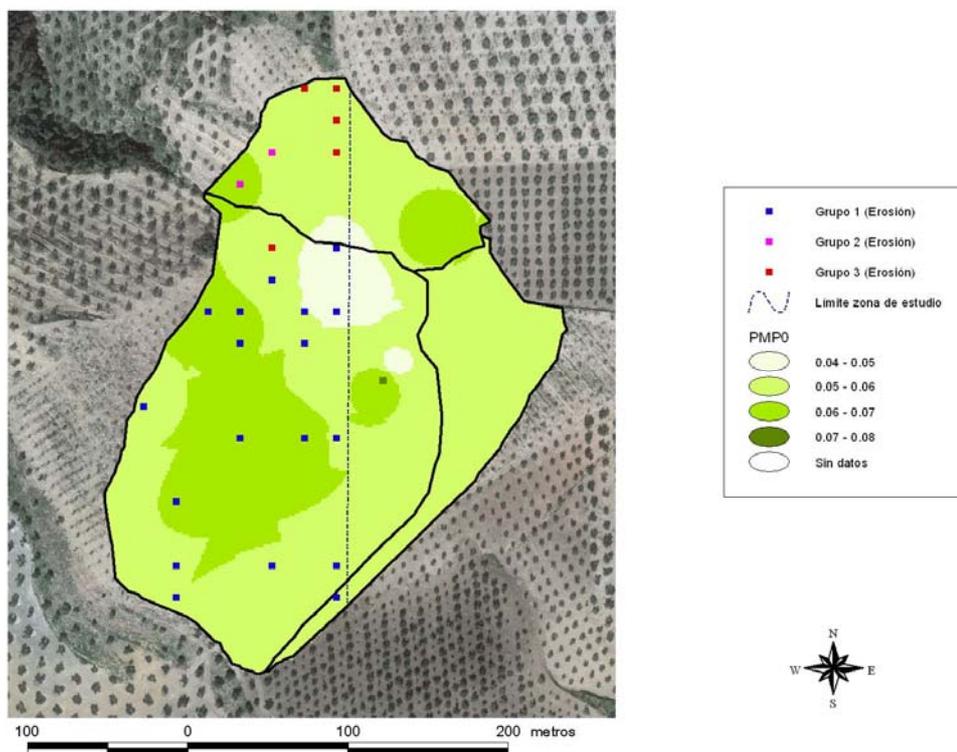
**Figura 1.80.** Distribución espacial de los valores de  $D_{ap10}$  (g/cm<sup>3</sup>) en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.



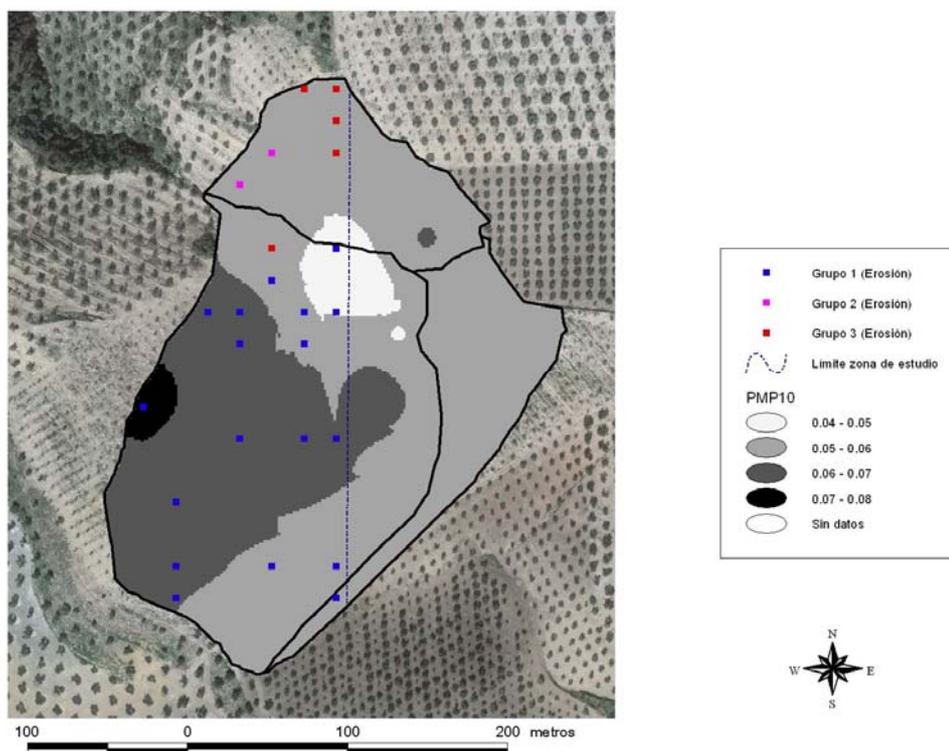
**Figura 1.81.** Distribución espacial de los valores de  $CC_0$  en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.



**Figura 1.82.** Distribución espacial de los valores de  $CC_{10}$  en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.



**Figura 1.83.** Distribución espacial de los valores de  $PMP_0$  en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.



**Figura 1.84.** Distribución espacial de los valores de  $PMP1_0$  en la microcuenca de Puente Genil con los grupos de puntos de erosión del ACP.

**Tabla 1.20.** Estadísticas de los atributos edafológicos en la zona de estudio de la microcuenca de Puente Genil.

	% Arcilla	% Limo	% Arena	% M.O.	% Carbonatos
M	10,3	19,5	70,2	1,78	50,10
Dt	2,0	2,3	4,2	0,19	3,85
Min	7,0	16,5	54,0	1,50	41,00
Max	18,0	28,0	74,3	2,89	58,43
CV	0,2	0,1	0,1	0,11	0,08
CS	2,0	1,8	-2,1	2,00	0,12
CK	3,3	2,7	3,5	5,06	-1,25

**Tabla 1.21.** Estadísticas de los atributos edafológicos de los puntos de pérdida en la microcuenca de Puente Genil.

	% Arcilla	% Limo	% Arena	% M.O.	% Carbonatos
M	10,8	19,8	69,4	1,77	49,31
Dt	2,2	2,6	4,7	0,21	3,66
Min	7,9	17,1	56,5	1,57	44,36
Max	16,7	26,7	73,0	2,64	56,14
CV	0,2	0,1	0,1	0,12	0,07
CS	1,3	1,3	-1,5	2,94	0,65
CK	1,2	0,7	1,0	11,06	-0,84

En el caso de % M.O., el examen de los histogramas no muestra diferencias importantes, tal y como cabe pensar al observar los estadísticos. En el caso de los carbonatos, sí que parece que los puntos de pérdida de suelo aumentan su densidad en las áreas menos carbonatadas, ladera N e inmediaciones del arroyo (Figura 1.76). Así, el 53,6 % de la zona de estudio mantiene % de carbonatos inferior al 50,0 %, en el cual se distribuyen un 64,0 % de los puntos de pérdida.

Como resultado, los puntos de erosión tienden a localizarse en áreas donde resultan más abundante tanto las arcillas como lo limos y donde el contenido en  $CaCO_3$  tiende a ser menor, áreas más impermeables y erodibles.

Por otro lado, del examen de las propiedades físicas del suelo relacionadas con la infiltración, las Tablas 1.22 y 1.23 muestran el resumen estadístico.

**Tabla 1.22.** Estadísticas de algunas propiedades físicas del suelo relacionadas con la infiltración y el manejo de la zona de estudio en la microcuenca de Puente Genil.

	$K_{sat0}$ (cm/h)	$K_{sat10}$ (cm/h)	$D_{ap0}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$D_{ap10}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$CC_0$	$CC_{10}$	$PMP_0$	$PMP_{10}$
M	7,46	10,88	1,59	1,63	0,18	0,17	0,06	0,06
Dt	3,27	7,18	0,09	0,06	0,01	0,01	0,00	0,01
Min	0,84	0,01	1,40	1,44	0,15	0,15	0,05	0,05
Max	15,35	36,47	1,89	1,78	0,20	0,19	0,06	0,07
CV	0,44	0,66	0,05	0,04	0,05	0,03	0,06	0,09
CS	-0,40	1,45	1,13	0,20	-0,59	-1,83	-1,62	-0,15
CK	-1,27	1,40	1,06	-0,72	0,22	4,44	2,22	-0,52

**Tabla 1.23.** Estadísticas de algunas propiedades físicas del suelo relacionadas con la infiltración y el manejo de los puntos de pérdida en la microcuenca de Puente Genil.

	$K_{sat0}$ (cm/h)	$K_{sat10}$ (cm/h)	$D_{ap0}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$D_{ap10}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$CC_0$	$CC_{10}$	$PMP_0$	$PMP_{10}$
M	5,89	12,81	1,62	1,65	0,18	0,17	0,06	0,06
Dt	3,35	8,19	0,09	0,07	0,01	0,01	0,00	0,01
Min	2,04	3,26	1,49	1,53	0,15	0,15	0,05	0,05
Max	11,97	30,95	1,81	1,78	0,20	0,18	0,06	0,07
CV	0,57	0,64	0,05	0,04	0,06	0,03	0,07	0,10
CS	0,45	0,66	0,85	-0,12	-0,32	-1,75	-1,22	0,47
CK	-1,44	-0,77	-0,02	-1,02	0,29	6,29	1,68	0,43

El caso de las conductividades también muestra como las áreas con menores  $K_{sat0}$  y mayores  $K_{sat10}$  (Figuras 1.77 y 1.78) muestran una mayor densidad de puntos de pérdida. Los valores medios reflejan las diferencias entre los histogramas que aparecen en el primer horizonte adelantado y en el segundo retrasado respecto al de la zona de estudio. Así, un 41,1 % de la superficie presenta  $K_{sat0}$  inferiores a 7,5 cm/h, distribuyéndose en estas áreas un 60,0 % de los puntos de pérdida. Por otro lado, en un 27,2 % de la zona de estudio con  $K_{sat10}$  superiores a 12,5 cm/h se encuentran el 44 % de los puntos de pérdidas. En este caso, también la reducción de infiltración superficial es una tónica dominante en los puntos de erosión, aunque los efectos del manejo invierten las relaciones entre horizontes.

Las diferencias numéricas entre las medias de  $D_{ap0}$  son relativamente bajas, pero la observación de la distribución espacial de los puntos de pérdida (Figura 1.79) pone de manifiesto la tendencia de éstos a ocupar zonas de  $D_{ap0}$  más altas. Así, el intervalo de  $D_{ap0}$  con valores mayores o iguales a 1,6 g/cm<sup>3</sup> que en la cuenca supone un 32,7 % de la superficie, concentra a un 48 % de puntos de pérdida. Por otro lado, en el segundo horizonte también los puntos de pérdida tienden a distribuirse en zonas con las  $D_{ap10}$  mayores (Figura 1.80).

En el caso de *CC* y *PMP* la escasa variabilidad en la cuenca se mantiene en la zona de estudio y se manifiesta naturalmente, en los puntos de pérdida. De esta manera, no hay diferencias significativas que deban reseñarse. Los puntos de pérdida en ambos horizontes se distribuyen en áreas con *CC* y *PMP* más elevadas tal y como cabe esperar al observar las tendencias en las texturas (Figuras 1.81-84).

El análisis realizado pone de manifiesto la localización de puntos de pérdida de suelo en las zonas donde las condiciones de infiltración son más lentas debido tanto a condiciones intrínsecas del suelo como puede ser la textura (mayores contenidos en limos y arcilla en detrimento de las arenas) como al manejo (menores  $K_{sat0}$  y  $D_{ap0}$ ).

### 3.3.1.1. Estudio de la incidencia combinada de variables topográficas y del suelo en la distribución de los puntos de erosión en la microcuenca de Puente Genil.

A continuación, una vez finalizada la etapa del examen de los rasgos topográficos y de propiedades del suelo más característicos de los puntos de erosión en la microcuenca de Puente Genil, se van a revisar los resultados de la aplicación de las técnicas del ACP y el AC ya descritos sobre los mismos, para el análisis de grupos con el mismo comportamiento.

En primer lugar, de la matriz de covarianzas o de coeficientes de correlación (por estar los datos tipificados, ANEJO 4), se extrae la correlación negativa del *LSF* con  $\omega$  (-0,73) y positiva con  $\varphi$  (0,70) que identifica que los puntos de erosión con valores mayores de *A* y/o  $\beta$  alcanzan perfiles de mayor convexidad y curvaturas planas más cóncavas. Por otra parte, la *H* explica que a medida que se asciende sobre los puntos de pérdida, se determinan valores más altos de  $K_{sat0}$  (0,90) y  $CaCO_3$  (0,80), que podrían relacionarse con la abundancia de los afloramientos de caliza en superficie junto con la disminución de la profundidad de suelo, justificando una mayor abundancia de macroporos que favorezcan la infiltración y un mayor contenido de carbonato cálcico. De las variables de suelo, el % de arena se correlaciona con el % de arcilla con un coeficiente de -0,98, con el % de limo de -0,96, con la  $D_{ap0}$  de -0,88 y con la  $K_{sat10}$  de -0,84. Estos coeficientes junto con el examen de la distribución espacial de las variables en la cuenca, son indicadores de que la zona menos arenosa y más arcillosa es la que presenta una superficie más compactada y unas condiciones de infiltración en el segundo horizonte más favorables (ladera N). Finalmente, también los valores de los puntos de erosión de  $K_{sat0}$  y  $D_{ap0}$  presentan un coeficiente de correlación de -0,70.

La Tabla 1.24 muestra los % de varianza correspondiente al plano principal que supone un 60 % de la variabilidad del sistema. Por otra parte, la Tabla 1.25 ofrece los pesos de las variables en la formación de los ejes principales. Los pesos por encima del 0,6 aparecen en negrita, mostrando el grado de representación (o correlación) de las variables sobre cada eje. De esta manera, el primer eje principal responde a variables principalmente relacionada con las condiciones de infiltración y las características del suelo como son la  $K_{sat}$ , la  $D_{ap}$ , la textura y el % de  $CaCO_3$ , aunque también la *H* y la  $\Psi$  proporcionan información acerca de cómo se distribuyen espacialmente estos atributos. Por otra parte, el segundo eje principal explicaría fundamentalmente aspectos topográficos de los puntos de pérdida como *A*, *LSF*,  $\omega$  y  $\varphi$ . El tercer eje tampoco va a ser considerado en este caso dado su menor porcentaje de varianza y la correlación únicamente con la variable  $w_T$ .

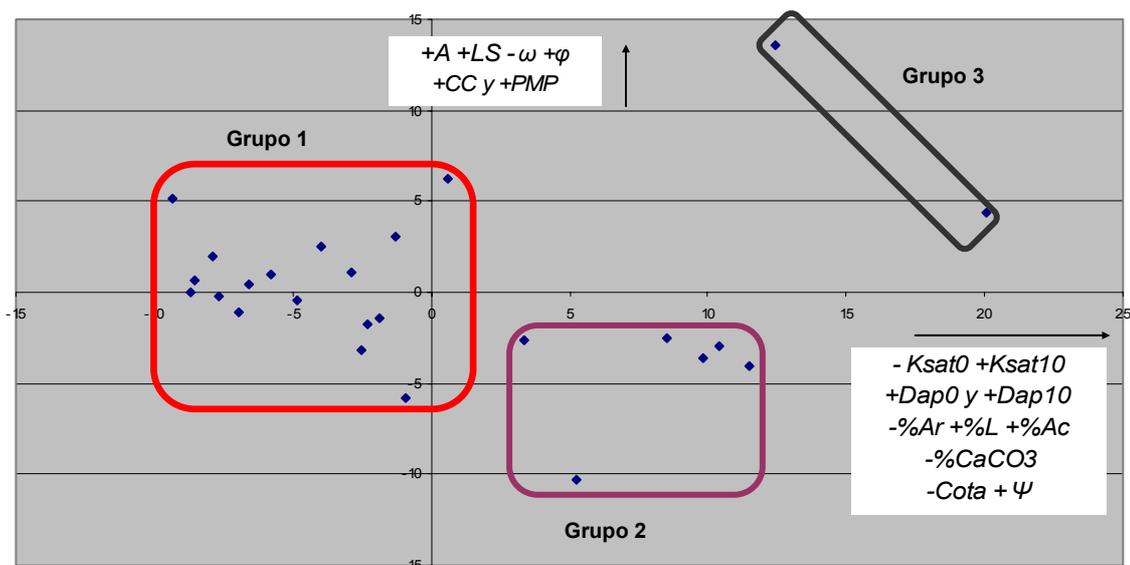
Los pesos de la Tabla 1.25 determinan sobre la Figura 39 que el primer y cuarto cuadrante mostraría los individuos con  $K_{sat0}$  mayores y  $K_{sat10}$  más bajas,  $D_{ap}$  en ambos horizontes más altas, las texturas con menor %limo y de  $CaCO_3$ . En relación al segundo eje principal, el primer y segundo cuadrante muestra los puntos de pérdida con *A*, *LSF* y  $\varphi$  mayores y  $\omega$  menores. También  $CC_0$  y  $PMP_0$  en el primer y segundo cuadrante mostrarían su incidencia aunque su

variabilidad en los puntos de pérdida es mínima (Tabla 1.23) seguramente relacionadas con las variaciones de textura en la cuenca.

**Tabla 1.24.** Varianza del ACP de los atributos de los puntos de pérdida de la microcuenca de Puente Genil.

	$\sigma^2$	$\sigma^2$ (%)	$\sigma^2$ (% acum.)
Eje 1	8,04	0,383	0,383
Eje 2	4,55	0,217	0,600
Eje 3	2,6	0,124	0,724
Eje 4	1,47	0,070	0,795
Eje 5	1,35	0,064	0,859
Eje 6	1,05	0,050	0,909
Eje 7	0,53	0,025	0,935
Eje 8	0,49	0,023	0,958
Eje 9	0,31	0,015	0,973
Eje 10	0,23	0,011	0,984
Eje 11	0,14	0,007	0,991
Eje 12	0,06	0,003	0,994
Eje 13	0,04	0,002	0,996
Eje 14	0,03	0,001	0,998
Eje 15	0,02	0,001	0,999
Eje 16	0,01	0,001	0,999
Eje 17	0	0,000	1,000
Eje 18	0	0,000	1,000
Eje 19	0	0,000	1,000
Eje 20	0	0,000	1,000
Eje 21	0	0,000	1,000

Por otro lado, tanto la Tabla 1.26 como la Figura 1.85 muestran las coordenadas de los individuos sobre el plano principal. El resultado de los cosenos cuadrados sobre los ejes principales de la Tabla 1.26, en ningún caso es inferior a 0,2, por lo que todos los puntos se hallarían próximos e incluidos en el análisis de similitud.



**Figura 1.85.** Distribución de los puntos de erosión en Puente Genil en el plano principal y grupos determinados por el AC.

Además, en este caso, en el AC se ha seleccionado un número máximo de cuatro grupos de acuerdo al examen visual de los olivos y el suelo, la situación en la ladera y la posición respecto al arroyo. Sin embargo, los resultados para tres y cuatro grupos no mostraba apenas diferencias (cambios de uno o dos individuos, ANEJO 4), considerándose que con tres grupos era suficiente para examinar las distintas combinaciones de variables que se manifiestan sobre los puntos de pérdida una vez observadas las características en conjunto.

**Tabla 1.25.** Peso de las variables del ACP de los puntos de pérdida de la microcuenca de Puente Genil.

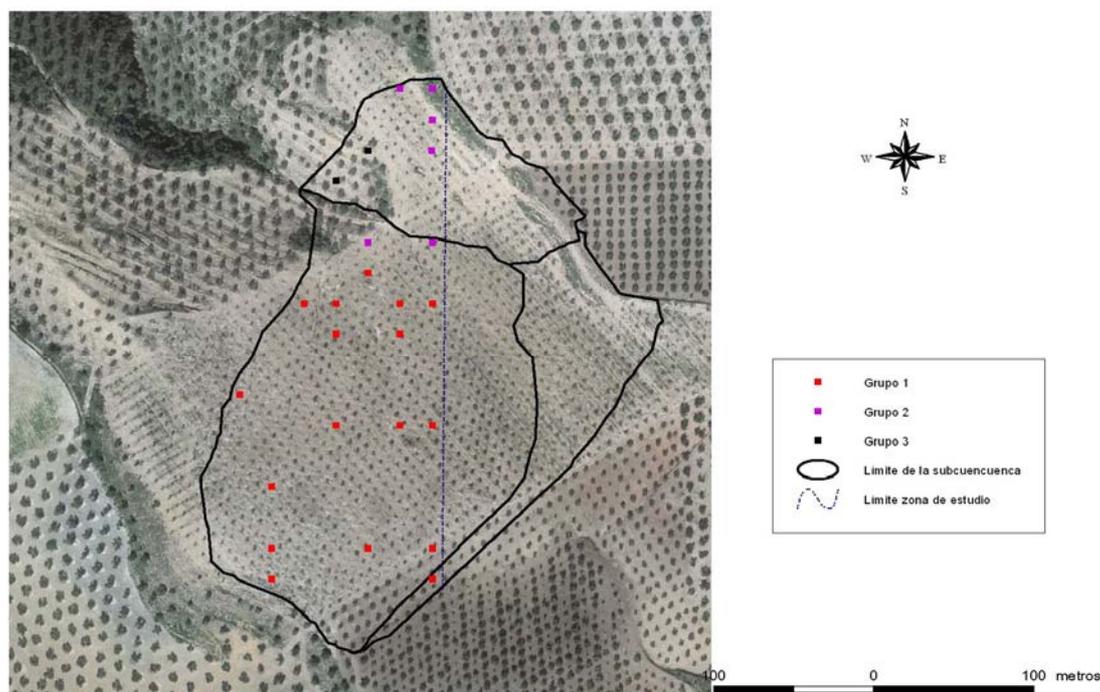
	Eje 1	Eje 2	Eje 3
<i>LSF</i>	0,495	<b>0,706</b>	-0,313
<i>w T</i>	-0,256	0,276	<b>-0,762</b>
<i>A (ha)</i>	0,150	<b>0,713</b>	-0,513
$\omega$	-0,261	<b>-0,658</b>	0,451
$\varphi$	0,312	<b>0,642</b>	-0,452
$\Psi(^{\circ})$	<b>0,792</b>	-0,211	0,006
$\beta (^{\circ})$	0,564	0,340	0,464
<i>H (m)</i>	<b>-0,730</b>	0,044	0,278
<i>Ksat0</i>	<b>-0,721</b>	0,166	0,242
<i>Ksat10</i>	<b>0,886</b>	0,083	0,258
<i>Dap0</i>	<b>0,943</b>	-0,116	0,104
<i>Dap10</i>	<b>0,738</b>	0,243	0,043
<i>CC0</i>	0,059	<b>0,814</b>	0,164
<i>CC10</i>	-0,168	<b>0,796</b>	0,434
<i>PMP0</i>	-0,226	<b>0,807</b>	0,436
<i>PMP10</i>	-0,489	0,568	0,480
% Carbonatos	<b>-0,716</b>	0,186	-0,075
%MO	-0,354	0,211	0,280
%arena	-0,905	0,013	-0,191
%limo	0,844	0,078	0,240
%arcilla	0,915	-0,081	0,125

Así, el grupo 1, muestra puntos especialmente relacionados por la textura y el %  $CaCO_3$  donde las diferencias son mínimas. Sin embargo, resulta más heterogéneo desde el puntos de vista de las  $K_{sat}$  y la  $D_{ap}$ , donde el intervalo de valores en este grupo es amplio (por ejemplo en la  $K_{sat0}$  el mínimo del grupo es 2,0 cm/h y el máximo 12,0 cm/h; para  $K_{sat10}$ , el valor más pequeño es 4,8 y el mayor 18,0 cm/h; en el caso  $D_{ap0}$ , el máximo es 1,63 y el mínimo 1,49 g/cm<sup>3</sup> y para la  $D_{ap10}$ , 1,75 y 1,52 g/cm<sup>3</sup>). Resulta interesante como dentro de este grupo, los puntos que alcanzan las coordenadas más bajas sobre el primer eje principal, toman valores más altos respecto al segundo eje (segundo cuadrante), que identifican situaciones topográficas más favorables para la pérdida de suelo (mayores  $A$ ,  $LSF$  y  $\varphi$ ). En las Figuras 1.86 y 1.87, este grupo englobaría una gran zona de la ladera S donde tanto las condiciones de infiltración como la topografía muestran una variabilidad considerable pero que resultarían semejantes desde el punto de vista de la textura y el contenido de  $CaCO_3$ .

A medida que nos desplazamos por el primer eje, las condiciones de infiltración tienden a ser más reducidas, y aquí se incluyen los casos de los grupo 2 y 3, que identifica según las Figuras 1.86 y 1.88 los puntos de la ladera N y del arroyo, respectivamente. El grupo 2, que desde el punto de vista del relieve, no cuenta con condiciones topográficas especialmente complicadas si no se consideran los valores de pendiente y los perfiles convexos presenten en los puntos de pérdida de suelo, muestran valores de  $K_{sat0}$  que no superan 5,5 cm/h y valores de  $D_{ap0}$  por encima de 1,62 g/cm<sup>3</sup>. Finalmente, el grupo 3 engloba a los dos puntos pertenecientes al flujo en canal, donde se combinan además de valores de infiltración reducidas valores de  $A$  y  $LSF$  extremas y que por consiguiente, los diferencian del resto.

**Tabla 1.26.** Coordenadas de los puntos de erosión sobre los ejes principales y cosenos cuadrados de las proyecciones de los puntos sobre los ejes como prueba de la calidad de la representación.

Código	Coordenada Eje 1	Coordenada Eje 2	$\cos^2 \alpha$ (Eje 1)	$\cos^2 \alpha'$ (Eje 2)	Suma $\cos^2 \alpha$
217	-8,56	0,61	0,954	0,005	0,959
222	-6,93	-1,08	0,823	0,020	0,843
223	-7,67	-0,26	0,929	0,001	0,930
225	-6,55	0,42	0,891	0,004	0,895
228	-7,91	1,98	0,879	0,055	0,934
250	-9,31	5,10	0,672	0,201	0,873
267	-4,81	-0,45	0,759	0,007	0,766
268	-3,94	2,57	0,567	0,240	0,807
270	-5,80	0,99	0,680	0,020	0,700
282	-8,70	-0,02	0,584	0,000	0,584
307	-1,30	3,04	0,087	0,477	0,564
309	-2,31	-1,73	0,314	0,176	0,490
311	-0,94	-5,76	0,017	0,625	0,642
312	-2,55	-3,19	0,216	0,338	0,554
314	0,61	6,19	0,007	0,743	0,750
315	-2,86	1,15	0,349	0,056	0,405
330	-1,88	-1,44	0,283	0,167	0,450
333	5,27	-10,30	0,181	0,693	0,875
335	3,39	-2,65	0,510	0,312	0,821
358	12,41	13,62	0,420	0,506	0,926
374	20,04	4,34	0,909	0,043	0,952
376	11,49	-4,04	0,875	0,108	0,984
377	9,86	-3,59	0,860	0,114	0,973
397	8,54	-2,54	0,841	0,074	0,915
398	10,44	-2,96	0,844	0,068	0,912



**Figura 1.86.** Distribución de los grupos del AC en la microcuenca de Puente Genil

Como conclusión y teniendo en cuenta las características de la cuenca en relación a pendientes cuantiosas, el papel del microrrelieve en los caminos de flujo y las reducidas condiciones de

infiltración, se diferenciarían dos patrones de comportamiento distinto, según las zonas que ocupan los puntos de pérdida. El primero, mostraría como factores más limitantes las propiedades del suelo que relacionarían condiciones de infiltración más lentas y suelos más erodibles, mientras que en el segundo los condicionantes del microrrelieve en la concentración y aceleración del flujo serían los rasgos más influyentes en la caracterización de los puntos de erosión.



**Figura 1.87.** Zona de la ladera S que puede ser representativa del Grupo 1 (abril 2006)



**Figura 1.88.** Zona de la ladera N donde se situaban los puntos Grupo 2 (junio 2006)

### 3.4. Caracterización de los puntos de depósito en las microcuencas de estudio.

#### 3.4.1. Caracterización de los puntos de depósito en la microcuenca de Setenil.

##### 3.4.1.1. Estudio de la incidencia de los factores topográficos sobre los puntos de depósito en la microcuenca de Setenil.

En el caso de estudio de la cuenca de Setenil se han localizado 62 puntos con balance de suelo positivo. La Tabla 1.27 ofrece los valores de los estadísticos que se han comparado con los correspondientes a la zona de estudio (Tabla 1.10), junto con los histogramas (ANEJO 3 y Figuras 1.31-38)

**Tabla 1.27.** Estadísticos de los atributos topográficos de los puntos de depósito de la cuenca de Setenil.

	$LSF$	$w_T$	$A$ (ha)	$\omega$	$\varphi$	$\Psi(^{\circ})$	$\beta (^{\circ})$	$H$ (m)
M	2,85	7,25	0,09	-0,02	0,00	269,58	6,45	780,65
Dt	5,27	0,84	0,53	0,92	0,53	116,60	1,85	10,16
Min	0,00	6,49	0,00	-3,53	-2,90	1,41	2,41	761,30
Max	39,10	11,72	4,08	2,82	1,59	358,04	11,94	795,81
CV	1,85	0,12	5,85	-52,50	971,24	0,43	0,29	0,01
CA	5,88	3,66	7,37	-0,71	-1,92	-1,64	0,07	-0,71
CK	38,45	15,82	55,99	6,81	16,06	1,09	0,03	-0,97

El  $LSF$  presenta en la zona de estudio y los puntos de depósito una distribución parecida. La diferencia de los valores medios está relacionada con puntos de depósito asociados al canal (aproximadamente un 6 %) que parece que constituye el área de depósito de ambas laderas (Figura 1.32) y a la escasez de puntos en la zona N, con valores bajos de  $A$  y  $LSF$ . Por otra parte, existe una alta concentración de puntos en la ladera S y distribuidos por toda la cuenca que se sitúan sobre zonas con mayor o menor  $LSF$ , por lo que sería necesario examinar su relación con otras variables. Para el  $w_T$ , los puntos asociados a flujo en canal elevan el valor de la media, pero las distribuciones resultan similares (Figura 1.33).



**Figura 1.89.** Muestra de depósitos de sedimentos en el canal mostrando la ladera N (mayo 2006).



**Figura 1.90.** Muestra de depósitos de sedimentos en el canal mostrando la ladera S (mayo 2006).

La  $\omega$  plasma diferencias mínimas porque la mayoría de la superficie de la cuenca a excepción del arroyo toma valores de muy bajo valor absoluto (aproximadamente planos). En relación al signo, un 48,4 % de los puntos de depósito se distribuye en un 44,8 % de la superficie del área de estudio que presenta  $\omega$  cóncavas (Figura 1.34).

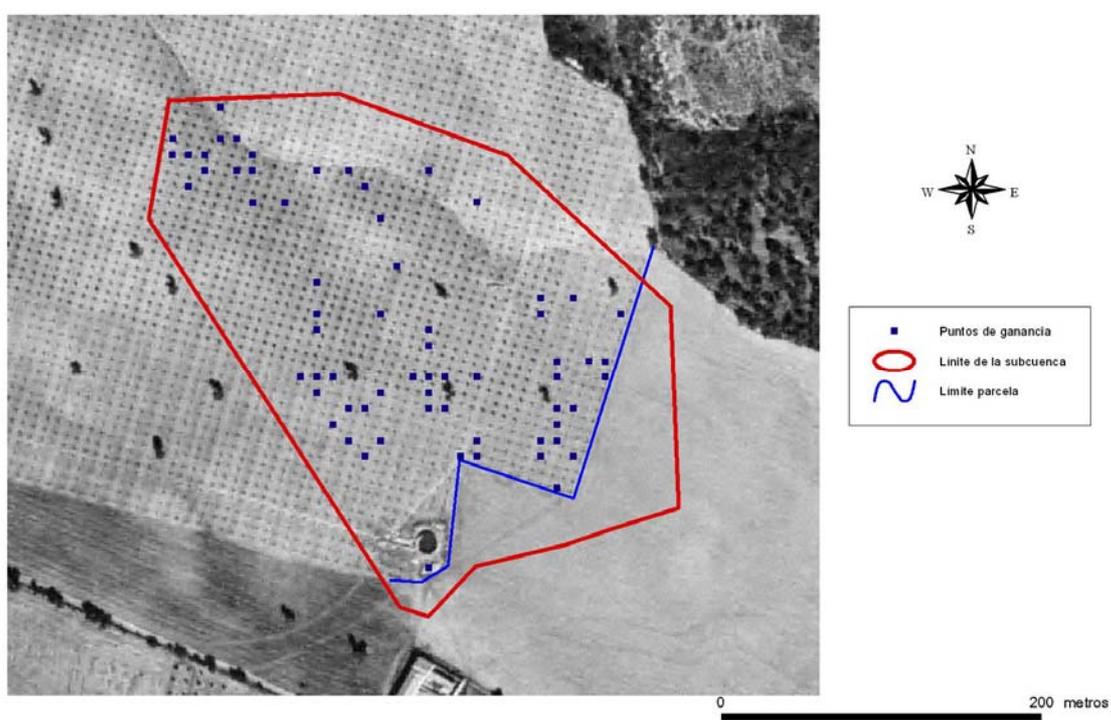
La mayoría de los valores de  $\varphi$  en la zona de estudio toman también valores absolutos muy bajos, así el 66 % de la superficie de estudio está comprendida entre -0,2 y 0,2 (Figura 1.35). En este caso la incidencia del signo es más notable, ya que el 53,2 % de los puntos de depósito se hallan en áreas cóncavas que en la zona de estudio tan sólo supone el 46,3 %.

En el caso de  $\beta$ ,  $H$  y  $\Psi$ , el examen de los estadísticos y los histogramas no apuntan rasgos diferenciadores en los puntos de depósito que prácticamente se distribuyen por toda la cuenca, especialmente en la ladera S (Figuras 1.36-38).

Finalmente, en los puntos de ganancia se han observado tendencias de los puntos de depósito a ocupar en la zona de estudio  $LSF$  más altos y curvaturas negativas (con bajo valor absoluto). La ausencia de puntos de depósito en la ladera N, caracterizada por sus valores más bajos de  $A$  y  $LSF$ , podría explicar una redistribución de sedimentos mínima en esta zona y el papel del canal como principal receptor de sedimentos.

### 3.4.1.2. Estudio de la incidencia de algunas propiedades del suelo sobre los puntos de depósito en la microcuenca de Setenil.

Del análisis de las propiedades del suelo se ha extraído lo siguiente: de la textura (Tablas 1.28 y 1.10), únicamente el histograma de la fracción de limo en los puntos de depósito está desplazado a la izquierda en relación al de la zona de estudio, tal y como reflejan las medias (8,3 % frente a 9,0%). Estas diferencias están relacionadas con que en la ladera N que es la que mayor contenido de limos presenta, el número de puntos de ganancia no supera el 17 % del total (Figura 1.40).



**Figura 1.91.** Ortofotografía de la subcuenca con los puntos de depósito, mostrando las áreas blanquecinas donde los elementos gruesos de carbonato cálcico son abundantes.

Al igual que ocurre con el factor  $LSF$ , la escasez o ausencia de depósito en la ladera N caracterizada por los valores más altos de  $\%limo$ ,  $\%CaCO_3$  y  $\%M.O.$ , queda reflejada en valores medios menores e histogramas desplazados a la derecha. De todas maneras, los puntos de

depósito aparecen distribuidos por las áreas donde los elementos gruesos cálcicos no son abundantes (Figura 1.43 y áreas más blanquecinas en la ortofoto de la Figura 1.91), quizás por generar sedimentos finos y ligero fácilmente transportable o por producirse reacciones químicas entre los sedimentos difícilmente medibles para los niveles de detección. Las Figuras 1.92 y 1.93 ofrecen una imagen del contraste de la ladera N y la ladera S tomadas en la misma fecha, justificando las diferencias en %M.O. y %CaCO<sub>3</sub>.

**Tabla 1.28.** Estadísticas de los atributos edafológicos de los puntos de depósito en la microcuenca de Setenil

	% Arcilla	% Limo	% Arena	% M.O.	% Carbonatos
M	14,2	8,3	77,5	0,83	7,57
Dt	1,4	1,4	2,0	0,13	3,30
Min	8,2	6,3	72,3	0,49	3,32
Max	16,4	11,4	85,5	1,28	19,02
CV	0,1	0,2	0,0	0,15	0,44
CS	-1,9	0,9	0,7	0,49	1,11
CK	5,2	-0,2	4,2	2,59	1,32



**Figura 1.92.** Ladera N mostrando elementos gruesos y cubierta vegetal, en el mes de mayo de 2006 poco antes del tratamiento fitosanitario de primavera.



**Figura 1.93.** Ladera S con el suelos desnudo, en el mes de mayo de 2006 poco antes del tratamiento fitosanitario de primavera.

**Tabla 1.29.** Estadísticas de algunas propiedades físicas del suelo relacionadas con la infiltración y el manejo de los puntos de depósito en la microcuenca de Setenil.

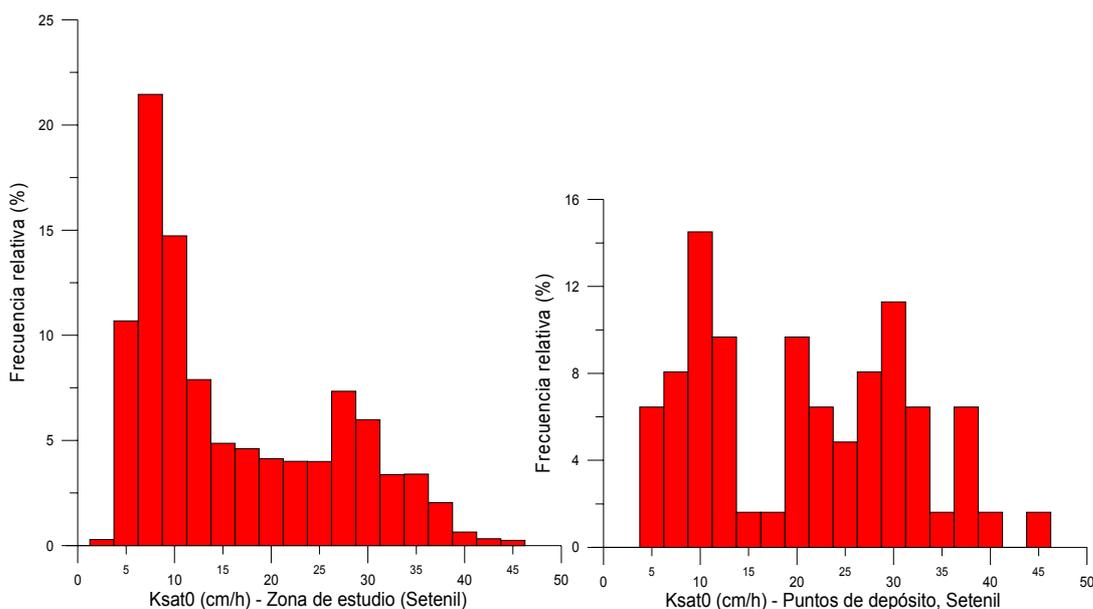
	$K_{sat0}$ (cm/h)	$K_{sat10}$ (cm/h)	$D_{ap0}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$D_{ap10}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$CC_0$	$CC_{10}$	$PMP_0$	$PMP_{10}$
M	19,66	13,25	1,66	1,70	0,15	0,14	0,07	0,07
Dt	10,73	5,32	0,07	0,08	0,01	0,01	0,01	0,01
Min	3,33	4,67	1,49	1,54	0,13	0,12	0,06	0,06
Max	42,90	35,68	1,86	1,87	0,18	0,19	0,09	0,09
CV	0,55	0,40	0,04	0,05	0,07	0,07	0,11	0,10
CS	0,18	1,95	0,32	0,23	-0,02	1,82	0,44	0,01
CK	-1,13	5,53	0,33	-0,78	-0,32	5,35	-0,29	-0,21

Por otro lado, de las propiedades relacionadas con el manejo y la infiltración (Tablas 1.29 y 1.11), la  $K_{sat0}$  muestra notables diferencias, no sólo por un valor medio superior en el caso de los puntos de depósito de suelo sino también por la distribución donde los intervalos más altos de conductividad concentran los mayores porcentajes. Así, el 31,8 % de la superficie de la zona de estudio presenta  $K_{sat0}$  superiores a la media de los puntos de depósito, 19,7 cm/h, y en ella están situados el 50,0% de los mismos (Figuras 1.94a y 1.94b y 1.44). En el caso del siguiente horizonte, se mantiene la tendencia y el histograma de los puntos de ganancia se halla desplazado a la derecha tal y como indican las medias.

En relación a la  $CC$  y a los  $PMP$  permanente las variaciones en la zona de estudio son mínimas, según los condicionantes de la textura (Figura 1.48-1.51).

En la  $D_{ap0}$  se observa un ligero desplazamiento del histograma de los puntos de ganancia a la izquierda, pero que no es significativo. En el caso del segundo horizonte sí que en los puntos de depósito la  $D_{ap10}$  es menor respecto a la zona de estudio, lo que puede ser indicativo de mayor presencia de arenas y una menor compactación.

En resumen, los puntos de depósito se localizan en áreas caracterizadas fundamentalmente por las mayores tasas de infiltración, seguramente el lavado y la disminución de elementos gruesos cálcicos superficiales justifican las menores tasas de  $\%M.O.$



**Figura 1.94a.** Histograma de  $K_{sat0}$  en la zona de estudio de la microcuenca de Setenil

**Figura 1.94b.** Histograma de  $K_{sat0}$  correspondiente a los puntos de depósito localizado en la microcuenca de Setenil

### 3.4.1.3. Estudio de la incidencia combinada de variables topográficas y del suelo en la distribución de los puntos de depósito en la microcuenca de Setenil.

El examen de los atributos topográficos y propiedades del suelo de los puntos de depósito ha puesto de manifiesto la incidencia de la  $K_{sat}$  en la caracterización de los puntos de depósito, que además de estar relacionada con condiciones intrínsecas del suelo como la textura, está determinada por el manejo que se ha llevado en la cuenca durante años. Además, factores topográficos como el  $LSF$  y la  $\phi$  parecen contribuir en estas zonas.

A continuación, se examinan los resultados del ACP para caracterizar los distintos grupos de individuos (puntos de depósito) con rasgos semejantes desde el punto de vista de las variables de estudio. Así, la Tabla 1.30. muestra los valores de la varianza que cada eje principal supone, tanto en valor absoluto como en porcentaje.

El plano principal (primer y segundo eje) supone un 45 % de la variabilidad del sistema. Si se considerara el tercer eje se alcanzaría hasta 60 %, sin embargo, este sólo muestra buena correlación con  $w_T$  (Tabla 1.31), que a su vez está correlacionado con el  $LSF$  que contribuye notablemente a la formación del primer eje. Por consiguiente, ampliar el número de ejes no mejora significativamente la caracterización de los individuos.

La Tabla 1.31 muestra en negrita los pesos por encima del 0,6, de manera que el primer eje principal responde a las variables topográficas  $LSF$  y  $H$  y a la variación del %arcilla y los  $PMP$  en ambos horizontes. El segundo eje, sin embargo representa variables de suelo y manejo como la fracción de limo y de arena, la  $CC_0$  y la  $K_{sat0}$ .

**Tabla 1.30.** Varianza del ACP de los atributos de los puntos de depósito de la microcuenca de Setenil.

	$\sigma^2$	$\sigma^2$ (%)	$\sigma^2$ (% acum.)
Eje 1	4,970	0,237	0,237
Eje 2	4,560	0,217	0,454
Eje 3	2,950	0,141	0,595
Eje 4	2,150	0,103	0,698
Eje 5	1,460	0,070	0,767
Eje 6	1,040	0,050	0,817
Eje 7	0,870	0,042	0,859
Eje 8	0,750	0,036	0,895
Eje 9	0,580	0,028	0,923
Eje 10	0,510	0,024	0,947
Eje 11	0,310	0,015	0,962
Eje 12	0,270	0,013	0,975
Eje 13	0,160	0,008	0,983
Eje 14	0,110	0,006	0,988
Eje 15	0,090	0,005	0,993
Eje 16	0,050	0,003	0,996
Eje 17	0,040	0,002	0,998
Eje 18	0,020	0,001	0,999
Eje 19	0,010	0,000	1,000
Eje 20	0,000	0,000	1,000
Eje 21	0,000	0,000	1,000

**Tabla 1.31.** Peso de las variables del ACP de los puntos de depósito de la microcuenca de Setenil.

	Eje 1	Eje 2	Eje 3
$A$ (ha)	0,602	0,082	-0,527
$\Omega$	-0,556	0,035	0,514
$\Phi$	0,203	-0,116	-0,212
$\Psi$ (°)	-0,128	-0,319	-0,398
$\beta$ (°)	0,491	-0,242	0,437
$LSF$	<b>0,702</b>	0,075	-0,511
$w T$	0,466	0,223	<b>-0,786</b>
$H$ (m)	<b>-0,816</b>	-0,149	-0,481
$K_{sat_0}$	-0,285	<b>0,830</b>	-0,055
$K_{sat_{10}}$	-0,271	0,495	-0,260
$Dap_0$	0,355	0,041	-0,225
$Dap_{10}$	0,174	-0,051	-0,516
$CC_0$	-0,243	-0,237	-0,349
$CC_{10}$	0,039	<b>-0,697</b>	-0,286
$PMP_0$	<b>-0,738</b>	0,168	-0,061
$PMP_{10}$	<b>-0,755</b>	-0,195	-0,421
% Carbonatos	0,561	-0,583	0,173
%MO	-0,255	<b>-0,914</b>	-0,154
%arena	0,248	<b>0,858</b>	-0,018
%limo	0,393	<b>-0,820</b>	0,221
%arcilla	<b>-0,740</b>	-0,419	-0,192

Según el resultado en los pesos de la Tabla 1.31, en la Figura 1.95 el primer y cuarto cuadrante mostraría los individuos con valores más altos de  $LSF$  y menor  $H$  y donde el  $\%arcilla$  y  $PMP$  son reducidos. En relación al segundo eje principal, el primer y segundo cuadrante presentan los puntos de depósito donde el suelo es más arenoso y las  $K_{sat}$  son más altas, y donde el contenido en  $M.O.$  y en limo son mínimos.

Por otro lado, según los valores de los cuadrados de los cosenos directores de los puntos sobre los ejes principales, se han eliminado del análisis los aquéllos que se juzgan mal representados (por debajo de 0,2) y que se muestran en negrita en la Tabla 1.32.

Finalmente, en el AC (Figura 1.95 y 1.96), se consideraron inicialmente en la zona de estudio seis zonas distintas según criterios visuales y de cota. Sin embargo, observando los resultados para 3, 4, 5 y 6 grupos se han determinado seleccionar la correspondiente a 4, al constituir una solución estable. El aumento de grupos por encima de 4 significaba la aparición de individuos sueltos o grupos de dos que no suministran información útil para el análisis. De todas maneras, en este caso los grupos han resultado más heterogéneos y las diferencias podrían ser discutibles.

**Tabla 1.32.** Coordenadas de los puntos de erosión sobre los ejes principales y cosenos cuadrados de las proyecciones de los puntos sobre los ejes como prueba de la calidad de la representación.

Código	Coordenada Eje 1	Coordenada Eje 2	$\cos^2 \alpha$ (Eje 1)	$\cos^2 \alpha'$ (Eje 1)	Suma $\cos^2 \alpha$
1	-5,588	1,266	0,763	0,039	0,802
2	-5,163	3,184	0,514	0,195	0,709
3	-3,949	2,354	0,501	0,178	0,679
4	-6,050	2,791	0,630	0,134	0,764
5	-3,754	2,008	0,359	0,103	0,462
6	-3,201	1,182	0,283	0,039	0,322
7	-4,003	0,083	0,594	0,000	0,594
8	-4,384	-0,992	0,408	0,021	0,429
9	-3,672	0,589	0,521	0,013	0,534
10	-4,865	2,985	0,446	0,168	0,614
11	-4,300	2,801	0,438	0,186	0,623
12	-3,636	2,788	0,332	0,195	0,528
13	-2,303	2,826	0,134	0,202	0,336
14	-4,422	-1,254	0,421	0,034	0,455
15	-2,860	-1,318	0,280	0,060	0,340
16	-3,108	-0,421	0,341	0,006	0,348
17	-5,032	3,111	0,441	0,169	0,610
18	-4,920	3,670	0,403	0,224	0,627
19	-1,479	2,854	0,046	0,171	0,217
20	-1,668	2,463	0,063	0,137	0,200
21	-5,607	4,267	0,362	0,210	0,572
22	-4,047	0,411	0,388	0,004	0,392
23	-1,033	-2,682	0,029	0,198	0,227
24	0,054	-3,495	0,000	0,290	0,290
25	-0,708	-3,190	0,012	0,244	0,256
26	-1,200	-3,195	0,032	0,228	0,260
27	-5,948	5,001	0,305	0,215	0,520
28	-5,071	4,961	0,284	0,272	0,557
29	-2,000	0,825	0,081	0,014	<b>0,094</b>
30	-1,239	-0,423	0,030	0,003	<b>0,033</b>
31	-0,664	-0,110	0,009	0,000	<b>0,009</b>
32	4,211	0,185	0,156	0,000	<b>0,156</b>
33	-2,421	1,999	0,117	0,080	<b>0,197</b>
34	0,012	-0,258	0,000	0,002	<b>0,002</b>
35	0,012	-4,241	0,000	0,291	0,291
36	0,324	-4,845	0,002	0,349	0,350

Código	Coordenada Eje 1	Coordenada Eje 2	$\cos^2 \alpha$ (Eje 1)	$\cos^2 \alpha'$ (Eje 1)	Suma $\cos^2 \alpha$
37	-0,564	-2,690	0,007	0,155	<b>0,162</b>
38	1,668	-7,987	0,025	0,572	0,597
39	-1,484	-5,353	0,022	0,292	0,315
40	-0,653	-10,158	0,002	0,566	0,569
41	2,338	-11,583	0,029	0,703	0,731
42	1,344	-3,615	0,030	0,218	0,248
43	-0,963	-4,454	0,012	0,250	0,262
44	-0,594	-4,073	0,005	0,220	0,225
45	-1,657	-7,597	0,023	0,477	0,500
46	7,212	-2,052	0,453	0,037	0,490
47	6,902	0,150	0,424	0,000	0,424
48	3,281	3,697	0,130	0,165	0,295
49	2,176	-6,259	0,048	0,398	0,446
50	0,511	-7,603	0,002	0,442	0,444
51	4,537	-6,866	0,163	0,372	0,535
52	7,308	-6,849	0,332	0,292	0,624
53	13,846	1,323	0,654	0,006	0,660
54	5,902	2,745	0,330	0,071	0,401
55	3,386	5,787	0,098	0,287	0,385
56	4,071	6,566	0,096	0,249	0,345
57	3,925	6,229	0,121	0,306	0,427
58	4,481	6,761	0,145	0,330	0,476
59	20,358	2,565	0,647	0,010	0,657
60	2,153	6,813	0,026	0,256	0,281
61	4,319	7,410	0,090	0,266	0,357
62	9,880	8,913	0,360	0,293	0,653

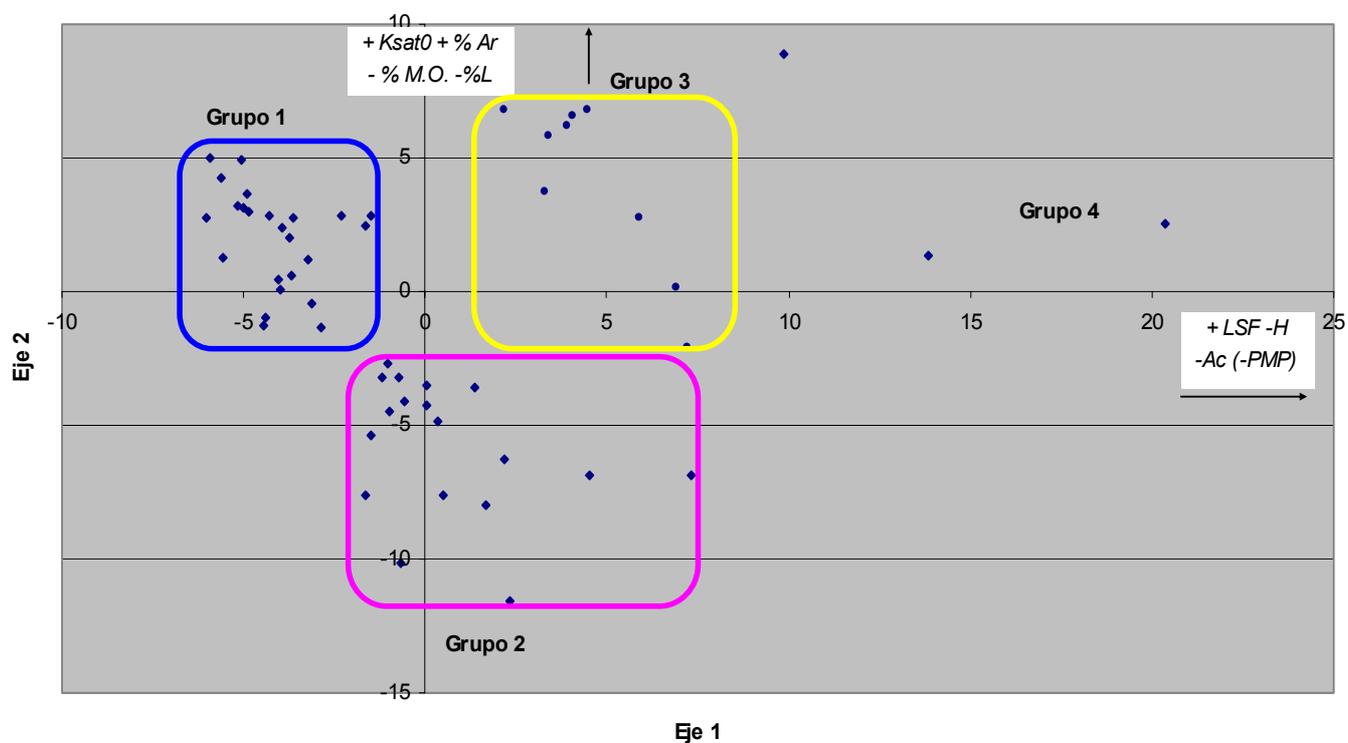


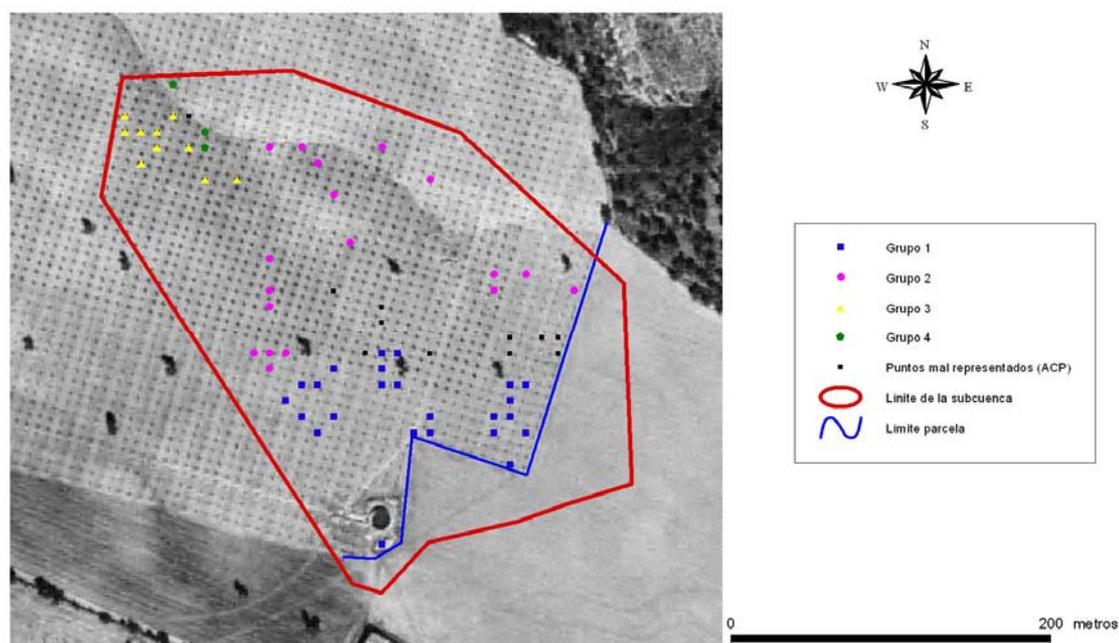
Figura 1.95. Plano principal mostrando las variables correlacionadas con cada eje y los grupos formados desde el AC.

Así, el grupo 1 correspondería a puntos con  $LSF$  bajos, situados en cabecera o en cotas altas, donde la  $K_{sat0}$  es alta y el lavado y la aireación han reducido el contenido de  $M.O.$  En relación a la textura, se trata de un área donde el %arcilla y %arena es mayor, en detrimento de los limos. En la Figura 1.96, este grupo se sitúa en la ladera S, próximo a cabecera, en el área donde las labores tienen el mayor impacto debido a la ausencia de elementos gruesos que dificultan la eficiencia de las mismas.

En el grupo 2, la  $K_{sat0}$  se ha reducido, sin embargo el  $LSF$  se ha incrementado junto con el contenido de  $M.O.$  y las fracciones de arcilla y limo. En este caso el papel del  $LSF$  y la mejora de la estructura pueden sustituir el papel de la conductividad como responsable del depósito. Este grupo se distribuye por toda la cuenca entre las curvas de nivel de 770 y 785 m.

Los Grupos 3 y 4, son zonas donde coinciden especialmente los valores más elevados de  $LSF$  (zonas más bajas de la subcuenca) y  $K_{sat0}$ . Se trata de los enclaves más arenosos y con menor contenido de arcilla y limo (Figura 1.96). Este grupo es el que presenta las características más evidentes para que se produzca el depósito, especialmente porque algunos de ellos forman parte del arroyo.

Como análisis general, en el depósito, por encima de los factores topográficos la  $K_{sat0}$  tiene un papel primordial ya que los puntos de recepción tienen una alta densidad en estas áreas (grupos 1, 3 y 4). A medida que las condiciones de infiltración empeoran, la acumulación de flujo a lo largo de la ladera expresado como  $LSF$  cobra protagonismo, y los sedimentos pueden arrastrarse hasta zonas donde se reduce la aceleración (perfiles cóncavos) o simplemente hasta el arroyo donde gran parte de los sedimentos se acumulan.



**Figura 1.96.** Subcuenca de Setenil mostrando los grupos que el AC ha discriminado dentro de los puntos de ganacia.

#### 4. CONCLUSIONES

La microcuenca constituye una unidad ambiental ideal para analizar los problemas de pérdida de suelo por su extensión y por el número de fenómenos naturales que intervienen en la circulación de agua y sedimentos que es mayor y más complejo que en las parcelas de ladera.

1. Se han caracterizado algunos atributos topográficos, edafológicos y físicos del suelo ( $A$ ,  $LSF$ ,  $w_T$ ,  $\beta$ ,  $\omega$ ,  $\varphi$ ,  $\Psi$ ,  $H$ , %arena, % limo, % arcilla, %  $M.O.$ , %  $CaCO_3$ ,  $K_{sat0}$ ,  $K_{sat10}$ ,  $D_{ap0}$ ,  $D_{ap10}$ ,  $CC_0$ ,  $CC_{10}$ ,  $PMP_0$  y  $PMP_{10}$ ) en las cuencas de estudio, realizándose un análisis exploratorio de los atributos de las cuencas examinando sus estadísticos, los histogramas y la distribución espacial de los mismos, de manera que se extraigan las diferencias y analogías más representativas que han de tenerse en cuenta cuando se comparen.

- La microcuenca de Setenil (Cádiz) con mínimo laboreo se halla en una zona con altitudes próximas a los 800 m. Desde el punto de vista de la  $\beta$ , se caracterizan tres zonas: una cabecera donde la  $\beta$  es reducida (entre 0 y 5%) y dos laderas (una con situación más al N y la otra en posición S) en la que la  $\beta$  aumenta hasta alrededor de un 15 %. Las curvaturas locales (plana y del perfil,  $\omega$ ,  $\varphi$ ) resultan relativamente planas, aunque predominan los perfiles cóncavos. La combinación de áreas de desagüe más elevadas y mayores  $\beta$  provocan que los valores del  $LSF$  sean más elevados en las zonas de las laderas próximas al arroyo, lo cual puede poner en evidencia las áreas más susceptibles a la erosión desde el punto de vista de la topografía.

Por otra parte, el suelo en la cuenca es francoarenoso con variaciones en la textura poco acusadas. Sin embargo, se discriminan distintas zonas que se simplificarían en dos: la primera, relacionada con la ladera N, caracterizada por enclaves donde son más abundantes la fracción limo, el % de  $M.O.$  y especialmente el %  $CaCO_3$  que aparece en la superficie en pequeños bloques que actúan a modo de cobertura, disminuyendo la eficiencia de las labores y permitiendo el desarrollo de elementos vegetales. En la otra zona, ladera S, el porcentaje de arenas es más alto y el suelo se halla desnudo durante toda la campaña. Por otra parte, de acuerdo al manejo, es en esta área donde los valores de  $K_{sat}$  son más altos, seguramente por la facilidad de la labor en ella, mientras que en la ladera S las condiciones de infiltración en relación a la  $K_{sat0}$  y a la  $D_{ap0}$ , son más desfavorables.

Finalmente, los valores medios de  $K_{sat}$  resultan elevados (en torno a 16 cm/h en el primer horizonte y a 11 cm/h en el segundo) aunque sus diferencias en la cuenca ponen de manifiesto el distinto grado de incidencia de un mismo manejo del suelo. Por otra parte, hay que señalar también el gradiente negativo de la  $K_{sat}$  a medida que aumenta con la profundidad, típico de suelos labrados

- La microcuenca de Puente Genil con un manejo de no laboreo con cubierta se sitúa entre los 212 y los 262 m de altitud, con valores de  $\beta$  elevados (entre el 10 y el 20 %), que sólo se suavizan en algunas zonas en el centro y en los bordes de la cuenca. También, los valores por encima del 20 % se encuentran en las proximidades del arroyo, que coincide con un pequeño área de terrazas y en algunos núcleos puntuales de las laderas. Además, la incidencia de la  $\beta$  provoca sobre el factor  $LSF$  valores muy altos en distintos enclaves distribuidos por todas las zonas de la cuenca. En este caso, el microrrelieve tiene un papel importante en la circulación del flujo en la ladera dirigido por medialunas a los pies de los olivos que provocan cambios de  $\beta$  negativos para recibir las aguas y sedimentos de ladera arriba. Las curvaturas locales (plana y del perfil,  $\omega$ ,  $\varphi$ ) aunque experimentan una alta variabilidad muestran un reparto equitativo entre área cóncavas y convexas.

Por otra parte, el suelo -en la categoría de franco-arenoso, poco profundo y con unos valores de  $M.O.$  altos para un suelo agrícola- muestra, desde el punto de vista de la textura, pocas variaciones a excepción de ladera N donde se incrementan notablemente las arcillas y limos respecto al resto de la cuenca. Existe también una reducción acusada de  $M.O.$  en el área E, mientras que hay que señalar la elevada concentración de  $CaCO_3$  en la ladera S relacionada con la abundancia de afloramientos superficiales de roca madre caliza. En relación a la infiltración,

los valores de  $K_{sat}$  resultan reducidos (7 cm/h en el primer horizonte y 9 cm/h en el siguiente) de acuerdo en unas condiciones de manejo en la que no hay labranza y la acción de la lluvia y la maquinaria tienden a sellar los huecos superficiales del suelo. Los valores mínimos de  $K_{sat0}$  y máximos de  $K_{sat10}$  se alcanzan en la ladera N, más compactada (densidades aparentes mayores) que constituye un lugar de paso entre fincas. En este caso, globalmente  $K_{sat10}$  es superior a  $K_{sat0}$  tal y como han recogido otros autores para suelos en no laboreo.

- Así, desde el punto de vista topográfico, las elevadas  $\beta$  que caracterizan la microcuenca de Puente Genil, a las que se le asocian  $LSF$  elevados, le confieren una mayor susceptibilidad a la erosión en relación a al transporte de sedimentos de cuenca. Sin embargo, el papel del microrrelieve (medialunas) en la circulación de flujo y la redistribución de sedimentos (además de las cubiertas) plantean que esta tendencia sea discutible.

Por otro lado, Puente Genil, desde el punto de vista del suelo, dado su contenido en limo, muestra valores de erodibilidad mayores que Setenil. Queda pendiente, en el análisis de los datos de precipitación-escorrentía-sedimentos, analizar el papel del manejo en relación a la infiltración y las cubiertas, combinando además las características de la lluvia en cada zona que pueden poner de manifiesto ventajas en la conservación de suelo en la cuenca de Puente Genil.

2. Por otra parte, el estudio de pérdida de suelo a escala de pequeña cuenca mediante técnicas descriptivas del relieve como el GPS, ha permitido definir sobre ellas unas mallas de puntos de control del nivel de cota, donde se han localizado puntos de erosión y puntos de depósito. De ellos, se han identificado los atributos, comparando sus estadísticos, histogramas y distribución espacial con los correspondientes a la zona de estudio, así como las incidencias de las variables. Finalmente, tras el examen de los rasgos globales de los puntos de erosión y depósito se han aplicado las metodologías del Análisis de Componentes Principales y el Análisis Cluster para el examen de diferentes patrones de comportamiento.

- En la cuenca de Setenil, los puntos de erosión se sitúan en áreas caracterizadas por  $A$ ,  $LSF$  y  $\beta$  altos en relación a los valores de la zona de estudio. Las  $\omega$  y  $\varphi$  de las zonas donde se distribuyen los puntos de erosión, en general presentan bajo valor absoluto (curvaturas relativamente planas). Por otro lado, tanto la  $K_{sat0}$  como la  $D_{ap}$  ponen de manifiesto una tendencia mayoritaria de los puntos de pérdida a distribuirse en zonas donde las condiciones de infiltración resultan más desfavorables. Estas áreas con un mayor contenido en limo, presentan valores más altos de  $M.O.$  y  $CaCO_3$  que en algunos casos están asociados a elementos gruesos superficiales.

Se pueden diferenciar a grandes rasgos dos patrones diferentes de variables relacionados con las pérdidas de suelo. El primero está caracterizado por buenas condiciones de infiltración ( $K_{sat0}$ ), donde los factores topográficos como  $A$  y  $\beta$ ,  $\omega$  y la ausencia de ningún tipo de protección del suelo son los principales agentes a los que se puede relacionar con la pérdida de suelo. El segundo representarían zonas con condiciones de infiltración reducida, con cierta protección por los elementos gruesos superficiales, donde actúan además factores topográficos  $A$  o  $\beta$  en distintos grados. De estos resultados, se deduce la importancia de las labores encaminadas al aumento de infiltración en el transporte de sedimentos en la cuenca, dado que una vez arrancado el sedimento (en ausencia de cubiertas) los condicionantes topográficos tienden a favorecer en el caso del olivar de sierra el transporte.

- En la cuenca de Puente Genil, donde los valores de  $\beta$  son tan acusados y el microrrelieve marca los caminos de flujo,  $\beta$ ,  $\varphi$  y  $\omega$  parecen ser las variables topográficas más influyentes a la hora de caracterizar los puntos de pérdida de suelo en la zona de estudio. Hay que señalar las limitaciones del muestreo que han permitido solamente examinar una parte de la cuenca, siendo la separación entre puntos de control demasiado amplia para profundizar en otras variables como el  $LSF$  y  $A$ .

Además, el análisis realizado pone de manifiesto la localización de puntos de pérdida de suelo en las zonas donde las condiciones de infiltración son más lentas debido tanto a condiciones

intrínsecas del suelo como puede ser la textura (mayores contenidos en limos y arcilla en detrimento de las arenas) como al manejo (menores  $K_{sat0}$  y  $D_{ap0}$ ).

Finalmente, según los resultados del ACP y AC sobre los atributos de los puntos de erosión, se han diferenciado dos tendencias. La primera, explica la pérdida de suelo desde el punto de vista de condiciones de infiltración reducidas, que se relacionan con mayores tasas de escorrentía y transporte de sedimentos. En la segunda, los condicionantes del microrrelieve en la dirección y aceleración del flujo serían los rasgos más influyentes en la caracterización de los puntos de erosión.

- Para terminar, en los puntos de depósito se han observado ligeras tendencias a ocupar en la zona de estudio  $LSF$  más altos y  $\varphi$  y  $\omega$ , negativas (con bajo valor absoluto), sin embargo, es sobresaliente la localización de los puntos depósito en áreas caracterizadas fundamentalmente por las mayores tasas de infiltración ( $K_{sat0}$ ). Estas áreas en la zona de estudio se caracterizan por la menor presencia de elementos gruesos calizos ( $\%CaCO_3$ ), texturas menos limosas, y menores tasas de  $\%M.O.$  Seguramente en ellas, tanto la labranza como las operaciones fitosanitarias se llevan a cabo con eficacia respecto a las áreas pedregosas de la cuenca.

En el caso del depósito la discriminación por grupos resulta algo ambigua si no se considera su proximidad. Como análisis general, en el depósito, por encima de los factores topográficos la  $K_{sat0}$  tiene un papel primordial ya que los puntos de recepción tienen una alta densidad en las zonas con los valores más altos. A medida que las condiciones de infiltración empeoran, la acumulación de flujo a lo largo de la ladera expresado como  $LSF$  cobra protagonismo, y los sedimentos pueden arrastrarse hasta zonas donde se reduce la aceleración (perfiles cóncavos), o simplemente hasta el arroyo donde gran parte de los sedimentos se acumulan.

3. Desde el punto de vista del modelado de los fenómenos de erosión, se ha observado la importancia de las variables topográficas (pendiente, longitud de ladera y curvaturas) y edafológicas (conductividad hídrica saturada) para describir la generación de escorrentía y el transporte de sedimentos en las microcuencas de estudio. Estos resultados deben considerarse, especialmente cuando la distribución de las variables en el espacio presentan una alta variabilidad. Por consiguiente, en la escala de trabajo, se justifica la utilización de modelos de elevación suficientemente detallados para la descripción de variables como la  $\beta$ , el  $LSF$ ,  $\varphi$  y  $\omega$ . Por otro lado, el relevante papel de la  $K_{sat}$  en los procesos de erosión y depósito implica la necesidad de un profundo análisis de la variabilidad espacial de este factor en la microcuenca. Además, sus relaciones con el manejo son el punto de partida a la hora de modelar los distintos efectos de las operaciones de cultivo en el suelo.

## 5. REFERENCIAS

- BEVEN, K. J. y KIRKBY, M. J., 1979. *A physically based, variable contributing area model of basin hydrology*, Hydrol. Sci. Bull., 24: 43–69.
- BRASINGTON, J., J. LANGHAM y B. RUMSBY, 2003. *Methodological sensitivity of morphometric estimates of coarse fluvial sediment transport*. Geomorphology, 53: 299-316.
- BURROUGH, P.A. y MCDONNELL, R.A., 1998. *Principles of Geographical Information Systems. Spatial Information Systems y Geostatistics*. Oxford University Press Inc., Nueva York.
- Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía, 2003. *El olivar andaluz*. Servicio de Publicaciones y Divulgación, Sevilla.
- C.S.I.C.–I.A.R.A.1989. *Mapa de suelos de Andalucía*. JUNTA DE ANDALUCÍA, Consejería de Agricultura y Pesca. Madrid.
- DOMÍNGUEZ F., 1997. *Topografía abreviada*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- CHENG, H., Y. WU, X. ZOU, H. SI, Y. ZHAO, D. LIU y X. YUE, 2006. *Study of ephemeral gully erosion in a small uply catchment on the Inner-Mongolian Plateau*. Soil Till. Res., “in press” [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- E.S.R.I, 2000. *ArcView GIS*. Environmental Systems Research Institute, Inc. Redland (Estados Unidos).
- DAVIS, J.C., 1972. *Statistics y Data Analysis in Geology*. J. Wiley, New York.
- FRANCIA, A., V. DURÁN y A. MARTÍNEZ, 2006. *Environmental impact from mountainous olive orchards under different soil-management systems (SE Spain)*. Sci. Total Environ. 358, 46-60
- GARCÍA, F., 1997. *Topografía abreviada*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid
- GÓMEZ, J.A., J.V. GIRÁLDEZ, M. PASTOR y E. FEDERES, 1999. *Effects of tillage method on soil physical properties, infiltration y yield in a olive orchard*. Soil Till. Res., 52: 167-175.
- GÓMEZ, J.A., F. ORGAZ, F.J. VILLALOBOS y E. FERERES, 2002. *Analysis of the effects of soil management on runoff generation in olive orchards using a physically based model*. Soil Use Manage., 18: 191-198.
- GÓMEZ, J.A., M. BATTANY, C. S. RENSCHLER y E. FERERES, 2003. *Evaluating the impact of soil management on soil loss in olive orchards*. Soil Use Manage. 19: 127-134.
- GÓMEZ, J.A., P. ROMERO, P. GIRÁLDEZ y E. FERERES, 2004. *Experimental assessment of runoff y soil erosion in an olive grove on a Vertic soil in southern Spain affected by soil management*. Soil Use Manage., 20: 426-431.
- HAIGH, M.J., 1977. *The use of erosion pins in the study of slope evolution*. Br. Geomorph. Res. Group Tec. Bull. 29: 31-32.
- HERNÁNDEZ, A.J., C. LACASTA y J. PASTOR, 2005. *Effects of different management practices on soil conservation y soil water in a rainfed olive orchard*. Agr. Water Manage., 77: 232-248.
- HIGGIT, D.L., J. WARBUTON, 1999. *Applications of differential GPS in uply fluvial geomorphology*. Geomorphology, 29: 121-134.
- KOSMAS, C., N. DANALATOS, L.H. CAMERAAT, M. CHABART, J. DIAMANTOPULUS, L. FARY, L. GUTIÉRREZ, L. JACOB, H. MARQUES, J. MARTÍNEZ-

- FERNÁNDEZ, A. MIZARA, N. MOUSTAKAS, J.M. NICOLAU, C. OLIVEROS, G. PINNA, R. PUDDU, J. PUIGDEFÁBREGAS, M. ROXO, A. SIMAO, G. STAMOU, N. TOMASI, D. USAI y A. VACCA, 1997. *The effects of ly use on runoff y soil erosion rates under Mediterranean conditions*. Catena, 29: 45-59.
- LAGUNA, A., 1989. *Tesis no publicada: Análisis cuantitativo de la erosión del suelo*. Universidad de Córdoba, Córdoba.
- MALINOWKI, E. R., 1991. *Factor analysis in Chemistry*, 2ª Ed. John Wiley , New York.
- MALET, J.P., S. HARTING, E. CALAIS y O. MAQUAIRE, 2000. *Apport du GPS au suivi en continu des mouvements de terrain. Application au glissement-coulée de Super-Sauze (Alpes de Haute Provence, France)*. Earth Planet. Sc. Lett., 331: 175-182.
- MALET, J.P., O. MAQUAIRE y E. CALAIS, 2002. *The use of global positioning system techniques for continuous monitoring of lanslides : application to the Super-Sauze earthflow (Alpes de Haute Provence, France)*. Geomorphology 43, 33-54
- MOORE, I.D. y G.J. BURCH, 1986. *Physical basis of the length-slope factor in the universal soil loss equation*. Soil Sci. Soc. Amer. J., 50: 1294-1298.
- MOORE, I.D., R.B. GRAYSON y A.R. LYSON, 1991. *Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological y biological applications*. Hydrol. Process., 5: 3-30.
- NELSON, D.W., y L.E. SOMMERS. *Total carbon, organic carbon, y organic matter*. In: Page, A.L.; Millerr, H.; Keeney, D.R. (Ed.). *Methods of soil analysis: chemical y microbiological properties, part 2*. 2<sup>nd</sup> ed. Madison: Soil Science Society of America, 1982. p.539-577. (Agronomy series, 9).
- NRCS-USDA. 2002. *Technical Guide to RUSLE*. Institute of Water Research. Michigan State University. <http://www.iwr.msu.edu/rusle/kfactor.htm>
- PASTOR, M., J. CASTRO, V. VEGA y M.D. HUMANES, 1997. *Sistema de manejos de suelo*. En: Barranco D., Fernández R.E., Rallo L., eds. *El cultivo del olivo*. Madrid, Spain: Mundi Prensa; 198-228.
- PHILIPPEAU, G., 1990. *STAT-ITCF: ¿Cómo interpretar los resultados de un análisis de componentes principales?* Services des Études Statistiques, Paris.
- PHILIP, J.R. 1993. *Approximate analysis of falling-head lined borehole permeameter*. Water Resour. Res. 29: 3763-3768.
- POLO, M.J., P. LAFUENTE y J.V. GIRÁLDEZ, 2003. *Variabilidad espacial de la conductividad hidráulica saturada en suelos de olivar y su influencia en el balance hidrológico global*. En: J Álvarez-Benedí y P. Marinero (Eds.) *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol. VI*. pp 209-213.
- REYNIERS, M., K. MAERTENS, E. VRINDTS y J. DE BAERDEMAEKER, 2005. *Yield variability related to lanscape properties of a loamy soil in central Belgium*. Soil Till. Res., “in press” [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- SARRE, R.D., 1984. *A subsurface baseplate technique for monitoring small-scale changes in surface levels*. Br. Geomorph. Res. Group Tec. Bull. 33, 27-32.
- Soil Conservation Service (1972). *Soil Survey laboratory methods y procedures for collecting soils samples*. Soil Survey Report, 1 U.S.D.A. Washington.
- STATHAM I. 1981. *Techniques for the measurement of surface water erosion processes on slopes*. Allen y Unwin. Londres.
- THEAKSTONE, W.H., F.M. JACOBSEM y N.T. KNUDSEN, 1999. *Changes of snow cover thickness measured by conventional mass balance methods y by global positioning system surveying*. Geogr. Ann., 81: 767-776.

- TIMM, N.H. 2002. *Applied Multivariate Analysis*. Springer-Verlag New York Inc., Secaucus NJ, USA.
- VAN WESEMAEL, J.CH., 1955. *De bepaling van het calciumcarbonaatgehalte van gronden*. Chem Week, 51: 35–36.
- WESEMAEL, B., X. RAMBAUD, J. POESEN, M. MULIGAN, E. CAMERAAT y A. STEVENS, 2006. *Spatial patterns of ly degradation y their impacts on the water balance of rainfed tree crops: A case study in South East Spain*. Geoderma, 133: 43-56.
- WILSON, J.P. y J.C. GALLANT, 2000. *Digital Terrain Analysis*. En: John P. Wilson y John C. Gallant eds. *Terrain Analysis: Principles y Applications*, New York: John Wiley y Sons, 1-27.
- WISCHMEIER, W.H. y SMITH, D.D., 1978. *Predicting rainfall erosion losses*. USDA. Agr. Res. Ser. Hybook, 537.
- WU, Y., y H. CHENG, 2005. *Monitoring of gully erosion on the Loess Plateau of China using a global positioning system*. 2005. Catena, 63:154-166
- ZEVEBERGEN, L.W., y THORNE, C.R., 1987. 'Quantitative Analysis of Ly Surface Topography', *Earth Surf. Proc. Ly.*, 12: 47-56.

## Capítulo 2:

Evaluación de la escorrentía y la pérdida de suelo en dos microcuencas de olivar sometidas a los manejos de mínimo laboreo y no laboreo con cubiertas.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.</b>	<b>107</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.</b>	<b>108</b>
<b>2. MATERIAL Y MÉTODOS.</b>	<b>112</b>
<b>2.1. Lugares de estudio: microcuencas de Setenil y Puente Genil.</b>	<b>112</b>
<b>2.2. Diseño y descripción del equipamiento par alas medidas de lluvia escorrentía y erosión.</b>	<b>115</b>
<i>2.2.1. Infraestructura para las medidas de caudal (escorrentía): aforador de profundidad crítica.</i>	115
2.2.1.1. Introducción.	115
2.2.1.2. Características específicas del aforador dispuesto a la salida de la cuenca de Setenil.	117
2.2.1.3. Características específicas del aforador dispuesto a la salida de la cuenca de Puente Genil.	122
<i>2.2.3. Equipamiento de medida lluvia-escorrentía-pérdida de suelo.</i>	128
2.2.3.1. Introducción.	128
2.2.3.2. Características específicas de los dispositivos de medida en Setenil.	131
2.2.3.2. Características específicas de los dispositivos de medida en Puente Genil	131
<b>3. RESULTADOS</b>	<b>133</b>
<b>3.1. Evaluación de las instalaciones para la medida de escorrentía y erosión en microcuencas de olivar.</b>	<b>133</b>
<i>3.1.1. Microcuenca de Setenil</i>	133
<i>3.1.2. Microcuenca de Puente Genil</i>	133
<b>3.2. Valoración de los datos de escorrentía y erosión obtenidos en las cuencas de estudio.</b>	<b>134</b>
<i>3.2.1. Microcuenca de Setenil</i>	135
3.2.1.1. Características de la lluvia.	135
3.2.1.2. Escorrentía y erosión de suelos.	137
<i>3.2.2. Microcuenca de Puente Genil</i>	141
3.2.2.1. Características de la lluvia.	141
3.2.1.2. Escorrentía y erosión de suelos.	143
<b>3.3. Discusión sobre los efectos en la escorrentía y erosión asociados al manejo en pequeñas cuencas.</b>	<b>147</b>

<b>4. CONCLUSIONES.</b>	<b>150</b>
<b>5. REFERENCIAS.</b>	<b>152</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1.</b> <i>Resumen general de las características del medio de las microcuencas de estudio.</i>	112
<b>Tabla 2.2.</b> <i>Resumen de las principales operaciones de manejo llevadas a cabo en las cuencas de estudio.</i>	114
<b>Tabla 2.3.</b> <i>Parámetros de cálculo de los caudales máximos a partir del método racional para distintos periodos de retorno.</i>	118
<b>Tabla 2.4.</b> <i>Valores máximos y mínimos de caudal y calado que se prevén medir con el aforador de Setenil.</i>	119
<b>Tabla 2.5.</b> <i>Criterios de diseño considerados para la elaboración del aforador de Setenil.</i>	121
<b>Tabla 2.6.</b> <i>Parámetros de diseño evaluados en el diseño del aforador de caudal de Setenil</i>	121
<b>Tabla 2.7.</b> <i>Cuantiles de precipitación de 24 h para distintos periodos de retorno y los valores de intensidad.</i>	122
<b>Tabla 2.8.</b> <i>Valores de intensidad calculada a partir de la ecuación 11 frente a los valores obtenidos para la familia de curvas</i>	123
<b>Tabla 2.9.</b> <i>Parámetros ajustados para la familia de curvas intensidad-duración-frecuencia de la ecuación 12, a partir de los valores de los cuantiles de precipitación.</i>	124
<b>Tabla 2.10.</b> <i>Valores de caudal máximo para diferentes T en la cuenca de Puente Genil según el método racional.</i>	124
<b>Tabla 2.11.</b> <i>Parámetros de diseño evaluados en el diseño del aforador de caudal de Puente Genil.</i>	126
<b>Tabla 2.12.</b> <i>Valores máximos y mínimos de caudal y calado que se prevén medir con el aforador de Puente Genil</i>	127
<b>Tabla 2.13.</b> <i>Comparativa de la cantidad de precipitación registrada en la cuenca de Setenil en los periodos abril-diciembre 2005 y enero-septiembre 2006 y la correspondiente al año medio según los datos de una estación del INM.</i>	133
<b>Tabla 2.14.</b> <i>Comparativa de los valores mensuales de lluvia del año medio y los medidos en la microcuenca de Setenil.</i>	133
<b>Tabla 2.15.</b> <i>Comparativa de la cantidad de precipitación registrada en la cuenca de Puente Genil en los periodos 10 abril-diciembre 2005 y enero-septiembre 2006 y la correspondiente al año medio según los datos de una estación agrometeorológica del IAS en Santaella.</i>	134
<b>Tabla 2.16.</b> <i>Comparativa de los valores mensuales de lluvia del año medio y los medidos en la microcuenca de Puente Genil.</i>	134
<b>Tabla 2.17.</b> <i>Coefficientes de escorrentía y tasas de pérdida de suelo en olivar para distintos manejos obtenidos por otros autores.</i>	135
<b>Tabla 2.18.</b> <i>Datos sobre los eventos de lluvia, escorrentía y erosión registrados en la cuenca de Setenil.</i>	135
<b>Tabla 2.19.a.</b> <i>Eventos de escorrentía y erosión registrados desde abril 2005- septiembre 2006 en la microcuenca de Setenil.</i>	137
<b>Tabla 2.19.b.</b> <i>Eventos de escorrentía y erosión registrados desde abril 2005- septiembre 2006 en la microcuenca de Setenil.</i>	138
<b>Tabla 2.20.</b> <i>Datos sobre los eventos de lluvia, escorrentía y erosión registrados en la cuenca de Puente Genil.</i>	141
<b>Tabla 2.21.a.</b> <i>Eventos de escorrentía y erosión registrados desde 10 abril 2005- septiembre 2006 en la microcuenca de Puente Genil.</i>	143
<b>Tabla 21.b.</b> <i>Eventos de escorrentía y erosión registrados desde 10 abril 2005- septiembre 2006 en la microcuenca de Puente Genil.</i>	144
<b>Tabla 2.22.</b> <i>Histogramas de frecuencia acumulada de la precipitación, <math>I_{10}</math> e <math>I_{30}</math> de los eventos que produjeron escorrentía en las cuencas de Setenil y Puente Genil.</i>	148

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Localización de las cuencas de estudio en Andalucía, con el límite de las provincias y las isoyetas de precipitación media anual (mm).	113
<b>Figura 2.2.</b> Esquema del perfil longitudinal del aforador con indicación de los parámetros hidráulicos.	116
<b>Figura 2.3.</b> Croquis en planta del levantamiento topográfico llevado a cabo en el canal en Setenil.	118
<b>Figura 2.4.</b> Vista de la sección del arroyo en Setenil.	119
<b>Figura 2.5.</b> Base del levantamiento topográfico en Setenil.	119
<b>Figura 2.6.</b> Croquis, planta, alzado y perfil del canal y el aforador de caudal previsto en Setenil	120
<b>Figura 2.7.</b> Curvas de gasto ( $h_1-Q$ y $h_{1+p_1}-Q$ ) para el aforador según las expresiones de cálculo y la hipótesis de flujo uniforme por Manning en Setenil.	120
<b>Figura 2.8.</b> Excavación inicial llevada a cabo en el cauce en Setenil	121
<b>Figura 2.9.</b> Hormigonado inicial según secciones maestras del diseño en Setenil.	121
<b>Figura 2.10.</b> Establecimiento del desnivel y las cotas finales previstas en el diseño (Setenil).	122
<b>Figura 2.11.</b> Resultado final del aforador con un soporte para el establecimiento de sensores y una plataforma (izquierda) para la colocación de una caseta.(Setenil)	122
<b>Figura 2.12.</b> Croquis del levantamiento topográfico en planta en Puente Genil.	125
<b>Figura 2.13.</b> Base del levantamiento topográfico (Puente Genil)	125
<b>Figura 2.14.</b> Estaca y vista de la sección del cauce (Puente Genil)	125
<b>Figura 2.15.</b> Esquema del aforador de chapa para la cuenca de salida de la cuenca de Puente Genil.	126
<b>Figura 2.16.</b> Curva de gasto prevista para un aforador de sección crítica y umbrales de caudal para la microcuenca de Puente Genil.	127
<b>Figura 2.17.</b> Apertura del canal sobre el cauce natural (Puente Genil)	127
<b>Figura 2.18.</b> Establecimiento de las secciones maestras y las cotas (Puente Genil).	127
<b>Figura 2.19.</b> Grúa situando el aforador en la solera (Puente Genil).	128
<b>Figura 2.20.</b> Imagen final de aforador, caseta y soporte para el medidor de nivel (Puente Genil).	128
<b>Figura 2.21.</b> Esquema general de las conexiones de los sensores.	129
<b>Figura 2.22.</b> Vista general del aforador, la caseta y la estructura del sensor de nivel en Setenil.	130
<b>Figura 2.23.</b> Tomamuestras de agua y sedimentos en la caseta.	130
<b>Figura 2.24.</b> Datalogger descargando datos al ordenador.	130
<b>Figura 2.25.</b> Sensor de ultrasonidos en la estructura-soporte.	130
<b>Figura 2.26.</b> Instrumentalización de la salida de la cuenca de Setenil, con el canal y el aforador colmatado por un evento con fecha de 10 octubre de 2005	
<b>Figura 2.26.</b> Instrumentalización de la salida de la cuenca de Puente Genil, con el canal y el aforador colmatado por las lluvias del 10 al 12 de octubre de 2005.	131
<b>Figura 2.27.</b> Instrumentalización de la salida de la microcuenca de Setenil.	131
<b>Figura 2.28.</b> Estado del canal colmatado hasta la salida tras las lluvias ocurridas en Setenil en marzo de 2006 (21 de marzo)	134
<b>Figura 2.29.</b> Retroexcavadora retirando sedimentos a la salida del canal tras las lluvias ocurridas en Setenil en marzo de 2006 (21 de marzo)	134

- Figura 2.30.** *Precipitación diaria (mm) en el período de estudio, recopilada en la microcuenca de Setenil.* 136
- Figura 2.31.** *Distribución de la  $I_{10}$  (mm/h) de los episodios de lluvia diarios en el período de estudio en Setenil.* 136
- Figura 2.32.** *Hietograma de precipitación de 30 minutos e hidrograma de escorrentía con valores de concentración de agua-sedimento del 27-28 de enero en Setenil.* 139
- Figura 2.33.** *Hietograma de precipitación de 30 minutos e hidrograma de escorrentía con valores de concentración de agua-sedimento del 3-4 de mayo en Setenil.* 140
- Figura 2.34.** *Precipitación diaria (mm) en el período de estudio, recopilada en la microcuenca de Puente Genil.* 142
- Figura 2.35.** *Distribución de la  $I_{10}$  (mm/h) de los episodios de lluvia diarios en el período de estudio en Puente Genil.* 142
- Figura 2.36.** *Canal y aforador colmatados por los sedimentos que arrastró la avenida del día 10 de octubre de 2005 en Puente Genil.* 144
- Figura 2.37.** *Vista de la ladera, con restos de depósito y afloramientos de roca tras la avenida del 10 de octubre.* 144
- Figura 2.38.** *Hietograma de precipitación de 30 minutos e hidrograma de escorrentía con valores de concentración de agua-sedimento del 10 de octubre de 2005 en Puente Genil.* 145
- Figura 2.39.** *Hietograma de precipitación de 30 minutos e hidrograma de escorrentía con valores de concentración de agua-sedimento del 27-28 enero de 2006 en Puente Genil.* 146

## NOTACIÓN

$A$	es el área de la cuenca (Eq. ha)
$A_l$	es la sección de medida en el aforador ( $m^2$ , Eq. 2.1.).
$A_c$	es la sección donde se alcanza el régimen crítico ( $m^2$ ).
$B_c$	es el ancho de la superficie libre en la sección crítica (m, Eq. 2.2.).
$C$	concentración media o peso total de suelo entre volumen de escorrentía en un evento (g/l)
$c$	es el coeficiente de escorrentía representativo de la cuenca (Eq. 2.9).
$d$	es la profundidad del canal (m)
$F_l$	es el resguardo previsto m.
$Fr$	es el número, sin dimensiones, de Fraude (Eq. 2.6).
$g$	es la aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ , Eq. 2.1.)
$H$	es la energía específica y los subíndices $1$ y $2$ los indicadores de la situación antes y después del estrechamiento. Los subíndices $max$ y $min$ señalan el régimen de los caudales (m, Eq. 2.3-4)
$h$	es la cota medida sobre el nivel de referencia, solera del estrechamiento (m.).
$H1$	nivel inicial para activar el muestreo de los niveles de escorrentía (cm)
$H2$	nivel de escorrentía para activar el muestreo de agua-sedimentos (cm)
$I_1$	es la intensidad para $t = 1$ hora en mm/h (Eq. 2.11).
$I_{24}$	es la intensidad para $t = 24$ h en mm/h (Eq. 2.11.)
$I_d$	es la intensidad diaria en mm/h (Eq. 2.11)
$I_t$	es la intensidad para una duración $t$ (h) en mm/h .
$i_{T,tr}$	es la intensidad de $T$ y duración $tr$ (mm/h, Eq. 2.12) .
$I_{10}$	es la intensidad máxima de 10 minutos del evento (mm/h)
$I_{30}$	es la intensidad máxima de 30 minutos del evento (mm/h)
$J$	es la pendiente media del canal (m/m, Eq. 2.10).
$L$	es la longitud efectiva del cauce principal (km, Eq. 2.10).
$p_l$	es la elevación de la solera (m) en el estrechamiento.
$P$	es la precipitación diaria (mm)
$Q$	es el caudal ( $m^3/s$ , Eq. 2.1-2).
$Q_p$	es el caudal punta (l/s)
$Q_e$	es el volumen de escorrentía del evento (mm)
$T$	período de retorno (años)
$t$	es la duración de lluvia en horas (Eq. 2.12).
$t_c$	tiempo de concentración de la cuenca (h o min, Eq. 2.10 )
$tr$	duración de la lluvia en la relaciones Intensidad-Duración-Frecuencia (min)
$u$	es el coeficiente que relaciona caudal y calado y que depende de la forma del canal en las relaciones empíricas de descarga (Eq. 2.7-8)

- $X_Q$  es el error permisible en medida de calado para los valores máximo y mínimo de caudal ( $m$ , Eq. 2.7-8)
- $X_C$  es la incertidumbre asociada al uso de valores tabulados de calado ( $m$ ; Eq. 2.7-8).
- $y_I$ , es el calado (m) en la sección de medida (en las aproximaciones del estrechamiento, Eq. 2.1.)
- $y_c$  es el calado (m) en la sección donde se alcanza el régimen crítico (Eq. 2.1.).

### NOTACIÓN DE SIGNOS

$\Delta H$  son las pérdidas de energía (m) entre las secciones de control y crítica (Eq.2.1., 2.3 y 2.4).

$\delta_{hl}$ , representa el error de la lectura dependiente del dispositivo de medida elegido (m, Eq. 2.7-8)

## RESUMEN

Los estudios publicados para la evaluación de la pérdida de suelo en olivar han sido llevados a cabo tradicionalmente en parcelas de ladera, con resultados muy diversos según las distintas condiciones del medio. La reducción de escala aunque dificulta las comparaciones, exige mayores inversiones y volumen de trabajo, permite contemplar estos procesos de forma más fiel, ya que no se realizan extrapolaciones.

Se han diseñado y ejecutado dos estaciones hidrológicas para la medición de lluvia, escorrentía y pérdida de suelo a la salida de dos microcuencas de olivar con los manejos de mínimo laboreo en Setenil (Cádiz) y de no laboreo con cubiertas en Puente Genil (Córdoba). En el caso de la cuenca de Setenil, se construyó un aforador de hormigón de sección simple trapezoidal. En el período comprendido entre el 1 de abril de 2005 y el 1 de noviembre de 2006, la estación no recogió datos o se perdieron durante 83 días, 21 de ellos con lluvia superior a 1 mm. Las causas de estos problemas estuvieron relacionadas con fallos del sistema de alimentación que se recomienda controlar en todo momento. En el caso de Puente Genil, con un manejo de no laboreo con cubiertas se utilizó un aforador de acero inoxidable de sección compuesta trapezoidal-triangular, que permitía aumentar el intervalo de medida para los caudales bajos. El gran número de datos justifican el mayor coste y las dificultades de su ejecución e instalación. En este caso, la instrumentación no ha dejado de funcionar durante el 10 de abril de 2005 y el 7 de noviembre de 2006, tan sólo se han dejado de almacenar datos debido a insuficiencias de memoria del datalogger en dos períodos del verano que en total suman 20 días, de los cuales sólo 2 mostraron lluvia superior a 1 mm. En este caso, las recomendaciones de mejora se dirigen a la incorporación de tarjetas de memoria y al envío de datos por tecnología GSM que es en lo que se está trabajando actualmente.

Los resultados iniciales sobre coeficientes de escorrentía y pérdida de suelo obtenidos para Puente Genil (campana 2005-2006:  $c = 5,6\%$  y  $1,4$  t/ha.año), se encuentran, en relación a los resultados obtenidos en parcelas de estudio, en el mismo orden de magnitud en el caso; pudiendo ser estos datos el punto de partida para la determinación de coeficientes de entrega que permitan la extrapolación de resultados entre escalas. Se ha observado una alta correlación entre la intensidad máxima de 10 minutos de los eventos y los caudales punta y la escorrentía. También, la concentración media de sedimentos por eventos podría responder al estado de la cubierta vegetal de acuerdo al manejo y al grado de desarrollo, tal y como los valores medidos en distintos eventos en Puente Genil parecen mostrar.

Finalmente, el análisis hidrológico de eventos pone de manifiesto la necesidad de plantear sistemas de manejo del suelo que respondan a las limitaciones locales de cada finca, reduciendo la erosión y asegurando la conservación del suelo.

## 1. INTRODUCCIÓN

La pérdida de suelo por erosión en la región mediterránea, sometida a ciclos alternos de sequía y lluvias intensas, constituye un grave problema que autores como López-Cuervo (1990) estiman en más de 80 t/ha.año. El olivar es uno de los cultivos en los que el riesgo de erosión es mayor, no sólo por la superficie que ocupa,  $1,48 \cdot 10^6$  ha en Andalucía de las que  $1,0 \cdot 10^6$  ha están en secano, sino por las elevadas pendientes en las que se disponen los olivares junto con prácticas de manejo del suelo inadecuadas (Peña, 2003).

La forma ideal de examinar el impacto de las prácticas de manejo del suelo es mediante el establecimiento de sistemas de control y medida que permitan adquirir series de datos. Sin embargo, para la mayoría de cuencas la instalación de estos dispositivos de medición no es económicamente viable (Montaghimi et al., 1997) o resulta muy compleja. Los mecanismos de generación de escorrentía y pérdida de suelo han sido ampliamente estudiados en áreas semiáridas como Andalucía, aunque la mayoría de esfuerzos tanto en modelación como en medidas de campo han estado concentrados a escala de parcela, a pesar de sus limitaciones en la predicción hidrológica (Cantón et al., 2001).

En parcelas de olivar, la instrumentalización para la adquisición de datos hidrológicos varía, pero generalmente se utilizan: para las medidas de lluvia, pluviómetros; para las descargas, balancines del tipo descrito por Barfield and Hirschi (1986); y para los sedimentos tanques o depósitos de acumulación. Kosmas et al. (1997) en un estudio encaminado a analizar el efecto de distintos usos del suelo en distintos escenarios del Mediterráneo, evaluaron en seis parcelas de olivar en condiciones seminaturales en Spata (Grecia), tasas de pérdida de suelo de 0,03 t/ha.año y coeficientes de escorrentía del 2,6 %. Las parcelas de experimentación de dimensiones 3 x 10 m, se encontraban aisladas por piezas de chapas y disponían de unos colectores que conducían la escorrentía y los sedimentos a unos tanques donde eran medidos después de cada evento.

Pastor et al. (1999) presentan los datos de pérdida de suelo para comparar distintos manejos, procedentes de ensayos de campo en Cabra (Córdoba) empleando un simulador de lluvia en parcelas de olivar de textura franco-arcillosa. El laboreo alcanza la mayor tasa de erosión con 12,5 t/ha.año, seguidas del no laboreo con suelo desnudo, 5 t/ha.año y el sistema de manejo con cubiertas, con 0,5 t/ha.año.

Por otra parte, Gómez et al. (2002) desarrollaron un modelo que calibraron y validaron para reproducir la escorrentía en parcelas de olivar (8 x 16 m) a partir de datos recogidos por un pluviómetro y un balancín que medían los pulsos de lluvia y escorrentía, respectivamente, en intervalos de 1 min. El examen de los resultados de simular distintos escenarios donde se variaba el tipo de suelo, la superficie de las copas de los olivos y el manejo señalaron al no laboreo con los mayores valores de escorrentía; mientras que el manejo con cubiertas y las superficies recién labradas alcanzaron los más bajos.

También, Gómez et al. (2003) utilizaron los resultados de diversos estudios experimentales en parcelas de olivar distribuidas por distintos puntos de la provincia de Córdoba, para determinar los valores de los parámetros de la RUSLE según distintos manejos del suelo, simulando a continuación distintos escenarios y llegando a la conclusión que el manejo de no laboreo con suelo desnudo era el que mayores tasas de erosión alcanzaba frente al manejo con cubierta donde eran mínimas. El laboreo tradicional se mantenía intermedio. El dispositivo experimental en este caso consistió nuevamente en un pluviómetro para la lluvia, el balancín para las medidas de escorrentía y para recoger el sedimento, unas trampas a la salida de las parcelas de dimensiones 6 x 12 m. El pluviómetro y el balancín medían los pulsos en intervalos de 1 min y se hallaban conectados a un datalogger que almacenaba los datos.

Finalmente, Gómez et al. (2004) describieron y compararon los resultados de escorrentía y erosión para tres manejos distintos. Las parcelas de experimentación tenían unas dimensiones de 6 x 12 m y disponían el mismo equipamiento de pluviómetro-balancín-trampa de sedimentos. El sistema de no laboreo sin cubierta presentó unos valores de pérdida de suelo de 8,5 t/ha.año y con un coeficiente de escorrentía de 21,5 % frente al sistema con cubiertas de cebada con 1,2 t/ha.año y un 2,5 % de coeficiente de escorrentía.

Hernández et al. (2005) examinaron sobre parcelas de olivar 96 m x 12 m sometidas a distintos manejos en Toledo, la eficacia de distintos tipos de coberturas para el control de la erosión, el contenido de agua en el suelo, la fertilidad y la producción en un ciclo de cinco años. Los resultados mostraron que la vegetación espontánea reducía el porcentaje de suelo desnudo a un 12 % y que la competición con el olivo en años normales de lluvia era despreciable.

Francia et al. (2006) midieron en unas parcelas de olivar de Sierra en Granada durante, una campaña de dos años, valores de erosión de 25,6 t/ha.año para el sistema de no laboreo, 5,7 t/ha.año en laboreo tradicional y 2,1 en manejo con cubiertas. En el caso de las tasas de escorrentía anual, se han alcanzado valores de 5,8 %, 3,5 % y 10,5 %, respectivamente. Las parcelas de estudio eran de 24 x 8 m, aisladas con chapa de acero y presentaban un colector que desviaba la escorrentía y los sedimentos a tres tanques compartimentados con un sistema de ranuras.

Finalmente, de la Rosa et al. (2005) realizan un estudio para relacionar la erosión en olivar con distintos tipos de suelo y manejo (laboreo tradicional y mínimo laboreo con cubiertas). Estos autores calibran y validan un modelo propio (SIDASS), basado en la tecnología del modelo WEPP (Lane y Nearing, 1989), a partir de datos obtenidos en parcelas de 4 x 3 m en Sevilla. La escorrentía superficial y la carga total de sedimentos se recibían en un tanque de almacenamiento dispuesto al final del colector de recogida, midiéndose 24 horas después del aguacero. Sus resultados apuntan que el manejo de mínimo laboreo con cubiertas sobre Xerochepts como la alternativa con menores tasas de erosión registradas.

La diversidad de resultados entre los distintos autores se relaciona con la variedad de condiciones ambientales en las que se han realizado. De todas maneras, para abordar los problemas de pérdida de suelo y evaluar las prácticas de manejo, la microcuenca constituye una unidad geomorfológica, donde el número de fenómenos naturales que intervienen en los procesos de circulación de agua y sedimentos es más elevado y complejo que en las parcelas experimentales aisladas. Por consiguiente, es necesario adquirir datos de lluvia, escorrentía y erosión a una escala como la microcuenca donde los efectos del manejo en la pérdida de suelo se computen directamente y no como resultado de extrapolación.

En la actualidad, los ensayos para determinar las tasas de escorrentía y de sedimentos se realizan según los objetivos que se persigan y la escala de trabajo. En general, se pueden diferenciar sistemas totalizadores, discretos o continuos. Los primeros computan los valores globales para un intervalo de tiempo de interés que normalmente puede llegar desde 24 horas a un año hidrológico completo. Por otra parte, los discretos realizan muestreos según una frecuencia determinada y finalmente, los sistemas continuos que adaptan la frecuencia de medida a las condiciones del evento. Sin duda, estos últimos son los que proporcionan un mayor número de datos útiles para el análisis de los procesos que tienen lugar en la cuenca y la elaboración de los hidrogramas y sedimentogramas de la misma.

Como ejemplo de sistemas totalizadores en pequeñas cuencas pueden citarse a autores como Owens et al. (2002) cuyo objetivo era comparar la concentración de carbono en los sedimentos de seis cuencas agrícolas (todas inferiores a 0,7 ha) bajo distintos cultivos de cereal y diferentes manejos. Para ello, las instrumentalizó construyendo aforadores de hormigón a las salidas con ruedas Coshocton que tomaban una parte proporcional de la mezcla agua-sedimento que descargaba. El nivel de escorrentía se registraba automáticamente (no mencionan la frecuencia)

y las muestras de sedimento quedaban almacenadas en un contenedor refrigerado para cada aguacero.

Gafur et al. (2003) también sitúa en una cuenca de 1 ha en Bangladesh sometida a diversos cambios de uso y manejo, una pequeña estación hidrológica con un vertedero a la salida que mide el caudal a partir de un transductor de presión dispuesto en una caseta calmadora del flujo. Las lecturas de escorrentía y las muestras de suelo (depositadas en botellas de 1l) se recogen una vez al día. Además cuantifican la producción de suelo por los depósitos que se producen en la cuenca y en el propio lecho.

Cammeraat (2004) llevó a cabo un estudio de los umbrales de lluvia que provocan escorrentía a distintas escalas. Así, trabaja con parcelas, microcuencas y subcuencas mayoritariamente de montaña. La pérdida de suelo sólo es evaluada en las parcelas y cuantificada para cada evento midiendo la cantidad de sedimento depositada en un canalón. En relación a la escorrentía, el nivel es medido con un transductor de presión situado próximo a un vertedero con frecuencia de 1 minuto.

Los sistemas discretos pueden estar representados por equipos que registran regularmente para un período dado. Tal es el caso de autores como Corbett et al. (1997) que establecieron en dos pequeñas cuencas, una de uso urbano (15 ha) y otra forestal (38 ha), un vertedero y un aforador de tipo Parshall, en las que el nivel de escorrentía se registraba a partir de un generador de pulsos que muestreaba a intervalos de 15 min. Los sedimentos eran registrados con un muestreador automático que tomaba medidas entre 15-30 min en el ascenso del hidrograma y entre 4-24 h en el receso. Su objetivo era evaluar el comportamiento de ambas en relación a la escorrentía y la erosión. León et al. (2004) con la idea de integrar el modelo AGNPS como sistema de decisión para el manejo de cuencas en el sur de Ontario (Canadá) llevó a cabo un estudio hidrológico en una cuenca de 293 km<sup>2</sup>, principalmente de uso agrícola. La medición de la concentración de sedimentos se realiza cada hora una vez que se inicia la tormenta, depositándose mediante una bomba en botellas de 1 litro. Pathak et al. (2004) instalaron a la salida de cinco pequeñas cuencas agrícolas de entre 1 y 4 ha un aforador con registrador de nivel y un muestreador automático de mezcla de agua-sedimentos que funcionaba a intervalos regulares, aunque no mencionan la frecuencia.

Los sistemas continuos proporcionan más información que los anteriores, pero resultan más complejos a la hora de establecer algoritmos eficientes de muestreo. Licciardello y Zimbone (2002), con la idea de calibrar y validar el modelo AGNPS en una cuenca rural (pastos) de 130 ha, insataron en la salida un vertedero que medía el nivel de flujo a partir de un sensor de flotador situado en una ramificación del canal. La concentración de sedimento suspendido se medía con un tomamuestras automático que se activaba a partir de un caudal de 0,1 m<sup>3</sup>/s y que recogía las muestras con una frecuencia de 2 min durante media hora y después aumentaba el intervalo a 30 min.

También, van den Elsen et al. (2003) en una cuenca agrícola en China de una extensión aproximada de 2 km<sup>2</sup> contruyen una estación hidrológica compuesta de un pluviógrafo, un vertedero triangular que mide el nivel con un sensor de ultrasonidos y un muestreador ISCO. En este trabajo se definen unas pautas de trabajo que resultan muy interesantes, ya que se definen unos umbrales o límites de accionamiento del sistema con el objetivo de optimizar el consumo energético y la memoria del registrador. En primer lugar, optan por el sensor de ultrasonidos como instrumento para la medición de nivel de escorrentía, valorándolo muy positivamente. Éste es activado cuando se inicia la escorrentía, tomando medidas con una frecuencia de 1 min que se almacenan en el datalogger si son superiores al 10% del rango de medida de nivel (20 cm). Es precisamente este umbral de flujo el que activa el muestreador de sedimentos, con un intervalo de 2 min. El resultado son hidrogramas y sedimentogramas muy completos.

Una vez revisadas los valores de escorrentía y erosión derivados de parcelas de olivar sometidos a distintos manejos y diferentes tipos de infraestructura de medidas adaptados a escalas mayores, los objetivos de este capítulo son los siguientes:

1. Diseñar y evaluar un equipamiento de medida adecuado para la adquisición de datos de lluvia, escorrentía y erosión a la salida de dos microcuencas de olivar de unas 6 ha sometidas a mínimo laboreo y no laboreo con cubiertas, que se adecue a las condiciones de variabilidad climáticas mediterráneas.
2. Describir los resultados del balance hídrico y la pérdida de suelo obtenidos para juzgar las ventajas de la microcuenca frente a las parcelas y la sostenibilidad de los manejos.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS.

### 2.1. Lugares de estudio: microcuencas de Setenil y Puente Genil.

Las cuencas de estudio se encuentran descritas en el Capítulo 1. La Tabla 2.1, muestra un resumen general de las variables más sobresalientes y en la Figura 2.1 se presenta un mapa general de localización de las mismas.

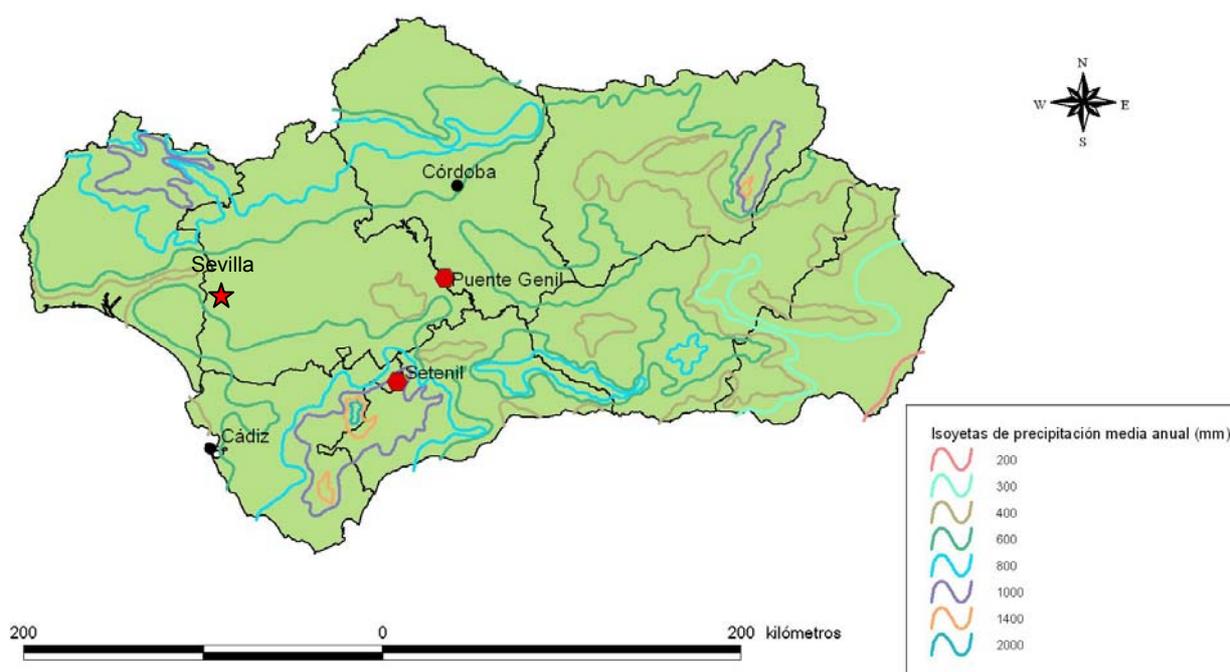
**Tabla 2.1.** Resumen general de las características del medio de las microcuencas de estudio.

Localidad		<i>Puente Genil (Córdoba)</i>	<i>Setenil (Cádiz)</i>
Extensión (ha)		6,1	6,7
Clima	Clasificación	Mediterráneo genuino	Mediterráneo subhúmedo
	Precipitación media anual (mm)	500	1100
	Temperatura media anual (°C)	17°C	16°C
Fisiografía	Pendiente media (%)	14,8	10,3
	Altitud media (m)	238,9	782,2
Tipo de suelo		Cambisol cálcico	Luvisol crómico
Manejo		No laboreo con cubiertas	Mínimo laboreo

La subcuenca de Setenil (Cádiz) tiene una extensión de 6,7 ha y se sitúa en zona de olivar de sierra con una altitud media de 782,2 m y una pendiente representativa del 10,3 %. El clima de la cuenca se encuadra en el tipo mediterráneo subhúmedo de tendencia atlántica, con una media anual de 1100 mm. En cuanto a la variación anual, son las estaciones de otoño e invierno las que registran mayores lluvias (74,8 %), con un máximo que suele darse en el mes de diciembre. Los meses de verano registran valores muy bajos relacionados con tormentas intensas de poca duración (Castillo, 2002). En relación a la temperatura, julio es el mes más caluroso con una media de 25,1°C y una media máxima mensual de 36,9 °C. El mes más frío es enero con una media de 7,1°C y una mínima de las medias de -0,4°C. El suelo en la cuenca tiene una profundidad aproximada de 1,5 m, presenta textura francoarenosa con valores de materia orgánica medios del 0,9 % en algunos puntos donde abundan de elementos gruesos de carbonato cálcico. El manejo tradicional del olivar fue el laboreo tradicional. Desde hace tres años, el manejo de la finca ha cambiado hacia laboreo mínimo que básicamente consiste en una labor poco profunda cruzando las calles en primavera (abril o mayo) si el año no es seco. Así, en la campaña 2004-2005 (Tabla 2.2.) caracterizada por la escasez de lluvia, no se labró debido al temor de un exceso de evaporación que no beneficiaría al desarrollo de la aceituna. También, la fertilización, fundamentalmente potásica, se realizó únicamente en el mes de noviembre debido a la escasez de lluvias. La recogida se llevó cabo en diciembre mediante vibrador ayudado por un tractor, una vez preparada la superficie con el rulo. Finalmente, los tratamientos fitosanitarios entre otoño y primavera se realizan con un atomizador remolcado por un tractor. En la campaña 2005-2006, se realizan el mismo tipo de labores del año anterior a excepción de una labor superficial con arado en primavera. En el Anejo 5 se recogen las encuestas elaboradas sobre el tipo de manejo llevado a cabo en ambas fincas durante el período de estudio.

La cuenca de Puente Genil (Córdoba) tiene una superficie de 6,1 ha, con una altitud media de 238,9 m y una pendiente del 15 %. Se sitúa dentro de una zona con un clima genuinamente mediterráneo con una precipitación media anual comprendida entre los 400 y 500 mm y una temperatura media de 18° C. Las lluvias se distribuyen principalmente en otoño e invierno, siendo el verano una estación acusadamente seca. Según los datos de la estación de Santaella perteneciente a DAP (a unos 15 km de distancia), la temperatura media del mes más frío que suele ser enero varía entre 7 y 10°C, mientras que las del mes más cálido, julio, entre 25 y 28°C. El suelo es poco profundo, muestra una textura francoarenosa pero con más limo que Setenil. Por otra parte, el contenido en materia orgánica es alto (media igual a 1,7 %) debido al uso de cubiertas. También el porcentaje de carbonato cálcico es abundante en toda la cuenca debido a los numerosos afloramientos rocosos de roca caliza existentes en la cuenca (media igual a 48,8

%). En relación al manejo del suelo, hay que destacar que la cuenca tradicionalmente se dedicó al olivar tal y como atestiguan los olivos antiguos situados en terrazas que era labrado con labores cruzadas donde las fuertes pendientes lo permitían. Sin embargo en los últimos 12 años se plantaron olivos de la variedad arbequina situados sobre pequeños caballones o medialunas para los que las labores se han ido reduciendo debido, principalmente, a los escasos rendimientos que no justifican económicamente el alto número de operaciones de cultivo y la pérdida de suelo observada por el agricultor. Además, las ayudas de la Junta de Andalucía de los últimos años para favorecer la producción ecológica han impulsado al propietario a permitir el establecimiento de cierta cubierta vegetal espontánea y disminuir el uso de fitosanitarios, cambiando el paisaje del olivar notablemente. En la campaña 2004-2005, caracterizada por la ínfima cantidad de lluvia caída, el desarrollo de las cubiertas fue reducido, cubriéndose una pequeña fracción de la superficie de la cuenca. En primavera, el agricultor aplica herbicidas de contacto para disminuir la competencia de las cubiertas por el agua. Por otra parte, en el verano de 2005 se inició la instalación de un sistema de riego aéreo que causó daños en la estructura del suelo principalmente en dos cruces de calles en máxima pendiente. En esas zonas el agricultor evitó los herbicidas, esperando que la hierba fijara toda tierra que quedó suelta. La Tabla 2.2, presenta un resumen de las operaciones realizadas durante el período de adquisición de datos.



**Figura 2.1.** Localización de las cuencas de estudio en Andalucía, con el límite de las provincias y las isoyetas de precipitación media anual (mm).

**Tabla 2.2.** Resumen de las principales operaciones de manejo llevadas a cabo en las cuencas de estudio.

<b>Cuenca</b>	<b>Campaña</b>	<b>Otoño</b>	<b>Invierno</b>	<b>Primavera</b>	<b>Verano</b>
<b>Setenil</b>	<b>2004-2005</b>	- Fertilización nitropotásica manual (cubas). - Tratamientos fitosanitarios: Oxiclóruo de cobre (aplicación mochila/carro)	- Pase del rulo unido al tractor previa a la recogida. -Recolección.	- Tratamientos fitosanitarios: piretrinas y dimetoato (mochilas ocarro)	- Pase del rulo para reducir la evaporación. -Riego
	<b>2005-2006</b>	- Fertilización nitropotásica manual (cubas). - Tratamientos fitosanitarios: Oxifluorcén y Glifosato (aplicación mochila/carro)	- Pase del rulo unido al tractor previa a la recogida. -Recolección.	- Tratamientos fitosanitarios: piretrinas y dimetoato (mochilas ocarro). - Labor superficial con arado (“Conquilde”)	- Pase del rulo para reducir la evaporación. -Riego
<b>Puente Genil</b>	<b>2004-2005</b>	- Fertilización NPK 16, aplicación manual. - Tratamientos fitosanitarios: Cobre, Isabión, Flazasulfurón (aplicación mochila)	- Recolección	- Tratamientos fitosanitarios: Cobre, Isabión, Flazasulfurón y Sumition Forte (aplicación mochila a las proximidades del árbol).	-Riegos de apoyo una vez al mes, 150 l por árbol. - Inicio de las operaciones de instalación de la red de riego: excavación de dos zanjas para los ramales principales a 40-50 cm (percutor y cuchara de retroexcavadora)
	<b>2005-2006</b>	- Tratamientos fitosanitarios: Cobre, Glifosato, Oxifluorcén (aplicación mochila)	- Recolección	-2 pases de desbrozadora y 1 un pase con neumáticos en el centro de la calle (2,5 m)  - Tratamientos fitosanitarios: Cobre, herbicidas de contacto una vez bien establecida la cubierta (aplicación mochila a las proximidades del árbol).	-Riego por goteo con una dosis de 2,5 l/h por árbol, 6 horas, durante una semana y la siguiente descanso.

## 2.2. Diseño y descripción del equipamiento para las medidas de lluvia, escorrentía y erosión.

### 2.2.1. Infraestructura para las medidas de caudal (escorrentía): aforador de profundidad crítica.

#### 2.2.1.1. Introducción.

Los aforadores de profundidad crítica tienen la ventaja sobre el vertedero de que no necesita cámara amortiguadora, es prácticamente independiente de la acción perjudicial de los arrastres de la corriente y no necesita graduarse (King & Brater, 1962). Estos aforadores pueden formarse estrechando el ancho del canal, elevando el fondo, o haciendo ambas cosas. Sus principios fundamentales se basan en la relación biunívoca entre el caudal y el calado cuando se minimiza la energía específica en una sección de la corriente. Precisamente, cuando se reduce la sección en un canal más allá de una magnitud particular, se origina un remanso aguas arriba de la constricción, y se alcanza en ésta la profundidad crítica. La consideración más importante para el proyecto es que la garganta debe ser de sección transversal uniforme y de longitud suficiente para asegurar que la profundidad crítica aparezca en el estrechamiento..

La realización y puesta en obra de un aforador de caudal requiere una serie de toma de decisiones y cálculos determinados por ciertas características de la cuenca, tales como la superficie, la pendiente, el manejo y la precipitación que se quiere medir.

Las ecuaciones básicas que resumen el proceso de estimación del caudal mediante la medición del calado en las aproximaciones de la garganta (Figura 2.2) son la relación de Bernoulli entre la sección crítica y la de control (Eq. 2.1) y la expresión característica del régimen crítico (Eq. 2.2).

$$y_1 + \frac{Q^2}{2gA_1^2} = p_1 + y_c + \frac{Q^2}{2gA_c^2} + \Delta H \quad (2.1)$$

$$\frac{Q^2}{gA_c^3} B_c = 1 \quad (2.2)$$

Donde

$y_1$ , es el calado (m) en la sección de medida (en las aproximaciones del estrechamiento).

$Q$  es el caudal ( $m^3/s$ ).

$A_1$  es la sección de medida ( $m^2$ ).

$p_1$  es la elevación de la solera (m) en el estrechamiento.

$y_c$  es el calado (m) en la sección donde se alcanza el régimen crítico.

$A_c$  es la sección donde se alcanza el régimen crítico ( $m^2$ ).

$\Delta H$ , son las pérdidas de energía (m) entre las secciones de control y crítica.

$B_c$ , es el ancho de la superficie libre en la sección crítica (m).

$g$  es la aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )

Inicialmente, en el dimensionamiento de un aforador se miden las secciones del arroyo y se evalúan los caudales máximos y mínimos que pretenden medirse según los datos de lluvia y los cálculos de escorrentía. Mediante un predimensionamiento se evalúan los valores de caudal correspondientes a distintos niveles en la sección de control, comprobándose si se verifican las condiciones del régimen modular que permiten relacionar las medidas de nivel y el caudal.

El programa de diseño que se ha utilizado es *Winflume32* (Wahl et al., 2001) y las restricciones de diseño se resumen en las ecuaciones (Eq. 2.3-10). En primer lugar, se examina si se alcanza el régimen modular para el caudal máximo previsto (Eq.2.3) y para el caudal mínimo (Eq.2.4):

$$H_{1max} > H_{2max} + \Delta H_{max} \text{ o aproximadamente } h_{1max} > h_{2max} + \Delta h_{max} \quad (2.3)$$

$$H_{1min} > H_{2min} + \Delta H_{min} \text{ o aproximadamente } h_{1min} > h_{2min} + \Delta h_{min} \quad (2.4)$$

Siendo  $H$  la energía específica y los subíndices  $1$  y  $2$  los indicadores de la situación antes y después del estrechamiento. Los subíndices  $max$  y  $min$  señalan el régimen de los caudales y  $h$  la cota medida sobre el nivel de referencia (solera del estrechamiento).

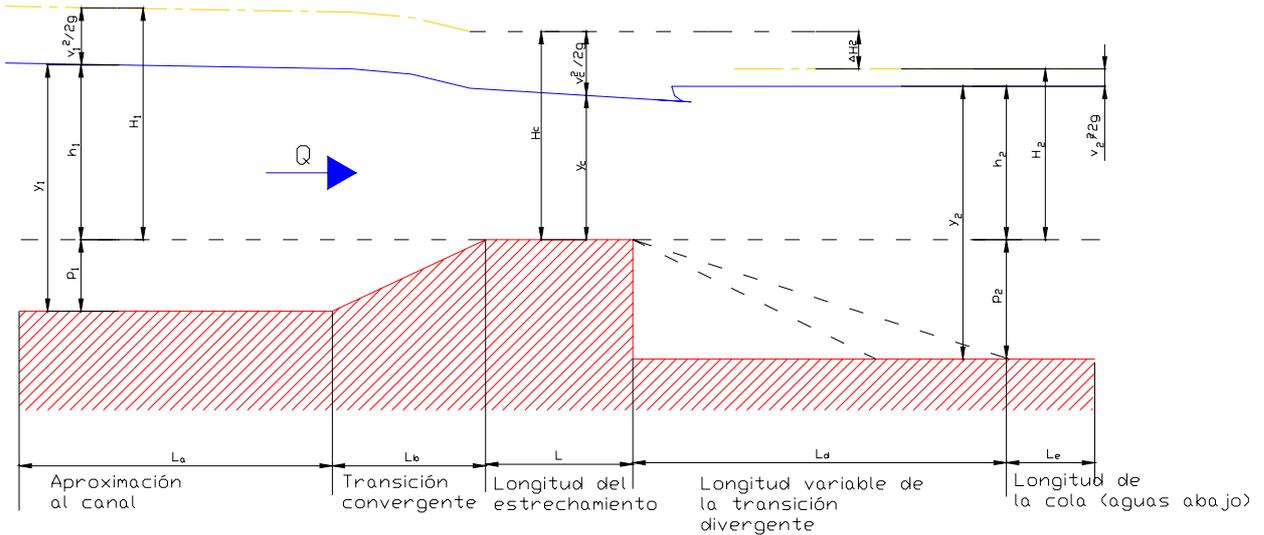


Figura 2.2. Esquema del perfil longitudinal del aforador con indicación de los parámetros

Por otro lado, se examina también si el resguardo previsto es adecuado para que la corriente no rebase el aforador con valores de caudal próximos al máximo previsto:

$$h_{1max} < d - p_1 - F_1 \quad (2.5)$$

Siendo  $d$ , la profundidad del canal;  $p_1$  el desnivel entre la solera del canal y el del estrechamiento y  $F_1$  el resguardo previsto.

El número de Froude,  $Fr$ , en el canal de aproximación se encuentra relacionado con la exactitud de las medidas. Su valor debe hallarse por debajo de 0,5 para asegurar la estabilidad de la superficie (Eq. 2.6):

$$Fr = \frac{Q_{max}}{\sqrt{gA_{1max} B_{1max}}} < 0.5 \quad (2.6)$$

Finalmente, se comprueban si los umbrales de sensibilidad se ajustan al error permitido para el intervalo de caudales comprendido entre el máximo y el mínimo (Eq. 2.7-2.8).

$$h_{1max} > \frac{u \delta_{h1}}{\sqrt{X_{Q_{max}}^2 - X_{C_{max}}^2}} \quad (2.7)$$

$$h_{1\min} > \frac{u\delta_{h1}}{\sqrt{X_{Q\min}^2 - X_{C\min}^2}} \quad (2.8)$$

Siendo  $u$  el coeficiente que relaciona caudal y calado y que depende de la forma del canal en las relaciones empíricas de descarga;  $\delta_{h1}$ , representa el error de la lectura dependiente del dispositivo de medida elegido (m);  $X_Q$  es el error permisible en altura para los valores máximo y mínimo de caudal (m) y  $X_C$  es la incertidumbre asociada al uso de valores tabulados (m). Tras finalizarse estas comprobaciones, conviene también comparar las curvas de gasto  $Q-y_1$  (aproximación al aforador) con la correspondiente a la salida  $Q-(h_1+p_1)$ , que deben coincidir en lo posible de manera que se mantengan las condiciones de flujo y se minimicen los depósitos que puedan perjudicar las lecturas (Clemmens et al., 2001).

### 2.2.1.2. Características específicas del aforador dispuesto a la salida de la cuenca de Setenil.

Para iniciar el predimensionamiento del aforador fue necesario establecer un rango de caudales que permitiese evaluar la tasa de escorrentía y las pérdidas de suelo a la escala de trabajo. A partir de los cuantiles de precipitación de 24 h (Ministerio de Medio Ambiente, 1999) en la localidad de Setenil a partir de una serie de 20 años Castillo (2002) calculó los parámetros de las curvas de intensidad-duración-frecuencia. El objetivo inicial era calcular unos valores orientativos de caudal para distintos períodos de retorno ( $T$ ) que sirvieran para establecer las dimensiones del aforador. De esta manera, se ha utilizado el método racional para el cálculo de los valores de caudal para distintos períodos de retorno (9):

$$Q_T = \frac{c \times I_{T,tr} \times A}{360} \quad (2.9)$$

Donde  $c$  es el coeficiente de escorrentía representativo de la cuenca.

$A$  es el área de la cuenca (ha)

$I_{T,tr}$  es la intensidad para un período de retorno  $T$  y duración  $tr$  (mm/h).

En la elección de la duración de la lluvia para el dimensionamiento de las secciones de medida del caudal, se han considerado algunos estudios que establecen que a escala de pequeña cuenca, la generación de escorrentía y transporte de sedimentos requiere eventos de lluvia de considerable magnitud o/e intensidad. Así, a escalas menores que la parcela (microcuenca y subcuenca) Caammeraat (2004) sugiere para distintas localizaciones del SE de España, que la escorrentía sólo se genera para altas intensidades de lluvia y grandes cantidades de precipitación (mayores de 30 mm). Bracken y Kirkby (2005) en un estudio hecho en dos cuencas del SE de España sobre el transporte de sedimentos en laderas después de eventos extremos, ponen de manifiesto la relación entre escorrentía y pérdida de suelo por encima de la pendiente y la cubierta. Pathak et al. (2004) sobre cinco pequeñas cuencas agrícolas en la India examinan que sólo unas pocas tormentas con valores de precipitación por encima de 75 mm son las que determinan las tasas de escorrentía y erosión anuales.

Por consiguiente la duración ( $tr$ ) de la lluvia que se usará para obtener la intensidad, se corresponderá con el tiempo de concentración de la cuenca según la expresión de Témez (10), cuyo uso está ampliamente contrastado en nuestro país (Ferrer, 1993), respondiendo a un dimensionamiento de eventos de cierta magnitud. Se han obtenidos los valores de intensidad para dicha duración y distintos  $T$  (Tabla 2.3).

$$t_c = 0.3 \times \left( \frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0.76} \quad (2.10)$$

Siendo  $L$ , la longitud del cauce principal en kilómetros y  $J$  es la pendiente media del canal en m/m.

El tiempo de concentración de la cuenca toma un valor de 0,161 h (9,7 min) para una longitud del canal de 240 m y una pendiente de 8,8 %.

El valor de  $c$  que se ha considerado en el cálculo de los caudales de diseño es 0,10, ya que este valor se ajusta a los registrados por otros autores en olivar para manejos comparables al mínimo laboreo que se aplica en Setenil. Así, Gómez (2004) determinó en olivar para no laboreo 21,5% y 7,4 % para laboreo tradicional y Francia (2006), 3,5% para laboreo y 10,5 % para no laboreo.

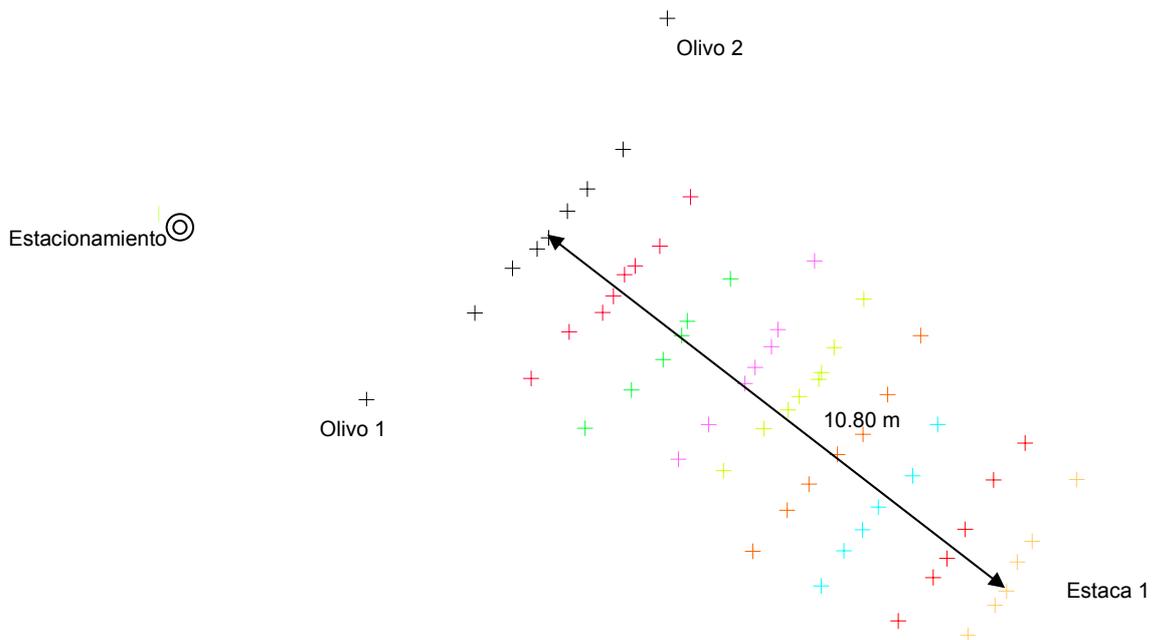
La Tabla 2.3 presenta los valores de caudal máximo para distintos períodos de retorno generados a partir de intensidades de lluvia con duración igual al tiempo de concentración de la microcuenca. Estos valores resultan orientativos del rango de caudales punta que debe poder medir el aforador.

**Tabla 2.3.** Caudales máximos para distintos períodos de retorno en la cuenca de Setenil..

$T$ retorno (años)	$I$ (tc)- (mm/h)	$Q$ (m3/s)
0,5	82,03	0,15
1,0	94,82	0,18
2,0	109,60	0,20
5,0	132,73	0,25
10,0	153,42	0,29
25,0	185,80	0,35
50,0	214,77	0,40
100,0	248,25	0,46

$A = 6,7$  ha;  $c = 0,10$ ;  $t_c = 0,16$  h

Finalmente, se llevó a cabo un levantamiento topográfico (Figuras 2.4 y 2.5) en el lugar elegido para el aforador, con el objeto de ajustar las medidas del aforador a la sección natural del cauce, minimizando el movimiento de tierra. Así, la Figura 2.3, muestra un croquis en planta de las medidas tomadas en diez secciones distintas tomando como referencias los dos olivos más próximos al cauce que han servido para el cálculo del aforador. En el Anejo 6 aparecen las tablas y el dibujo de las secciones.



**Figura 2.3.** Croquis en planta del levantamiento topográfico llevado a cabo en el canal de Setenil.



**Figura 2.4.** Vista de la sección del arroyo en Setenil



**Figura 2.5.** Base del levantamiento topográfico en Setenil

Se diseñó un aforador trapezoidal de 2,68 m de longitud con un estrechamiento gradual, cuyos detalles constructivos aparecen en la Figura 2.6. y el Anejo 6. Básicamente, la obra consta de un canal de entrada de unos 6 m de longitud, fabricado en hormigón y con una pendiente longitudinal de 0,001. A continuación, se dispone el aforador de hormigón compuesto de una aproximación trapezoidal de 1,5 m de longitud y de pendiente nula, que comunica con una transición de 0,81 m y que finaliza con un estrechamiento de 1,37 m de longitud en el mismo nivel de la aproximación. La salida del aforador se realiza sin transición, prácticamente consiste en un escalón de unos 40 cm de desnivel, donde nuevamente la sección se corresponde con la de aproximación pero modificada la base por dos pequeños taludes de forma que se conduzca el agua a la entrada del muestreador de sedimentos. Los materiales a la salida siguen siendo hormigón y la pendiente longitudinal de 0,001. En cuanto a las secciones transversales, el canal de entrada y el de salida tienen de base de 0,72 m, la profundidad es 1,00 m y 1,40 m, respectivamente, y los taludes, 1/1. El estrechamiento presenta una base de 0,36 m, 1,00 m de profundidad y un talud de 1/1,18.

Los valores mínimo y máximo que se prevén medir con el aforador son 0,02 m<sup>3</sup>/s y 0,6 m<sup>3</sup>/s (Tabla 2.4). Estos umbrales se adaptan bien a un amplio intervalo de caudales según los valores de cálculo obtenidos en la Tabla 2.3.

**Tabla 2.4.** Valores máximos y mínimos de caudal y calado que se prevén medir con el aforador de Setenil.

Valores	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Altura (m) en el control
<b>Máximo</b>	0,600	0,520
<b>Mínimo</b>	0,020	0,075

En la Figura 2.7 se muestran la curva de gasto para este aforador junto con la curva de gasto correspondiente al flujo uniforme en el canal estimada por la fórmula de Manning. La metodología más apropiada para evitar el depósito de sedimentos aguas arriba en el canal es evitar la disminución de los parámetros de flujo. Esto requiere que el producto de la profundidad y el gradiente hidráulico permanezcan constantes, por lo que la estructura debería estar diseñada de manera que se minimicen los efectos de remanso. Con respecto al canal de aproximación esto se traduce en que la curva  $Q-h_1$  debe de coincidir en lo posible con la correspondiente al estrechamiento  $Q-(h_1+p_1)$ . Para obtener el ajuste perfecto de ambas curvas,

es conveniente que  $p_1$  sea 0 y contar con un desnivel importante entre el canal de entrada y la salida que garanticen el flujo modular. Además, para evitar la sedimentación en el lugar de aforo es recomendable mantener el número de Froude próximo a 0,5 (contracción mínima), así el sedimento que llegue dispondrá de un sumando de velocidad suficiente para atravesar el canal y la sección de aforo y por consiguiente la estructura podrá realizar las medidas con suficiente exactitud (Clemmens et al., 2001).

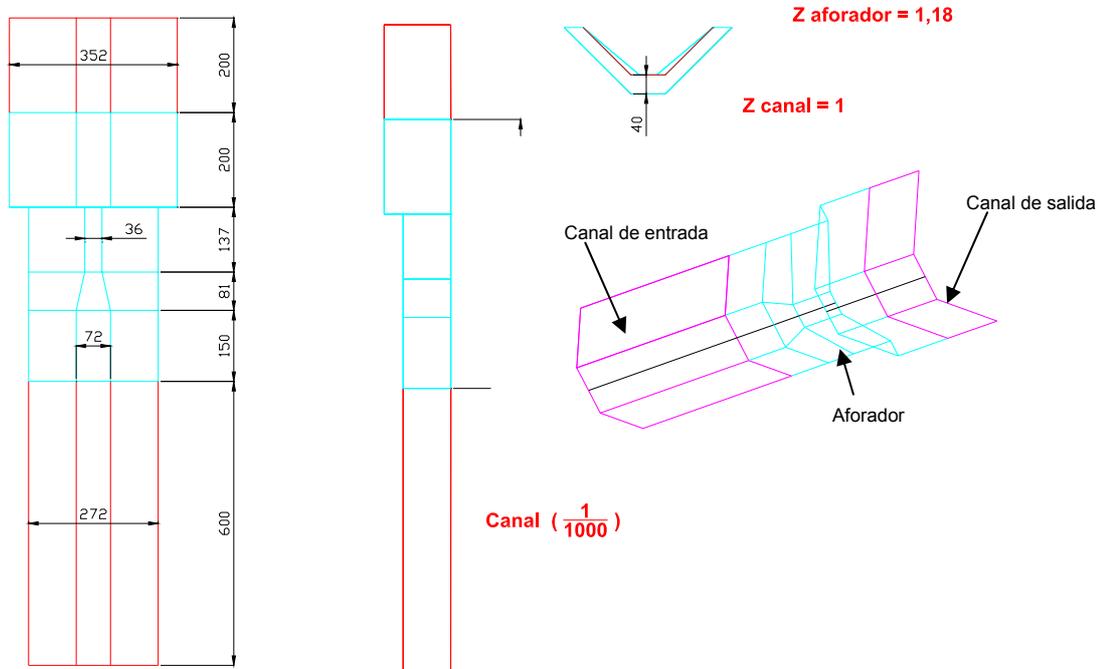


Figura 2.6. Croquis, planta, alzado y perfil del canal y el aforador de caudal previsto en Setenil

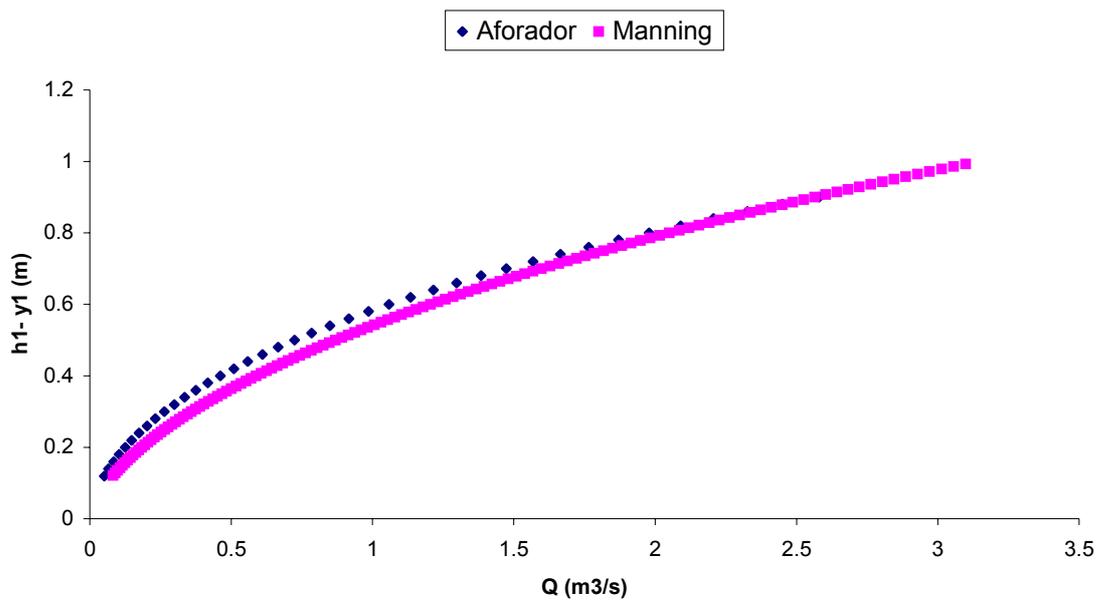


Figura 2.7. Curvas de gasto ( $h_1-Q$  y  $h_1+p_1-Q$ ) para el aforador según las expresiones de cálculo y la hipótesis de flujo uniforme por Manning en Setenil.

Además de estas consideraciones, la Tabla 2.5 resume el resto de criterios considerados en el diseño del aforador. La Tabla 2.6 muestra los resultados de la evaluación del mismo realizado por el programa Winflume (Anejo 7). Como puede deducirse de ambas tablas, el aforador cumple todas las indicaciones de diseño.

**Tabla 2.5.** Criterios de diseño considerados para la elaboración del aforador de Setenil.

<b>Criterio</b>	<b>Restricciones</b>
<b>Resguardo canal-aforador</b>	$\geq 20\%$ de la altura desde el nivel de referencia
<b>Error permisible para caudales mínimos</b>	$\pm 10\%$
<b>Error permisible para caudales máximos</b>	$\pm 5\%$
<b>Error asociado a la resolución del dispositivo de medida</b>	$\pm 0,003$ m
<b>Caudal mínimo</b>	$0,02$ m <sup>3</sup> /s
<b>Caudal máximo</b>	$0,6$ m <sup>3</sup> /s

**Tabla 2.6.** Parámetros de diseño evaluados en el diseño del aforador de caudal de Setenil

<b>Valores Actuales</b>	<b>Restricciones</b>
$h_{2max} = 0,519$ m	Máximo permitido = $0,867$ m
$h_{2min} = 0,075$ m	Máximo permitido = $0,463$ m
Resguardo durante $Q_{max} = 0,483$	Máximo permitido = $0,500$ m
Número de Froude $Q_{max} = 0,483$ m	Número de Froude permitido = $0,5$
Medida de error esperada para $Q_{max}$	$\pm 2,48\%$
Medida de error esperada para $Q_{min}$	$\pm 7,56\%$

Las Figuras 2.8-11 muestran detalles de la ejecución y el resultado final del trabajo.



**Figura 2.8.** Excavación inicial llevada a cabo en el cauce en Setenil



**Figura 2.9.** Hormigonado inicial según secciones maestras del diseño en Setenil.



**Figura 2.10.** Establecimiento del desnivel y las cotas finales previstas en el diseño para el aforador (Setenil)



**Figura 2.11.** Resultado final del aforador con un soporte para el establecimiento de sensores y una plataforma (izquierda) para la colocación de una caseta. (Setenil)

2.2.1.3. Características específicas del aforador dispuesto a la salida de la cuenca de Puente Genil.

Se disponía de los cuantiles de precipitación diaria (Tabla 2.7) obtenida de una serie de 40 años (1945-1985) de una estación meteorológica situada en Herrera (Sevilla) a menos de 5 km de la localización de la cuenca según el Ministerio de Medio Ambiente (1999), así que se procedió a elaborar las curvas intensidad-duración (Eq. 11) según la metodología de la normativa IC de Drenaje Superficial de Carreteras (Ferrer, 1993).

**Tabla 2.7.** Cuantiles de precipitación de 24 h para distintos períodos de retorno y los valores de intensidad.

<i>T</i> (años)	<i>P</i> (mm)	<i>t</i> (horas)	<i>I</i> (mm/h)
2	43,9	24	1,83
5	60,0	24	2,50
10	70,7	24	2,95
25	84,2	24	3,51
50	94,2	24	3,93
75	100,0	24	4,17
100	104,2	24	4,34

$$I_t = I_d \cdot \left( \frac{I_1}{I_{24}} \right)^{\left( \frac{28^{0.1} - t^{0.1}}{28^{0.1} - 1} \right)} \quad (2.11)$$

Donde:

$I_t$  es la intensidad para una duración  $t$  (h) en mm/h.

$I_d$  es la intensidad diaria en mm/h.

$I_1$  es la intensidad para  $t = 1$  hora en mm/h.

$I_{24}$  es la intensidad para  $t = 24$  h en mm/h.

$t$  es la duración de lluvia en horas.

**Tabla 2.8.** Valores de intensidad calculada a partir de la ecuación 11 frente a los valores obtenidos para la familia de curvas

<i>T</i> (años)	<i>t</i> (h)	<i>I</i> <i>t</i> (mm/h)-Témez	<i>t</i> (min)	<i>I</i> <i>t</i> (mm/h)-ajuste
2	0,17	41,81	10	46,72
2	0,33	31,45	20	35,40
2	0,50	25,83	30	29,15
2	1,00	17,95	60	19,93
2	2,00	11,87	120	12,95
2	6,00	5,48	360	6,11
2	12,00	3,08	720	3,70
2	24,00	1,60	1440	2,21
5	0,17	57,12	10	56,07
5	0,33	42,97	20	42,48
5	0,50	35,29	30	34,98
5	1,00	24,52	60	23,91
5	2,00	16,22	120	15,54
5	6,00	7,48	360	7,33
5	12,00	4,21	720	4,44
5	24,00	2,19	1440	2,66
10	0,17	67,31	10	64,36
10	0,33	50,63	20	48,76
10	0,50	41,58	30	40,16
10	1,00	28,90	60	27,45
10	2,00	19,11	120	17,84
10	6,00	8,82	360	8,41
10	12,00	4,96	720	5,09
10	24,00	2,58	1440	3,05
25	0,17	80,20	10	77,23
25	0,33	60,33	20	58,52
25	0,50	49,54	30	48,19
25	1,00	34,43	60	32,94
25	2,00	22,77	120	21,41
25	6,00	10,51	360	10,09
25	12,00	5,91	720	6,11
25	24,00	3,08	1440	3,66
50	0,17	89,80	10	88,65
50	0,33	67,55	20	67,17
50	0,50	55,47	30	55,32
50	1,00	38,55	60	37,81
50	2,00	25,50	120	24,58
50	6,00	11,76	360	11,58
50	12,00	6,62	720	7,02
50	24,00	3,45	1440	4,20
100	0,17	99,17	10	101,76
100	0,33	74,59	20	77,10
100	0,50	61,26	30	63,50
100	1,00	42,57	60	43,40
100	2,00	28,16	120	28,21
100	6,00	12,99	360	13,30
100	12,00	7,31	720	8,05
100	24,00	3,80	1440	4,82

El cociente  $I_1/I_{24}$  se obtiene de un mapa de isolíneas con los valores para el territorio nacional. De esta manera, conocidos los valores para las capitales de provincia de Córdoba (9,45) y Sevilla (10,41) se ha calculado el valor de este índice ponderado el inverso del cuadrado de la distancia a la cuenca, obteniéndose  $I_1/I_{24} = 9,72$ . De esta forma, sustituyendo en la ecuación 11, los valores de  $I_d$  de la Tabla 2.3 para distintos períodos de retorno, pueden obtenerse para diferentes duraciones los valores de intensidad ( $I_t$  – Témez, Tabla 2.8). Sin embargo, como es necesario calcular los cuantiles de intensidad para períodos de retorno inferiores a 2 años, a partir de estos valores se ha procedido a la estimación de los parámetros de la familia de curvas cuya expresión es la ecuación 12 y cuyos parámetros ( $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$ , Tabla 2.13) se han ajustado por el método de mínimos cuadrados a partir del programa STATISTICA (Stat Soft, Inc. , 2001).

$$i_{T,tr} = \frac{a \cdot T^b}{tr^c + d} \tag{12}$$

**Tabla 2.9.** *Parámetros ajustados para la familia de curvas intensidad-duración-frecuencia de la ecuación 12, a partir de los valores de los cuantiles de precipitación.*

<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>f</b>
520,764	0,19898	0,766274	6,956221

Por otro lado, el tiempo de concentración de la cuenca según la ecuación de Témez (10) para un  $L$  de 0,100 km y una  $J$  del 0,139 m/m es igual a 0,08 h (4,8 minutos). Para  $c$ , se tomó un valor de 0,15, intermedio al medido por Francia et al. (2006) para una parcelas de olivar en no laboreo y cubiertas del 5,8 % y 21,5 %, que Gómez et al. (2004) evaluaron para no laboreo.

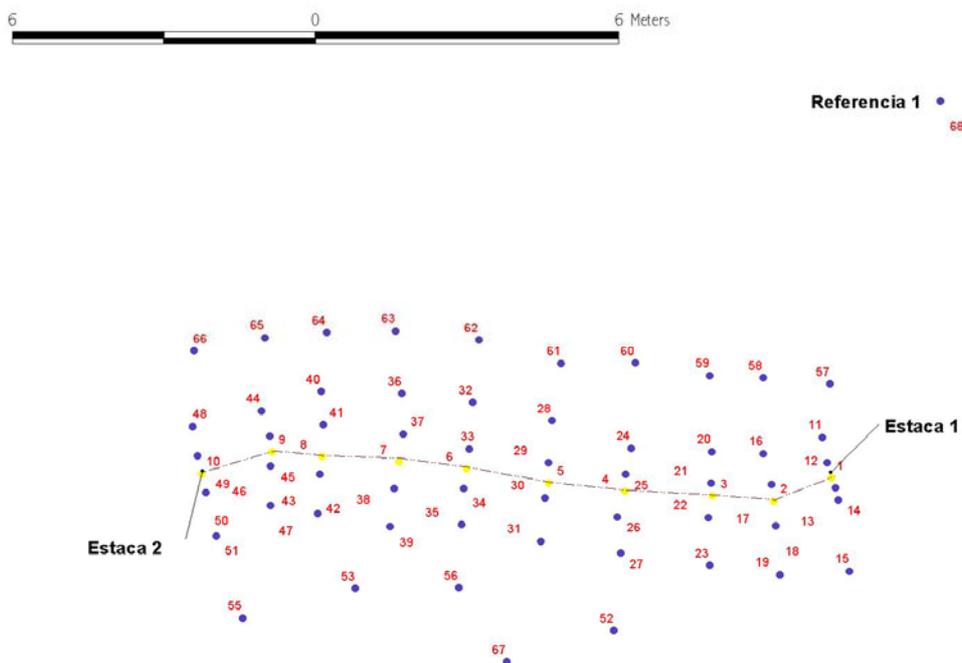
**Tabla 2.10.** *Valores de caudal máximo para diferentes T en la cuenca de Puente Genil según el método racional.*

<b>T (años)</b>	<b>I(tc, T) -(mm/h)</b>	<b>Q (m3/s)</b>
0,5	44,12	0,11
1	50,64	0,13
2	58,13	0,15
5	69,76	0,18
10	80,08	0,20
25	96,09	0,24

$c=0,15$ ;  $A= 6,1$  ha;  $t_c= 0,08$  h

En la Tabla 2.10, se muestran los caudales punta para precipitaciones de duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y períodos de retorno que van desde los seis meses hasta los 25 años. Hay que destacar que son valores calculados de una serie de precipitaciones diarias de 40 años y que el coeficiente de escorrentía se ha evaluado de valores obtenidos en parcelas. Por consiguiente, estos caudales máximos deben de servir para apoyar el dimensionamiento de las secciones del aforador pero deben establecerse unos criterios de medida y frecuencia para asegurar un número adecuado de medidas por campaña, minimizando el error en los eventos donde las pérdidas de suelo son mayores.

En relación al estudio topográfico, se midieron secciones en el tramo elegido tal y como muestran las Figuras 2.12, 2.13 y 2.14, a partir de las cuales se procedió al dimensionamiento.



**Figura 2.12.** Croquis del levantamiento topográfico en planta en Puente Genil.

En el caso de Puente Genil, con la idea de probar diferentes diseños y materiales, se predimensionó un aforador de chapa de acero inoxidable con un estrechamiento de secciones triangular y trapezoidal que aumentaban el rango de medida para los caudales pequeños y que funcionaban con éxito en otros estudios de investigación. Este tipo de aforadores compuestos no se podían calcular con el programa *Winflume32* (Wahl et al., 2001) pero basándose en los mismos criterios del epígrafe 2.2.1.1. y la Tabla 2.5, se programó en una hoja de cálculo las comprobaciones correspondientes a distintos predimensionamientos. La Tabla 2.11 muestra el resumen de los parámetros de diseño evaluados y el Anejo 3 aparece el fichero de salida del programa.



**Figura 2.13.** Base del levantamiento topográfico (Puente Genil)

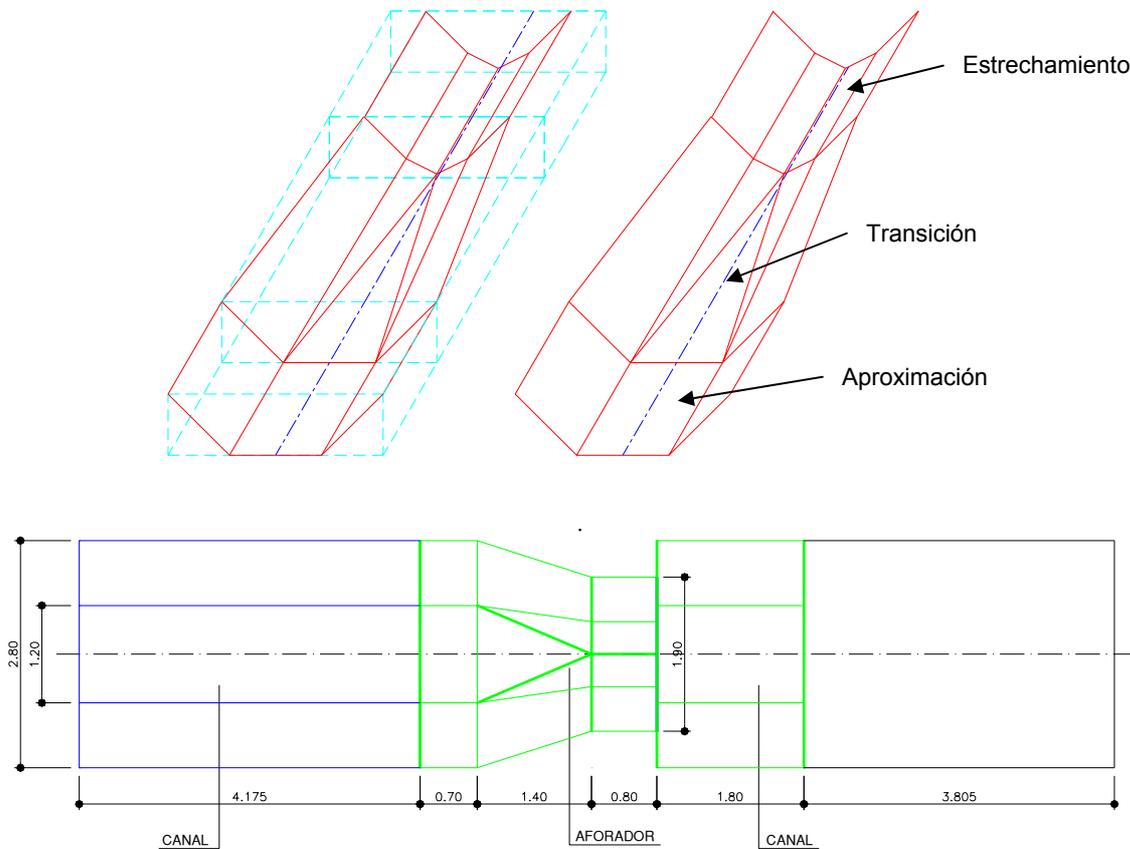


**Figura 2.14.** Estaca y vista de la sección del cauce (Puente Genil)

**Tabla 2.11.** Parámetros de diseño evaluados en el diseño del aforador de caudal de Puente Genil.

Valores Actuales	Restricciones
$h_{2max} = 0,549$ m	(no se muestran)
$h_{2min} = 0,011$ m	(no se muestran)
Resguardo durante $Q_{max} = 0,051$ m	Máximo permitido = 0,600 m
Número de Froude $Q_{max} = 0,230$ m	Número de Froude permitido = 0,5 m
Medida de error permisible para $Q_{max}$	$\pm 10,0\%$
Medida de error esperada para $Q_{min}$	$\pm 15,0\%$

Se diseñó un aforador de 2,9 m de longitud y profundidad máxima 60 cm, con un estrechamiento de sección compuesta por un triángulo y un trapecio, cuyos detalles constructivos han sido recogidos en el Anejo 6 y cuyo croquis muestra la Figura 2.12. Básicamente, la obra se inicia con un canal de entrada de unos 5,0 m de longitud, fabricado en hormigón y con una pendiente del 3,5 %. A continuación, se dispone el aforador de chapa compuesto de una aproximación trapezoidal de 0,7 m de longitud y de pendiente nula, que comunica con una transición de 1,4 m y que finaliza con un estrechamiento de 0,8 m de longitud y a 5 cm por encima del nivel de la aproximación. El estrechamiento tal y como se ha mencionado anteriormente constaría de una sección compuesta con un talud para el trapecio de 1/1 y para el triángulo de 2/1. La salida del aforador se realiza sin transición, prácticamente consiste en un escalón de unos 15 cm de desnivel, donde nuevamente la sección se corresponde con la de aproximación pero modificada la base por dos pequeños taludes de forma que se conduzca el agua a la entrada del muestreador de sedimentos. Los materiales a la salida vuelven a ser hormigón y la pendiente longitudinal del 5 % (Figuras 2.15 y 2.17- 2.20).

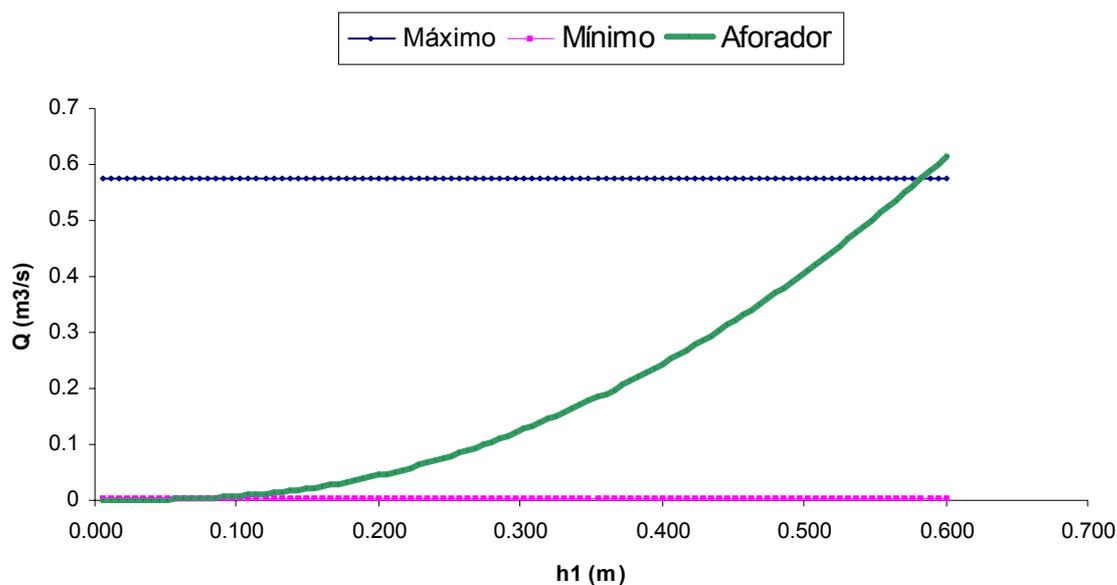


**Figura 2.15.** Esquema del aforador de chapa para la cuenca de salida de la cuenca de Puente Genil.

Finalmente, la Figura 2.16 presenta la curva de gasto y la Tabla 2.12, los caudales mínimos y máximos y sus correspondientes calados para los que el aforador alcanzaría como errores máximos  $\pm 15,0$  y mínimo 10,0 % del valor observado.

**Tabla 2.12.** Valores máximos y mínimos de caudal y calado que se prevén medir con el aforador de Puente Genil.

Valores	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Altura (m) en el control
<b>Máximo</b>	0,500	0,550
<b>Mínimo</b>	0,0024	0,113



**Figura 2.16.** Curva de gasto prevista para un aforador de sección crítica y umbrales de caudal para la microcuenca de Puente Genil.



**Figura 2.17.** Apertura del canal sobre el cauce natural (Puente Genil).



**Figura 2.18.** Establecimiento de las secciones maestras y las cotas (Puente Genil).



**Figura 2.19.** Grúa situando el aforador en la solera (Puente Genil).



**Figura 2.20.** Imagen final de aforador, caseta y soporte para el medidor de nivel (Puente Genil).

### 2.2.3. Equipamiento de medida lluvia-escorrentía-concentración de sedimentos.

#### 2.2.3.1. Introducción.

Los dispositivos (Figuras 2.21 -2.25) que componen las estaciones hidrológicas son los siguientes: un pluviógrafo (Hobo Event 7852M), un sensor de nivel por ultrasonidos (Milltronics Ultrasonics), un tomamuestras agua-sedimentos (ISCO 3700C) y un datalogger (Datataker DT 50) para organizar la actividad de los sensores y almacenar los datos. Se han construido una caseta de chapa galvanizada en las proximidades de los aforadores (Fig 19) donde guardar y proteger parte de los instrumentos.

Los pluviógrafos previstos para el registro de intensidades de lluvia son de tipo cangilón con paso de 0,2 mm (Figura 2.22).

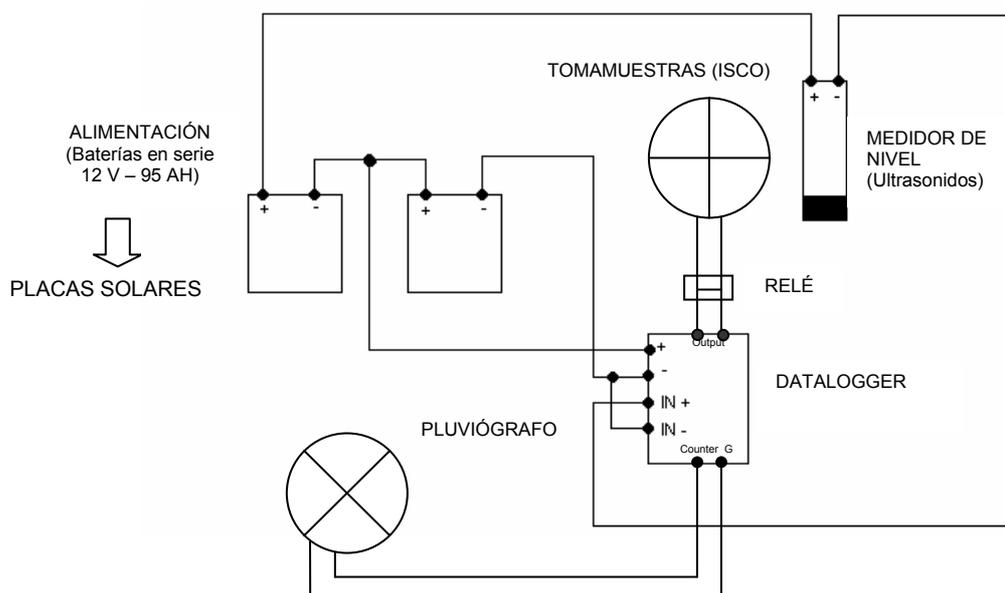
Los sensores de nivel por ultrasonidos (Figura 2.22 y 2.25) han sido instalados en la aproximación al aforador apoyados en estructuras metálicas compuestas por perfiles de acero y unas cajas de chapa para protegerlos de la lluvia y el robo. La elección principal de este tipo de sensor está justificada por la gran ventaja que supone no estar en contacto con el agua, y la ausencia de casetas calmadoras que tienden a llenarse de sedimentos y exigen un mantenimiento continuo. Además, resultan fáciles de calibrar y proporcionan medidas fiables (ITRC, 2002). Los sensores han sido calibrados para proporcionar como señal de salida de 4 a 20 mA que deben corresponderse con los niveles mínimo y máximo que desean medirse. La exactitud del instrumento es del 0,25%, mientras que la precisión es de 2 mm.

El tomamuestras (Figura 2.23) es un instrumento sencillo que bombea un volumen conocido de agua-sedimento hasta un depósito donde hay dispuestas 24 botellas para almacenar la muestra. De esta manera, a la salida de los aforadores se ha construido una depresión que crea una turbulencia en el flujo que permite aspirar la mezcla escorrentía-sedimento. El número de botellas limita el número de datos deseable que cabría esperar, de ahí que sea importante fijar un programa adecuado de muestreo. Presenta una batería propia de 12 V y 9 AH, pero para aumentar la autonomía se ha conectado a una batería de 95 AH.

El datalogger es un dispositivo muy completo capaz de registrar a la vez cinco canales analógicos y/o digitales, un contador y una salida digital. Se alimenta en corriente continua en

un intervalo de 12-24 V, de manera que al requerir 24V el sensor de ultrasonidos, el sistema está alimentado a 24 V a través del logger (Figura 2.24). El sistema de dos baterías en serie de 95 Ah tiene una autonomía media de un mes, aunque es alimentado por una serie de placas solar de 12 V combinadas en serie que permiten la recarga continua y que en el caso de Puente Genil ha funcionado con pleno éxito.

Por otro lado, a la hora de diseñar un programa de muestreo que coordine numerosas medidas, hay que considerar además del espacio en memoria, la frecuencia de muestreo, las limitaciones del número de medidas, la posibilidad de fallos de electrónica o accidentes, etc... Se han revisado algunas experiencias análogas pero no se encontraron ningunos criterios que pudieran relacionarse con atributos de la cuenca. De esta forma, considerando que el principal limitante de la toma de datos son las lecturas de descarga de sedimento a la salida de la cuenca y que estas descargas vienen originadas por aguaceros intensos y/o cuantiosos, es necesario que la activación del tomamuestras se realice bajo niveles de escorrentía que se encuentren dentro del intervalo medible de la curva de gasto. También, de esta forma se alarga la autonomía del dispositivo y se protege de perjudiciales esfuerzos en vacío.



**Figura 2.21.** Esquema general de las conexiones de los sensores.

Así, se ha previsto que el pluviógrafo recoja el número de pulsos por minutos que se den, almacenando la fecha y hora exacta en una tarea constante del datalogger, para el que se ha construido un programa para el conteo de pulsos cada 10 min y del que a partir de la curva de calibración del dispositivo se obtienen los valores precipitación diaria, intensidad máxima de 10 minutos ( $I_{10}$ ) e intensidad máxima de 30 minutos ( $I_{30}$ ).

Por otro lado, el sensor de ultrasonidos registra cada minuto los niveles de altura referidos desde la solera. Por encima de un nivel inicial (H1) que prevé el inicio de la escorrentía, la frecuencia aumenta a lecturas cada 30 s. Un segundo nivel del sensor más alto (H2) activa al tomamuestras de descarga agua-sedimentos. El resultado es un fichero con pulsos de lluvia y niveles de escorrentía coordinados con toma de muestras de agua-sedimentos cuya concentración se mide después del evento.

Se ha programado el datalogger para que registre la fecha y hora de los datos distintos de 0, de esa manera se optimiza también el espacio en memoria. Los datos, a continuación, se descargan

a un PC, que a partir de un software para la comunicación con el sistema, los recibe. Los valores finales de escorrentía de cada evento se calculan multiplicando el valor medio del caudal en  $m^3/s$  procedentes de la curva de gasto entre intervalos de muestreo por el tiempo transcurrido correspondiente 30 s o 1 min. Por otro lado, la concentración de sedimentos en distintos puntos del hidrograma se evalúa secando la carga sólida de las muestras para el volumen de agua conocido. La carga sólida se calcula de la semisuma de las concentraciones medidas entre periodos de frecuencia de muestreo multiplicada por el volumen de escorrentía correspondiente a dicho período.



Figura 2.22. Vista general del aforador, la caseta y la estructura del sensor de nivel en Setenil



Figura 2.23. Tomamuestras de agua y sedimentos en la caseta.



Figura 2.24 y 25. Datalogger descargando datos al ordenador (arriba) y sensor de ultrasonidos en la estructura-soporte.

El esquema de funcionamiento se resume brevemente de la siguiente forma: el pluviógrafo envía al contador de pulsos (counter) del datalogger su señal, que se registra. Por otro lado, el sensor de ultrasonidos envía su respuesta a modo de señal analógica (4 a 20 mA) a otro canal de manera que el logger registra esta intensidad y si se sobrepasan los umbrales, envía una señal a un relé, cuyos contactos normalmente abiertos se cierran y permiten el paso de tensión de 10 V que constituye un pulso válido para activar el muestreo de sedimentos (Figura 2.18).

### 2.2.3.2. Características específicas de los dispositivos de medida en Setenil.

A pesar de que en ambas cuencas se ha seguido el mismo esquema en relación a las conexiones y programas, se han aplicado intencionadamente distintas alternativas para mejorar los costes y facilitar el mantenimiento de las instalaciones. Así en Setenil, dos placas solares de 12 V, 30 W de potencia máxima (Figura 2.27), alimentan a las tres baterías dispuestas en paralelo y un convertidor de tensión, dispuesto previamente a la conexión del datalogger, eleva la tensión de 12 V a 24 V. Este esquema ha reducido notablemente el coste de la instalación solar aunque ha originado algunos inconvenientes que se evaluarán más adelante.

Además, debido a las diferencias en las curvas de gasto de ambos aforadores los niveles de activación H1 y H2 y la frecuencia de toma de muestras son diferentes en cada cuenca.

De esta forma, algunas pruebas del dispositivo en campo y las primeras medidas dentro de una campaña muy seca condujeron a tomar H1 = 2,0 cm (aproximadamente 0,02 l/s) como nivel para comenzar a guardar los datos cada 30 s. Para, H2, 5 cm (3,8 l/s) es la altura de flujo que mantenida o sobrepasada durante 5 min debía activar la toma de muestras agua-sedimentos. Ambos niveles, se encuentran por debajo de los calados mínimos de la curva de gasto, sin embargo, es una práctica común ajustar la curva hasta niveles de cota 0 para ampliar el número de medidas aunque no exista un control exacto del error (Marcelo Ríos, comunicación personal). Por otro lado, en pruebas realizadas en campo comparando los valores de ajuste con volúmenes fijos en el tiempo se observó que la desviación observada-calculada era baja, teniendo en cuenta el bajo valor absoluto de los caudales.



**Figura 2.26.** Instrumentalización de la salida de la cuenca de Puente Genill, con el canal y el aforador colmatado por las lluvias del 10 al 12 de octubre de 2005.



**Figura 2.27.** Instrumentalización de la salida de la microcuenca de Setenil con las placas solares.

### 2.2.3.2. Características específicas de los dispositivos de medida en Puente Genil.

En este caso, la altura en la que la frecuencia de muestreo es de 30 s, H1, es 4 cm (no hay aún flujo a la salida) y H2 = 6 cm (0,04 l/s). De esta manera, si el nivel de flujo en la aproximación es de 6 cm o más, durante 30 minutos se procede a la toma de muestras. La frecuencia se reduce

debido al rango de caudales pequeños que este aforador llega a medir en el tiempo una vez saturado el suelo.

El sistema de alimentación en este caso consta de dos paneles solares de 20 W de potencia máxima (12 V) que alimentan a las baterías en serie para la energía del datalogger y el sensor de ultrasonidos y uno de 5W (12 V) para la del muestreador ISCO (Figura 2.23).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Evaluación de las instalaciones para la medida de escorrentía y erosión en microcuencas de olivar.

##### 3.1.1. Microcuenca de Setenil

Se dispone de registro de datos desde el día 1 de abril de 2005, considerándose hasta el 1 noviembre de de 2006. En estos 578 días, no se registraron datos o se perdieron en 83 días, 21 de ellos con lluvia superior a 1 mm. Las causas de estos fallos, que no se manifestaron hasta que se redujeron notablemente los períodos de luz, están relacionadas con un deficiente dimensionamiento del sistema de alimentación. De esta manera, el cuantioso consumo del convertidor de tensión, que además cuenta con un sistema de protección que actúa cortando la corriente cuando la tensión 12 V no está asegurada, ha originado la suspensión de los sensores, después de ciclos muy nubosos. Actualmente, el sistema de alimentación se ha modificado y consta de dos baterías en serie recargadas por los paneles sin convertidor intermedio hasta el datalogger. Por otro lado, el funcionamiento de los sensores ha sido perfecto, a pesar de las condiciones intermitentes de avenidas y las acusadas temperaturas tanto en invierno como en verano.

En relación al aforador, se valora su sencillez de ejecución y el bajo coste. Aunque inicialmente no se registraron valores de escorrentía dado el ciclo tan seco que supuso el año 2005 (Tabla 2.13), se han medido 15 eventos donde se ha generado escorrentía y se han llegado a alcanzar caudales punta de 440,1 l/s.

La Tabla 2.13 ofrece los valores de precipitación medidos en la microcuenca de Setenil en los períodos abril-diciembre de 2005 y enero-octubre de 2006 en comparación con el año medio obtenido de la serie de precipitaciones diarias del año 1949-1999 de la estación de Setenil del Ministerio de Medio Ambiente (Tabla 2.14). Las diferencias ponen de manifiesto la escasez de lluvia, escorrentía y pérdida de suelo en los dos últimos años.

**Tabla 2.13.** Comparativa de la cantidad de precipitación registrada en la cuenca de Setenil en los períodos abril-diciembre 2005 y enero-octubre 2006 y la correspondiente al año medio según los datos de la estación Setenil del INM.

	<i>P medida (mm)</i>	<i>P año medio (mm)</i>
<b>Período 2005</b>	208,1	719,3
<b>Período 2006</b>	529,0	795,4

**Tabla 2.14.** Comparativa de los valores mensuales de lluvia del año medio y los medidos en la microcuenca de Setenil.

<i>Meses</i>	<i>Enero</i>	<i>Febrero</i>	<i>Marzo</i>	<i>Abril</i>	<i>Mayo</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Octubre</i>	<i>Noviembre</i>	<i>Diciembre</i>
Año medio (mm)	141,8	143,4	134,4	87,8	77,8	36,8	10,8	27,0	46,5	102,9	133,9	195,8
Medidas 2005 (mm)	-	-	-	10,4	15,9	0,0	0,0	1,1	11,0	86,7	39,0	44,0
Medidas 2006 (mm)	109,8	54,4	87,0	40,8	47,1	12,2	9,5	12,5	66,6	89,1	-	-

##### 3.1.2. Microcuenca de Puente Genil

En el caso de Puente Genil, la instrumentación comenzó a funcionar el día 10 de abril de 2005. Durante el tiempo transcurrido hasta el 7 de noviembre de 2006, la instrumentación no ha dejado de funcionar, tan sólo se han dejado de almacenar datos debido a insuficiencias de memoria del datalogger en dos períodos del verano que en total suman 20 días, de los cuales sólo 2 mostraron lluvia superior a 1 mm. En este caso, las recomendaciones de mejora se dirigen a la incorporación de tarjetas de memoria y al envío de datos por tecnología GSM que es en lo que se está trabajando actualmente.

El aforador de Puente Genil se diseñó para medir valores bajos de caudal con errores pequeños, debido a los menores valores de lluvia anual y un manejo en la cuenca con cubiertas del que se prevén tasas bajas de escorrentía. Se han medido 23 eventos que mayoritariamente han originado tasas de escorrentía muy bajas, pero que han llegado a alcanzar un caudal máximo de 351,3 l/s. En este caso, la ejecución ha resultado más cara, más lenta y más complicada debido a los condicionantes del terreno aunque los resultados justifican la inversión.

Las Tablas 2.15 y 2.16 muestran los valores de lluvia acumulados y por meses de un año medio según los datos de la estación agrometeorológica de Instituto de Agricultura Sostenible de Santaella correspondiente al período 1999-2004 y la precipitación registrada en la cuenca en el período de estudio (10 abril-diciembre 2005 y enero-7 de noviembre de 2006). En este caso, las lluvias son reducidas respecto a los valores medios aunque estas diferencias son menores

**Tabla 2.15.** Comparativa de la cantidad de precipitación registrada en la cuenca de Puente Genil en los periodos 10 abril-diciembre 2005 y enero-septiembre 2006 y la correspondiente al año medio según los datos de una estación agrometeorológica del IAS en Santaella.

	<i>P medida (mm)</i>	<i>P año medio (mm)</i>
<b>Período 2005</b>	164,4	332,6
<b>Período 2006</b>	275,9	346,5

**Tabla 2.16.** Comparativa de los valores mensuales de lluvia del año medio y los medidos en la microcuenca de Puente Genil.

<i>Meses</i>	<i>Enero</i>	<i>Febrero</i>	<i>Marzo</i>	<i>Abril</i>	<i>Mayo</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Octubre</i>	<i>Noviembre</i>	<i>Diciembre</i>
Año medio (mm)	30,3	38,3	82,6	48,9	51,8	0,9	0,0	0,1	21,7	72,0	52,9	84,3
Medidas 2005 (mm)	-	-	-	0*	22,8	0,0	0,0	0,0	23,5	67,5	18,4	32,2
Medidas 2006 (mm)	57,1	34,0	39,9	19,4	31,0	0,4	0,4	12,3	36,7	44,8	-	-

\* El mes de abril se inicia el día 10 de abril. Los días 2 y 8 de abril se había medido 1,0 y 11,5 mm en la estación de Santaella.

### 3.2. Valoración de los datos de escorrentía y erosión obtenidos en las cuencas de estudio.

Los estudios publicados para la evaluación de la pérdida de suelo en olivar han sido llevados a cabo en parcelas de ladera (Tabla 2.17), con resultados muy diversos según las distintas condiciones del medio. La disminución de escala aunque dificulta las comparaciones, exige mayores inversiones y volumen de trabajo, permite contemplar estos procesos de forma más fiel, ya que no se realizan extrapolaciones, se integran un mayor número de procesos y se consideran las labores que normalmente realiza el agricultor.



**Figura 2.28.** Estado del canal colmatado hasta la salida tras las lluvias ocurridas en Setenil en marzo de 2006 (21 de marzo)



**Figura 2.29.** Retroexcavadora retirando sedimentos a la salida del canal tras las lluvias ocurridas en Setenil en marzo de 2006 (21 de marzo)

La Tabla 2.17 ofrece los valores de coeficientes de escorrentía y erosión medidos por otros autores. La escasez de estudios de pérdida de suelo en olivar en relación al manejo, así como las distintas prácticas que se van incorporando, requieren nuevos trabajos que amplíen la información sobre la sostenibilidad del cultivo, especialmente en enclaves vulnerables como son los olivares de sierra.

**Tabla 2.17.** *Coefficientes de escorrentía y tasas de pérdida de suelo en olivar para distintos manejos obtenidos por otros autores.*

Referencia	Manejo	C escorrentía (%)	Pérdidas de suelo	Número de eventos y/o período de tiempo
Kosmas et al. (1997)	Condiciones seminaturales	2,6 %	0,03 t/ha.año	4 años
Pastor et al. (1999)	No laboreo (suelo desnudo)	-	5 t/ha.año	Ensayo con simulador de lluvia
	Mínimo laboreo con cubiertas	-	0,5 t/ha.año	
	Laboreo tradicional	-	12,5 t/ha.año	
Raglione et al. (1999)	Mínimo laboreo con cubiertas	3,5	0,36 t/ha.año	2 años
	Laboreo tradicional	12,8	41,00 t/ha.año	
Gómez et al. (2004)	No laboreo (suelo desnudo)	21,5	8,5 t/ha.año	2000-2003 ( tres años hidrológicos completos)
	Mínimo laboreo con cubiertas	1,2	2,5 t/ha.año	
	Laboreo tradicional	7,4	4,0 t/ha.año	
Francia et al. (2006)	No laboreo con cubierta	4,3-7,2	1,7-2,4 t/ha.año	19 eventos erosivos período 1999-2000
	Laboreo tradicional	1,4-5,6	1,0-10,4 t/ha.año	
	No laboreo (suelo desnudo)	9,8-11,2	10,5-40,7 t/ha.año	
de la Rosa et al. (2005)	Mínimo laboreo con cubiertas	0,00-12,9	0-2,6 kg/ha (evento)	8 eventos del año 2001
	Laboreo tradicional	0-21,8	0-30,2 kg/ha (evento)	

En primer lugar se van a examinar los resultados obtenidos en relación a la lluvia, la escorrentía y erosión registrados en cada una de las microcuencas para finalmente compararlos con los datos obtenidos en parcelas.

### 3.2.1. Microcuenca de Setenil

#### 3.2.1.1. Características de la lluvia.

La lluvia total recogida en el período del año 2005 (abril-diciembre) fue de 208,1 mm mientras que para los meses de enero-octubre de 2006 fue 529,0 mm, ambas inferiores a los valores medios (Tabla 2.13 y 2.14). Se ha considerado para los días en los que las instalaciones no funcionaban, los valores de precipitación medidos por la estación agrometeorológica de la Junta en Andalucía en Olvera, que arrojaba con los datos de Setenil un coeficiente de correlación 0,85. Los máximos diarios fueron registrados por el pluviógrafo de la cuenca, con valores iguales a 25,1 mm (14 de noviembre de 2005) y 36,7 (3 mayo de 2006), aunque en este último evento la lluvia continuó durante la noche del 4 de mayo llegando contabilizar 46,2 mm (Figura 2.36). Por otro lado, la  $I_{10}$  (intensidad máxima de 10 minutos) alcanzó también su valor máximo del 2005, el 30 de octubre (14,42 mm/h, Figura 2.31). En el 2006, el 12 de septiembre se llegó a alcanzar una  $I_{10}$  de 55,07 mm/h (Figura 2.31 y Figura 2.35). Esto refleja los altos índices de variación que caracterizan al clima mediterráneo anualmente tanto en cantidad de lluvia como en su capacidad erosiva. De hecho, de abril a diciembre de 2005 sólo se midieron tres eventos que generasen escorrentía, debido al período extremadamente seco que supuso esa campaña.

**Tabla 2.18.** *Datos sobre los eventos de lluvia, escorrentía y erosión registrados en la cuenca de Setenil.*

Número de días de medida	495
Número de días de lluvia medidos	150
Número de días de lluvia medidos > 1 mm	55
Número de eventos de escorrentía-erosión medidos	13
Número de eventos de descarga de sedimentos > 0,0 kg	6

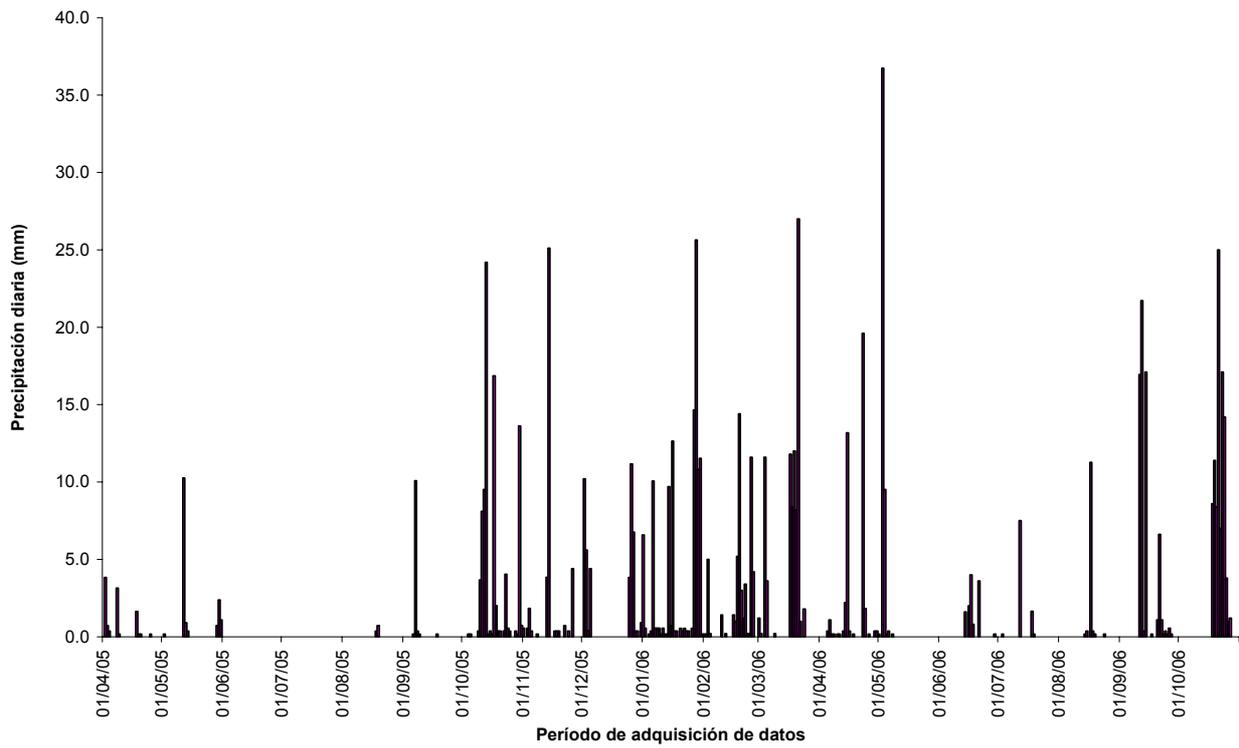


Figura 2.30. Precipitación diaria (mm) en el período de estudio, registrada en la microcuenca de Setenil

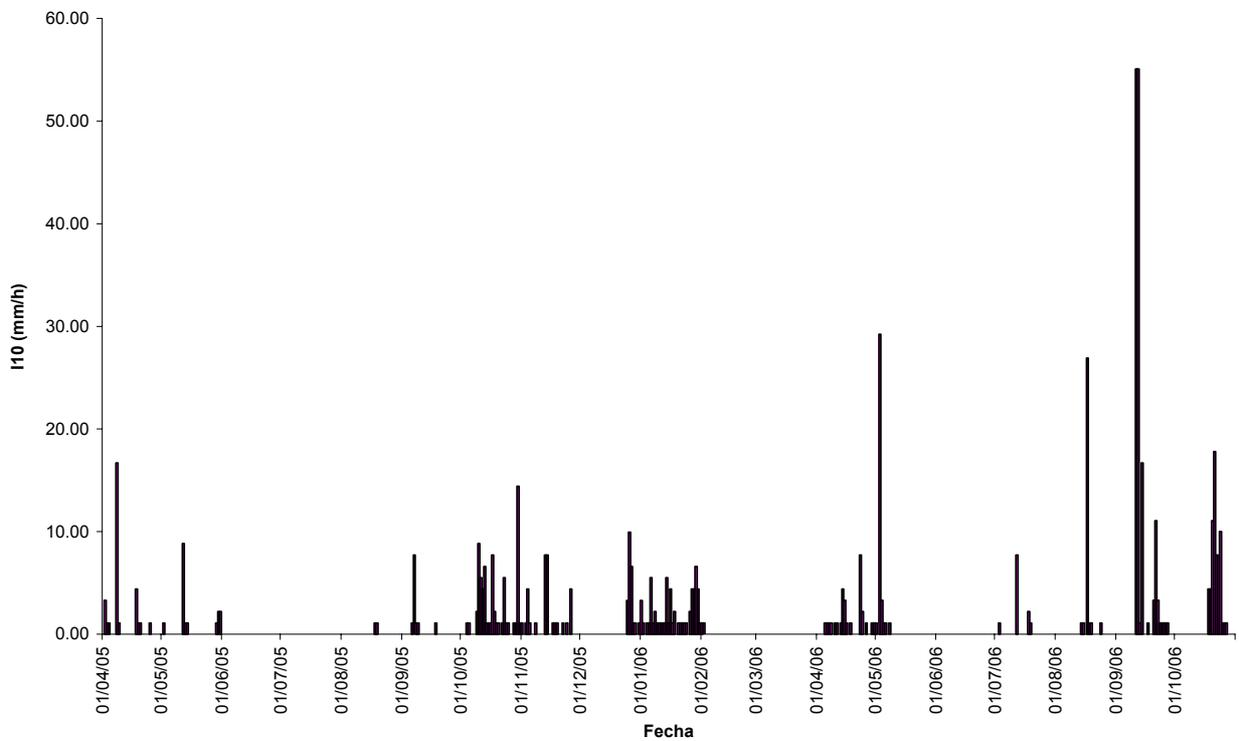


Figura 2.31. Distribución de la  $I_{10}$  (mm/h) de los episodios de lluvia diarios en el periodo de estudio en Setenil.

Las Tablas 2.18 y 2.20. recogen las características de los episodios de lluvia que generaron escorrentía. La Tabla 2.19. muestra también el examen de las correlaciones entre la lluvia y su respuestas en la cuenca. De ella, puede extraerse la importancia de la intensidad tanto en los valores de escorrentía como en los caudales punta, por encima del valor de la lluvia. De acuerdo a las conclusiones del Capítulo 1 para las que la conductividad hidráulica saturada resultaba fundamental para explicar la localización de los puntos de erosión y depósito, se confirma que el flujo hortoniano derivado de intensidades de lluvia superiores a los valores de infiltración tiene un papel muy importante en la generación de escorrentía en la cuenca, especialmente en condiciones húmedas del suelo. Así, los coeficientes de correlación de  $I_{10}$  e  $I_{30}$  con  $Q_p$ ,  $Q_e$  y  $c$  son superiores a 0,80. Por otro lado, la ausencia de correlación entre la precipitación y la escorrentía por eventos, puede responder a la incidencia de las condiciones antecedentes del suelo, muy secas en el período 2005.

**Tabla 2.19.** *Coefficientes de correlación de las variables relacionadas con la lluvia (precipitación, intensidad máxima de 10 minutos e intensidad máxima de 30 minutos) y las relacionadas con la escorrentía (caudal punta, volumen de escorrentía y coeficiente de escorrentía) y la descarga de sedimentos (concentración media) en Setenil.*

	$Q_p$	$Q_e$	$c$	$C_{media}$
$P$	0,22	0,41	0,23	0,37
$I_{10}$	<b>0,93</b>	<b>0,86</b>	<b>0,90</b>	0,09
$I_{30}$	<b>0,86</b>	<b>0,81</b>	<b>0,82</b>	-0,09

### 3.2.1.2. Escorrentía y erosión de suelos.

En las Tablas 2.20.a, 2.20.b y 2.20.c, se ofrece un resumen de las características de los eventos de escorrentía y erosión registrados en la cuenca y en el Anejo 8, los hietogramas e hidrogramas de escorrentía con las medidas de concentración de sedimentos cuya representación no ha sido incluida en el capítulo. Es importante observar como un número reducido de eventos cuantiosos, no especialmente intensos si se consideran los valores de intensidad máxima de 10 minutos y distintos períodos de retorno de la Tabla 2.3, parecen ser los responsables primordiales de las pérdidas anuales de suelo en la cuenca, tal y como también comprobó Cammeraat (2004) en otras cuencas del SE de España.

La pérdida de los datos correspondientes a las lluvias del mes de marzo impiden computar el balance anual de pérdida de suelo, ya que si bien el resto del año no se han hallado muestras de avenidas cuantiosas, durante el día 21 de marzo de 2006, el muestreador de sedimentos recogió agua y sedimentos activado por el gran volumen de escorrentía. Por otro lado, el estado del canal colmatado por el arrastre de sedimentos (Figuras 2.28 y 2.29) da una idea de las altas pérdidas de suelo que se produjeron en ese evento, después de que en los días precedentes del 17 al 20 cayeran repartidos 40,4 mm de lluvia (según la estación meteorológica de Olvera de la Junta de Andalucía).

El efecto de la humedad antecedente en esta cuenca se manifiesta notablemente en los eventos de otoño de 2005, especialmente el 13 de octubre (Figura 2.32.) y el 14 de noviembre (Tabla 2.20.a). En estos casos, pese a los valores considerables de lluvia (24,2 y 25,1 mm) e intensidad ( $I_{10} = 9,95$  mm/h y 7,72 mm/h), la escorrentía y las pérdidas de suelo en la cuenca fueron bajas. A medida que el contenido de humedad en el suelo fue aumentando en el 2006, lluvias menos intensas y cuantiosas como las del episodio del 16 de enero, comenzaron a generar escorrentía.

Las buenas condiciones de infiltración en las que se encuentran algunas zonas de la cuenca especialmente en cabecera (Capítulo 1) y el período seco justifican que algunas lluvias de 2005 no hayan generado escorrentía y descarga de sedimentos a iguales valores de intensidad y precipitación que otras de 2006.

**Tabla 2.20.a. Eventos de escorrentía y erosión registrados desde abril 2005- noviembre 2006 en la microcuenca de Setenil.**

Fechas		13-oct-05	30-oct-05	14-nov-05	16-ene-06	27-28 ene 2006	21-mar-06
Lluvia	I <sub>10</sub> (mm/h)	9,95	14,42	7,72	5,87	4,40	-
	I <sub>30</sub> (mm/h)	5,87	14,05	8,11	4,40	4,40	-
	P (mm)	24,20	13,62	25,11	13,57	40,28	27,00
Escorrentía	Q <sub>p</sub> (l/s)	24,20	4,50	1,30	1,40	32,20	-
	Q <sub>e</sub> (mm)	0,23	0,04	0,05	0,10	1,83	-
	c escorrentía (%)	0,95	0,31	0,18	0,64	4,54	-
Erosión	C media (g/l)	2,7	-	-	-	19,4	2,3*
	Nº segmentos	3	0	0	0	21	25
	Total (kg)	43,1	0,0	0,0	0,0	2382,7	-

\*esta es una concentración promedio (sin ponderar volumen)

**Tabla 2.20.b. Eventos de escorrentía y erosión registrados desde abril 2005- noviembre 2006 en la microcuenca de Setenil.**

Fechas		3-may-06	3-4 mayo-06	4-may-06	12-sep-06	14-sep-06
Lluvia	I <sub>10</sub> (mm/h)	29,21	4,77	3,29	55,07	16,67
	I <sub>30</sub> (mm/h)	25,77	5,51	2,56	38,50	10,32
	P (mm)	26,84	10,98	8,05	21,35	16,74
Escorrentía	Q <sub>p</sub> (l/s)	81,50	1,20	0,90	440,10	101,40
	Q <sub>e</sub> (mm)	1,17	0,05	0,03	5,40	1,00
	c escorrentía (%)	4,36	0,43	0,31	25,30	5,90
Erosión	C media (g/l)	7,3	-	-	*	*
	Nº segmentos	14	0	0	*	*
	Total (kg)	573,8	0,0	0,0	*	*

\*: no ha habido medidas por llenado de las botellas o fallos del sistema.

**Tabla 2.20.c. Eventos de escorrentía y erosión registrados desde abril 2005- noviembre 2006 en la microcuenca de Setenil.**

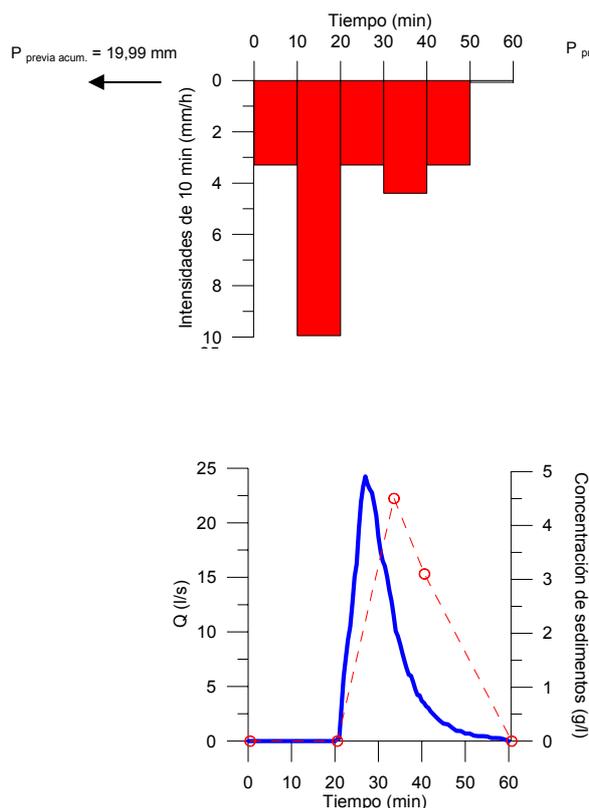
Fechas		21-22sep-06	21-oct-06	23-oct-06	24-oct-06
Lluvia	I <sub>10</sub> (mm/h)	11,06	13,03	7,72	10,0
	I <sub>30</sub> (mm/h)	8,83	7,72	6,20	6,20
	P (mm)	7,71	13,25	7,70	5,30
Escorrentía	Q <sub>p</sub> (l/s)	35,60	17,60	8,30	9,10
	Q <sub>e</sub> (mm)	0,17	0,52	0,24	0,06
	c escorrentía (%)	2,16	3,93	3,11	1,10
Erosión	C media (g/l)	*	7,6	6,3	15,3
	Nº segmentos	*	15	4	6
	Total (kg)	*	266,0	87,3	59,2

\*: no ha habido medidas por llenado de las botellas o fallos del sistema.

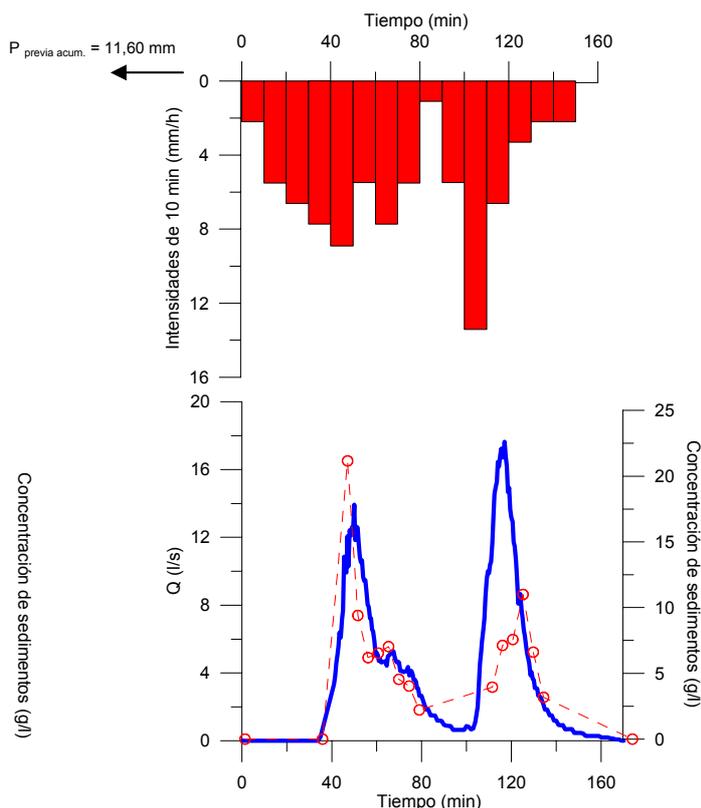
Es significativo el caso del 27-28 de enero frente al del 3-4 de mayo de 2006 (Figuras 2.36 y 2.34). A pesar de la correlación intensidad de lluvia-escorrentía (Tabla 2.19.) para valores de lluvia e intensidad más bajos la respuesta de la cuenca en relación a la escorrentía total es más alta y con ella también las pérdidas de suelo. De esta manera, las lluvias caídas a finales de diciembre de 2005 y durante enero de 2006 saturaron el suelo posibilitando el arrastre de los sedimentos procedentes de otros eventos más erosivos. Como contraposición, las altas temperaturas primaverales, el estado de desarrollo del árbol y un período de 8 días sin lluvia pueden justificar que el máximo del año hidrológico 2005-2006 tanto en precipitación como en intensidad origine menores pérdidas de suelo. Es interesante este tipo de condicionantes a la hora de evaluar las respuestas de las cuencas a la lluvia, que deberían contemplarse cuidadosamente en el modelado.

En relación a la concentración de sedimentos en la escorrentía, hay un buen ajuste con la tendencia del caudal tal y como puede apreciarse en la Figura 2.34 correspondiente al evento del 3 de mayo 2006. Así, la escorrentía se inicia poco después de un golpe de lluvia de 4,7 mm en 10 minutos (4:20-4:30), alcanzando el caudal punta en menos de 10 minutos (4:33). La concentración de sedimentos alcanza su valor máximo casi simultáneamente.

Finalmente, de los datos registrados en el otoño de 2006 hay que destacar el máximo del 12 de septiembre de 2006 (Figura 2.35) donde se produjo un episodio especialmente erosivo dados los valores de intensidad tan altos ( $I_{10} = 55,07$  mm/h, Tabla 2.20.b), que determinaron un caudal punta de 440 l/s. El evento del 21 de octubre de 2006 (Figura 2.33), muestra otro ejemplo de las variaciones de concentración de sedimentos de acuerdo a la tendencia del hidrograma.

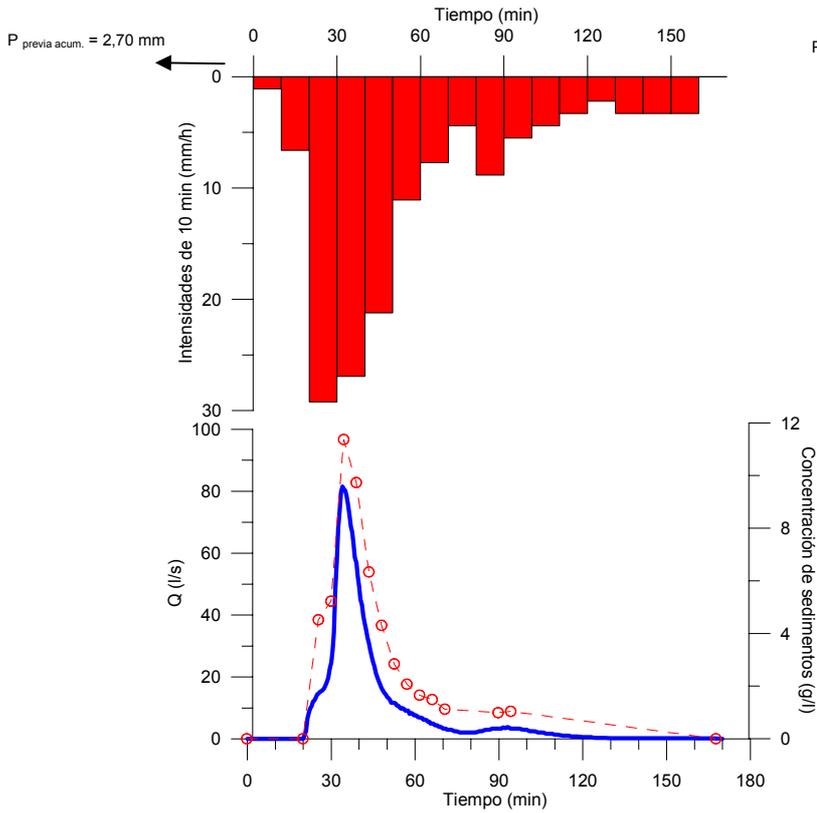


**Figura 2.32.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos(rojo) del evento medido en Setenil el 13 de octubre de 2005.

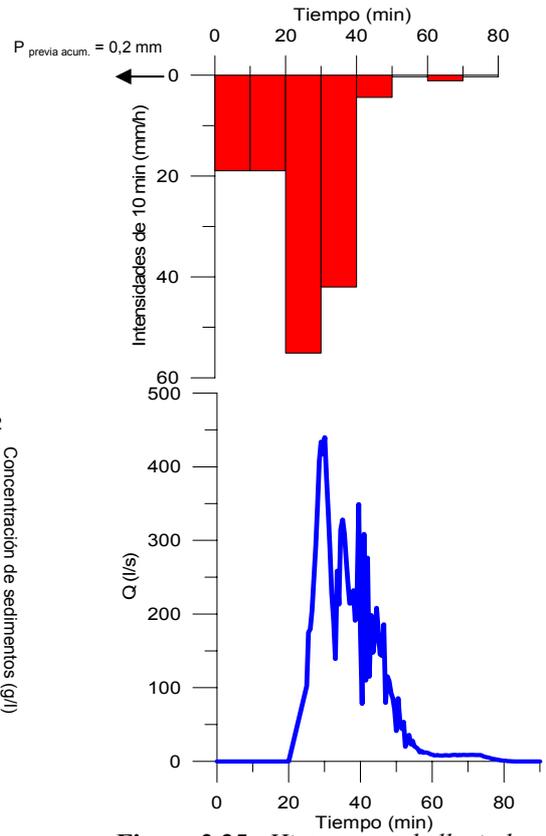


**Figura 2.33.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos(rojo) del evento medido en Setenil el 21 de octubre de 2006.

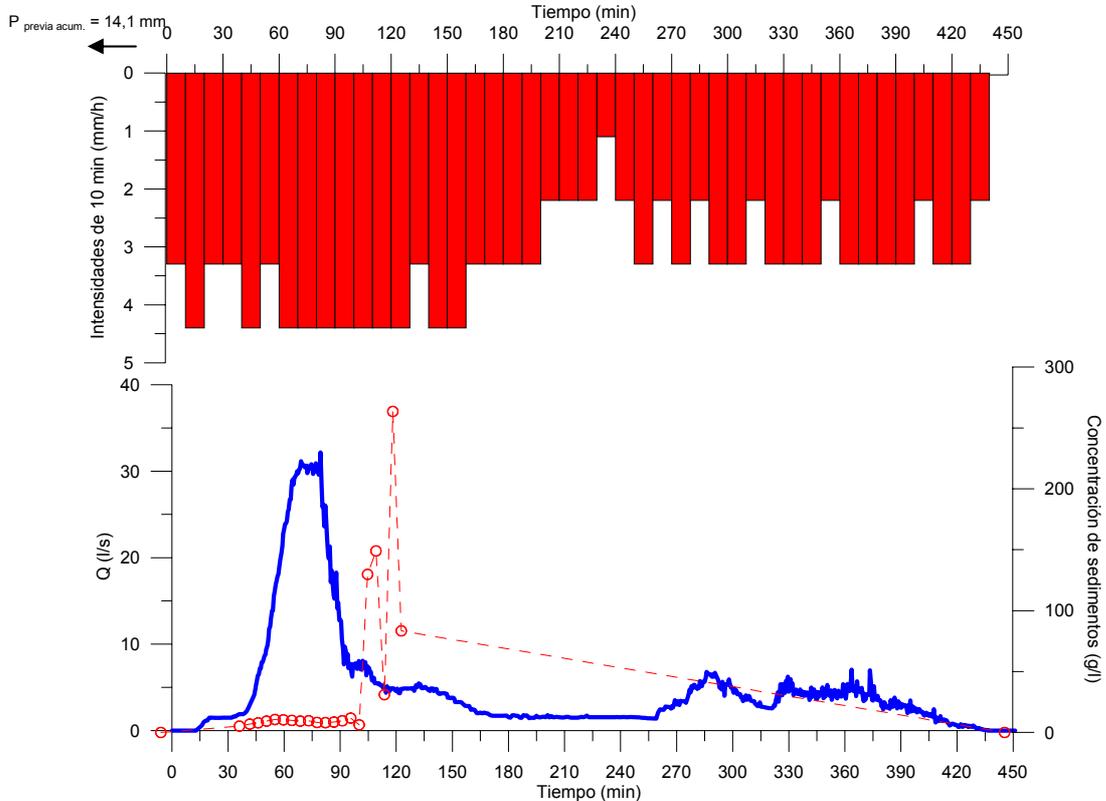
Según los valores de la bibliografía de la Tabla 2.17, tan sólo los valores determinados por la Rosa (2005) son comparables, aunque el manejo de mínimo laboreo sin cubiertas no llega a contemplarse por ninguno de los autores. Además tanto en su caso como en éste, los datos son escasos y deben interpretarse con cautela. Así, para los ocho eventos referidos por este autor bajo laboreo tradicional que es el manejo más próximo al caso de Setenil (Tabla 2.2), las tasas medidas de pérdida de suelo se hallan entre 0 y 30,2 kg/ha, valores que se encuentran muy por debajo del intervalo observado de 0 – 355,6 kg/ha y evento. El coeficiente de escorrentía que se caracteriza por una alta variabilidad toma en los primeros meses de otoño valores por debajo del 1 %. A medida que aumentan las lluvias incrementa su valor, alcanzándose un máximo de 25,3 % comparable al máximo registrado en la bibliografía (21,8 %).



**Figura 2.34.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos (rojo) del evento medido en Setenil el 3 de mayo de 2006.



**Figura 2.35.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) del evento medido en Setenil el 12 de septiembre de 2006.



**Figura 2.36.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos (rojo) del evento medido en Setenil durante los días 27-28 de enero de 2006.

### 3.2.2. Microcuenca de Puente Genil

#### 3.2.2.1. Características de la lluvia.

La lluvia total que se ha recopilado para las fechas comprendidas entre el 10 de abril de 2005 al 31 de diciembre de 2005 fue de 164,4 mm mientras que para los meses de 2006, de 275,9 mm (enero-octubre). En ambos años, las lluvias anuales han sido menores al valor medio, aunque en el 2005 las diferencias resultan más espectaculares que en 2006 (Tabla 2.15).

De los datos de Puente Genil tan sólo se han perdido dos lluvias (7 septiembre de 2005 y 16 agosto de 2006) que no dieron muestras de depósito en el canal. Para estas dos fechas, se han considerado los valores medidos por la estación agrometeorológica de Santaella del Instituto de Agricultura Sostenible (CSIC), que mostraba un coeficiente de correlación con los datos de 0,78. Los máximos diarios fueron registrados por la el pluviógrafo de la cuenca, con valores iguales a 26,1 mm (10 de octubre de 2005) y 25,8 (27 de enero de 2006), aunque en este último evento la lluvia continuó durante la noche del 28 de enero llegando contabilizar 30,7 mm (Figura 2.47).

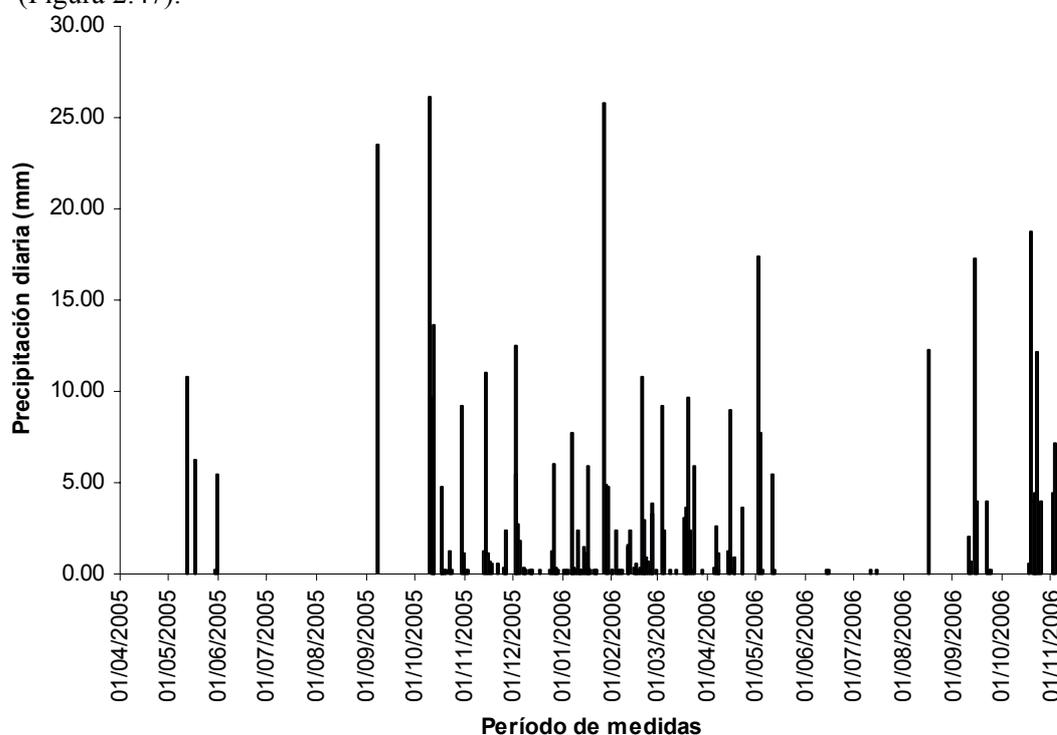


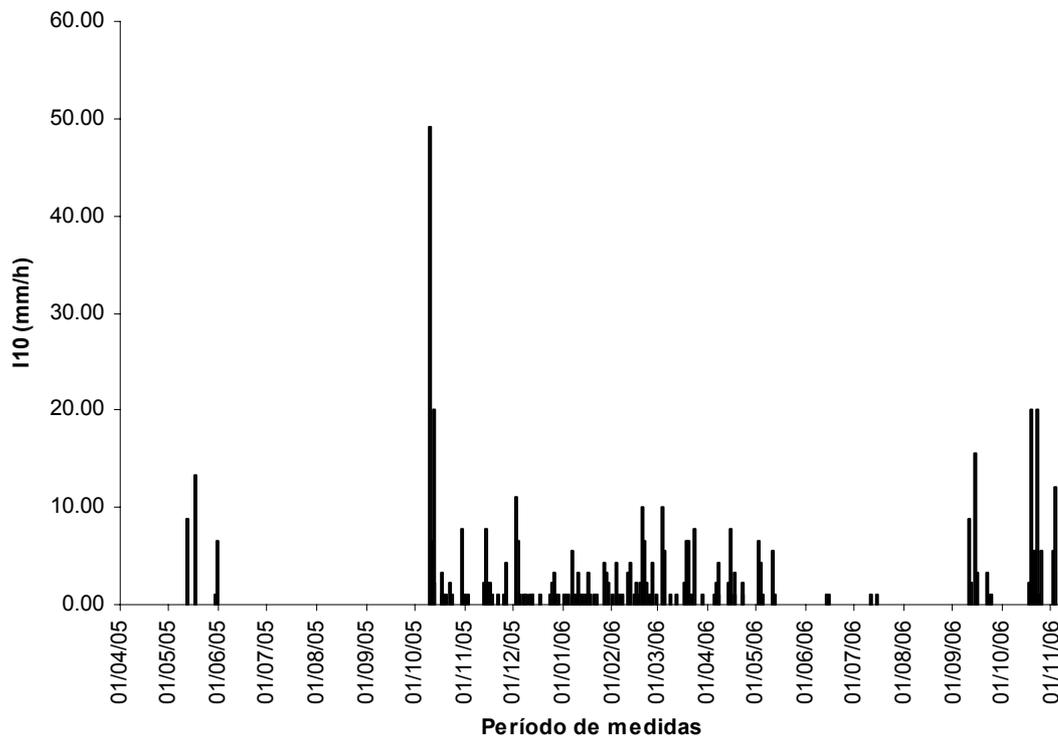
Figura 2.37. Precipitación diaria (mm) en el período de estudio en la microcuenca de Puente Genil

La Tabla 2.21. muestra los coeficientes de correlación entre las variables de la lluvia, la escorrentía y la erosión. Al igual que en el caso de Setenil, la  $I_{10}$  tiene un peso fundamental en la cuenca, aunque hay que matizar que el valor extremo del 10 de octubre de 2005 es el principal componente de tan elevado coeficiente de correlación en la escorrentía. Además, los valores  $I_{10}$  e  $I_{30}$  se encuentran correlacionados con la concentración media de sedimentos.

Tabla 2.21. Coeficientes de correlación de las variables relacionadas con la lluvia (precipitación, intensidad máxima de 10 minutos e intensidad máxima de 30 minutos) y las relacionadas con la escorrentía (caudal punta, volumen de escorrentía y coeficiente de escorrentía) y la descarga de sedimentos (concentración media) en Puente Genil.

	$Q_p$	$Q_e$	$c$	$C_{media}$
$P$	0,50	0,49	0,48	0,51
$I_{10}$	<b>0,89</b>	<b>0,86</b>	<b>0,87</b>	<b>0,92</b>
$I_{30}$	0,71	0,66	0,67	0,77

Las Figuras 2.37 y 2.38 muestran los valores de lluvia diaria e  $I_{10}$  mientras que la distribución de la  $I_{30}$  aparece en el Anejo 8, con la representación de los hietogramas e hidrogramas no incluidos en este capítulo. A lo largo del período de medidas los valores de  $I_{10}$  han superado en 8 ocasiones los 10 mm/h, de los cuales todos generaron escorrentía (Tabla 2.21). Por otro lado, la  $I_{10}$  alcanzó su valor máximo del 2005, el 10 de octubre con 49,1 mm/h. Resulta excepcional este episodio (Figura 2.45), donde ocurrió una tormenta cuya  $I_{10}$  fue superior a la calculada para la correspondiente a 2 años de período de retorno (Tabla 2.8). Como consecuencia de la misma, se produjo el arrastre de gran cantidad de terreno suelto que había quedado tras las obras de riego que se traduce en la concentración media de sedimentos (Figura 2.39 y 2.40 y Tabla 2.23.a). En el 2006, también en el mes de octubre (19 y 23), se alcanzaron  $I_{10}$  elevados (20,07 mm/h), cuyos efectos erosivos no han sido tan acusados, además de por los valores de lluvia e intensidad, por el establecimiento completo de las cubiertas en la primavera de 2006 (Figura 2.41 y 2.42).



**Figura 2.38.** Distribución de la  $I_{10}$  (mm/h) de los episodios de lluvia diarios en el período de estudio en Puente Genil



**Figura 2.39.** Canal y aforador colmatados por los sedimentos que arrastró la avenida del día 10 de octubre de 2005 en Puente Genil.



**Figura 2.40.** Vista de la ladera, con restos de depósito y afloramientos de roca tras la avenida del 10 de octubre.



**Figura 2.41.** Restos de depósito de los eventos ocurridos del 19 al 25 de octubre de 2006.



**Figura 2.42.** Vista de las laderas con los restos de cubierta con fecha 29 de octubre de 2006.

La Tabla 2.22. recoge las características de los episodios de lluvia que generaron escorrentía. El papel de la humedad antecedente, especialmente en una cuenca con tan escasa profundidad de suelo se manifiesta en distintas respuesta de la cuenca para eventos de lluvia muy parecidos, como puede ser el caso de los eventos ocurrido el 19 febrero y 4-5 marzo de 2006 (Tabla 2.23.b).

**Tabla 2.22.** Datos sobre los eventos de lluvia, escorrentía y erosión registrados en la cuenca de Puente Genil.

Número de días de medida	493
Número de días de lluvia medidos	138
Número de días de lluvia medidos > 1 mm	67
Número de eventos de escorrentía-erosión medidos	24
Número de eventos de escorrentía-erosión >0,0 kg	14

### 3.2.1.2. Escorrentía y erosión de suelos.

Las Tablas 2.22 y 2.23 resumen las características de los eventos de lluvia, escorrentía y erosión medidos en la cuenca de Puente Genil. Hay que destacar también la alta variabilidad del coeficiente de escorrentía, que a excepción del evento correspondiente al 10 de octubre y el 12 de octubre de 2005, donde alcanza sus máximos, ha mostrado valores inferiores al 5,0 %.

Tal y como se ha mencionado, de los datos de Puente Genil tan sólo se han perdido dos lluvias (7 septiembre de 2005 y 16 agosto de 2006) que no dieron muestras de depósito en el canal; por otra parte, los eventos donde no se han podido recoger muestras de agua-sedimentos por el llenado de botellas o por fallos del sistema, muestran valores de escorrentía bajos a excepción del correspondiente al 12 de octubre de 2005 (Tabla 2.21). Por consiguiente, se considera que prácticamente se pueden valorar unas pérdidas anuales de suelo a la baja de alrededor de 1 t/ha. Si se tiene en cuenta la correlación intensidad-concentración media de sedimentos en la cuenca y se comparan las características de los eventos del 12 de octubre de 2005 (Tabla 2.23.a y Figura 2.43) y 19 de octubre de 2006 (Tabla 2.23.c y Figura 2.44.), podría considerarse para una mejor aproximación al total anual, la concentración media de sedimentos del 19 de octubre de 2006 en el cálculo de la descarga de sedimentos del evento correspondiente al 12 de octubre de 2005. Estas pérdidas de suelo, sumadas a las observadas ascienden a 1,4 t/ha.

Por otra parte, el coeficiente de escorrentía medio del año hidrológico 2005-2006, es del 5,6%. De manera directa, estos datos son comparables con los de Francia et al. (2005) para no laboreo con cubiertas (Tabla 2.17), que presenta coeficientes de escorrentía para su campaña año 1999

de 7,2% y para el 2000 del 4,3 %, mientras que para la erosión son de 2,4 y 1,7 t/ha, algo superiores considerando además que en las pérdidas de suelo originadas en Puente Genil, intervinieron las operaciones para la instalación del riego que originaron en algunas zonas el arranque de sedimentos. Si se consideran comparables los sistemas de mínimo laboreo con cubiertas (en el que normalmente las cubiertas son sembradas), y el no laboreo con cubiertas pueden establecerse las siguientes comparaciones. Raglione et al. (1999) con mínimo laboreo llega a alcanzar valores más bajos que los registrados en Puente Genil tanto en el coeficiente de escorrentía como en erosión (3,5 % y 0,4 t.ha/año) mientras que Gómez et al. (2004) presenta un menor coeficiente de escorrentía (1,2 %) y mayores tasas de pérdida de suelo (2,5 t/ha.año). Naturalmente, es necesario disponer de más datos que puedan proporcionar información del coeficiente de entrega, para extrapolar los datos y hacer juicios adecuados

**Tabla 2.23.a. Eventos de escorrentía y erosión registrados desde 10 abril de 2005- 10 de noviembre 2006 en la microcuenca de Puente Genil.**

Fechas		16-17 may-05	10-oct-05	11-oct-05	12-oct-05	30-oct-05	14-nov-05	3-dic-05	27-28-ene-06
Lluvia	I <sub>10</sub> (mm/h)	13,30	49,11	6,62	20,07	7,72	7,72	11,06	4,40
	I <sub>30</sub> (mm/h)	4,77	20,449	5,58	9,21	4,4	6,24	6,24	4,03
	P (mm)	6,25	24,37	9,71	13,63	9,16	11,00	5,51	28,55
Escorrentía	Q <sub>p</sub> (l/s)	0,04	351,30	13,60	45,20	0,04	1,40	16,90	1,90
	Q <sub>e</sub> (mm)	0,0050	15,9200	0,3400	1,5200	0,0004	0,0140	0,2230	0,1940
	c escorrentía (%)	0,07	65,30	4,25	15,60	0,00	0,12	4,05	0,68
Sedimentos	C media (g/L)	-	357,6	*	*	25,8	-	5,5	11,45
	Nº segmentos	0	5	*	*	3	0	5	11
	Total (kg)	0,0	5693,6	*	*	0,6	0,0	74,3	135,6

\*: no hay medidas por llenado de las botellas de eventos anteriores o por fallos del sistema.

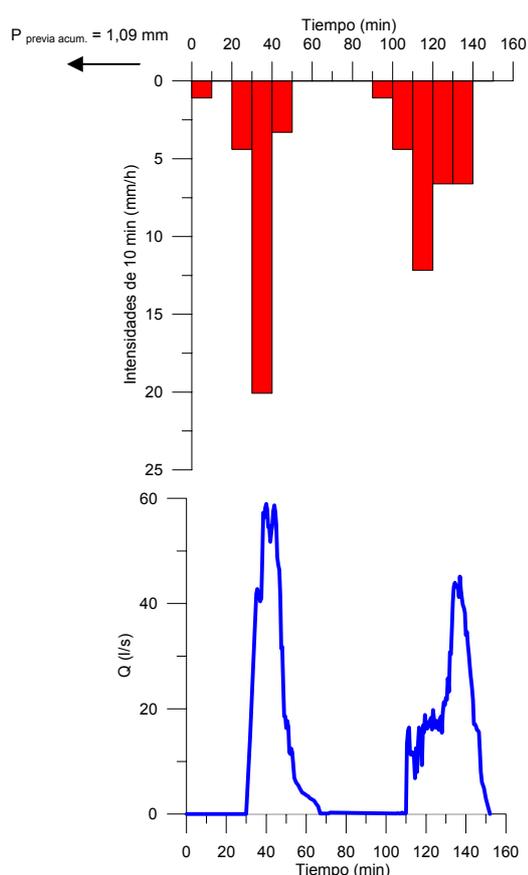
**Tabla 2.23.b. Eventos de escorrentía y erosión registrados desde 10 abril de 2005- 10 de noviembre de 2006 en la microcuenca de Puente Genil.**

Fechas		19-feb-06	25-26-feb-06	4-5-mar-06	19-mar-06	20-mar-06	14-15-abr-06	3-may-06	4-may-06
Lluvia	I <sub>10</sub> (mm/h)	9,94	4,40	9,94	2,20	6,61	7,72	6,61	4,40
	I <sub>30</sub> (mm/h)	7,72	1,83	6,61	2,2	4,77	4,40	5,87	3,30
	P (mm)	8,60	7,13	11,55	6,20	9,70	10,25	16,30	7,68
Escorrentía	Q <sub>p</sub> (l/s)	8,30	0,20	2,00	0,01	35,00	0,53	0,10	0,10
	Q <sub>e</sub> (mm)	0,1150	0,0150	0,1930	0,0020	0,3411	0,0620	0,0100	0,0071
	c escorrentía (%)	1,33	0,20	1,67	0,03	3,51	0,61	0,07	0,09
Sedimentos	C media (g/L)	2,35	0,35	*	0,32	*	30,2	2,18	0,3
	Nº segmentos	6	2	*	4	*	12	6	4
	Total (kg)	16,5	0,3	*	0,1	*	119,1	1,5	0,1

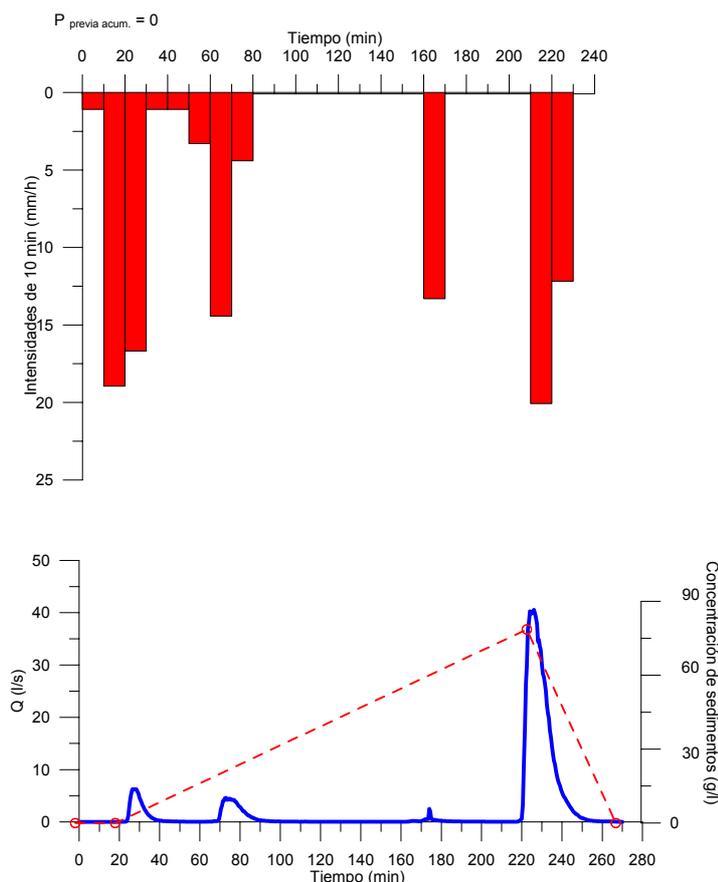
\*: no hay medidas por llenado de las botellas de eventos anteriores o por fallos del sistema.

**Tabla 2.31.c. Eventos de escorrentía y erosión registrados desde 10 abril de 2005- 10 de noviembre de 2006 en la microcuenca de Puente Genil.**

Fechas		14-sep-06	19-oct-06	20-21-oct-06	23-oct-06	25-oct-06	3-nov-06	7-nov-06
Lluvia	I <sub>10</sub> (mm/h)	15,50	20,07	5,51	20,07	5,51	12,18	3,29
	I <sub>30</sub> (mm/h)	14,43	12,18	3,29	14,80	2,92	5,87	2,56
	P (mm)	16,40	17,76	6,40	12,18	4,02	6,90	5,90
Escorrentía	Q <sub>p</sub> (l/s)	0,25	40,60	0,10	23,60	0,05	0,19	0,04
	Q <sub>e</sub> (mm)	0,0065	0,6000	0,0400	0,2370	0,0006	0,0270	0,0070
	c escorrentía (%)	0,04	3,48	0,60	1,94	0,02	0,4	0,10
Sedimentos	C media (g/L)	3,0	26,2	-	23,9	-	14,6	-
	Nº segmentos	2	2	0	2	0	6	0
	Total (kg)	1,3	990,4	0	358,4	0	25,0	0,0



**Figura 2.43.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) del evento medido en Puente Genil durante el evento el 12 de octubre de 2005.



**Figura 2.44.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos (rojo) del evento medido en Puente Genil el 19 de octubre de 2006.

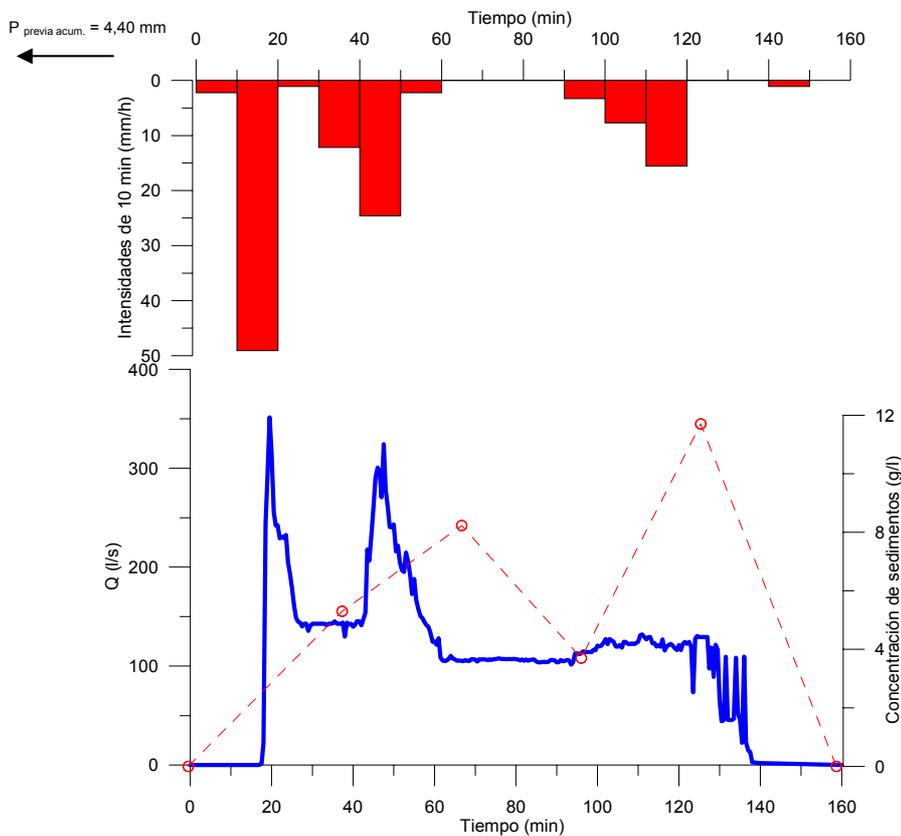
Es significativo en la cuenca el papel de la humedad antecedente y las tasas de precipitación, ya que eventos de lluvia diarios como el del 19 de febrero de 2006 con  $I_{10}$  igual a 2,20 mm/h (Tabla 2.21.b), ha llegado a generar escorrentía. Esto puede explicarse como resultado de las lluvias previas que han podido saturar un suelo poco profundo y de las tasas de infiltración reducidas que se dan en la cuenca y que se relacionan con el manejo (Capítulo 1).

Como en el caso de Setenil, de la Tabla 2.23, se extrae que los extremos anuales de precipitación son los principales responsables de las tasas acumuladas de escorrentía y descarga sedimentos a lo largo del año.

El análisis de eventos corrobora la importancia de las lluvias previas en el estado del suelo así como el papel de las intensidades en la respuesta de la cuenca, que se aprecia muy bien en la representación de los eventos. De esta manera, la tormenta correspondiente al 16-17 de mayo de 2005 (Tabla 2.21.a), después de un ciclo tan seco como los primeros meses del 2005, probablemente no habría generado escorrentía si el día 12 de mayo no se hubiesen descargado 10,8 mm. Por otra parte, lluvias de características semejantes como pueden ser las del 30 de octubre y el 14 de noviembre difieren en sus respuestas ( $Q_p$  y escorrentía total) de acuerdo a distintos hietogramas de lluvia y condiciones de humedad del suelo diferentes.

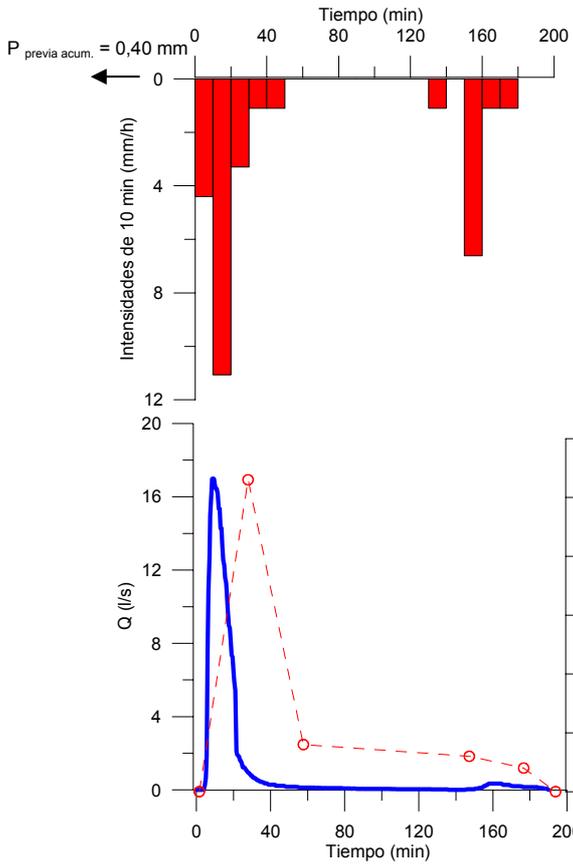
Se muestran finalmente, los episodios de lluvia-escorrentía-erosión de los máximos del período 2005 y 2006. En primer lugar aparece el 10 de octubre (Figuras 2.45), en el que coinciden altos valores de cantidad de lluvia e intensidad ( $I_{10}$  mayor que la intensidad de 10 minutos y período de retorno de dos años en la cuenca) y que se traducen en el transporte de más de 5,0 t de

sedimentos con la concentración media de sedimentos más alta. La lluvia se inicia a las 7:00, pero es hacia las 12:00 cuando en 10 minutos caen 8,1 mm de lluvia y que responde al primer pico del hidrograma. A las 12:30, llegan a caer también otros 4,1 mm en 10 minutos, lo que acumulado a lo caído en este intervalo se traduce en el segundo pico. Las concentraciones, siguen la tendencia en el hidrograma, aunque hay pocos puntos debido a la respuesta rápida (ver también otros eventos en el Anejo 8). Se analiza también, el hietograma e hidrograma correspondiente a la lluvia máxima diaria del período 2006, 27-28 de enero (Figura 2.47). La lluvia se inicia a las 3:00 del día 27 de enero, pero la escorrentía no aparece hasta las 20:08 h del mismo día, después de precipitar 17 mm con un valor de intensidad media inferior a 1 mm/h. Las puntas del hidrograma responden a los pulsos de lluvia mayores (por encima de intensidades de 30 minutos de 2,5 mm/h), a los que la cuenca en condiciones de saturación resulta muy sensible. Las concentraciones de sedimentos, como en los casos anteriores, varían siguiendo aproximadamente las pautas de crecimiento y decrecimiento del hidrograma (Figura 2.46 y 2.47). Pathak et al. (2004) observaron también en 5 pequeñas cuencas agrícolas dispuestas sobre vertisoles en una serie de datos comprendidos entre los años 1976 y 2000, que los máximos de concentración de sedimentos precedían a los máximos de escorrentía u ocurrían simultáneamente.

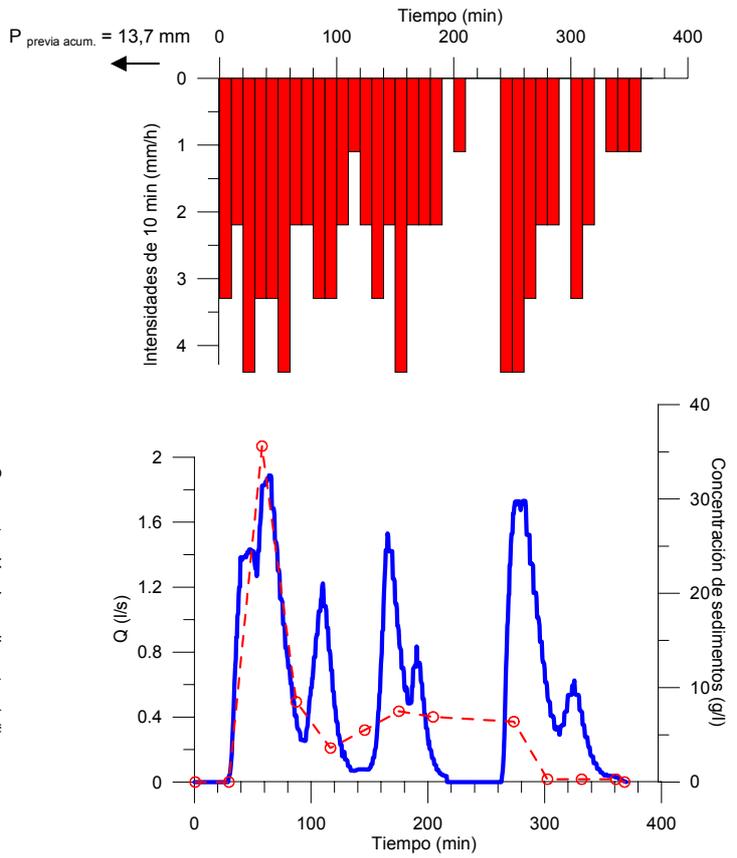


**Figura 2.45.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos (rojo) del evento medido en Puente Genil el 10 de octubre de 2006.

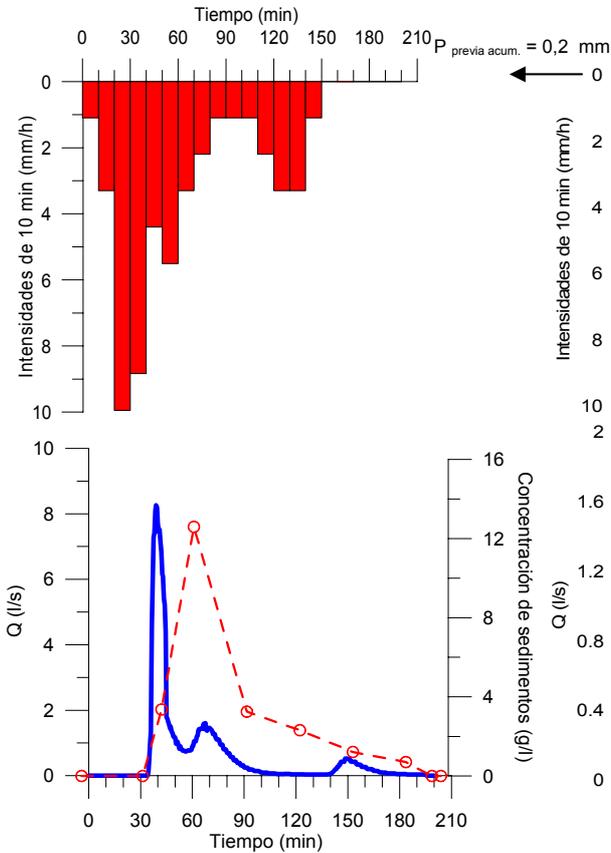
En las fechas correspondientes al 19 febrero y el 4 de marzo (Figuras 2.48 y 2.49) se aprecian sin embargo, valores prácticamente iguales de tasas de escorrentía aunque difiere el caudal punta debido a la distribución en el tiempo de las intensidades de lluvia.



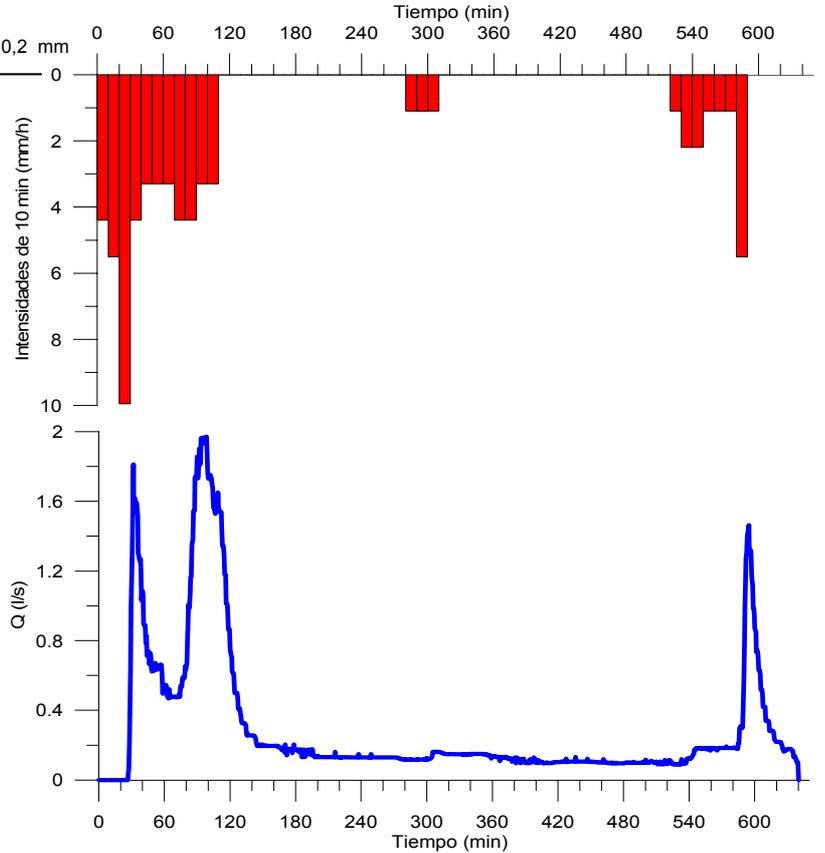
**Figura 2.46.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos (rojo) del evento medido en Puente Genil el 3 de diciembre de 2005.



**Figura 2.47.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos (rojo) del evento medido en Puente Genil durante el 27-28 de enero de 2006.



**Figura 2.48.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos (rojo) del evento medido en Puente Genil el 19 de febrero de 2006.



**Figura 2.49.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) del evento medido en Puente Genil durante el evento del 4-5 de marzo de 2006.

Finalmente, se observa que la variabilidad de la concentración media de los sedimentos en la escorrentía se ajusta no sólo a las variaciones de intensidad (y con ello, a las variaciones de los volúmenes de escorrentía), sino también al crecimiento de la cubierta y a las operaciones de manejo. Así, en el otoño de 2005, tras una primavera y un verano muy seco y tras la aplicación del herbicida, no hay ningún tipo de cubierta protegiendo el suelo y los valores altos de intensidad proporcionan a las lluvias un alto potencial erosivo que se traduce en altas concentraciones de sedimento. A medida que los efectos del herbicida desaparecen y las lluvias permiten el desarrollo de la vegetación, a finales de invierno y primavera, aparecen las concentraciones más bajas, que tendieron a aumentar después del desbroce (evento 14-15 abril-2006), cuando el agricultor consideró que la hierba comenzaba a competir con el árbol (ver Tabla 2.2).

### 3.3. Discusión sobre los efectos en la escorrentía y erosión asociados al manejo en pequeñas cuencas.

La pequeña cuenca es una unidad geomorfológica natural donde los procesos de erosión pueden medirse directamente a partir del transporte de agua y sedimento a la salida del canal correspondiente. Sin embargo, frente a los experimentos dispuestos en parcelas de ladera para medir la erosión donde se establecen condiciones similares de relieve, suelo, precipitación y uso y donde los efectos del manejo pueden analizarse con test estadísticos como el ANOVA presentan la gran desventaja de que la comparación directa entre cuencas no es posible. De esta manera, todo el análisis del medio realizado en el Capítulo 1, ha permitido caracterizar tanto desde el punto de vista del relieve y del suelo los puntos en común y las diferencias más importantes entre las cuencas que permiten el análisis y cierto margen de comparación.

La microcuenca de Puente Genil con una pendiente media del 14,8 %, una profundidad máxima en torno a 50 cm y un suelo, en general, de textura más limosa aparece como el área de características intrínsecas más vulnerables respecto a Setenil, con una pendiente media menor (10,5 %) y profundidades de suelo de más de 1 m en algunas zonas.

**Tabla 2.24.** Histogramas de frecuencia acumulada (*F acum*) de la precipitación (*P*),  $I_{10}$  e  $I_{30}$  de los eventos que produjeron escorrentía en las cuencas de Setenil(*S*) y Puente Genil (*PG*).

Intervalos (mm - mm/h)	<i>F acum. P</i> <i>S</i> (%)	<i>F acum P</i> <i>PG</i> (%)	<i>F acum, I</i> <sub>10</sub> <i>S</i> (%)	<i>F acum I</i> <sub>10</sub> <i>PG</i> (%)	<i>F acum I</i> <sub>30</sub> <i>S</i> (%)	<i>F acum I</i> <sub>30</sub> <i>PG</i> (%)
0,0 -1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,0-5,0	0,0	4,3	21,4	21,7	14,3	47,8
5,0-10,0	28,6	56,5	57,1	65,2	64,3	82,6
10,0-15,0	57,1	78,3	71,4	78,3	85,7	95,7
15,0-20,0	64,3	91,3	85,7	82,6	85,7	95,7
20,0-25,0	78,6	95,7	85,7	95,7	85,7	100,0
25,0-30,0	92,9	100,0	92,9	95,7	92,9	100,0
30,0-40,0	92,9	100,0	92,9	95,7	92,9	100,0
35,0-40,0	92,9	100,0	92,9	95,7	100,0	100,0
40,0-45,0	100,0	100,0	92,9	95,7	100,0	100,0
45,0-50,0	100,0	100,0	92,9	100,0	100,0	100,0
50,0-55,0	100,0	100,0	92,9	100,0	100,0	100,0
55,0-60,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Si se analizan para las cuencas las magnitudes de los eventos que han generado escorrentía (Tabla 2.23), se puede evaluar qué umbrales de intensidad y precipitación pueden llegar a tener respuesta en las cuencas. Así, en la Tabla 2.24, se presentan los histogramas de frecuencia acumulada en porcentaje (*F acum.*) de la precipitación (*P*) y las intensidades máximas de 10 y 30 minutos ( $I_{10}$  e  $I_{30}$ ) de los episodios de lluvia que produjeron escorrentía en la microcuencas de Setenil (*S*) y Puente Genil (*PG*). De ella, se extrae que el 100 % de los eventos observados que

han generado escorrentía en Setenil han mostrado valores de precipitación comprendidos entre 5 y 45 mm mientras que en Puente Genil, lo han hecho entre 1 y 30 mm. La distribución de lluvia en Setenil se encuentra adelantada respecto a Puente Genil, lo que explica que precipitaciones más bajas han sido capaces de provocar escorrentía. En el caso de las intensidades máximas ocurre lo mismo, tasas más bajas se relacionan con la generación de escorrentía, aunque hay que matizar que los dispositivos de medida en Puente Genil permiten medir umbrales de escorrentía más bajos.

Se concluye que la cuenca de Puente Genil tanto desde el punto de vista de la intensidad como de la precipitación es más susceptible que la de Setenil a la generación de escorrentía y al transporte de sedimentos aguas abajo, ya que los eventos medidos resultaron menores y menos intensos. En realidad, esto se ajusta a las características de un suelo de baja profundidad y cuyo manejo (no laboreo) durante más de diez años, ha determinado unas velocidades de infiltración bajas, tal y como las medidas de conductividad hidráulica saturada (Capítulo 1) permitieron comprobar. El proceso de la disminución de porosidad superficial y el aumento de la densidad aparente bajo este tipo de manejo es descrito además por otros autores como Gómez et al. (1999). Por consiguiente, las pequeñas lluvias serían capaces de saturar un suelo donde la capacidad de almacenamiento está limitada por la profundidad e intensidades no especialmente altas pero superiores a las tasas de infiltración serían capaces de generar flujo en ladera, especialmente en condiciones húmedas. Finalmente, se ha evaluado para la campaña 2005-2006 pérdidas anuales de 1,4 t/ha.año y un coeficiente de escorrentía del 5,6 % que presentan a una cuenca que pese a sus condicionantes topográficos y edafológicos no tiene problemas serios de degradación de suelo en comparación con valores de erosión potencial tolerable en Andalucía de 4,9 t./ha.año para zonas de sierra y 8,7 t./ha.año en terrazas (Moreira, 1989). La explicación a estos valores, se relaciona por un lado con las características de la lluvia y por otro, con el manejo. De esta manera, se plantea el interrogante de si la cuenca de Puente Genil en años normales más húmedos pondría de manifiesto graves problemas de degradación de suelo. Las herramientas de simulación podrían satisfacer este interrogante, ya que no se asegura que las cubiertas en otoños especialmente erosivos protejan eficazmente el suelo. Por otro lado, respecto al papel del manejo, el agricultor ha planificado y ejecutado un manejo que optimiza los recursos y que si le resulta rentable le permite conservar el suelo. Así, el abandono de las labores le provocó la reducción de infiltración superficial en un medio edáfico que de todas maneras estaba limitado por la profundidad y que además le originaba una gran cantidad de suelo suelto disponible para el arrastre en cuanto se produjese un evento de cierta magnitud. Por otro lado, al permitir la instalación de cubierta espontánea en las calles, se han limitado los daños de la lluvia en el suelo y se ha favorecido la estructura con los aportes de materia orgánica, tal y como parecen indicar los datos de concentración de sedimentos en la escorrentía que sale de la cuenca. En conclusión, para las condiciones del medio de la cuenca, este manejo ha mostrado durante la campaña 2005-2006 un comportamiento ambiental favorable, especialmente considerando la topografía de la cuenca.

La cuenca de Setenil se caracteriza por una menor inercia a generar procesos de escorrentía y transporte de sedimentos (Tabla 2.24), un relieve relativamente suave y suelos profundos y francos; con los que se combinan tasas de lluvia media anual que duplican a las de Puente Genil, e intensidades más elevadas (Tabla 2.22). En este caso, la valoración del manejo se realiza de acuerdo al análisis de eventos y a la observación de depósitos durante la primavera. De este modo, es aconsejable establecer medidas de protección como las cubiertas, que puedan actuar sobre la redistribución de sedimentos y la acumulación de flujos. Por otro lado, Hernández et al. (2005) determinan en un estudio de duración cinco años, que el uso de cubiertas de vegetación espontánea con abundancia de tréboles y otras leguminosas, en años normales no compiten o escasamente compiten con el olivo por lo que parece una medida de protección del suelo que puede resultar útil en zonas lluviosas de sierra como es el caso de la microcuenca de Setenil.

#### 4. CONCLUSIONES.

1. Se han diseñado y ejecutado dos instalaciones hidrológicas para la medición de lluvia, escorrentía y pérdida de suelo a la salida de dos microcuencas de olivar, útiles para las condiciones climáticas que caracterizan el entorno mediterráneo.

- En el caso de la cuenca de Setenil, con mínimo laboreo, se construyó un aforador de hormigón del que se valora su precio, su facilidad de ejecución y su coste. En un período de 578 días, las instalaciones no recogieron datos o los perdieron durante 83 días, 21 de ellos con lluvia superior a 1 mm. Las causas de estos problemas estuvieron relacionadas con un deficiente dimensionamiento del sistema de alimentación. Se recomienda el diseño de un sistema de alimentación sencillo, para el que se realice un correcto mantenimiento, comprobando periódicamente el adecuado funcionamiento electrónico de todos los componentes del sistema. De todas maneras, en esta primera fase de puesta a punto deben de valorarse este tipo de conocimientos que se prevé asegurarán el correcto funcionamiento de la instrumentación en próximas campañas.

- En el caso de Puente Genil, con un manejo de no laboreo con cubiertas se utilizó un aforador de acero inoxidable que permitía aumentar el intervalo de medida de caudales bajos. El gran número de datos medidos, como resultado también de un funcionamiento perfecto del sistema de sensores, justifican el alto coste y las dificultades de su ejecución e instalación. En todo el período de medidas, la instrumentación no ha dejado de funcionar, tan sólo se han dejado de almacenar datos debido a insuficiencias de memoria del datalogger. En este caso, las recomendaciones de mejora se dirigen a la incorporación de tarjetas de memoria y al envío de datos por tecnología GSM que es en lo que se está trabajando actualmente.

- En ambos casos se pone de manifiesto la utilidad de los sensores que no han fallado pese a las altas y bajas temperaturas registradas y que después de pruebas previas con otras casas comerciales han proporcionado resultados satisfactorios. Para terminar, habría que insistir en la variabilidad climática que caracteriza nuestro entorno y que resulta tan complicada de observar y medir. Un ejemplo puede ser el período 2005, caracterizado por la falta de lluvias y medidas, que contrasta con el episodio ocurrido el 10 de octubre en Puente Genil donde se alcanzaron intensidades máximas de 10 minutos superiores a la correspondiente en la zona de 2 años de período de retorno.

2. Los resultados iniciales sobre coeficientes de escorrentía de suelo obtenidos tanto para la microcuenca de Setenil (por eventos) como para la de Puente Genil en el año hidrológico 2005-2006 ( $c=5,6\%$ ), se encuentran en relación a los datos obtenidos en parcelas en el mismo orden de magnitud (aunque traten de procesos diferentes). En el caso de la erosión, 1,4 t.ha/año 2005-2006 en Puente Genil, este valor es algo menor a los recopilados en parcelas, pero su comparación puede ser muy útil para abordar la determinación de coeficientes de entrega que permitan la extrapolación de resultados entre escalas. En este sentido, es necesario continuar y ampliar estudios que engloben nuevos sistemas de manejo mixtos como el de Setenil que se practican en la realidad.

3. En relación al modelado en ambas microcuencas se ha podido observar el importante papel de la humedad antecedente así como el de las intensidades máximas de 10 minutos en la generación de escorrentía y los caudales máximos.

4. Finalmente, las precipitaciones en Puente Genil a pesar de ser menores y menos intensas que en Setenil, son capaces de producir con mayor frecuencia, procesos de escorrentía y transporte de sedimentos aguas abajo. El análisis por eventos y las evidencias de pérdida de suelo en la cuenca de Puente Genil, ponen de manifiesto que se trata de un área donde no existen, sin embargo, problemas serios de erosión. Este comportamiento se ajusta a las características de un suelo de baja profundidad y cuyo uso y manejo (no laboreo) durante más de diez años, ha

determinado unas velocidades de infiltración bajas, tal y como las medidas de conductividad hidráulica saturada medidas justifican (Capítulo 1). Por consiguiente, las pequeñas lluvias serían capaces de saturar un suelo donde la capacidad de almacenamiento está limitada por la profundidad, e intensidades no especialmente altas pero superiores a las tasas de infiltración generarían flujo en ladera en condiciones húmedas. Así, las bajas pérdidas de suelo se relacionan por un lado, con las características de la lluvia en la zona y por otro, con el manejo que el agricultor ha planificado y ejecutado de manera que optimiza los recursos disponibles considerando sus limitaciones intrínsecas. Se trata de un manejo adecuado para unas condiciones locales que aseguran la conservación del suelo.

- En el caso de Setenil, pese a que no hay datos globales, dadas las condiciones de la lluvia (cantidad e intensidades) y el relieve ondulado sería conveniente en la zona implantar medidas de protección con cubiertas, ya que las lluvias máximas asociadas al año medio son muy cuantiosas y los efectos erosivos medidos y sus consecuencias (depósitos) resultan importantes.

## 5. REFERENCIAS

- BARFIELD, B.J. y HIRSCHI, M.C., 1986. *Tipping bucket flow measurements on erosion plots*. T. Am. Soc. Agr. Eng., 29: 1600-1604.
- BRACKEN, L.J. y KIRKBY, M.J., 2005. *Differences in hillslope runoff and sediment transport rates within two semi-arid catchments in southeast Spain*. Geoderma, 68: 183-200.
- CAMMERAAT, E.L.H., 2004. *Scale dependent thresholds in hydrological and erosion response of semi-arid catchment in southeast Spain*. Agr. Ecosyst. Environ., 104: 333-342.
- CANTÓN, Y., F. DOMINGO, A. SOLÉ-BENET y J. PUIGDEFÁBREGAS, 2001. *Hydrological and erosion response of badlands system in semiarid SE Spain*. J. Hydrol., 252: 65-84.
- CASTILLO, C., 2002. *Proyecto fin de carrera "Diagnóstico del problema de inundaciones y propuesta de soluciones en el río Guadalpocún a su paso por Torre-Alháquime (Cádiz)*. ETSIAM. Universidad de Córdoba.
- CLEMMENS, A.J., T.L. WAHL, M.G. BOS y J.A. REPLOGLE, 2001. *Water measurement with flumes and weirs*. International Institute for Land Reclamation and Improvements, Publication 58, The Netherlands.
- CORBETT, C.W., M. WAHL, D.E. PORTER, D. EDWARDS y C. MOISE, 1997. *Non point source runoff modelling. A comparison of a forested watershed and an urban watershed on the South Carolina coast*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 213: 133-149.
- C.S.I.C. – I.A.R.A. 1989. *Mapa de suelos de Andalucía*. JUNTA DE ANDALUCÍA, Consejería de Agricultura y Pesca. Madrid.
- DE LA ROSA, D., E. DIZ-PEREIRA, F. MAYOL, E.A. CZYZ, A.R. DEXTER, E. DUMITRU, R. ENACHE, H. FLEIGE, R. HORN, K. RAJKAY y C. SIMOTA, 2005. *SIDASS Project part 2. Soil erosion as a function of soil type and agricultural management in a Sevilla olive area, southern Spain*. Soil Till. Res., 82: 19-28.
- FERRER, F.J., 1993. *Recomendaciones para el cálculo hidrometeorológico de avenidas*. CEDEX. Madrid.
- FRANCIA, A., V. DURÁN, A. MARTÍNEZ, 2006. *Environmental impact from mountainous olive orchards under different soil-management systems (SE Spain)*. Sci. Total Environ., 358: 46-60.
- GAFUR, A., J.R. JENSEN, O.K. BORGGAARD y L. PETERSEN, 2003. *Runoff and losses of soil and nutrients from small watersheds under shifting cultivation (Jhum) in the Chittagong Hill Tracts of Bangladesh*. J. Hydrol., 279: 293-309.
- GÓMEZ, J.A., F. ORGAZ, F. J. VILLALOBOS y E. FERERES, 2002. *Analysis of the effects of soil management on runoff generation in olive orchards using a physically based model*. Soil Use Manage., 18: 191-198.
- GÓMEZ, J.A., M. BATTANY, C.S. RENSCHLER y E. FERERES, 2003. *Evaluating the impact of soil management on soil loss in olive orchards*. Soil Use Manage. 19: 127-134.
- GÓMEZ, J.A., P. ROMERO, P. GIRÁLDEZ y E. FERERES, 2004. *Experimental assessment of runoff and soil erosion in an olive grove on a Vertic soil in southern Spain affected by soil management*. Soil Use Manage., 20: 426-431.
- HERNÁNDEZ, A.J., C. LACASTA y J. PASTOR, 2005. *Effects of different management practices on soil conservation and soil water in a rainfed olive orchard*. Agr. Water Manage., 77: 232-248.

- IRRIGATION TRAINING AND RESEARCH CENTER (ITRC). 1999. *Water level sensor and datalogger testing and demonstration*. Report 99-002. San Luis del Obispo (California – USA) [www.itrc.org/reports/WaterLevelSensor/WaterLevelSensor.html](http://www.itrc.org/reports/WaterLevelSensor/WaterLevelSensor.html)
- KING, H.W. y BRATER. E.F., 1962. *Manual de Hidráulica*. Mc Graw-Hill Book Company, Inc. New York.
- KOSMAS, C., N. DANALATOS, L.H. CAMERAAT, M. CHABART, J. DIAMANTOPULUS, L. FARAND, L. GUTIÉRREZ, L. JACOB, H. MARQUES, J. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A. MIZARA, N. MOUSTAKAS, J.M. NICOLAU, C. OLIVEROS, G. PINNA, R. PUDDU, J. PUIGDEFÁBREGAS, M. ROXO, A. SIMAO, G. STAMOU, N. TOMASI, D. USAI y A. VACCA, 1997. *The effects of land use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions*. *Catena*, 29: 45-59.
- LANE, L. J. y NEARING, M.A. (eds), 1989. *USDA-water erosion prediction project (WEPP)*. NSERL Report No. 10. National Soil Erosion Research Laboratory, USDA-ARS-MWA, 1196 SOIL Building, West Lafayette, IN.
- LEÓN, L.F., W.G. BOOTY, G.S. BOWEN y D.C.L. LAM, 2004. *Validation of an agricultural non-point source model in a watershed in southern model*. *Agr. Water Manage.*, 65: 59-75.
- LICCIARDELLO y F., S.M. ZIMBONE, 2002. *Runoff and erosion modelling by AGNPS in an experimental Mediterranean watershed*. ASAE. Meeting Presentation 022166, St. Joseph, Michigan (USA)
- LÓPEZ-CUERVO, S., 1990. *La erosión en los suelos agrícolas y forestales de Andalucía*. Colección Congresos y Jornadas N° 17/1990. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. pp 11-16. En Barranco D., Fernández-Escobar D., Rallo L. (Eds.) *El cultivo del olivo*. Mundi Prensa. Madrid.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. 1999. *Las precipitaciones máximas en 24 horas y sus períodos de retorno en España*. Vol. 9. Andalucía Occidental. Ed. Centro de Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- MONTAGHIMI, S., S.W. PARK, R.A. COOKE y S.Y. WANG, 1997. *Assessment of management alternatives on a small agricultural watershed*. *Wat. Res.* 31, 8: 1867-1878.
- MOREIRA, J.M., 1989. *La erosión y el uso del suelo en Andalucía. Su evaluación a través de un Sistema de Información Geográfica*. Jornadas Técnicas sobre: el agua y el suelo. Laboreo de Conservación. Consejería de Agricultura. Junta de Andalucía Sevilla.
- OWENS, L.B., R.W. MALONE, D.L. HOTHEM, G.C. STARR y R. LAL, 2002. *Sediment carbon concentration and transport from small watersheds under various conservation tillage practices*. *Soil Till. Res.*, 67: 65-73.
- PASTOR, M., J. CASTRO, V. VEGA y M.D. HUMANES, 1997. *Sistema de manejos de suelo*. En: Barranco D., Fernández R.E., Rallo L., eds. *El cultivo del olivo*. Madrid, Spain: Mundi Prensa; 198-228.
- PATHAK, P., S.P. WANI, P. SINGH y R. SUDI, 2004. *Sediment flow behaviour from small agricultural watersheds*. *Agr. Water Manage.*, 67: 105-117.
- PEÑA, A., 2003. *Análisis de los riesgos erosivos de los sistemas de manejo del suelo en diferentes zonas olivareras de Andalucía*. *Mercacei Magazine*, 35: 292-296..
- RAGLIONE, M., P. TOSCANO, R. ANGELINI, C. BRICCOLI-BATI, M. SPADONI, C. DE SIMONE y P. LORENZINI, 1999. *Olive yield and soil loss in hilly environment of Calabria (Southern Italy). Influence of permanent cover crop and ploughing*. International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate. Barcelona, 4-9 July 1999.
- Stat Soft, Incorporation. 2001. *Statistica 6.0*. Tulsa, USA.

- SINGH, V.P. (Ed.), 1995. *Computer Models of Watershed Hydrology*. Water Resources Publication, Colorado.
- VAN DEN ELSEN, E., R. HESSEL, L. BAOYUAN, K. O. TROUWBORST, J. STOLTE, C. J. RITSEMA y H. BLIJENBERG, 2003. *Discharge and sediment measurements at the outlet of a watershed on the Loess plateau of China*. *Catena*, 54: 147-160.
- WAHL, T.L., A.J. CLEMMENS, M.G. BOS y J.A. REPLOGLE, 2001. *Winflume32*. U.S. Bureau of Reclamations, USDA-ARS e ILRI. [www.usbr.gov/pmts/hydraulics\\_lab/winflume5](http://www.usbr.gov/pmts/hydraulics_lab/winflume5)

## Capítulo 3:

Modelado de la escorrentía y erosión en dos microcuencas de olivar sometidas a los manejos de mínimo laboreo y no laboreo con cubiertas.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.</b>	<b>163</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.</b>	<b>164</b>
<b>2. MATERIAL Y MÉTODOS.</b>	<b>167</b>
<b>2.1. Cuencas de estudio.</b>	<b>167</b>
2.2. El modelo AnnAGNPS.	167
2.2.1. <i>Introducción.</i>	167
2.2.2. <i>Hidrología.</i>	169
2.2.2.1. Hidrología de las celdas y generación de escorrentía.	169
2.2.2.2. Hidrología de las celdas e hidráulica de canales.	171
2.2.3. <i>Erosión.</i>	173
2.2.3.1. Erosión en celdas y transporte de sedimentos.	173
2.2.3.2. Erosión y transporte de sedimentos en canales.	176
2.2.3.3. Algoritmo de capacidad de transporte en canales.	177
2.2.3.4. Algoritmo de depósito en canales.	179
<b>2.3. Recopilación de datos para la aplicación del modelo AnnAGNPS en las cuencas de estudio.</b>	<b>181</b>
<b>2.4. Calibración y validación.</b>	<b>183</b>
2.4.1. <i>Introducción.</i>	183
2.4.2. <i>Análisis de sensibilidad.</i>	183
2.4.3. <i>Criterios estadísticos para la evaluación de la calibración.</i>	184
2.4.4. <i>Validación</i>	185
<b>2.5. Simulaciones: justificación de prácticas de conservación de suelos.</b>	<b>185</b>
<b>3. RESULTADOS.</b>	<b>186</b>
<b>3.1. Calibración.</b>	<b>186</b>
3.1.1. <i>Setenil</i>	186
3.1.2. <i>Puente Genil.</i>	189
<b>3.2. Validación.</b>	<b>190</b>
3.2.1. <i>Setenil</i>	190
3.2.2. <i>Puente Genil.</i>	191
<b>3.3. Simulaciones.</b>	<b>192</b>
3.3.1. <i>Escenario 1: Escorrentía y erosión en Setenil con fajas de vegetación siguiendo la curva de nivel</i>	192
3.3.2. <i>Escenario 2: Escorrentía y erosión en Puente Genil en años históricos más húmedos. Evaluación de las cubiertas espontáneas en condiciones de lluvia más desfavorables a las del caso de estudio.</i>	194
<b>4. CONCLUSIONES.</b>	<b>195</b>
<b>5. REFERENCIAS.</b>	<b>196</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3.1.</b> <i>Variables de entrada al modelo y referencias y métodos de determinación utilizados.</i>	182
<b>Tabla 3.2.</b> <i>Parámetros más influyentes en la calibración del modelo AGNPS según los trabajos de diversos autores.</i>	183
<b>Tabla 3.3.</b> <i>Eventos de lluvia medidos en la estación de Setenil con los valores de escorrentía, caudal punta y descarga de sedimentos observados y predichos por el modelo AnnAGNPS.</i>	186
<b>Tabla 3.4.</b> <i>Coefficiente de eficiencia (E), coeficiente de correlación observado-simulado (r) y error medio cuadrático (RMSE) derivados de la calibración de la escorrentía, caudal punta y descarga de sedimentos en las cuencas de estudio.</i>	187
<b>Tabla 3.5.</b> <i>Valores acumulados en el período de medidas de los valores de escorrentía y descarga de sedimentos en las cuencas de estudio.</i>	187
<b>Tabla 3.6.</b> <i>Indicadores de la calibración obtenidos por otros autores con la versión para eventos AGNPS.</i>	188
<b>Tabla 3.7.</b> <i>Valores de los parámetros más importantes en la modelación con AnnAGNPS que se han considerados en el fichero de entra.</i>	188
<b>Tabla 3.8.</b> <i>Eventos de lluvia medidos en la estación de Puente Genil con los valores de escorrentía, caudal punta y descarga de sedimentos observados y predichos por el modelo AnnAGNPS.</i>	189
<b>Tabla 3.9.</b> <i>Eventos de lluvia diaria medidos en la estación de Setenil con los valores de escorrentía, caudal punta y descarga de sedimentos observados y predichos por el modelo AnnAGNPS considerados en la validación.</i>	190
<b>Tabla 3.10.</b> <i>Coefficiente de eficiencia (E), coeficiente de correlación observado-simulado (r) y error medio cuadrático (RMSE) derivados de la validación inicial de la escorrentía, caudal punta y descarga de sedimentos en las cuencas de estudio.</i>	191
<b>Tabla 3.11.</b> <i>Indicadores de la validación obtenidos por otros autores con la versión para eventos AGNPS.</i>	191
<b>Tabla 3.12.</b> <i>Eventos de lluvia diaria medidos en la estación de Puente Genil con los valores de escorrentía, caudal punta y descarga de sedimentos observados y predichos por el modelo AnnAGNPS considerados en la validación.</i>	191
<b>Tabla 3.13.</b> <i>Valores del factor P de la RUSLE calculados para la simulación de fajas de 1 y 3 m de anchura.</i>	192
<b>Tabla 3.14.</b> <i>Comparación de los episodios máximos observados de descarga medidos en Setenil con los valores simulados de escorrentía y erosión derivados de la calibración y los obtenidos tras introducir en el modelo prácticas de conservación (fajas de vegetación).</i>	193
<b>Tabla 3.15.</b> <i>Comparación de los valores de lluvia, escorrentía, coeficientes de escorrentía y descarga de sedimentos de los valores observados y simulados en el año hidrológico 2005-2006 y los simulados para los años hidrológicos más húmedos de los últimos 5 años, 2002-2003 y 2003-2004.</i>	193

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 3.1.** *Plano de situación de las microcuencas de estudio: Puente Genil (Córdoba) con no laboreo con cubiertas y Setenil (Cádiz) bajo mínimo laboreo.* 167
- Figura 3.2.** *Esquema de las entradas de grupos de variables al programa AnnAGNPS y procesamiento de los datos y obtención de resultados a partir de los módulos Input Editor y PLMODEL. En color verde aparecen los datos de entrada, en rojo, las relaciones y algoritmos relacionados con la predicción de la escorrentía, en azul, los relacionados con los caudales punta y en marrón, los correspondientes a la descarga de sedimentos.* 168
- Figura 3.3.** *Esquema de la circulación de agua y sedimentos desde las celdas a los canales.* 177
- Figura 3.4.** *Procedimiento convencional para la modelación local de lluvia-escorrentía.* 183
- Figura 3.5.** *Representación del establecimiento de fajas de vegetación en la ladera siguiendo las curvas de nivel en la micorcuenca de Setenil. A la izquierda y ocupando aproximadamente toda la calle (marco 7 x 7 m), las fajas de anchura 3 m y a la derecha, las de anchura 1 m.* 193

## NOTACIÓN

$A$	es el área de desagüe (ha, Eq. 3.15).
$A_E$	es la constante de proporcionalidad de Einstein que expresa, para un flujo dado y para un tamaño de partícula, la relación entre la concentración de sedimento suspendido a la profundidad media y la concentración de sedimento en el plano de la subcapa laminar (Eq. 3.42).
$a, b, c, d, e$ y $f$	son los coeficientes que determinan el tipo de distribución de lluvia de 24 h según las modalidades de la metodología del TR-55 (Eq. 3.15).
$A_{lat}$	es el área transversal que atraviesa el flujo lateral ( $m^2$ , Eq. 3.7).
$C$	es el factor de cobertura y de características del cultivo (sin dimensiones, Eq. 3.22)
$CC$	es el subfactor responsable de la cobertura por encima del suelo (Eq. 3.23).
$c_s$	es la concentración de sedimento (t de sedimento/ t de agua) y que se considera constante a través del hidrograma (Eq. 3.26).
$D_p$	es el diámetro de partícula equivalente (m, Eq. 3.32)
$D_r$	es el cociente de descarga, relación entre la producción total del sedimento en el punto hidrológicamente más alejado de la cuenca (tiempo de concentración igual a 0) y la correspondiente al punto donde se inicia el canal (tiempo de concentración igual $t_c$ , Eq. 3.25)
$\frac{dh}{dl}$	es el gradiente hidráulico de la zona saturada (fracción, Eq. 3.6)
$d_w$	es el radio hidráulico de flujo (m, Eq.3.30).
$e$	es la presión de vapor actual (kPa, Eq. 3.5.)
$E$	es el coeficiente de eficiencia de Nash-Sutcliffe (sin dimensiones, Eq.3.45)
$EI$	es el factor de erosividad de la precipitación diaria ( $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}$ , Eq. 3.19 y 3.20)
$EI_t$	es la erosividad para el período de tiempo definido “ $t$ ” ( $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}$ , Eq. 3.22)
$E_p$	es la producción de sedimento (erosión laminar y de regueros) prevista para un evento de lluvia determinado (t/ha, Eq. 3.19).
$e_{sat}$	es la presión de vapor en saturación (kPa, Eq. 3.4.).
$ET_t$	evapotranspiración potencial (mm, Eq. 3.4).
$FS_t$	fracción de saturación del horizonte de suelo al comienzo del día (Eq. 3.3).
$G$	es el flujo de calor del suelo ( $MJ/m^2$ , Eq. 3.4.).
$H_v$	es el calor latente de vaporización ( $MJ/kg$ , Eq. 3.4.)
$I_a/P_{24}$	cociente de la sustracción inicial y la precipitación de 24 h (Eq. 3.16).
$K$	es el factor de erodibilidad del suelo ( $t.h.MJ^{-1}.mm^{-1}$ , Eq. 3.19).
$K_{sat}$	es la conductividad hidráulica en saturación del horizonte (mm/h, Eq. 3.4.)

$L_c$	es la longitud igual al recorrido del flujo concentrado (m, Eq. 3.13).
$L_{canal}$	es la longitud del canal (m, Eq. 3.7.).
$LS$	es el factor pendiente y longitud de ladera (sin dimensiones, Eq. 3.19)
$LS_n$	es el factor $LS$ de las “ $n$ ” celdilla del MDE de la celda “ $i$ ” (Eq. 3.21)
$L_{sup}$	es la longitud del camino de flujo superficial que puede alcanzar como máximo un valor de 50 m (Eq. 3.11).
$L_{spp}$	es la longitud del camino de flujo superficial poco profundo que puede alcanzar como máximo un valor de 50 m (Eq. 3.12).
$N$	es el número total de celdillas de la celda “ $i$ ” (Eq. 3.21).
$N_d$	es el número de depósito (sin dimensiones, Eq. 3.42)
$n_{sup}$	es la rugosidad de Manning para el flujo superficial (sin dimensiones, Eq. 3.11).
$P$	es el factor de prácticas de manejo (sin dimensiones Eq. 3.19).
$P_2$	es la precipitación de 24 h de duración y período de retorno 2 años (mm, Eq. 3.15)
$PERC_t$	percolación de agua por cada horizonte (mm, Eq. 3.1.)
$P_{24}$	es la precipitación de 24 h correspondiente a la fecha seleccionada (mm, Eq. 3.15 y 3.16).
$PLU$	es el subfactor que representa el uso prioritario del terreno (sin dimensiones, Eq. 3.23.).
$Q_{lat}$	flujo lateral subsuperficial (mm, Eq. 3.7)
$q_{lat}$	es el flujo subsuperficial lateral (mm por período de tiempo, Eq. 3.6).
$Q$	es el volumen de escorrentía en el punto $y$ (mm, Eq. 3.24)
$Q_t$	escorrentía superficial (mm).
$Q_p$	es el caudal punta ( $m^3/s$ , Eq. 3.15).
$Q_{pu}$	es el caudal punta unitario en $y$ (mm/s, Eq. 3.24)
$Q_s$	es la carga de sedimento en función del tiempo (t/s, Eq. 3.44 )
$q_{s1}$	es la carga de sedimento a la entrada del canal (t/s/m)
$q_{s2}$	es la carga de sedimento a la salida del canal (t/s/m).
$q_{sc}$	es la capacidad de transporte de sedimento del canal (t/s/m, Eq. 3.27)
$Q_w$	es la descarga en función del tiempo del hidrograma de escorrentía ( $m^3/s$ , Eq. 3.37)
$q_w$	es la descarga por unidad de anchura, $q_w = Q_w/W$ (t/s/m), siendo $W$ el ancho superior del canal (Eq. 3.30).
$r$	es el coeficiente de correlación datos observados-valores simulados (sin dimensiones, Eq. 3.46)
$R$	es la radiación neta en ( $MJ/m^2$ , Eq. 3.5).
$R_{EI}$	es la precipitación diaria (pulgadas, Eq. 3.20)

$RMSE$	es el error medio cuadrático entre los datos observados y los valores simulados (Eq. 3.47).
$SC$	es subfactor cubierta del suelo (sin dimensiones, Eq. 3.23).
$SLR_t$	representa el cociente de las pérdidas de suelo referidas a las condiciones de referencia y que representa el efecto combinado de la cobertura, la rugosidad superficial, la humedad del suelo y los cambios de manejo (Eq. 3.22.).
$SM$	es el subfactor de humedad antecedente del suelo (sin dimensiones, Eq. 3.1.).
$SR$	es el factor rugosidad superficial (sin dimensiones, Eq. 3.23).
$S_o$	es la pendiente del canal (m/m, Eq. 3.23.)
$S_2$	es la masa de sedimento a la salida del canal (t)
$S_c$	representa la cantidad de sedimento que el flujo arrastra al final del hidrograma (t)
$S_t$	parámetro de retención del suelo usado para el cálculo de la escorrentía para un día específico (mm, Eq. 3.1.)
$SM_t$	es el contenido de humedad para cada capa de suelo al inicio del período (fracción, Eq. 3.1.).
$SM_{t+1}$	es el contenido de humedad para cada capa de suelo al final del período (fracción).
$t$	intervalo de tiempo (3 horas por defecto) para el cual se realiza el balance de humedad del suelo (Eq. 3.1.).
$S_{sc}$	es la masa total de sedimento que arrastra la capacidad de transporte del canal al final del hidrograma (t, Eq. 3.39 y 3.40).
$S_{sup}$	es la pendiente de flujo superficial (m/m, Eq. 3.39 y 3.40).
$S_y$	es la producción de sedimento en un punto dado y (t/ha, Eq. 3.24)
$T_c$	es el tiempo de concentración total (h, Eq. 3.15).
$t_b$	es el tiempo base del hidrograma de escorrentía (h, Eq. 3.17).
$T_{c,celda}$	es el tiempo de concentración en la celda (h, Eq. 3.9)
$T_{LS,i}$	es el factor topográfico para la celda "i" de la cuenca (Eq. 3.21).
$T_{v,c}$	es el tiempo de viaje correspondiente al flujo concentrado en celdas (h, Eq. 3.9 y 3.13)
$T_{v,tramos}$	es el tiempo de viaje del flujo en canal que es dividido en segmentos de longitud $\Delta L$ (h, Eq. 3.10 y 3.14)
$T_{v,salida}$	es el tiempo de viaje dentro del canal hasta el punto de salida considerado (h, Eq. 3.10).
$T_{v,spp}$	es el tiempo de viaje correspondiente al flujo concentrado poco profundo en las celdas (h, Eq. 3.9 y 3.12).
$T_{v,sup}$	es el tiempo de viaje correspondiente al flujo superficial en las celdas (h, Eq. 3.9 y 3.11).

$u^*$	es la velocidad de cortadura a la entrada del canal (m/s, Eq. 3.43).
$V_c$	es la velocidad del flujo concentrado obtenido por la expresión de Manning (m/s, Eq. 3.13).
$V_{canal}$	es la velocidad del flujo a través de un canal obtenido por la expresión de Manning (m/s, Eq. 3.13).
$v_f$	es la velocidad de caída de las partículas (m/s, Eq. 3.27).
$V_{spp}$	es la velocidad del flujo superficial poco profundo (m/s, Eq. 3.12).
$W$	es la función de viento (dependiente linealmente de la velocidad de viento, Eq. 3.5).
$W_1$ y $W_2$	son los pesos actualizados de los números de curva para las condiciones de humedad I y II (Eq. 3.3).
$W_m$	es la masa de escorrentía a la entrada del canal (t)
$WI_b$	son las entradas de agua debidas a precipitación, deshielo o riego (mm, Eq. 3.2).
$Z$	es el grosor de la capa (m, Eq. 3.1.)

## SÍMBOLOS

$\Delta$	es la pendiente de la curva temperatura-presión de vapor en saturación (kPa/°C, Eq. 3.5.)
$\gamma$	es la constante psicrométrica (kPa/°C, Eq. 3.5)
$\gamma_p$ y $\gamma_w$	son las densidades de las partículas y el agua respectivamente (T/m <sup>3</sup> , Eq. 3.28).
$\kappa$	es la constante de von Karman's para flujo turbulento (sin dimensiones, se asume un valor de 0.4, Eq. 3.43)
$\lambda$ ,	es el índice de distribución de poros calculado mediante la ecuación de edafotransferencia de Rawls & Brakensiek (1989), dependiente de la textura y la porosidad del suelo (Eq. 3.4.).
$\eta$	es el factor de transporte efectivo sin dimensiones (Eq. 3.27).
$\rho$	es la porosidad del horizonte (%), que coincide con el contenido de humedad en condiciones de saturación (Eq. 3.4.).
$\theta_b$ ,	es el contenido de humedad actual del horizonte (% , Eq. 3.4.)
$\theta_r$	es el contenido de humedad residual correspondiente al punto de marchitez permanente (% , Eq. 3.4.).
$\tau$	es la tensión de cortadura (T/m <sup>2</sup> , Eq. 3.27)
$\omega_f$	es el peso considerado para cada valor de carga de sedimento en función del tiempo que utiliza el método de integración numérica Gaussian-Legendre (Eq. 3.44)

## RESUMEN

Las elevadas pendientes en las que se disponen y manejos de suelo inadecuado (bajas densidades del árbol, falta de cobertura, exceso de labores, etc...) incrementan la vulnerabilidad de los olivares a la erosión, que constituye un serio problema en ciertas áreas de sierra. Por otro lado, los estudios de modelado de los procesos hidrológicos y erosivos en olivar han sido realizados a partir de datos procedentes de ensayos en parcelas, debiéndose reducir la escala a unidades ambientales de mayor extensión, como la microcuenca, que permitan abordar los efectos de la implantación de medidas de conservación o modificaciones del sistema de manejo como medida de lucha contra la erosión.

De esta forma, este trabajo está dedicado al análisis del modelo Annualized Agricultural Non Point Source (AnnAGNPS) como instrumento para la simulación continua de eventos de lluvia y su respuesta en escorrentía y descarga de sedimentos a la salida en microcuencas de olivar sometidas a los manejos de mínimo laboreo y no laboreo con cubierta.

Se ha calibrado el modelo en la microcuenca de Setenil sometida a mínimo laboreo a partir de 8 eventos. La profunda caracterización topográfica y edafológica ha permitido que a partir de la calibración de los  $NC$  y el factor  $C$  de la RUSLE se alcanzaran coeficientes de eficiencia de 0,99 para el caso de la escorrentía, 0,78 para los caudales punta y 0,99 para la descarga. Los buenos resultados, a excepción de los caudales máximos se deben además de la flexibilidad del modelo, a la sensibilidad de los índices de evaluación a los valores máximos extremos y a un número limitado de datos. La validación se ha realizado con 6 eventos de la campaña 2006-2007 de los cuales únicamente 3 mostraban medidas de sedimentos. Se ha obtenido un coeficiente de eficiencia de 0,70 para la escorrentía, 0,43 para los caudales punta y una valoración positiva de la comparación entre observados y simulados respecto a la descarga de sedimentos.

En el caso de la microcuenca de Puente Genil con tratamiento de suelo de no laboreo con cubierta, los eventos de lluvia-escorrentía utilizados en la calibración fueron 16. Los coeficientes de eficiencia para escorrentía, caudales punta y descarga de sedimentos fueron de 0,85, 0,98 y 0,92, respectivamente. Estos resultados responden a un manejo donde las alteraciones superficiales del suelo, a excepción de la cubierta son mínimas y nuevamente a la limitación en el número de datos y la sensibilidad del coeficiente de eficiencia a la aparición de valores extremos, como es el caso. La validación ha mostrado un coeficiente de eficiencia de 0,99 para la escorrentía y 0,90 para las descargas de sedimentos, mientras que para los caudales punta ha sido próximo a 0,04. Por consiguiente, se pone de manifiesto las aplicaciones del modelo en la estimación continua de los valores de escorrentía y descarga de sedimentos y su inaptitud para la evaluación de eventos.

Finalmente, una vez calibrado el modelo se ha realizado una aplicación inmediata del mismo como herramienta predictiva de distintos escenarios que han respondido, por un lado, a la implantación de medidas de conservación como fajas de vegetación de distinta anchura en la microcuenca de Setenil, y por otro, al análisis de distintas respuestas de la cuenca de Puente Genil con no laboreo con cubiertas, bajo condiciones climáticas más húmedas que las de la campaña de medida, caracterizada por la escasez de lluvia. Los resultados en el primer caso muestran la reducción sustancial de la erosión especialmente en los eventos máximos que se den en invierno y primavera. En Puente Genil, el aumento de la escorrentía y la erosión bajo condiciones de mayor humedad justifican que, tanto el uso como el manejo del suelo, deban ser planificados de acuerdo a las potencialidades y limitaciones coincidentes en la cuenca y que el uso de cubiertas, permite salvaguardar la capacidad de uso del suelo.

## 1. INTRODUCCIÓN

El olivar es uno de los cultivos con mayor importancia cultural y económica de España, que proporciona el 33 % de la producción mundial de aceite (Civantos, 2001), absorbe un elevado volumen de mano de obra y supone una fuente de ingresos muy valiosa en el sector rural, especialmente en Andalucía (Junta de Andalucía., 2003).

La cuantificación e interpretación de los procesos hidrológicos y erosivos en microcuencas de olivar sometidas a distintos manejos de suelo es imprescindible para evaluar la incidencia en el aprovechamiento del agua y la sostenibilidad de dichas prácticas en relación a la pérdida de suelo. La forma ideal de examinar el impacto de las prácticas de manejo del suelo es mediante el establecimiento de sistemas de control y medida que permitan adquirir series de datos de pérdida de suelo (Montaghimi et al., 1997). Un procedimiento alternativo para extraer información sobre los efectos derivados de las distintas técnicas de manejo es el uso de modelos de simulación de los balances hidrológicos y erosivos a la escala de trabajo (Merritt et al., 2003), que una vez calibrados y validados para el cultivo y el manejo en cuestión suponen una poderosa herramienta de planificación y gestión

Hay un amplio abanico de modelos de simulación de transporte de sedimentos y de contaminantes. En general, no existe el modelo “ideal” para todo tipo de aplicaciones sino que el modelo más apropiado depende del uso y características de la cuenca considerada. Otros factores que afectan a la elección de un modelo incluyen:

- Datos requeridos por el modelo que engloba la variación temporal y espacial de las entradas y salidas del mismo.
- La exactitud y validación del modelo para las condiciones de estudio así como las asunciones que contempla.
- Los componentes y la capacidad del modelo.
- Los objetivos del usuario, las características de uso del modelo, el tipo de resultados y la escala de trabajo.
- Finalmente, el hardware que necesita el modelo.

En general, los modelos se clasifican en tres categorías: empíricos o estadísticos, conceptuales y físicamente basados. De ellos, los empíricos son los más simples ya que se basan en el análisis de las observaciones. Además, suelen necesitar un menor número de parámetros que el resto, que generalmente pueden estimarse mediante calibración, resultando particularmente útiles en las primeras fases de identificación de fuentes de sedimento y generación de nutrientes (Merritt et al., 2003).

Se ha seleccionado el modelo AnnAGNPS desarrollado por Bingner and Theurer (2003) con asistencia del USDA NRCS y Agricultural Research Service (ARS) ya que permite simular infiltración, circulación de escorrentía y de sedimentos a nivel diario en el ámbito agrícola (olivar) y se adapta a la escala de trabajo (pequeña cuenca).

En relación a sus posibilidades de calibración y adaptación a olivar, AnnAGNPS (Annualized Agricultural Non Point Source) es un modelo distribuido por parámetros y que simula de manera continua las cantidades de agua, sedimento y nutrientes, que fluyen por porciones homogéneas del terreno a intervalos de 24 horas, a partir de algoritmos empíricos y quasi-físicos basados en modelos usuales como el Número de Curva (NC) del Servicio de Conservación de Suelos de E.E.U.U. y la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (Singh, 1995; Bingner and Theurer, 2003). El modelo ha sido validado en una amplia variedad de cuencas agrícolas con diversos cultivos en Estados Unidos, con superficies comprendidas entre 1 a 1200 ha.

Así, Montaghimi et al. (1997) utilizando los datos de 2 años hidrológicos de una cuenca agrícola de Virginia (E.E.U.U.) de 1.153 ha de superficie, calibraron y validaron AGNPS (versión del modelo para eventos) a partir de los valores de escorrentía, caudales máximos, y producción de nutrientes y sedimentos. Los resultados mostraron que el modelo reproducía mejor el volumen de escorrentía que los caudales máximos, aunque los parámetros del análisis estadístico (error medio cuadrático, coeficientes de variación y coeficientes de la regresión valores observados-valores simulados) resultaron satisfactorios. En el caso de los sedimentos, se recomienda calibrar los parámetros por eventos y no usando valores medios. Finalmente, estos autores utilizan las posibilidades del modelo para simular nuevos escenarios donde se aplican medidas de conservación de suelo.

Corbett et al. (1997) realizaron un estudio comparativo de volúmenes de escorrentía, caudales punta y descarga de sedimentos, así como sus relaciones con la abundancia y características de áreas impermeables, en dos cuencas una forestal de 38 ha y otra en proceso de urbanización, de 15 ha, que desaguan a un estuario en Carolina (E.E.U.U.). Para ello, calibraron AGNPS a partir de los datos recopilados en 10 eventos y analizaron la respuesta de las cuencas a lluvias de distintas magnitudes. Los resultados de la simulación mostraron que tanto para la escorrentía como para la descarga de sedimentos la cuenca urbanizada alcanzaba tasas aproximadamente diez veces superiores a la cuenca forestal y que las salidas del modelo dependían de la frecuencia de áreas impermeables independientemente de su forma, localización, proximidad, etc...

Grunwald y Norton (2000) han calibrado y validado también el modelo sobre dos cuencas, una agrícola y otra agroforestal de Baviera (Alemania) de 120 y 160 ha respectivamente, observando que los valores de escorrentía simulados para un NC no calibrado (recopilado de bibliografía) eran subestimados. Además estos autores exponían un algoritmo para el cálculo del factor LS de la RUSLE que obtenía un mejor ajuste en los valores de producción de sedimentos.

Licciardello y Zimbone (2002) con el objeto de simular los efectos de la lluvia y la escorrentía a escala de cuenca bajo las condiciones semiáridas que caracterizan buena parte del área Mediterránea, intrumentalizaron una cuenca de pasto, de 130 ha en Sicilia y calibraron el modelo para 20 eventos (1997-2000), de los cuales 10 de ellos disponían de valores de concentración de sedimentos suspendidos y compararon distintas respuestas del modelo según los datos de lluvia de dos estaciones próximas a la cuenca. Los resultados de la misma muestran coeficientes de determinación de la regresión observado-simulado y coeficientes de eficiencia satisfactorios a excepción del caudal punta que es sobrestimado, especialmente en los eventos pequeños.

Haregeweyn y Yohannes (2003) han empleado AGNPS en una cuenca agrícola de montaña de 234 ha, en Hararghe (Etiopía) para estimar los valores de escorrentía, caudales máximos y erosión. De este modo, calibraron y validaron el modelo a partir de un gran número de eventos ocurridos en diez años. Los resultados de la validación son relativamente buenos exceptuando el caso de la escorrentía, donde el coeficiente de eficiencia es negativo para los dos tamaños de malla del modelo de elevación (100 y 200 m) que examinaron.

Mohammed et al. (2004) continuando los programas de investigación de los procesos de erosión en las áreas montañosas de Etiopía calibraron y validaron AGNPS en una cuenca en Wollo de 108,2 ha. En el proceso de calibración utilizaron 10 eventos de cuantía superior a 12,5 mm o con intensidades superiores o iguales a 6 mm en 15 minutos. En el caso de la validación intervinieron otras 8 tormentas ocurridas durante el año 1992. Los índices de evaluación de la calibración y la validación fueron los coeficientes de correlación entre los valores observados y reproducidos y el coeficiente de eficiencia de Nash-Sutcliffe (1970). Ambos valores, tanto para la etapa de calibración como de validación mostraron que el modelo reproducía muy bien la escorrentía y la pérdida de suelo, aunque los caudales punta eran normalmente sobrestimados.

Finalmente, el análisis de sensibilidad llevado a cabo pone de manifiesto la incidencia de los parámetros *Número de Curva* y factor *C* de la RUSLE en los resultados del modelo.

León et al. (2004) calibraron y validaron el modelo AGNPS a partir de de una veintena de eventos (escorrentía, caudales máximos, sedimentos y nutrientes) en una cuenca instrumentalizada de 293 km<sup>2</sup>, con el objeto de juzgar la aplicación del programa como sistema de decisión de usos del suelo en el manejo de cuencas. Los coeficientes de eficiencia de Nash-Sutcliffe tanto en calibración como en la validación son superiores a 0,7 (exceptuando los nutrientes), lo cual presenta al modelo como una herramienta adecuada para reproducir distintos escenarios a pesar de sus limitaciones en los nutrientes y la dependencia del modelo a las condiciones de humedad antecedente.

Por otra parte, existen diversos estudios dedicados a la validación del modelo AGNPS desde el punto de vista de la circulación de nutrientes y contaminantes como los de Kao et al. (1998), Pekarova et al (1999) Rode y Lindenschmidt (2001) y Aguilar et al. (2005a).

De esta manera, los objetivos de este capítulo son:

- Calibrar y validar el modelo AnnAGNPS para la simulación de procesos hidrológicos y erosivos a escala de microcuenca en olivar, examinando sus aplicaciones para dos sistemas de manejo distintos: mínimo laboreo y no laboreo con cubiertas.
- Simular distintos escenarios que permitan justificar desde el punto de vista de la sostenibilidad, la aplicación de medidas de conservación y un uso y manejo del suelo que responda a las características del medio.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Cuencas de Estudio.

Los Epígrafes 2.2. del Capítulo 1 y 2.1. del Capítulo 2, desarrollan las características del medio correspondientes a las microcuencas de Puente Genil y Setenil. Por otro lado, la Figura 3.1. ofrece un plano de situación para identificar, una vez más, microcuencas y manejos.



**Figura 3.1.** Plano de situación de las microcuencas de estudio: Puente Genil (Córdoba) con no laboreo con cubiertas y Setenil (Cádiz) bajo mínimo laboreo.

### 2.2. El modelo AnnAGNPS

#### 2.2.1. Introducción

AnnAGNPS es un modelo distribuido por parámetros, útil para la simulación de escorrentía, caudales máximos, transporte de sedimentos y de nutrientes N y P, a escala de cuenca. Se trata de la versión para llevar a cabo simulaciones continuas de AGNPS (Young et al, 1989), que trabajaba únicamente con eventos.

Los modelos distribuidos por parámetros, como AnnAGNPS, cuantifican la variabilidad espacial en un grupo de parámetros climáticos, topográficos, edafológicos y de uso que, mediante algoritmos, simulan los procesos ambientales. De esta forma, las unidades de trabajo las constituyen las celdas y los canales. Las celdas son áreas elementales donde se asume que las características biofísicas son constantes. En las celdas tienen lugar los procesos primarios cuyos resultados constituyen los valores de entrada de los algoritmos que simulan el balance de agua, sedimentos y nutrientes en los canales. Sus módulos básicos son los siguientes:

- El modelo hidrológico que utiliza es el Número de Curva del Servicio de Conservación de Suelos (USDA, 1972) aunque parcialmente modificado.
- Para la predicción de la erosión laminar y por regueros, AnnAGNPS utiliza la Revisión de la Ecuación Universal Revisada de la Pérdida de Suelo (RUSLE; Renard et al., 1997). El depósito es estimado mediante la fracción de descarga de la producción de sedimento desde la divisoria al canal que viene

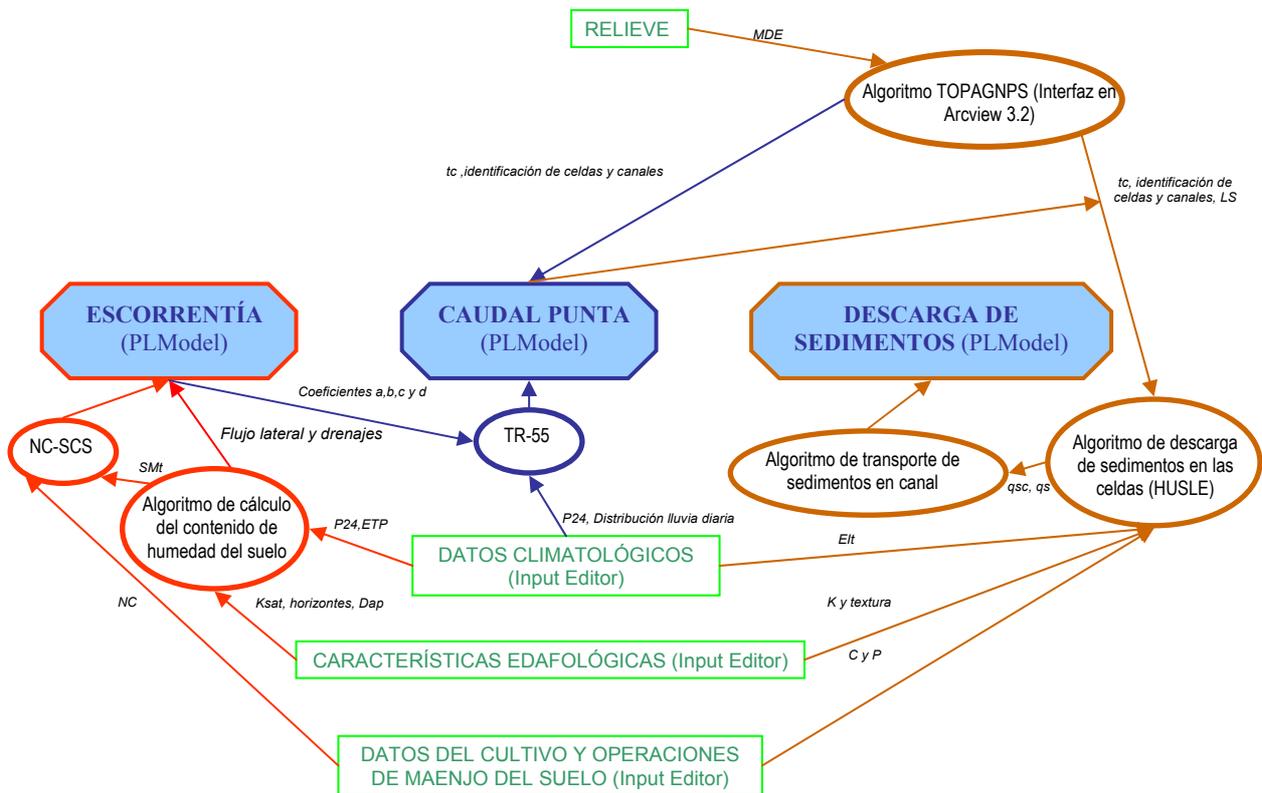
determinada por la Ecuación Hidrogeomórfica de la Pérdida de Suelo (HUSLE; Theurer y Clarke, 1991).

- Finalmente, para la circulación de nutrientes y contaminantes se basa en modelo CREAMS (Chemical, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems; Knisel, 1980).

Los datos básicos requeridos por el modelo son los siguientes:

- Valores climatológicos: precipitación diaria, temperatura máxima y mínima, temperatura del punto de rocío, porcentaje de cielo cubierto y velocidad del viento.
- Características del medio: modelo de elevación del terreno, caracterización edafológica y uso del suelo.
- Características de manejo: labores de plantación, cosecha, labranza, operaciones fitosanitarias, fertilización y riego.
- Otras características de la cuenca como pueden ser fuentes puntuales de agua, sedimentos y/o contaminantes (pozas, cárcavas, majadales, etc) o elementos relacionados con el manejo (rotaciones, terrazas, fajas...)

Los resultados pueden obtenerse para la totalidad de la cuenca o por celdas, al igual que ocurre con los canales. Por otra parte, pueden seleccionarse valores anuales o bien disgregados por eventos. La Figura 3.2. muestra un esquema general de los datos de entrada y de los módulos Input Editor (para la entrada de datos) y PLMODEL (para el procesamiento de los mismos).



**Figura 3.2.** Esquema de las entradas de grupos de variables al programa AnnAGNPS y procesamiento de los datos y obtención de resultados a partir de los módulos Input Editor y PLMODEL. En color verde aparecen los datos de entrada, en rojo, las relaciones y algoritmos relacionados con la predicción de la escorrentía, en azul, los relacionados con los caudales punta y en marrón, los correspondientes a la descarga de sedimentos.

## 2.2.2. Hidrología

### 2.2.2.1. Hidrología de las celdas y generación de escorrentía

El modelo hidrológico se basa en la ecuación del balance de agua en el suelo de las celdas para estimar un número de curva ( $NC$ ) dependiente del contenido de humedad, que determina la escorrentía superficial y subsuperficial del sistema y que posteriormente es dirigida a los canales. El balance de humedad es estimado para dos horizontes: el primero de 203 mm y el siguiente desde esta profundidad hasta la cota de la capa impermeable. A causa de las relaciones no lineales de la tasa de percolación y de evapotranspiración, las variaciones del contenido de humedad se llevan a cabo a un nivel inferior al diario. De esta forma, el día se divide en una serie intervalos de igual longitud, donde los valores de humedad se consideran uniformes y en los que se aplica la siguiente ecuación (Eq. 3.1):

$$SM_{t+1} = SM_t + \frac{WI_t - Q_t - PERC_t - ET_t - Q_{lat} - Q_{dren}}{Z} \quad (3.1)$$

Donde:

$SM_t$ , contenido de humedad para cada capa de suelo al inicio del período (fracción).

$SM_{t+1}$ , contenido de humedad para cada capa de suelo al final del período (fracción).

$WI_t$ , entradas de agua debidas a precipitación, deshielo o riego (mm).

$Q_t$ , escorrentía superficial (mm).

$PERC_t$ , percolación de agua por cada horizonte (mm).

$ET_t$ , evapotranspiración potencial (mm).

$Q_{lat}$ , flujo lateral subsuperficial (mm).

$Q_{dren}$ , flujo por drenes (mm).

$Z$ , grosor de la capa.

$t$ , período de tiempo (3 horas por defecto).

- Los valores diarios se dividen en el número de intervalos especificado por el usuario para el cálculo de  $SM_t$  al comienzo del día. Las entradas al sistema incluyen lluvia, riego y deshielo, mientras que las salidas son escorrentía superficial, evapotranspiración, percolación y drenaje.

- Los datos climáticos pueden ser series históricas, datos simulados por el módulo GEM o bien combinación de ambos. Los parámetros que se requieren a nivel diario son los siguientes: precipitación, temperatura máxima, media, mínima y punto de rocío, velocidad de viento, radiación neta y porcentaje de día nublados.

- La escorrentía superficial es calculada a partir del método del número de curva del SCS pero con la particularidad de que el contenido de humedad determina el valor de sustracción inicial  $S$  (Eq 3.2). Así, el valor actual de  $S_t$  usado para el cálculo de la escorrentía para un día específico  $t$ , depende de los pesos actualizados de los números de curva para las condiciones de humedad I y II ( $W_1$  y  $W_2$ ) y de la fracción de saturación ( $FS_t$ ) al comienzo del día (Eq. 3.3).

$$Q_t = \frac{(WI - 0.2S_t)^2}{WI + 0.8S} \quad (3.2)$$

$$S_t = S_1 \left[ 1 - \frac{FS_t}{FS_t + \exp(W_1 - W_2 FS_t)} \right] \quad (3.3)$$

Hay que señalar que el usuario puede adaptar los  $NC$  a las variaciones de cobertura, manejo o erodibilidad que se producen por la época del año. Por otra parte, también el modelo puede modificar los números de curva según los parámetros de crecimiento del cultivo para simular las variaciones de cobertura.

- La percolación es equivalente a la tasa de conductividad hidráulica correspondiente al contenido de humedad en “t” del intervalo del día,  $K_t(\theta_t)$ , de acuerdo con la ecuación de Brooks-Corey (1964) (Eq. 3. 4):

$$K_t(\theta_t) = K_{sat} * \left( \frac{\theta_t - \theta_r}{\rho - \theta_r} \right)^{3 + \frac{2}{\lambda}} \quad (3. 4)$$

Donde:

$K_{sat}$ , es la conductividad hidráulica en saturación del horizonte (mm/h)

$\theta_t$ , es el contenido de humedad actual del horizonte (%)

$\theta_r$ , es el contenido de humedad residual correspondiente al punto de marchitez permanente (%).

$\rho$  es la porosidad del horizonte (%), que coincide con el contenido de humedad en condiciones de saturación.

$\lambda$ , es el índice de distribución de poros calculado mediante la ecuación de edafotransferencia de Rawls & Brakensiek (1989), dependiente de la textura y la porosidad del suelo.

- La evapotranspiración potencial es calculada a partir de la ecuación de Penman (FAO, 1998) (Eq. 3.5)

$$ET_p = \frac{1}{H_v} \left[ \left( \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) (R - G) + \left( \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} \right) * W * (e_{sat} - e) \right] \quad (3.5)$$

Donde:

$ET_p$  es la evapotranspiración potencial (mm).

$H_v$  es el calor latente de vaporización (MJ/kg).

$\Delta$  es la pendiente de la curva temperatura-presión de vapor en saturación (kPa/°C).

$\gamma$  es la constante psicrométrica (kPa/°C).

$R$  es la radiación neta en (MJ/m<sup>2</sup>).

$G$  es el flujo de calor del suelo (MJ/m<sup>2</sup>).

$W$  es la función de viento (dependiente linealmente de la velocidad de viento).

$e_{sat}$  es la presión de vapor en saturación (kPa).

$e$  es la presión de vapor actual (kPa).

- Finalmente se consideraría el flujo subsuperficial compuesto de flujo por drenes en el caso de que exista riego y/o el flujo subsuperficial lateral calculado por la ecuación de Darcy. Para el primer caso, se aplica la ecuación de Hooghoudt (Smedema and Rycroft, 1983) dada su simplicidad y su extensa difusión dentro del USDA-NCRS. Por otro lado, para el cálculo del flujo subsuperficial lateral se considera la Eq. 3.7:

$$q_{lat} = -K_{sat} * \frac{dh}{dl} \quad (3.6)$$

$$Q_{lat} = \frac{q_{lat} * A_{lat}}{1000} \quad (3.7)$$

$$A = \frac{h * L_{canal}}{1000} \quad (3.8)$$

Donde:

$q_{lat}$  es el flujo subsuperficial lateral (mm por período de tiempo).

$K_{sat}$  es la conductividad hidráulica del horizonte (mm por período de tiempo).

$\frac{dh}{dl}$  es el gradiente hidráulico de la zona saturada que se considera el valor de la pendiente topográfica local,  $\tan(\beta)$  tal y como asume el modelo TOPMODEL (Beven et al., 1995) y que se obtiene de los algoritmos que determinan las características del modelo de elevación.

$Q_{lat}$  es el volumen de flujo lateral que sale de las celdas en cada intervalo de tiempo ( $m^3$ ).

$A_{lat}$  es el área transversal que atraviesa el flujo lateral ( $m^2$ ).

$h$  es la altura de suelo saturado desde la capa impermeable (mm).

$L_{canal}$  es la longitud del canal (m).

### 2.2.2.2 Hidrología de las celdas e hidráulica de canales

La escorrentía generada en las celdas es dirigida a los canales desde donde se calcula el hidrograma de salida de la celda y los valores de flujo en el canal (Figura 3.2.). La escorrentía en las celdas se traduce a caudal máximo o caudal punta mediante el método del TR-55 (Technical Release -55; SCS,1986). Para ello, ha de calcularse el tiempo de concentración de las celdas hasta el punto de salida de la cuenca como suma de los tiempos que se invierten en flujo superficial ( $T_{v,sup}$ ), flujo concentrado poco profundo ( $T_{v,spp}$ ) y finalmente flujo concentrado ( $T_{v,c}$ ). Así, se diferencian tiempo de concentración de la celda ( $T_{c,celda}$ ) y tiempo de concentración de los canales ( $T_{c,canales}$ , Eq.3. 9 y Eq. 3.10). El terreno y la geometría de los canales determinan los valores del tiempo de concentración final, tal y como muestran las Eq.3. 11-14:

$$T_{c,celda} = T_{v,sup} + T_{v,spp} + T_{v,c} \quad (3.9)$$

$$T_{c,canal} = \sum T_{v,tramos} + T_{v,salida} \quad (3.10)$$

Donde:

$T_{v,tramos}$  representa el flujo en canal que es dividido en segmentos cuya longitud  $\Delta L$  puede ser introducida por el usuario o calcularse a partir de valores por defecto.

$T_{v,salida}$  es el tiempo de viaje dentro del canal hasta el punto de salida considerado.

$$T_{v,sup} = \frac{0,09 * (n_{sup} * L_{sup})^{0,8}}{P_2^{0,5} * S_{sup}^{0,4}} \quad (3.11)$$

Donde:

$n_{sup}$  es la rugosidad de Manning para el flujo superficial.

$L_{sup}$  es la longitud del camino de flujo superficial que puede alcanzar como máximo un valor de 50 m.

$P_2$  es la precipitación de 24 h de duración y período de retorno 2 años (mm)

$S_{sup}$  es la pendiente de flujo superficial (m/m).

$$T_{v,spp} = \frac{L_{spp}}{3600 * V_{spp}} \quad (3.12)$$

Donde:

$L_{spp}$  es la longitud del camino de flujo superficial poco profundo que puede alcanzar como máximo un valor de 50 m (m).

$V_{spp}$  es la velocidad del flujo superficial poco profundo que puede tomar como máximo un valor de 0.61 m/s y que en caso contrario se calcula como  $V_{spp} = 4.9178 * S_{spp}^{0,5}$ , siendo  $S_{spp}$  el valor de la pendiente del flujo superficial poco profundo (m/s).

$$T_{v,c} = \frac{L_c}{3600 * V_c} \quad (3.13)$$

Donde:

$L_c$  es el segmento de longitud de flujo correspondiente al flujo concentrado (m).

$V_c$  es la velocidad del flujo concentrado obtenido por la expresión de Manning (m/s).

Por otra parte, las expresiones para el flujo en canal son las siguientes:

$$T_{v,tramo} = \frac{\Delta L}{3600 * V_{tramo}} \quad (3.14)$$

Donde:

$\Delta L$  es el segmento de longitud de flujo correspondiente al flujo concentrado (m).

$V_{canal}$  es la velocidad del flujo a través del tramo obtenido por la expresión de Manning (m/s).

El tiempo de viaje correspondiente al tramo hasta el punto de salida se calcula como la Eq. 3.14 pero sustituyendo el valor de  $\Delta L$  por la longitud determinada por el inicio del canal hasta el punto de salida de la cuenca.

Una vez calculado el tiempo de concentración de la cuenca, el caudal punta (Eq. 3.15) es necesario para la construcción del hidrograma de salida y el modelo de producción de sedimento HUSLE.

$$Q_p = 2,7777778 * 10^{-3} * P_{24} * A * \left[ \frac{a + c * T_c + e * T_c^2}{1 + b * T_c + d * T_c^2 + f * T_c^3} \right] \quad (3.15)$$

Donde:

$Q_p$  es el caudal punta (m<sup>3</sup>/s)

$P_{24}$  es la precipitación de 24 h correspondiente a la fecha seleccionada (mm).

$A$  es el área de desagüe (ha)

$T_c$  es el tiempo de concentración (h)

$a, b, c, d, e$  y  $f$  son los coeficientes que determinan el tipo de distribución de lluvia de 24 h según las modalidades de la metodología del TR-55, junto con el cociente de la sustracción inicial y la precipitación de 24 h ( $I_a/P_{24}$ ) calculado por la Eq. 3.16.

$$\frac{I_a}{P_{24}} = \frac{\left[ (P_{24} + 2Q_{24}) - (5Q_{24}P_{24} + 4Q_{24}^2)^{0,5} \right]}{P_{24}} \quad (3.16)$$

Siendo  $Q_{24}$  la escorrentía generada en las celdas o en la cuenca (según se considere) en mm obtenida como muestra la Eq. 3.2.

Finalmente, el desarrollo del hidrograma del TR-55 es de forma triangular y viene determinado por el tiempo de la base del mismo (Eq. 3. 17-18):

$$t_b = \frac{20 * Q_c * A}{Q_p} \quad (3.17)$$

$$Q_w = \left( \frac{Q_p}{t_b} \right) * t \quad (3.18)$$

Donde:

$Q_c$  es el volumen de escorrentía de la cuenca (mm).

$A$  es el área de la cuenca (ha).

$Q_p$  es el caudal punta ( $m^3/s$ )

$Q_w$  es la descarga en función del tiempo del hidrograma de escorrentía ( $m^3/s$ )

$t$  es el tiempo que transcurre desde el inicio de la escorrentía (s).

### 2.3.3. Erosión

#### 2.3.3.1 Erosión en celdas y transporte de sedimentos.

AnnAGNPS utiliza la Ecuación Universal Revisada de Pérdida de Suelo (RUSLE; Renard et al., 1997) para calcular la erosión laminar y por regueros en celdas individuales a nivel diario. También existe un módulo que permite incluir las tasas de pérdidas de suelo debido a cárcavas. Por otra parte, AnnAGNPS cuenta con el módulo CONCEPTS para la simulación de las pérdidas de suelo en el lecho de grandes cuencas.

La RUSLE (Eq. 3.19) permite estimar la producción de suelo por erosión laminar y regueros, de manera continua, ya que puede incorporar los cambios relacionados con la cobertura, la erodibilidad y los cambios de manejo a partir de las variación de sus factores a lo largo del año, tal y como se verá a continuación. Por otra parte, la tasa de depósito y la descarga de sedimento que se realiza en el canal se calcula mediante la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Hidrogeomórfica (HUSLE) que evalúa la producción total de suelo provocada por un evento en las celdas y que permite calcular un coeficiente de descarga final en el punto de salida de la cuenca. Finalmente, es posible determinar la distribución de partículas que se vierte al canal mediante un algoritmo que se basa en los trabajos de Young et al. (1987) sobre las densidades y velocidades de caída de los sedimentos por texturas.

$$E_p = EI * K * LS * C * P \quad (3.19)$$

Donde:

$E_p$  es la producción de sedimento (erosión laminar y de regueros) prevista para un evento de lluvia determinado (t/ha).

$EI$  es el factor de erosividad de la precipitación diaria ( $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}$ )

$K$  es el factor de erodibilidad del suelo ( $t.h.MJ^{-1}.mm^{-1}$ ).

$LS$  es el factor pendiente y longitud de ladera (sin dimensiones).

$C$  es el factor de cobertura y de características del cultivo (sin dimensiones).

$P$  es el factor de prácticas de manejo (sin dimensiones).

- El factor erosividad de la lluvia ( $EI$ ) representa la capacidad potencial de la lluvia para producir erosión. Es calculado mediante la Eq. 3.20 que es originaria del modelo CREAMS (Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems; Knisel, 1980) o bien se consideran los valores quincenales introducidos directamente por el usuario.

$$EI = 17,0948 * \frac{A_{EI} * \exp[2,119 * \ln(R_{EI}) * \exp(0,0086 * \ln 24)]}{\exp(B_{EI} * \ln 24)} \quad (3.20)$$

Donde:

$A_{EI}$  y  $B_{EI}$  son coeficientes dependientes del tipo de distribución de la lluvia.

$R_{EI}$  es la precipitación diaria en pulgadas.

- El factor erodibilidad ( $K$ ) representa el efecto combinado de la susceptibilidad del suelo al arranque y la transportabilidad del sedimento por la escorrentía. Se trata de un valor empírico en el que inciden la cantidad de materia orgánica, la permeabilidad, la estructura y la mineralogía del suelo. El factor  $K$  varía estacionalmente según las condiciones de humedad que tienden a facilitar el arranque de suelo, de esta forma, RUSLE contempla la posibilidad de modificar  $K$  según valores quincenales dependiente de  $EI$  y de la temperatura aunque también puede mantenerse constante a lo largo del año como valor introducido por el usuario.

- El factor  $LS$  representa la incidencia de la topografía en la producción de sedimento, de forma que la erosión aumenta con el incremento de la longitud de la ladera y la pendiente. Se define como el cociente de las pérdidas de suelo de una ladera determinada respecto a la ladera de referencia de longitud 22,6 m y el 9 % de pendiente manteniéndose en ambas el resto de características. En los estudios de RUSLE (Renard et al., 1997) se muestran unas expresiones y tablas para el cálculo de la longitud de ladera y la pendiente en parcelas de distintas características. A una mayor escala AnnAGNPS utiliza un algoritmo propio incluido en el módulo topográfico TOPAGNPS (Garbrecht & Martz, 1999) integrado en el sistema de información geográfica ARCVIEW 3.2 (ESRI, 2000). La idea básica del algoritmo consiste en calcular un factor  $LS$  para cada una de las celdas de la cuenca a partir del modelo de elevación (MDE) de manera que asigna a cada celdilla de la malla de elevación un factor  $LS$  según su situación en la ladera y su condición topológica en la distribución de flujo. Para ello, calcula para cada celdilla un segmento aguas arriba equivalente de acuerdo a si considera a la misma como parte de un segmento uniforme, un perfil compuesto, etc...). Al fin, se obtiene el factor  $LS$  para cada una de las celdas en que divide la cuenca, que se aplicará para la estimación de la producción de sedimentos (Eq. 3. 21)

$$T_{LS,i} = \frac{\sum_{n=1}^{n=N} LS_n}{N} \quad (3.21)$$

Donde:

$T_{LS,i}$  es el factor topográfico para la celda “ $i$ ” de la cuenca.

$LS_n$  es el factor  $LS$  de las “ $n$ ” celdilla del MDE de la celda “ $i$ ”

$N$  es el número total de celdillas de la celda “ $i$ ”.

- El factor  $C$  integra los efectos del cultivo sobre la protección del suelo. Se define como el cociente entre las pérdidas de suelo de una parcela determinada respecto a la misma parcela en barbecho continuo bien labrada, multiplicado por la erosividad para un período de tiempo determinado. La expresión de cálculo básica es la siguiente (Eq. 3.22):

$$C_t = EI_t * SLR_t \quad (3. 22)$$

Donde:

$EI_t$  es la erosividad para el período de tiempo definido “ $t$ ”

$SLR_t$  (soil loss ratio) que representa el cociente de las pérdidas de suelo referidas a las condiciones de referencia y que representa el efecto combinado de la cobertura, la rugosidad superficial, la humedad del suelo y los cambios de manejo. Viene determinado por la Eq. 3.23:

$$SLR = PLU * CC * SC * SR * SM \quad (3.23)$$

Donde:

$PLU$  es el subfactor que representa el uso prioritario del terreno.

$CC$  es el subfactor responsable de la cobertura por encima del suelo

$SC$  es subfactor cubierta del suelo.

$SR$  es el factor rugosidad superficial.

$SM$  es el subfactor de humedad antecedente del suelo.

En AnnAGNPS, el cálculo de  $C$  para cultivos se lleva a cabo para períodos de quince días si se selecciona como uso del suelo cultivo (cropland), de manera que es necesario disponer de la distribución por quincenas de la erosividad. Por otra parte, para etiquetas diferentes a cultivos el valor de  $C$  se mantiene constante a lo largo del año dado que los autores consideran que las variaciones de  $C$  en otros usos como “rangelands” o usos de sierra o monte.

- El factor  $P$  representa la influencia del manejo y las prácticas de suelo sobre la erosión. Se define como el cociente entre las pérdidas de suelo para las prácticas específicas de un área y las correspondientes a la misma zona aplicándose laboreo en dirección a la máxima pendiente. El factor  $P$  recoge los efectos de la microtopografía en la variación de los patrones de flujo. Dentro de AnnAGNPS, el valor de  $P$  puede ser incluido por el usuario, existiendo en el manual de RUSLE tablas con valores orientativos, o bien, para incluir determinados efectos existen menús característicos para incluir terrazas, fajas, cultivo según curvas de nivel, etc...

Una vez calculada la erosión laminar y por regueros y las contribuciones del lecho o de alguna fuente puntual como cárcavas o pozas, los valores de depósito y de vertido de sedimentos al canal se determinan mediante un cociente de descarga  $D_r$  (Eq. 3.25) que representa la relación entre la producción total del sedimento  $S_y$  (Eq. 3.24), en el punto hidrológicamente más alejado de la cuenca (tiempo de concentración igual a 0) y la correspondiente al punto donde se inicia el canal (tiempo de concentración igual  $t_c$ ).

$$S_y = 0,22 * Q^{0,68} * Q_{pu}^{0,95} * K * LS * C * P \quad (3.24)$$

Donde:

$S_y$  es la producción de sedimento en un punto dado  $y$  (t/ha).

$Q$  es el volumen de escorrentía en el punto  $y$  (mm).

$Q_{pu}$  es el caudal punta unitario en  $y$  (mm/s).

$K$ ,  $LS$ ,  $C$  y  $P$  son los factores de RUSLE en  $y$ .

$$D_r = \frac{S_{y,tccelda}}{S_{y,tc=0}} = \left( \frac{q_{p,tccelda}}{q_{p,tc=0}} \right)^{0,95} \quad (3.25)$$

Para una celda donde se asume que las condiciones son homogéneas, el cociente de descarga es función únicamente de los caudales punta unitarios (Eq. 3.15). De manera práctica, una vez calculada la producción de suelo, se aplica el coeficiente de descarga y se obtiene la tasa de sedimento que se prevé vierte al canal e inmediatamente la cantidad de sedimento que queda en la ladera.

Finalmente, para la obtención del depósito de sedimentos atribuibles a cada textura, se aplica un algoritmo que se basa en los valores determinados por Young et al. (1987) de *velocidad de caída* de sedimento y *densidad* de las partículas. Su producto representa una *tasa estándar de depósito* en  $g/m^2s$ , de la que obtienen las *fracciones atribuibles a cada clase de partículas en caso de depósito*, simplemente normalizándola por el total. A continuación, se multiplica la distribución de partículas del suelo y las *fracciones atribuibles a cada clase de partículas en caso de depósito* para obtener la cantidad de sedimentos que se depositarían conforme a la distribución granulométrica si toda la producción de suelo estuviera disponible. Así, a dichos valores se los multiplica de nuevo por  $(1 - D_r)$ , obteniéndose la fracción de suelo de cada clase de partículas que se deposita. Para el paso a toneladas, tan sólo habría que multiplicar dicho valor por la cantidad de suelo calculada por RUSLE. Este proceso, se repite de forma iterativa agotando las fracciones de la distribución de sedimentos hasta que la suma de la masa de

sedimentos depositados coincide con la calculada inicialmente sin clasificar por tamaños de partículas.

### 2.2.3.2. Erosión y transporte de sedimentos en canales

Una vez calculado el sedimento disponible para verter en el inicio del canal, es necesario definir la capacidad de transporte del canal, así como si se trata de un lecho susceptible de erosión o no. El objetivo es comparar la cantidad de sedimento disponible para el arrastre con la masa de sedimento que el flujo puede transportar (capacidad de transporte del flujo). La notación utilizada es la siguiente:

$Q_w$  es descarga total de agua (t/s).

$q_w$  es la descarga por unidad de anchura,  $q_w = Q_w/W$  (t/s/m), siendo  $W$  el ancho superior del canal.

$q_{sc}$  es la capacidad de transporte de sedimento del canal (t/s/m).

$q_{s1}$  es la carga de sedimento a la entrada del canal (t/s/m).

$q_{s2}$  es la carga de sedimento a la salida del canal (t/s/m).

$S_{sc}$  es la masa total de sedimento que arrastra la capacidad de transporte del canal al final del hidrograma.

Así, el algoritmo para el cálculo de la capacidad de transporte (previo al cálculo de  $S_{sc}$ ) puede definirse de la siguiente manera:

- Si  $q_{s1} - q_{sc} \leq 0$  y el lecho es erosionable, para cada clase de partícula entonces  $q_{s2} = q_{sc}$ .
- Si  $q_{s1} - q_{sc} \leq 0$  y el lecho es no erosionable, para cada clase de partícula entonces  $q_{s2} = q_{s1}$ .
- Si  $q_{s1} - q_{sc} > 0$ , entonces se usa el algoritmo de depósito de sedimentos.

Hay que señalar que la carga de sedimento por unidad de anchura ( $q_s$ ) viene determinada por el hidrograma de escorrentía según la siguiente expresión (Eq. 3.26):

$$q_s = c_s * q_w = \frac{S_m}{W_m} * q_w \quad (3.26)$$

Donde:

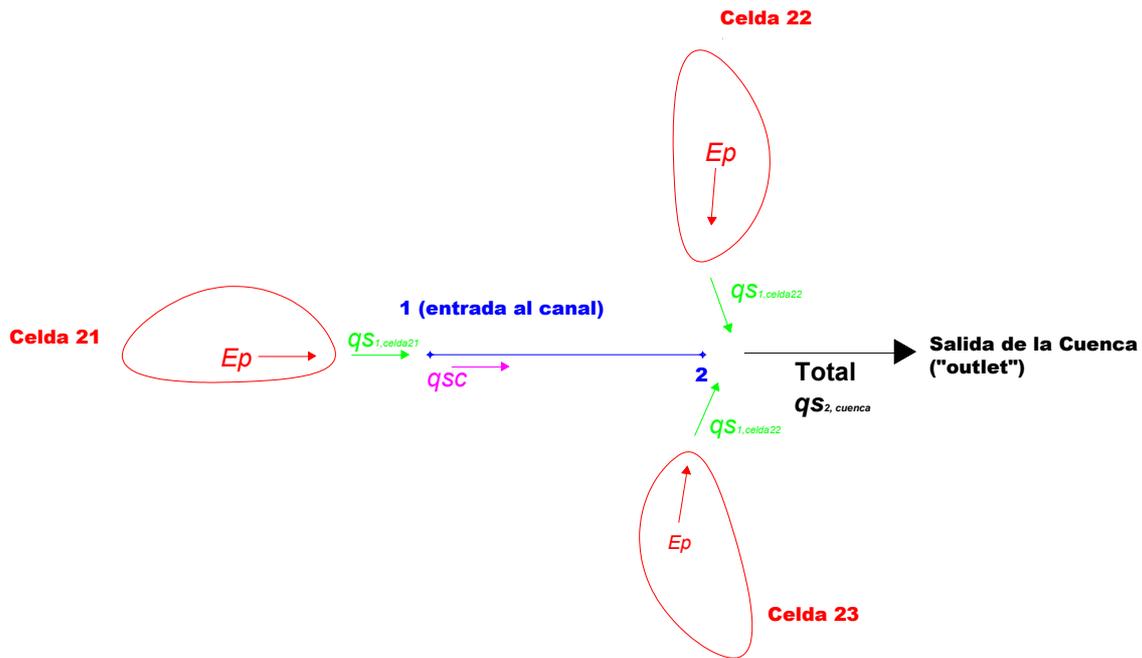
$c_s$  es la concentración de sedimento (t de sedimento/ t de agua) y que se considera constante a través del hidrograma.

$q_w$  descarga de agua por unidad de anchura (t/s/m).

$S_m$  masa de sedimento disponible a la entrada del canal (t).

$W_m$  masa de escorrentía a la entrada del canal (t)

La Figura 3.3. muestra un esquema simple de las relaciones entre los algoritmos hidráulicos y de erosión entre celdas y canales. Así, la escorrentía que se genera en las celdas puede dirigirse al canal (si se trata de una celda de cabecera) o bien a la salida (*outlet*). De la misma manera, sólo una parte de la erosión potencial que se produce en las celdas se descarga o bien, al canal donde se somete a las comparaciones del algoritmo de capacidad de transporte o bien directamente a la salida de la cuenca.



**Figura 3.3.** Esquema de la circulación de agua y sedimentos desde las celdas a los canales.

2.2.3.3. Algoritmo de capacidad de transporte en canales

El cálculo de la capacidad de transporte viene determinada por la siguiente expresión, Eq. 3.27:

$$q_{sc} = \eta * k * \tau * \frac{v_w^2}{v_f} \tag{3.27}$$

Donde:

$\eta$  es el factor de transporte efectivo (sin dimensiones).

$k$  es el factor de capacidad de transporte que depende del tamaño de la partícula (sin dimensiones)

$\tau$  es la tensión de cortadura ( $t/m^2$ ).

$v_w$  es la velocidad de flujo del agua (m/s)

$v_f$  es la velocidad de caída de la partícula que depende del tamaño de la partícula (m/s).

Se pueden separar dos tipos de situaciones:

- a) Cuando  $\eta=1$ , desde  $t=0$  hasta un momento  $t= t_\eta$ , donde la carga de agua alcanza un valor crítico ( $q_\eta$ ) y el factor de transporte efectivo se reduce.
- b) Cuando  $\eta < 1$ , a partir de  $t_\eta$ .

El factor de transporte efectivo es normalmente estimado según la Eq. 3.28:

$$\eta = 0,322 * \left[ \frac{\gamma_p - \gamma_w}{\left( \frac{\tau}{D_p} \right)} \right]^{1,626} \leq 1 \tag{3.28}$$

$$\tau = \gamma_w * d_w * S_0 \quad (3.29)$$

Donde:

$\eta$  es el factor de transporte efectivo (sin dimensiones).

$\tau$  es la tensión de cortadura ( $t/m^2$ ).

$\gamma_p$  y  $\gamma_w$  son las densidades de las partículas y el agua respectivamente ( $t/m^3$ ).

$D_p$  es el diámetro de partícula equivalente (m).

$d_w$  es el radio hidráulico de flujo (m).

$S_0$  es la pendiente del canal (m/m).

Por otra parte, si se considera un canal rectangular, se obtiene según la ecuación de Manning la siguiente relación (Eq. 3.30) útil para los pasos siguientes:

$$d_w * S_0 = n^{0,6} * S_0^{0,7} * q_w^{0,6} \quad (3.30)$$

Donde:

$d_w$  es el radio hidráulico del flujo (m).

$S_0$  es la pendiente del canal (m/m).

$n$  es la rugosidad de Manning.

$q_w$  es la descarga de agua por unidad de anchura ( $m^3/s/m$ ).

A continuación, sustituyendo las Eq. 3.29 y 3.30 en la Eq. 3.28, corrigiendo unidades y agrupando los términos relacionados con las partículas de sedimentos en el término  $C_1$  (para el que existen valores tabulados para cada clase de partícula) se obtiene la Eq. 3.31, a partir de la cual se obtendrá el valor mínimo de carga  $q_{\eta}$  a partir del cual  $\eta < 1$

$$\eta = \left[ \frac{C_1}{n^{0,6} * S_0^{0,7} * q_w^{0,6}} \right]^{1,626} \leq 1 \quad (3.31)$$

$$C_1 = \left( \frac{D_p}{2004} \right) * \left( \frac{\gamma_p - \gamma_w}{\gamma_w} \right) \quad (3.32)$$

De esta forma para la condición límite  $\eta = 1$ , se puede despejar  $q_{\eta}$  (Eq. 3.33) y con él el factor de tiempo efectivo  $t_{\eta}$  a partir del cual  $\eta < 1$  y  $\eta$  se calcula con la Eq. 3.31.

$$q_{\eta} = \left( \frac{C_1}{n^{0,6} * S_0^{0,7}} \right)^{\frac{5}{3}} \quad (3.33)$$

$$t_{\eta} = t_b \left( \frac{q_{\eta}}{q_p} \right) \quad (3.34)$$

Las dos situaciones planteadas en función de  $\eta$ , al principio del epígrafe quedan resumidas en las Eq. 3.35 y 3.37 para la obtención de la capacidad de transporte atendiendo al intervalo de tiempo del hidrograma. En este caso también se introducen nuevas constantes dependientes del tipo de partícula  $C_2$  y  $C_3$ , que son valores tabulados en el manual de AnnAGNPS.

- a) Para  $0 \leq t \leq t_\eta$ ,  $\eta=1$ , si se sustituye además en la Eq 3.27, la Eq. 3.30 y  $v_w^2 = q_w^2/d_w^2$  se obtiene:

$$q_{sc} = C_2 * n^{-0,6} * S_0^{1,3} * q_w^{1,4} \quad (3.35)$$

$$C_2 = \frac{322 * k * \gamma_w}{v_f} \quad (3.36)$$

- a) Para  $t \geq t_\eta$ ,  $\eta < 1$ ,  $\eta = Eq. 3.28$  que se sustituye nuevamente en  $q_{sc}$  (Eq 3.27), así como la Eq. 3.30 y  $v_w^2 = q_w^2/d_w^2$ :

$$q_{sc} = C_3 * n^{-1,5756} * S_0^{0,1618} * Q_w^{0,4244} \quad (3.37)$$

$$C_3 = C_1 * 626 * C_2 \quad (3.38)$$

Finalmente, se calcula  $S_c$  (Eq. 3.39 y 3.40) que representa la cantidad de sedimento que el flujo arrastra al final del hidrograma y que se compara con los valores disponibles en la entrada (1).

- A) Cuando el tiempo base del hidrograma es inferior al factor de tiempo de la capacidad de transporte,  $t_\eta \geq t_b$  :

$$S_{sc} = \int_0^{t_b} q_{sc} dt = \frac{W * C_2 * n^{-0,6} * S_0^{1,3} * q_p^{1,4} * t_b}{2.4} \quad (3.39)$$

- B) Cuando el factor de tiempo es inferior al tiempo base,  $0 < t_\eta < t_b$ :

$$S_{sc} = \int_0^{t_\eta} q_{sc} dt + \int_{t_\eta}^{t_b} q_{sc} dt = W * \left[ \frac{C_2 * n^{-0,6} * S_0^{1,3} * q_p^{1,4} * t_\eta}{2.4} \right] + \left[ \frac{C_3 * n^{-1,5756} * S_0^{0,1618} * \left( \frac{q_p}{t_b} \right)^{0,4244} * \left( t_b^{1,4244} - t_\eta^{1,4244} \right)}{1.4244} \right] \quad (3.40)$$

#### 2.2.3.4. Algoritmo de depósito en canales.

El movimiento de sedimento en canal está desarrollado según un modelo de descarga de sedimento espacialmente variado dependiente del flujo por unidad de anchura en régimen uniforme. En general, las descargas que se hagan a la entrada de un canal ( $q_{s1}$ ) serán la suma de los sedimentos procedentes de los canales agua arriba más la carga local de las celdas que vierten al mismo. En el caso de canales receptores de los sedimentos de celdas “primarias” (de cabecera), no existen cargas de otros canales aguas arriba.

El algoritmo de depósito, tal y como se mencionó anteriormente., se activa cuando  $q_{s1} - q_{sc} > 0$ , es decir, la carga a la entrada del canal es superior a la capacidad de transporte. De forma intuitiva cabría esperar que la tasa de depósito fuese la diferencia de ambos términos y la carga al final del canal ( $q_{s2}$ ) fuese igual a ( $q_{sc}$ ) más un arrastre residual, básicamente esta idea está recogida en la (Eq. 3.41):

$$q_{s2} = q_{sc} + \left[ (q_{s1} - q_{sc}) * e^{-N_d} \right] \quad (3.41)$$

Donde:

$N_d$  (Eq 3.42) es el número de depósito (sin dimensiones).

$q_{sc}$  es la capacidad de transporte definida por unidad de anchura (t/s/m).

$q_{s1}$  descarga a la entrada de un canal (t/s/m).

$q_{s2}$  descarga a la salida de un canal (t/s/m).

$$N_d = \frac{A_E * v_f * L_2}{q_w} \quad (3.42)$$

Donde:

$A_E$  es la constante de proporcionalidad de Einstein que expresa, para un flujo dado y para un tamaño de partícula, la relación entre la concentración de sedimento suspendido a la profundidad media y la concentración de sedimento en el plano de la subcapa laminar. Su valor es 1 para arcillas, limos y pequeños agregados y responde a la Eq. 3.43 para la clase de partículas correspondientes a arenas.

$v_f$  es la velocidad de caída de las partículas (m/s).

$L_2$  es la distancia desde la entrada a la salida del canal (m).

$q_w$  es la descarga de agua por unidad de anchura (m<sup>3</sup>/s/m).

$$A_E = \frac{\frac{6v_f}{\kappa * u_*}}{1 - e^{\left(\frac{6v_f}{\kappa * u_*}\right)}} \quad (3.43)$$

Donde:

$\kappa$  es la constante de von Karman's para flujo turbulento (sin dimensiones, se asume un valor de 0,4).

$u_*$  es la velocidad de cortadura a la entrada del canal (m/s).

$v_f$  es la velocidad de caída de la partícula (m/s).

Finalmente, se calcula el sedimentograma a la salida del canal considerando el tiempo y se aproxima su integral, por el método de cuadratura Gaussiano-Legendre para obtener la masa de sedimento  $S_2$  (Eq. 3.44).

$$S_2 = \int_{t_1}^{t_2} Q_s dt \cong (t_2 - t_1) * \sum_{i=1}^{i=N} (\omega_i * Q_{s,i}) \quad (3.44)$$

Donde:

$S_2$  es la masa de sedimento a la salida del canal (t).

$Q_s$  es la carga de sedimento en función del tiempo (t/s).

$t_1$  es el tiempo al inicio del período (s).

$t_2$  es el tiempo al final del período (s).

$i$  representa el punto de inicio del método de integración numérica Gaussian-Legendre.

$N$  representa el punto de final del método de integración numérica Gaussian-Legendre.

$\omega_i$  es el peso considerado para cada valor de carga de sedimento en función del tiempo que utiliza el método de integración numérica Gaussian-Legendre.

### 2.3. Recopilación de datos para la aplicación del modelo AnnAGNPS en las cuencas de estudio.

Los datos necesarios para realizar simulaciones se pueden resumir en cinco categorías (Tabla 3.1), que dependen de 22 parámetros con distinto orden de importancia, tal y como se desarrollará más adelante.

- En relación a los valores climatológicos, a excepción de la precipitación diaria que se medía en la cuencas, los valores de temperatura máxima y mínima, temperatura del punto de rocío, porcentaje de cielo cubierto y velocidad del viento se han obtenido de la estaciones agrometeorológicas de Santaella del CSIC-IARA para Puente Genil y la estación de la Red agroclimática de la Junta de Andalucía en Olvera, en el caso de Setenil. Ambas estaciones no se situaban a más de 15 km de los lugares de estudio, y alcanzaban con los datos de lluvia medidos en la cuencas, coeficientes de correlación de 0,85 para Setenil y de 0,78 para Puente Genil. Precisamente, los datos que no se han podido recoger en los pluviómetros de las cuencas (Capítulo 2, Epígrafe 2) han sido suplidos por los de las estaciones.

El valor de las distribuciones de  $EI_{30}$  a lo largo del año se obtuvieron a partir de los valores obtenidos por Domínguez (2004) para las capitales de provincia más próximas a las cuencas, ponderadas por el inverso del cuadrado de la distancia a las mismas.

- Características topográficas: las variables derivadas del relieve (área de la cuenca, superficie de las celdas, pendientes, longitud del canal, longitud de ladera, etc...) se han extraído mediante el algoritmo TOPAGNPS a partir del Modelo de Elevación Digital y de la determinación en campo de las áreas críticas a partir de las cuales empezaba el flujo canalizado. En el primer caso, los modelos de elevación utilizados tal y como se explicaron en el capítulo 1, han sido obtenidos a partir de un vuelo fotogramétrico a baja altura de paso de malla de 1,5 m y error medio cuadrático de 0,20 m en el caso de Puente Genil realizado en el año 2004. En Setenil, el modelo de elevación se ha obtenido de los datos de un levantamiento topográfico con GPS realizado en el 2005, de tamaño de celda de 10 m y error medio cuadrático de 0,02 m. Las conclusiones obtenidas en el primer capítulo en relación a la sensibilidad de la erosión a las variables topográficas en las cuencas de estudio justifica el uso de las resoluciones elegidas (1,5 m).

En el caso del área crítica para la generación de flujo canalizado se procedió en campo a anotar con GPS los puntos donde se observaba el inicio del canal. De esta manera, a partir del SIG Arcview 3.2. (ESRI, 2000) se generó la superficie contribuyente aguas arriba del punto.

- La caracterización edafológica es necesaria para los parámetros dependientes del algoritmo de humedad y el factor  $K$ , ha de describirse con el máximo detalle dadas las conclusiones obtenidas en el Capítulo 1 donde se observaban tendencias al aumento de la pérdida de suelo en las zonas con los valores más bajos de conductividad hidráulica saturada y otras variables del suelo como la densidad aparente y el M.O.%, que con distintos matices contribuía a caracterizar las zonas de mayor densidad de puntos de pérdidas. También, en este capítulo, se describen los muestreos de suelo llevados a cabo para evaluar la profundidad del suelo, la conductividad hidráulica saturada, la densidad aparente, los valores de capacidad de campo y punto de marchitez permanente, la textura y el contenido de materia orgánica en ambas cuencas. Por consiguiente, para cada celda se introducirán en el modelo de los valores edafológicos medios correspondientes.

- En el caso del manejo, la Tabla 2.2. del Capítulo 2 muestra las operaciones realizadas en el período de obtención de datos labores de plantación, cosecha, labranza, operaciones fitosanitarias, fertilización y riego, que se han anotado a partir de las encuestas realizadas a los propietarios periódicamente. Los valores de  $C$  y  $P$  utilizados inicialmente se han recopilado de la bibliografía (Moreira, 1991) para olivar adaptado de los trabajos de Wischmeier y Smith (1978).

- Finalmente, el  $NC$  ha sido determinado de los datos medidos que recogen las Tablas (2.19 y 2.21 de), mientras que otros parámetros como el coeficiente  $n$  de Manning y los valores del  $RUSLE$  se han obtenido a partir de los valores publicados por Wischmeier y Smith (1978).

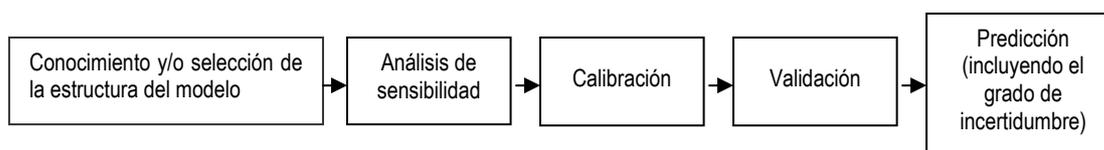
**Tabla 3.1.** Variables de entrada al modelo y referencias y métodos de determinación utilizados.

Grupo de variables	Variables de entrada	Método de determinación
Características climáticas	Precipitación Distribución $EI_{30}$  Temperatura máxima, mínima y velocidad del viento.  % de cielo de cubierto y temperatura del punto de rocío.	Medidas continuas en la cuenca Interpolación de los valores obtenidos por Domínguez (2004) en las capitales de provincia. Medidas en las estaciones meteorológica oficiales de Santaella y Olvera. Metodología de la FAO (1998), a partir de los valores de radiación, latitud y día del año y los valores de temperatura de las estaciones meteorológicas.
Características topográficas	Área de la cuenca, área de las celdas, longitud del canal, pendiente media de las celdas, factor longitud de ladera de las celdas.	Algoritmo TopAGNPS (Garbrecht & Martz, 1999) a partir de los MDEs y la determinación del área crítica para el flujo canalizada determinada por medidas de campo y la aplicación en SIG Arcview 3.2. (ESRI, 2000).
Características edafológicas	Profundidad (horizontes) Textura  Conductividad hidráulica saturada Densidad aparente  Punto de Marchitez Permanente y Capacidad de Campo % M.O. Abundancia de elementos gruesos	Limpieza de perfil o calicata. Método tradicional de la pipeta Robinson (Soil Conservation Service, 1972) Philip (1993) Masa entre volumen aparente de terrones de suelo impregnados con parafina para medir su peso sumergido. Placas Richards.  Metodología de Wakley-Black (Nelson y Sommers, 1982) Fotografías aéreas y ensayos de campo.
Características de manejo	Operaciones de cultivo  Factores C y P	Encuestas anuales para los períodos de estudio. Bibliografía (Moreira, 1991, Cap. V) para el uso en olivar y documentación interna del programa "Crop" basada en los valores publicados de Wischmeier y Smith (1978)
Otras variables	Número de Curva  n de Manning Escorrentía observada Caudales máximos	Ecuación del NC del SCS (1972) a partir de los datos de lluvia y escorrentía observados. Wischmeier y Smith (1978) Instrumentos de medida de la cuenca (Capítulo 2, Epígrafe 2)

## 2.4. Calibración y validación.

### 2.4.1. Introducción

Los procedimientos para el modelado de lluvia-escorrentía comúnmente siguen las siguientes etapas: reconocimiento de la estructura del modelo, análisis de sensibilidad, calibración, validación y finalmente predicción conocido el grado de incertidumbre (Figura 3.4.; Wagener et al. 2004). De esta manera, tras examinar las características del modelo en profundidad es necesario realizar la evaluación del grado de incidencia de la variación de los parámetros en los resultados del modelo.



**Figura 3.4.** Procedimiento convencional para la modelación local de lluvia-escorrentía.

Según el primer objetivo, se va a proceder a la calibración del modelo según los distintos manejos que se aplican en la microcuencas de olivar. Por otro lado, se va realizar una primera validación de los datos correspondientes al segundo otoño de campaña de datos. En el futuro, la ampliación de medidas permitirá la validación de ciclos anuales completos que harán posible simular la evolución erosiva de las cuencas con un grado de incertidumbre conocido (Figura 3.4.).

### 2.4.2. Análisis de sensibilidad

Los resultados de otros investigadores en el campo del modelado lluvia-escorrentía sugieren que usualmente la identificación de cinco o seis parámetros es suficiente para reproducir las relaciones de lluvia y caudal diario usando esquemas de calibración tradicionales (Kirkby, 1975; Perrin et al., 2000). En este caso, se ha realizado una revisión de distintos autores sobre la sensibilidad de AGNPS en el modelado de escorrentía, caudales máximos y descarga de sedimentos, con el fin de aprovechar las distintas recomendaciones y adaptaciones llevadas a cabo.

**Tabla 3.2.** Parámetros más influyentes en la calibración del modelo AGNPS según los trabajos de diversos autores.

Referencia	Factores incidentes en la escorrentía	Factores incidentes en los caudales punta	Factores incidentes en la erosión (descarga de sedimentos)
Corbett et al. (1997)	NC	<i>n</i> de Manning	<i>K</i> , <i>n</i> de Manning
Montaghimi et al. (1997)	NC	NC	<i>C</i> , <i>n</i> Manning
Grunwald y Norton (2000)	NC	NC	<i>LS</i>
Licciardello y Zimbone (2002)	NC	-	-
Haregeweyn y Yohannes (2003)	NC	NC	<i>C</i> y <i>P</i>
León et al. (2004)	NC	NC	<i>K</i> y <i>C</i>
Mohammed et al. (2004)	NC	NC	NC y <i>C</i>
Aguilar y Polo (2005)*	NC, Densidad aparente y conductividad hidráulica saturada	-	<i>K</i>

\* Aguilar y Polo (2005) utilizan la versión continua AnnAGNPS.

Así, los parámetros que la mayoría de autores consideran más influyentes son el  $NC$  y el factor  $C$ . En el caso de estudio, dada la disponibilidad de datos reales climáticos, topográficos, edafológicos y de manejo lo más conveniente es calibrar los  $NC$  correspondientes a los eventos medidos en cada cuenca y calibrar el factor  $C$  que no aparece en la bibliografía particularizado para distintos manejos y del que existe escasa información. Por otro lado, según la Eq. 3.15 el caudal punta es dependiente además del  $NC$ , de los coeficientes de la distribución de las intensidades de lluvia diarias determinados para diferentes áreas de los E.E.U.U. Por consiguiente, en cada cuenca se elegirá la distribución de lluvia que responda mejor a los eventos diarios observados.

La secuencia de calibración siguiendo la metodología de prueba y error consiste en introducir inicialmente los valores de  $NC$  correspondientes a los distintos eventos medidos desde abril de 2005 hasta agosto de 2006 y evaluar inmediatamente la calibración para las tasas de escorrentía y los caudales punta. Una vez que los criterios estadísticos sean aceptables se repetirá este proceso con el factor  $C$ .

### 2.4.3. Criterios estadísticos para la evaluación de la calibración.

La calibración será evaluada a partir del coeficiente de eficiencia ( $E$ , Eq. 3.45) del modelo Nash-Sutcliffe (1970), el coeficiente de correlación  $r$  (Eq. 3.46) entre los datos observados y simulados y el error medio cuadrático obtenido ( $RMSE$ , Eq. 3.47)

$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (p_i - m_i)^2}{\sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2} \quad (3.45)$$

$$r = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})(p_i - \bar{p})}{s_m \cdot s_p} \quad (3.46)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (m_i - p_i)^2} \quad (3.47)$$

Donde  $p_i$  es el valor predicho o simulado,  $\bar{p}$  es la media aritmética de  $p_i$  para todos los eventos  $i=1 \dots n$  y  $s_p$  es su desviación típica;  $m_i$  es el dato medido y  $\bar{m}$  es la media aritmética de  $m_i$  para todos los eventos  $i=1 \dots n$  y  $s_p$  es su desviación típica.

El  $E$  representa una medida de la calidad del ajuste del modelo ya que representa un índice de las desviaciones entre los valores observados-predichos.  $E = 1$  implica que los valores predichos son exactamente los observados. Valores bajos de  $E$  (próximos a 0) representan altas desviaciones entre los observado y lo simulado. Finalmente un valor negativo de  $E$  indica que el valor medio de los datos observados es mejor estimador que la predicción del modelo (Wagener et al. 2004).

El  $r$  mide la dependencia entre dos variables aleatorias, en este caso, datos observados ( $m_i$ ) y valores predichos ( $p_i$ ). Una correlación próxima a 0 significa que los movimientos de una variable no influyen en los movimientos de la otra mientras que si la correlación es próxima a 1 y -1 quiere decir que se puede explicar gran parte de la variabilidad de una en función de la otra. El signo señala si los movimientos de las dos variables van en la misma dirección o en dirección contraria (Cohen, 2003).

Finalmente, el *RMSE* representa la desviación media entre los valores observados y predichos en las mismas unidades, lo cual proporciona una idea también del grado de bondad del ajuste (Wagener et al. 2004).

#### 2.4.4. Validación

Una vez finalizada la calibración, se va a proceder a validar con el modelo los últimos eventos adquiridos durante el otoño de 2006. Se trata de evaluar si los *NC* y valores de *C* calibrados para los primeros meses de otoño de 2005, reproducen adecuadamente los valores de escorrentía, caudal punta y erosión de los eventos de la misma época en el año siguiente. Los criterios estadísticos *E* (Eq. 3.45), *r* (Eq. 3.46) y *RMSE* (Eq. 3.47) junto a la comparativa de los valores observados y simulados permitirán juzgar la calidad del modelo en relación a los datos observados.

### 2.5. Simulaciones: justificación de prácticas de conservación de suelo.

Para terminar, de acuerdo con el segundo objetivo de este trabajo se va a realizar la simulación de dos escenarios, con la idea de por un lado justificar la aplicación de medidas de conservación de suelo como las fajas de vegetación en Setenil y por otro, determinar la importancia de las condiciones ambientales locales en la planificación del manejo o el uso del suelo. Los escenarios que pretenden simularse una vez calibrado el modelo son los siguientes:

1. Simulación de la respuesta de la cuenca de Setenil tras la aplicación de medidas de protección contra la erosión como pueden ser fajas de vegetación. La simulación se basará en la variación de los subfactores de *C*, según los valores de calibración de Puente Genil. Por otro lado, el establecimiento de cubiertas siguiendo la curva de nivel conlleva introducir nuevos valores de *P* que se hallan recogidos por Wischemeir y Smith (1978). En este caso, no se van a tener en cuenta los valores de las variables inducidas por el manejo como pueden ser la conductividad hidráulica saturada o la densidad aparente ya que la situación de origen elegida será la actual. Se examinará el resultado del establecimiento de cuatro fajas de vegetación equidistantes en la ladera, siguiendo la curva de nivel para anchuras de 1 y 3 m.
2. Simulación de la escorrentía y las pérdidas de suelo en Puente Genil en años más lluviosos (2003 y 2004) que los correspondientes al período de medidas. La situación elegida tiene como objetivo evaluar la capacidad de protección de las cubiertas bajo condiciones de lluvia más desfavorables que la correspondiente al período de medidas.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Calibración.

##### 3.1.1. Setenil.

La calibración en Setenil se ha realizado con los 8 eventos medidos en la campaña 2005-2006. En el caso de la descarga de sedimentos, 4 de ellos no alcanzaron niveles de caudal suficientes para activar el muestreo de agua-sedimentos y además no originaron ningún tipo de depósito en el canal, por lo que se han computado como 0,0 kg. El modelo igualmente, considera que volúmenes de escorrentía inferiores a 0,1 mm no producen descarga de sedimentos. El fichero de entrada y las salidas para eventos de la escorrentía, la descarga y los caudales punta aparecen en el Anejo 9 y la Tabla 3.7 ofrece un resumen de los valores de los parámetros más importante considerados. En general los resultados resultan satisfactorios, aunque la tendencia a mejorar los valores de los índices de calibración originada por un número bajo de datos y la aparición de un valor extremo (28 de enero) tienden a mejorar los índices de calibración.

**Tabla 3.3.** *Eventos de lluvia medidos en la estación de Setenil con los valores de escorrentía, caudal punta y descarga de sedimentos observados y predichos por el modelo AnnAGNPS considerados en la calibración.*

Fecha	Lluvia diaria (mm)	Escorrentía (mm)		Caudal punta (l/s)		Descarga de sedimentos (kg)	
		Observado	Predicho	Observado	Predicho	Observado	Predicho
13-oct-05	24,2	0,24	0,27	24,2	1,0	43,1	51,0
30-oct-05	13,6	0,04	0,00	4,5	0,0	0,0	0,0
14-nov-05	25,1	0,09	0,11	1,3	0,2	0,0	33,0
16-ene-06	12,6	0,09	0,00	1,4	0,0	0,0	0,0
28-ene-06	25,6	1,83	2,01	32,2	54,0	2382,7	2580,0
3-may-06	36,7	1,17	1,21	81,5	20,0	573,0	582,0
4may-06	9,5	0,06	0,00	1,2	0,0	0,0	0,0

- Escorrentía: En este caso, la secuencia de *NC* para la condición II de humedad introducida en el modelo ha estado comprendida entre 48 para los valores de finales de primavera y verano hasta 94 a primeros de septiembre siendo 71 el valor representativo para el invierno, 59 para la primavera, 48 para el verano y 86 para el otoño. El programa modifica estos valores según el estado de humedad del suelo y el posible desarrollo de cubierta, así que la elevadísima variabilidad (48-94) se reduce en el modelado a un intervalo menor, comprendido entre 73 y 90.

Los valores de *E* y *r* (Tabla 3.4.) indican que el modelo reproduce satisfactoriamente los eventos observados, aunque estos estadísticos son muy sensibles a los valores extremos y al número reducido de datos, por lo que es preferible comparar los valores observados y reproducidos. Sin embargo, el comportamiento de las lluvias en el área mediterránea con alternancia de periodos muy secos y episodios de lluvia de poca intensidad y cuantía, combinados con eventos extremos no hace posible distribuciones de datos muy diferentes a la adquirida (al menos en un gran número de años). Si los criterios de estudio son evaluar las pérdidas anuales de suelo es importante ajustar bien los valores máximos que son los principales responsables. Por otro lado, si se considera la magnitud del *RMSE*, en el caso de los pequeños eventos éste implicaría una desviación relativamente alta, mientras que para los máximos no resulta significativa, hallándose muy por debajo de la observada (Tabla 3.6.) por Montaghimi et al. (1997).

Los valores de *E* para la escorrentía, son comparables a los obtenidos por otros autores (Tabla 3.6.) como Mohammed et al. (2004) y León et al. (2004) con la versión para eventos del modelo, aunque hay que destacar que para poner a punto la calibración en estos casos únicamente se seleccionaban eventos de lluvia máximos o considerados “erosivos” (superiores a 12,5 mm o intensidades superiores a 6 mm en 15 minutos). La calibración en continuo implica combinar la respuesta de la cuenca a episodios de lluvia de distinta naturaleza, que en el

ambiente mediterráneo reflejan una altísima variabilidad, por lo que el modelado lluvia-escorrentía resulta muy complicado, tal y como argumentó el estudio llevado a cabo por la Organización Meteorológica Mundial (WMO, 1975) tras ensayar en seis cuencas diez estructuras de modelos hidrológicos distintos. Esto explica que los episodios menos cuantiosos sean despreciados.

- Caudales punta: La distribución de la lluvia que mejor ha reproducido el valor de los caudales punta ha sido la número 9 (tipo IIa75) que se corresponde con una distribución de lluvia observada en áreas del Suroeste de E.E.U.U según los estudios sobre hidrología de pequeñas cuencas de la metodología Technical Release 55 (TR-55) del NRCS del Departamento de Agricultura de E.E.U.U. Como puede observarse en la Tabla 3.3., en general tienden a ser subestimados contrariamente a lo que determinaron otros autores como Montaghimi et al. (1997) y Mohammed et al. (2004) pero que trabajan con la ecuación para caudales punta del TR-55 recogida en la versión de eventos (AGNPS), calibrando además, los caudales punta con eventos máximos. Por otro lado, la complejidad de la topología de la cuenca, es decir la forma en que se asocian celdas y canales, y la combinación de usos de las cuencas de sus estudios permitían distintas posibilidades de combinar los *NC* de las celdas para conseguir en la salida del canal mayores caudales. Finalmente, tanto *r* (0,50), como el valor del *RMSE* (26,2 l) dan idea de los problemas del modelo para reproducir los caudales máximos en una cuenca de tiempo de concentración tan reducido (menos de 10 min) en relación a eventos de lluvia diarios cuya distribución en intensidad obedece a zonas de E.E.U.U.

**Tabla 3.4.** Coeficiente de eficiencia (*E*), coeficiente de correlación observado-simulado (*r*) y error medio cuadrático (*RMSE*) derivados de la calibración de la escorrentía, caudal punta y descarga de sedimentos en las cuencas de estudio.

Cuenca	Escorrentía			Caudal punta			Descarga de sedimentos		
	<i>E</i>	<i>r</i>	<i>RMSE</i> (mm)	<i>E</i>	<i>r</i>	<i>RMSE</i> (l/s)	<i>E</i>	<i>r</i>	<i>RMSE</i> (kg)
Setenil	0,99	0,99	0,09	0,78	0,50	26,2	0,98	0,99	75,7
Puente Genil	0,85	0,93	1,6	0,98	0,94	12,4	0,92	0,99	473,6

- Descarga de sedimentos: En el caso de la descarga de sedimentos, *E* y *r* (0,98 y 0,99) informan del buen ajuste de los valores máximos y del bajo número de descargas observadas distintas a 0,0 kg. La campaña tan seca de los dos últimos años ha impedido recopilar datos en un intervalo más amplio de valores que permitieran juzgar mejor la capacidad del modelo. Por otro lado, los valores medios de *C* derivados de la calibración han resultado 0,10 para el año 2005 y 0,07 para el 2006.

**Tabla 3.5.** Valores acumulados en el periodo de medidas de los valores de escorrentía y descarga de sedimentos en las cuencas de estudio.

Cuenca	Escorrentía (mm)				Descarga de sedimentos (kg)			
	Obs. 2005	Sim. 2005	Obs. 2006	Sim. 2006	Obs. 2005	Sim. 2005	Obs. 2006	Sim. 2006
Setenil	0,37	0,28	11,1	13,39	43,1	84,0	3411,2	3813,0
Puente Genil	18,03	24,80	1,86	2,35	5693,6	5591,2	1586,2	2837,0

Finalmente, la Tabla 3.5. muestra para el mismo período de tiempo sin incluir los eventos no medidos, los valores acumulados de la escorrentía y la erosión en las cuencas. Los resultados acumulados observados-simulados tanto en escorrentía como en sedimentos son razonablemente aproximados, lo que pone de manifiesto la utilidad del modelo para reproducir el balance anual de la escorrentía y las pérdidas de suelo para unas condiciones dadas.

**Tabla 3.6.** Indicadores de la calibración obtenidos por otros autores con la versión para eventos AGNPS.

Autores	Escorrentía (mm)			Caudal punta (l/s)			Producción/Descarga sedimentos (kg)		
	<i>E</i>	<i>r</i>	<i>RMSE</i>	<i>E</i>	<i>r</i>	<i>RMSE</i>	<i>E</i>	<i>r</i>	<i>RMSE</i>
Montaghimi et al. (1997)	-	-	0,65	-	-	896,7	-	-	7410,0
Licciardello y Zimbone (2002)	0,90	-	-	Muy bajo	-	-	0,50	-	-
Haregeweyn y Yohannes (2003)	-0,68	0,57	-	0,25	0,89	-	0,11	0,82	-
León et al. (2004)	0,71	-	-	0,90	-	-	0,90	-	-
Mohammed et al. (2004)	0,73	0,87	-	0,53	0,81	-	0,90	0,99	-

**Tabla 3.7.** Valores de los parámetros más importantes en el modelado con AnnAGNPS que se han considerados en el fichero de entra.

Grupo de variables	Variables de entrada	Setenil	Puente Genil
<b>Características climáticas</b>	<i>Distribución de lluvia</i>	Ila75	Ila60
<b>Características topográficas</b>	<i>Área crítica (ha)</i>	0,8	1,1
	<i>Longitud crítica (m)</i>	130	150
<b>Características edafológicas</b>	<i>Profundidad (m)</i>	1,2	0,6
	<i>Textura (arena/limo/arcilla)</i>		
	Celda 21	78,1/ 7,4 /14,5	72,1/18,7/9,2
	Celda 22	75,2/ 10,6/ 14,2	66,3/21,5/12,2
	Celda 23	77,1/8,4/14,5	72,0/9,5/18,5
	<i>Conductividad hidráulica saturada en horizonte I(cm/h)</i>		
	Celda 21	21,4	4,4
	Celda 22	8,2	3,8
	Celda 23	17,9	8,3
	<i>Densidad aparente</i>		
Celda 21	1,68	1,62	
Celda 22	1,66	1,70	
Celda 23	1,66	1,60	
<i>Punto de Marchitez Permanente y Capacidad de Campo</i>			
Celda 21	0,18	0,17	
Celda 22	0,06	0,06	
Celda 23			
<i>% M.O.</i>			
Celda 21	0,7	1,5	
Celda 22	1,2	1,6	
Celda 23	0,8	1,8	
<i>Abundancia de elementos gruesos</i>			
Celda 22	35%	-	
Celda 23	10%		
<b>Características de manejo</b>	<i>Factores C medio</i>	0,09	0,17
	<i>Factor P</i>	1	1
<b>Otras variables</b>	<i>Número de Curva medios por estación</i>	71-59-48-86	91-86-86-94
	<i>n de Manning</i>	0,08	0,04

### 3.1.2. Puente Genil

En el caso de Puente Genil, los ajustes del modelo muestran resultados satisfactorios (Tabla 3.4. y Tabla 3.8.), respondiendo a unos NC que presentan una variabilidad muy baja a lo largo del año, a un número limitado de datos que facilita la calibración y a una alta sensibilidad de los índices de evaluación a la aparición de extremos. El fichero de entrada y las salidas para eventos de la escorrentía, la descarga y los caudales punta aparecen en el Anejo 9 y los parámetros más importantes en la Tabla 3.7.

**Tabla 3.8.** Eventos de lluvia medidos en la estación de Puente Genil con los valores de escorrentía, caudal punta y descarga de sedimentos observados y predichos por el modelo AnnAGNPS.

Fecha	Lluvia diaria (mm)	Escorrentía (mm)		Caudal punta (l/s)		Descarga de sedimentos (kg)	
		Observado	Predicho	Observado	Predicho	Observado	Predicho
17-may-05	6,3	0,005	0,000	0,04	0,00	0,0	0,0
10-oct-2005	26,1	15,920	14,839	351,30	376,00	5693,6	4085,0
11-oct-2005	9,7	0,343	3,217	13,6	80,0	*	*
12-oct-2005	13,6	1,500	6,501	45,2	165,0	*	*
30-oct-05	10,3	0,001	0,000	0,04	0,00	0,7	0,0
14-nov-05	11,0	0,014	0,030	1,40	0,10	0,0	0,0
3 dic-05	18,0	0,223	0,190	16,90	0,30	118,9	128,0
28-ene-06	30,7	0,194	0,635	1,90	1,00	135,6	453,0
19-feb-06	10,8	0,115	0,000	8,30	0,00	16,5	0,0
26-feb-2006	7,1	0,015	0,000	0,20	0,00	3,5	0,0
5-mar-2006	11,5	0,193	0,346	1,90	1,00	*	*
19-mar-2006	6,6	0,002	0,000	0,01	0,00	0,3	0,0
20-mar-06	9,7	0,340	0,207	35,0	0,40	*	*
15-abr-2006	10,3	0,062	0,000	0,5	0,00	53,5	0,0
03-may-06	17,4	0,010	0,090	0,1	0,00	1,5	0,0
04-may-06	7,7	0,007	0,000	0,1	0,00	0,2	0,0

\*no hubo muestro por fallos o por llenado de las botellas.

- Escorrentía: En este caso, los *NC* representativos introducidos en el modelo han sido 94 para otoño, 91 para invierno, 86 para primavera y 86 para verano. En este caso, respecto a Setenil la variabilidad del estado del suelo es mucho menor, tal y como cabe esperar de un manejo donde las alteraciones superficiales son mínimas a excepción de las originadas por la cubierta.

Los valores observados-simulados de las Tablas 3.7. y 3.5. y los valores de *E* y *r* (0,85 y 0,93), muestran la capacidad del modelo para reproducir valores de escorrentía diarios aproximados a los que se han registrado. Al igual que en el caso anterior, los eventos pequeños tienden a ser despreciados. Las principales desviaciones se corresponden con los eventos del 10 al 12 de octubre debido a la calibración del valor extremo correspondiente al día 10. Los índices de calibración son altos respecto a los estimados por otros autores como Hareweyn y Yohannes (2003), León et al. (2004) y Mohammed et al. (2005) y comparables con Licciardello y Zimbone (2002), recopilados en la Tabla 3.6.

- Caudales punta: La distribución de lluvia en este caso que mejor ha respondido a los valores observados ha sido la número 3 o tipo II del TR55, que fue definida también bajo las condiciones de lluvia del Suroeste de E.E.U.U. Los valores de la Tabla 3.8. muestran que a excepción de los eventos del 10 al 12 de octubre, los caudales punta predichos son subestimados o despreciados. Por otro lado, también en la versión de eventos la mayoría de los autores (Licciardello y Zimbone, 2002; Haregeweyn y Yohannes, 2003; Mohammed et al., 2004) han encontrado dificultades para reproducirlos, dado el origen empírico de las expresiones de cálculo que fueron estimadas en los E.E.U.U. En este caso, si se tiene en cuenta el principal objeto del programa, la simulación continua de la hidrología y la erosión en las cuencas durante ciclos anuales utilizando como entradas las lluvias de 24 horas, el examen de los eventos no tiene sentido en cuencas con tiempos de concentración inferiores a 10 minutos, donde las lluvias en contados casos superan duraciones de 6 horas y donde según las conclusiones del capítulo 2, la respuesta de la cuenca es muy dependiente de la intensidad.

- Descarga de sedimentos: En este caso el número de datos es mayor que para Setenil, pero las escorrentías bajas, que han sido las mayoritariamente medidas, apenas tienen capacidad de transporte para provocar descargas apreciables, (de hecho AnnAGNPS elimina de los resultados los eventos con escorrentía inferior a 0,1 mm). Los índices de la calibración responden nuevamente a la combinación de medidas pequeñas y un valor extremo (*E* y *r* toman 0,92 y 0,99). La Tabla 3.6. muestra el *RMSE* de 7,4 t obtenido por Montaghimi et al. (1997) en una

cuenca de 1.153 ha con una calibración con eventos máximos y que pondría de manifiesto el interés por considerar los episodios de lluvia cuantiosos para describir y modelar la erosión en cuencas. En un análisis de eventos máximos o ciclos anuales, un *RMSE* de 473,6 kg resulta un valor apto.

Los valores *C* medios anuales obtenidos de la calibración para los mismos parámetros a excepción del correspondiente a humedad antecedente y las componentes climáticas han sido 0,13 para el 2005 y 0,20 para el 2006. Las diferencias respecto al factor *C* en Setenil pueden ser explicadas por el subfactor rugosidad en la etapa correspondiente verano y otoño y por el subfactor correspondiente a humedad antecedente, ya que el suelo de Puente Genil, dada su escasa profundidad tiende a saturarse con cantidades de precipitación bajas.

Tras análisis de eventos a nivel diario, la Tabla 3.5. muestra los valores acumulados anuales observados y simulados por el modelo. En el caso del año 2005, los valores tan parecidos de la descarga de sedimentos responden al valor que asigna AnnAGNPS al evento del 10 de octubre que es notablemente inferior al observado y que compensa los valores generados por el modelo para los días 11 y 12 de octubre de 2005. Por otro lado, las diferencias respecto a la descarga de sedimentos en el año 2006, responden a la desviación observada-simulada de los eventos del 27 de enero de 2006, 19 de octubre de 2006, 23 de octubre de 2006 y los eventos no medidos durante los días 4 y 20 de marzo de 2006 (Tabla 3.8. y Tabla 3.12).

### 3.2. Validación.

#### 3.2.1. Setenil.

Los eventos calibrados durante el año hidrológico 2005-2006 han generado un fichero de entrada a partir del cual se han comparado las respuestas simuladas y observadas en las primeras lluvias de la campaña 2006-2007 en la cuenca de estudio. La Tabla 3.9. presenta el resultado de esta validación inicial.

**Tabla 3.9.** *Eventos de lluvia diaria medidos en la estación de Setenil con los valores de escorrentía, caudal punta y descarga de sedimentos observados y predichos por el modelo AnnAGNPS considerados en la validación.*

Fecha	Lluvia diaria (mm)	Escorrentía (mm)		Cudal punta (l/s)		Descarga de sedimentos (kg)	
		Observado	Predicho	Observado	Predicho	Observado	Predicho
12-sep-2006	21,7	5,60	4,63	440,1	150,0	*	253,0
14-sep-2006	17,1	1,01	2,97	101,4	90,0	*	143,0
22-sep-2006	13,9	0,17	0,00	35,6	0,0	*	0,0
21-oct-2006	25,0	0,52	0,52	17,6	4,0	266,0	242,0
23-oct-2006	17,1	0,24	0,24	8,3	0,6	87,3	219,0
24-oct-2006	14,2	0,06	0,16	9,1	0,3	59,2	72,0
11-sep-2006	16,9	0,0	1,63	0,0	47,0	0,0	118,0

\*Fallos

- Escorrentía: En la Tabla 3.10. se observa como el *E* se reduce y aumenta el *RMSE* respecto a los valores obtenidos en la calibración (Tabla 3.4. y 3.10). Sin embargo, pese al número reducido de datos, los resultados manifiestan la aptitud del programa para reproducir valores de escorrentía diaria con un *RMSE* de 1,03 mm, que es comparable a los 1,40 mm que obtiene Montaghimi (1997). Mohammed et al. (2004) y León et al. (2004) calibrando eventos máximos, obtuvieron índices de eficiencia algo más elevados (Tabla 3.11). En realidad, los valores observados y simulados son relativamente parecidos a excepción del evento correspondiente al 11 de septiembre de 2006, para el que el programa reproduce un valor de escorrentía de 1,63 mm.

**Tabla 3.10.** Coeficiente de eficiencia ( $E$ ), coeficiente de correlación observado-simulado ( $r$ ) y error medio cuadrático ( $RMSE$ ) derivados de la validación inicial de la escorrentía, caudal punta y descarga de sedimentos en las cuencas de estudio.

Cuenca	Escorrentía			Caudal punta			Descarga de sedimentos		
	$E$	$r$	$RMSE$ (mm)	$E$	$r$	$RMSE$ (l/s)	$E$	$r$	$RMSE$ (kg)
Setenil	0,70	0,89	1,03	0,43	0,92	112,18	-	-	-
Puente Genil	0,99	0,99	0,106	0,04	0,90	16,4	0,90	0,99	125,4

- Caudal punta: Los estimadores de la validación, así como la comparativa entre los valores observados y simulados (Tablas 3.9. y 3.10), indican que el modelo no es adecuado para la predicción de caudales punta de los eventos medidos en la cuenca. Así, el uso del programa no debe ir dirigido a la predicción de eventos.

- Descarga de sedimentos: En el caso de la pérdida de suelo, tan sólo se han podido adquirir datos de los últimos tres eventos, así que tan sólo se pueden comparar los resultados observados y simulados por el modelo que, como en el caso de la escorrentía, apuntan errores razonables de acuerdo a la evaluación de ciclos anuales. La ampliación de medidas que parece que esta campaña traerá consigo, permitirá un mejor examen de las características predictivas del modelo.

**Tabla 3.11.** Indicadores de la validación obtenidos por otros autores con la versión para eventos AGNPS.

Autores	Escorrentía (mm)			Caudal punta (l/s)			Producción/Descarga sedimentos (kg)		
	$E$	$r$	$RMSE$	$E$	$r$	$RMSE$	$E$	$r$	$RMSE$
Montaghimi et al. (1997)	-	-	1,40	-	-	3202,8	-	-	2900,0
Haregeweyn y Yohannes (2003)	-1,00	0,58	-	0,75	0,95	-	0,65	0,97	-
León et al. (2004)	0,75	-	-	0,75	-	-	0,86	-	-
Mohammed et al. (2004)	0,86	0,94	-	0,65	0,90	-	0,88	0,90	-

### 3.2.2. Puente Genil

En el caso de Puente Genil, a excepción de los caudales punta, los estadísticos (Tabla 3.9.) muestran unos valores excepcionales, aunque hay que volver a matizar la incidencia de los valores extremos en la serie de datos de la validación y su escasez. Es conveniente valorar el comportamiento del modelo frente a los valores observados que aparece en la Tabla 3.12.

**Tabla 3.12.** Eventos de lluvia diaria medidos en la estación de Puente Genil con los valores de escorrentía, caudal punta y descarga de sedimentos observados y predichos por el modelo AnnAGNPS considerados en la validación.

Fecha	Lluvia diaria (mm)	Escorrentía (mm)		Caudal punta (l/s)		Descarga de sedimentos (kg)	
		Observado	Predicho	Observado	Predicho	Observado	Predicho
14-sep-06	17,3	0,007	0,000	0,3	0,0	1,3	0,0
19-oct-06	18,7	0,600	0,870	40,6	4,0	990,4	1267,0
21-oct-06	8,4	0,040	0,000	0,1	0,0	0,0	0,0
23-oct-06	16,6	0,237	0,290	23,6	0,5	358,4	540,0
25-oct-06	4,0	0,001	0,000	0,1	0,0	0,0	0,0
3-nov-06	7,2	0,027	0,000	0,2	0,0	25,0	0,0
7-nov-06	8,8	0,007	0,000	0,04	0,0	0,0	0,0

- Escorrentía: La Tabla 3.12. muestra cómo en el programa las escorrentías pequeñas se desprecian y los eventos correspondientes al 19 y el 23 de octubre resultan muy aproximados, lo cual explica el valor de 0,99 de  $E$ . En realidad, este comportamiento resulta positivo para evaluar la escorrentía a largo plazo según un determinado manejo, ya que los eventos más cuantiosos son los principales responsables del coeficiente de escorrentía y las pérdidas de suelo

anuales. Los resultados obtenidos por Mohammed et al. (2004) y León et al. (2004) confirman las posibilidades del modelo para reproducir con éxito la escorrentía total aunque en su caso su objetivo tratase el análisis de eventos.

En este caso, hay que destacar las virtudes del programa en la simulación en continuo, ya que la incidencia de las lluvias en los días precedentes al 23 y el 19 de octubre explican las diferencias de respuesta que podrían plantearse, al observar la lluvia diaria que se computó el 14 de septiembre.

- Caudal punta: El valor de  $E$  (Tabla 3.10) indica que el valor medio de la observación es mejor estimador que los valores simulados por el modelo. Nuevamente, se destaca la incapacidad de AnnAGNPS para evaluar eventos individuales.

- Descarga de sedimentos: La tendencia es la misma que ocurría en la escorrentía, el modelo tiende a despreciar los valores bajos. En el caso de los eventos máximos, los valores simulados sobrestiman la pérdida de suelo aunque el  $RMSE$  es razonable de acuerdo a los objetivos y a los obtenidos por Montaghimi et al. (1997) con eventos máximos (Tabla 3.11.).

La validación inicial destaca las cualidades del programa para la simulación de eventos máximos, principales responsables del balance hidrológico en la cuenca y las pérdidas de suelo anuales. La necesidad de nuevos datos en un intervalo más amplio hace que se juzgue la validación con cierta cautela, en relación a los valores obtenidos de  $E$  y  $r$  para la escorrentía y la descarga.

### 3.3. Simulaciones.

#### 3.3.1. Escenario 1: Escorrentía y erosión en Setenil con fajas de vegetación siguiendo la curva de nivel.

Se ha simulado en la cuenca de Setenil el establecimiento de 4 fajas de vegetación de anchura 1 y 3 m en la dirección de la curva de nivel al 20, 40, 60 y 80 % de la longitud de la ladera de las tres celdas en las que el modelo divide la cuenca (Figuras 3.4 y 3.5.). De esta manera, esta alternativa se ha planteado al agricultor para esta campaña, analizándose dos posibilidades por las que el agricultor ha mostrado interés.

Estas alternativas se han traducido en el modelo en variaciones del factor  $P$  (Tabla 3.12), relacionados con la eficiencia de atrape de sedimentos de las fajas de vegetación en la ladera, que tienden a reducir la descarga de sedimentos en la salida especialmente en los eventos poco cuantiosos. No se han variado ni los  $NC$  ni el valor del factor  $C$ , dado que las alteraciones superficiales inducidas por las cubiertas no deben manifestarse sustancialmente en el primer año. De esta manera, tal y como cabe prever las variaciones en las escorrentía no son apreciables pero sí en las tasas de pérdida del año 2005 y en las 2006.

**Tabla 3.13.** Valores del factor  $P$  de la RUSLE calculados para la simulación de fajas de 1 y 3 m de anchura.

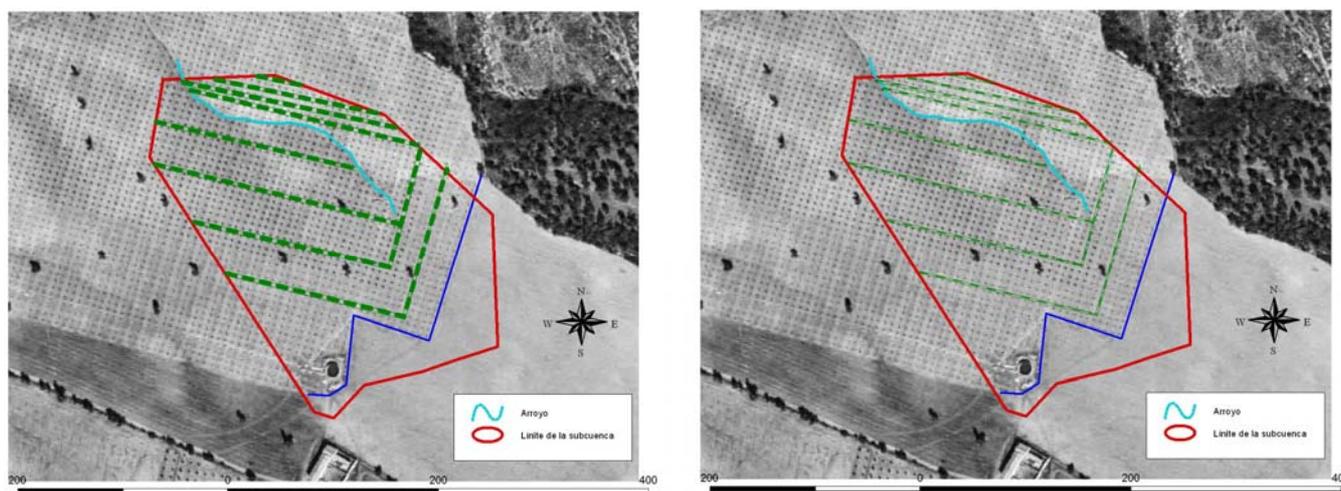
Celdas -microcuenca	Factor $P$ (sin fajas)	Factor $P$ (anchura 3 m)	Factor $P$ (anchura 1 m)
Celda 21	1,00	0,73	1,00
Celda 22	1,00	0,54	0,96
Celda 23	1,00	0,53	0,95

El valor acumulado de la descarga de sedimentos de los eventos simulados derivados de la calibración y la validación es 4.080,0 kg (Tabla 3.14). El porcentaje de la reducción de la erosión de acuerdo al modelo para las cuatro fajas de 1 m de anchura es del 69,7 %, mientras que para las de 3 m, es del 90,4 %. En primer lugar, se pone de manifiesto la conveniencia de este tipo de medidas desde el punto de vista de la disminución del transporte de sedimentos

fuera de la microcuenca. Por otra parte, la elección de anchuras debe realizarse en función de los componentes económicos y los problemas derivados de competencia con el olivo, que los agricultores juzgan a partir de la primavera. En cualquier caso, parece que las fajas de 1 m de anchura resultan más económicas y posiblemente más fáciles de controlar para una reducción importante de las pérdidas de suelo.

**Tabla 3.14.** Comparación de los episodios máximos observados de descarga medidos en Setenil con los valores simulados de escorrentía y erosión derivados de la calibración y los obtenidos tras introducir en el modelo prácticas de conservación (fajas de vegetación).

Fechas	Observado actual		Simulado actual		Simulado (fajas de 3 m)		Simulado (fajas de 1 m)	
	Escorrentía (mm)	Descarga sed. (kg)	Escorrentía (mm)	Descarga sed. (kg)	Escorrentía (mm)	Descarga sed. (kg)	Escorrentía (mm)	Descarga sed. (kg)
13oct05	0,24	43,1	0,21	92,0	0,21	0,0	0,21	0,0
30oct05	0,04	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	1,0
14nov05	0,09	0,0	0,12	33,0	0,12	0,0	0,12	0,0
16ene06	0,09	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
28ene06	1,83	2382,7	1,79	2388,0	1,79	202,0	1,79	624,0
3may06	1,17	573,0	1,26	619,0	1,26	157,0	1,26	486,0
4may06	0,06	0,0	0,25	33,0	0,25	9,0	0,25	27,0
12sep06	5,60	*	4,43	259,0	4,43	0,0	4,43	0,0
14sep06	1,01	*	2,77	145,0	2,77	0,0	2,77	0,0
22sep06	0,17	*	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
21oct06	0,52	266,0	0,46	267,0	0,46	7,0	0,46	56,0
23oct06	0,24	87,3	0,15	138,0	0,15	8,0	0,15	24,0
24oct06	0,06	59,2	0,11	106,0	0,11	7,0	0,11	19,0



**Figura 3.5.** Representación del establecimiento de fajas de vegetación en la ladera siguiendo las curvas de nivel en la microcuenca de Setenil. A la izquierda y ocupando aproximadamente toda la calle (marco 7 x 7 m), las fajas de anchura 3 m y a la derecha, las de anchura 1 m.

3.2.2. *Escenario 2: Escorrentía y erosión en Puente Genil en años históricos más húmedos. Evaluación de las cubiertas espontáneas en condiciones de lluvia más desfavorables a las del caso de estudio.*

En este apartado, pretende ponerse de manifiesto la necesidad de ejercer un manejo que responda tanto a las necesidades como a las limitaciones del medio, tal y como, parece cumplirse en la microcuenca de Puente Genil. Para ello, se comparan en el período de medidas, los valores observados y simulados bajo las condiciones actuales y los obtenidos por el modelo para las condiciones climáticas de los años hidrológicos 2002-2003 y 2003-2004 (Tabla 3.15.). Los datos de clima se han obtenido nuevamente de los valores diarios adquiridos por la estación agroclimática del Instituto de Agricultura Sostenible en Santaella (Córdoba).

**Tabla 3.15.** *Comparación de los valores de lluvia, escorrentía, coeficientes de escorrentía y descarga de sedimentos de los valores observados y simulados en el año hidrológico 2005-2006 y los simulados para los años hidrológicos más húmedos de los últimos 5 años, 2002-2003 y 2003-2004.*

Campanías	Lluvia (mm)	Escorrentía (mm)	c escorrentía (%)	Descarga de sedimentos (t/ha)
2005-2006 - Observada	337,6	19,00	5,6	0,96
2005-2006 – Simulada*	337,6	15,78	4,6	1,20
2002-2003 – Simulada	534,0	66,32	12,4	4,85
2003-2004 - Simulada	568,1	109,9	19,2	4,60

\*incluye los eventos de marzo en los que no se pudieron medir las pérdidas de suelo

Los resultados del modelo muestran muy distintas respuestas a condiciones climáticas más húmedas, así a medida que aumentan las lluvias el coeficiente de escorrentía anual ha ido creciendo entre dos cuatro veces respecto al valor observado en el año 2005-2006. Por otro lado, la erosión también aumenta aunque la distribución de las lluvias a lo largo del año en relación al desarrollo de las cubiertas, origina que no necesariamente a un valor más alto de lluvia se le asocie un valor mayor de descarga de sedimentos. Es interesante el contraste de resultados según las variaciones climáticas anuales que pone de manifiesto la necesidad de incrementar el número de datos de manera que se observen las distintas condiciones inherentes a las condiciones mediterráneas.

Finalmente, una vez más es necesario destacar la utilidad de los modelos de simulación en la elección de prácticas de manejo. Así, el papel de las cubiertas en un inceptisol con unos valores de pendiente media próximos al 15 % aseguran unas pérdidas de suelo aceptables de acuerdo a valores de tolerancia teórica de erosión potencial que Moreira (1989) establece en zonas de sierra en 4,9 t/ha.año y en terrazas 8,7 t/ha.año. Pese a que los valores de erosión potencial en la cuenca según el modelo, son algo superiores a los de descarga de sedimentos, se trata de una comparación orientativa para justificar la sostenibilidad del manejo.

#### 4. CONCLUSIONES.

1. La calibración y validación inicial del modelo AnnAGNPS para la simulación de procesos hidrológicos y erosivos en las microcuencas de estudio de olivar sometidas a los manejos de mínimo laboreo y no laboreo con cubiertas, ha proporcionado resultados satisfactorios para la reproducción por parte del modelo de los valores escorrentía y descarga de sedimentos. En el caso de Setenil, se han utilizado 8 eventos del año hidrológico 2005-2006 para la calibración con coeficientes de eficiencia de Nash-Sutcliffe iguales a 0,99 para la escorrentía, 0,78 para los caudales máximos y 0,99 para la descarga de sedimentos. En la microcuenca de Puente Genil, se contaba con 16 eventos para la escorrentía y los caudales punta y 12 para la descarga de sedimentos, siendo el valor del coeficiente de eficiencia 0,85, 0,98 y 0,92, respectivamente. En general, parte de estos buenos resultados responde al número limitados de datos y a la sensibilidad de los índices de evaluación, como el coeficiente de eficiencia, a la presencia de valores extremos (comunes en condiciones mediterráneas). Sin embargo, la detallada caracterización del relieve y el suelo realizada en el primer capítulo, la calidad de los datos climatológicos y las aptitudes del modelo en relación a su flexibilidad y fácil manipulación, permiten juzgar positivamente, la calibración.
2. La validación inicial con los eventos medidos al principio de la campaña 2006 han destacado las cualidades del modelo para reproducir la escorrentía y la erosión y su ineptitud para los caudales punta. Así, en Setenil se obtuvieron coeficientes de eficiencia de Nash-Sutcliffe para 7 eventos, de 0,70 para la escorrentía y 0,43 para los caudales punta. En el caso de la descarga de sedimentos, tan sólo se disponían de tres datos, pero se valoró satisfactoriamente el comportamiento del modelo. En Puente Genil, se examinaron 8 eventos con coeficientes de eficiencia de 0,99 para la escorrentía y la descarga de sedimentos y 0,04 para los caudales máximos. Los valores tan elevados del coeficiente de eficiencia responden nuevamente al contraste de magnitudes entre los valores observados, sin embargo, el comportamiento de AnnAGNPS en la validación lo sitúan como una herramienta útil para simular en pequeñas cuencas de olivar ciclos anuales de pérdida de suelo y valores de escorrentía.
3. Finalmente, la simulación de escenarios, ha permitido evaluar distintas medidas de protección del suelo como fajas de vegetación de distintas anchuras siguiendo la curva de nivel, propuestas al agricultor para la próxima campaña. Los resultados han mostrado una disminución en la descarga de sedimentos a la salida de la cuenca del 60,9% para cuatro fajas de 1 m de ancho y del 90,6 % para las de 3 m. Los costes y la competencia con el olivo, parecen apuntar a las fajas de 1 m, como una solución idónea para reducir las pérdidas. Por otro lado, se ha simulado en Puente Genil con los valores de la calibración de  $NC$  y factor  $C$ , las tasas de escorrentía anual de los dos años más lluviosos del pasado lustro. Los resultados han puesto de manifiesto la alta variabilidad de los coeficientes de escorrentía anual y las pérdidas de suelo, y el adecuado papel de las cubiertas que pese a los condicionantes del relieve y el suelo han asegurado tasas tolerables de erosión.

## 5. REFERENCIAS

- AGUILAR, C., M.J. POLO y E. TAGUAS, 2005a. *Evaluación de un modelo integral de cuencas en zona de olivar*. En: J.A. López-Geta, J.C. Rubio y M. Martín Machuca (Eds.) VI Simposio del Agua en Andalucía. IGME, Vol I, 717-726.
- AGUILAR, C. y M.J. POLO, 2005b. *Análisis de sensibilidad de AnnAGNPS en la dinámica de herbicidas en cuencas de olivar*. Estudios en la zona no saturada del suelo, Vol. 7, 1-6. J Álvarez-Benedí y P. Marinero.
- BINGNER, R.L. y THEURER F. D. 2003. *Agricultural non-point source pollution model*. AnnAGNPS Technical Processes Documentation Version 3.3. USDA-ARS-NRCS.
- CIVANTOS, L. *La olivicultura en el mundo y en España*. En Barranco D., Fernández-Escobar D., Rallo L. (Eds.) El cultivo del olivo. Mundi Prensa. Madrid; 1999.p 17-34
- COHEN, J., 2003. *Applied Multiple Regresision – Correlation Analysis for the Behavioural Sciencies*. Malwah, Lawrence Erlbaum Associates, Incorporated, NJ, USA, p 28
- CORBETT, C.W., M. WAHL, D. E. PORTER, D. EDWARDS y C. MOISE, 1997. *Non point source runoff modelling. A comparison of a forested watershed and an urban watershed on the South Carolina coast*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 213: 133-149.
- DE LA ROSA, D., E. DIZ-PEREIRA, F. MAYOL, E. A. CZYZ, A. R. DEXTER, E. DUMITRU, R. ENACHE, H. FLEIGE, R. HORN, K. RAJKAY y C. SIMOTA, 2005. SIDASS Project part 2. Soil erosion as a fuction of soil type and agricultural management in a Sevilla olive area, southern Spain. Soil Till. Res., 82: 19-28.
- DOMÍNGUEZ, L., 2004. *Trabajo fin de carrera: Análisis de la intensidad, erosividad y tendencias de la precipitación en la región de Andalucía Occidental y su integración en un SIG*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos e I. de Montes. Universidad de Córdoba.
- E.S.R.I, 2000. *ArcView GIS*. Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands (E.E. U.U.).
- FRANCIA, A., V. DURÁN y A. MARTÍNEZ, 2006. *Environmental impact from mountainous olive orchards under different soil-management systems (SE Spain)*. Sci. Total Environ., 358: 46-60.
- FAO. 1998. *Crop evaporation - Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Papers 56.
- GARBRECHT, J. y MARTZ, L.W., 1999. *TOPAGNPS, An automated digital landscape analysis tool for topographic evaluation, drainage identification watershed segmentation and subcatchment parameterization for AGNPS 2001 watershed modelling technology*. Agricultural Research Service.
- GÓMEZ, J.A., M. BATTANY, C.S. RENSCHLER y E. FERERES, 2003. *Evaluating the impact of soil management on soil loss in olive orchards*. Soil Use Manage. 19: 127-134.
- GÓMEZ, J.A., P. ROMERO, P. GIRÁLDEZ y E. FERERES, 2004. *Experimental assessment of runoff and soil erosion in an olive grove on a Vertic soil in southern Spain affected by soil management*. Soil Use Manage., 20: 426-431.
- GRUNWALD, S., L.D. NORTON, 2000. Calibration and validation of non-point source pollution model. Agr. Water Manage. 45: 17-39.
- HAREWEYN, N. y F. YOHANNES, 2003. *Testing and evaluation of the agricultural non-point source pollution model (AGNPS) on Augucho catchment, wester Hararghe, Ethiopia*. Agr. Ecosyst. Environ. 99: 201-212.

- JUNTA DE ANDALUCÍA (Consejería de Agricultura y Pesca). 2003. *El olivar andaluz*. Servicio de Publicaciones y Divulgación, Sevilla.
- KAO, J.J., W.L. LIN y C.H. TSAI, 1998. *Dynamic spatial modeling approach for estimation of internal phosphorus load*. *Wat. Res.* 32, 1: 47-56.
- KIRKBY, M., 1975. *Hydrograph modelling strategies*. In Peel, R., Chisholm, M. and Haggett, P. (eds.) *Processes in physical and human geography*. Heinemann, London, 69-90.
- KNISEL, W.G., 1980. *CREAMS: A field-scale model for chemicals, runoff and erosion from agricultural management systems*. Conservation Research Report No. 26. USDA-SEA, Washington, DC.
- KOSMAS, C., N. DANALATOS, L.H. CAMERAAT, M. CHABART, J. DIAMANTOPULUS, L. FARAND, L. GUTIÉRREZ, L. JACOB, H. MARQUES, J. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A. MIZARA, N. MOUSTAKAS, J.M. NICOLAU, C. OLIVEROS, G. PINNA, R. PUDDU, J. PUIGDEFÁBREGAS, M. ROXO, A. SIMAO, G. STAMOU, N. TOMASI, D. USAI y A. VACCA, 1997. *The effects of land use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions*. *Catena*, 29: 45-59.
- LEÓN, L.F., W. G. BOOTY, G. S. BOWEN y D. C. L. LAM, 2004. *Validation of an agricultural non-point source model in a watershed in southern model*. *Agr. Water Manage.*, 65: 59-75.
- LICCIARDELLO y F., S. M. ZIMBONE, 2002. *Runoff and erosion modelling by AGNPS in an experimental Mediterranean watershed*. ASAE. Meeting Presentation 022166, St. Joseph, Michigan (USA)
- MERRITT, W.S., R.A. LETCHER y JAKEMAN A.J. 2003. *A review of erosion and sediment transport models*. *Environ. Modell. Softw.*, 18: 761-799.
- MOHAMMED H., F. YOHANNES y G. ZELEKE, 2004. *Validation of agricultural non-point source (AGNPS) pollution in Kori watershed, South Wollo, Ethiopia*. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 6, 97-109.
- MONTAGHIMI S., S. W. PARK, R. A. COOKE, S. y Y. WANG, 1997. *Assessment of management alternatives on a small agricultural watershed*. *Wat. Res.* 31, 8: 1867-1878.
- MOREIRA, J.M., 1989. *La erosión y el uso del suelo en Andalucía. Su evaluación a través de un Sistema de Información Geográfica*. Jornadas Técnicas sobre: el agua y el suelo. Laboreo de Conservación. Consejería de Agricultura. Junta de Andalucía Sevilla.
- MOREIRA, J.M., 1991. *Capacidad de uso y erosión de suelos: una aproximación a la evaluación de tierras en Andalucía*. Agencia de Medio Ambiente. Consejería de Cultura y Medio Ambiente. Junta de Andalucía Sevilla.
- NASH, J.E. y J.V., SUTCLIFFE, 1970. *River flow forecasting through conceptual models*. *J. Hydrol.* 10: 280-292.
- NELSON, D.W. y SOMMERS, L.E. *Total carbon, organic carbon, and organic matter*. In: PAGE, A.L.; MILLER, H.; KEENEY, D.R. (Ed.). *Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties, part 2*. 2<sup>nd</sup> ed. Madison: Soil Science Society of America, 1982. p.539-577. (Agronomy series, 9).
- PEKAROVA, P., A. KONICEK y P. MIKLANEK, 1999. *Testing of AGNPS Model Application in Slovak Microbasins*. *Phys. Chem. Earth*, 24, 4: 303-305.
- PERRIN, C., C. MICHEL, y V. ANDREASSIAN, 2000. *Does a large number of parameters enhance model performance? Comparative assessment of common catchment model structures on 429 catchments*. *J. Hydrol.*, 242: 275-301.

- RENARD, K.G., G.R. FOSTER, G.A. WESSIES, D.K. MCCOOL y D.C. YODER, 1997. *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Loss Equation (RUSLE)*. USDA Agriculture Handbook, No. 703, 404 p.
- RAGLIONE M., P. TOSCANO, R. ANGELINI, C. BRICCOLI-BATI, M. SPADONI, C. DE SIMONE y P. LORENZINI, 1999. *Olive yield and soil loss in hilly environment of Calabria (Southern Italy). Influence of permanent cover crop and ploughing*. International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate. Barcelona, 4-9 July 1999.
- RODE, M., y LINDENSHMIDT, K.E., 2001. *Distributed sediment and phosphorus transport modeling on a medium sized catchment in Central Germany*. Phys. Chem. Earth (B), 26. No. 7-8, 635-640.
- SCHOORL, J.M. y A. VELDKAMP, 2001. *Linking land use and landscape process modelling: a case study for Alora region (South Spain)*. Agr. Ecosyst. Environ., 85: 281-92.
- SCS, 1986. *Technical Release 55. Urban hydrology for small watersheds*. Soil Conserv. Service, USDA.
- SINGH, V.P. (Ed.), 1995. *Computer Models of Watershed Hydrology*. Water Resources Publication, Colorado.
- SMEDEMA y RYCROFT, 1983. *Land Drainage*. Cornell University Press, Ithaca, Nueva York.
- Soil Conservation Service (1972). *Soil Survey laboratory methods and procedures for collecting soils samples*. Soil Survey Report, 1 U.S.D.A. Washington
- THEURER, F.D. & CLARKE, C.D., 1991. *Wash load component for sediment and yield modelling. Proceeding of the fifth federal interagency sedimentation conference*. En Bingner R. L. and
- THEURER, F.D., 2003. *Agricultural non-point source pollution model*. AnnAGNPS Technical Processes Documentation Version 3.3. USDA-ARS-NRCS.
- USDA, Soil Conservation Service. 1972. *National Engineering Handbook*. Hydrology Section 4, Chapters 4-10, 16, 19. Washington, DC.
- WAGENER, T., W.S. WHEATER y H.V. GUPTA, 2004. *Rainfall-Runoff Modelling in Gauged and Ungauged Catchments*. Singapore: Imperial College Press, Londres, pp 9-53.
- WISHEMEIER, W.H. y D.D. SMITH, 1978. *Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning*. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook No. 537.
- WMO, 1975. *Intercomparison of conceptual models used in operational hydrological forecasting*. World Meteorological Organization, Operational Hydrology Report No. 7.
- YOUNG, R.A., C.A. O STAND, D.D. BOSCH y W.P. ANDERSON, 1987. *AGNPS, Agricultural Non-Point-Source Pollution Model. A Watershed Analysis Tool*. USDA Conservation Research Report, 35: 80.
- YOUNG, R.A., C.A. O STAND, D.D. BOSCH y W.P. ANDERSON, 1989. *AGNPS: a non-point source pollution model for evaluating agricultural watershed*. J. Soil Water Conserv. 44 (2), 168-173.

## CONCLUSIONES FINALES

1. La ampliación del ámbito de estudio en las investigaciones dedicadas a los procesos hidrológicos y erosivos en olivar pone de manifiesto la utilidad de técnicas como el GPS, que permitan estudiar la evolución erosiva de superficies extensas, proporcionando medidas del relieve a un nivel adecuado de precisión y a un coste aceptable. En este trabajo, su aplicación ha sido descriptiva, pero en una escala temporal más amplia los límites de precisión permitirían cuantificar la erosión.
2. Las experiencias en parcelas y en microcuenca deben contemplarse como enfoques complementarios en el análisis de los procesos erosivos en olivar. En el primer caso, la escala de parcela presenta grandes ventajas como la de aislar el factor manejo del resto de condiciones de clima, suelo y topografía y además exigir un menor volumen de inversión y esfuerzo. Sin embargo, en la escala de microcuenca pueden estudiarse globalmente los procesos de erosión y generación de escorrentía más allá de la ladera, respondiendo además con cifras de gran interés para la investigación y la ingeniería: coeficientes de entrega, comparaciones entre manejos, etc...
3. La instrumentalización necesaria para la medición de escorrentía y erosión a escala de microcuenca requiere una exhaustiva planificación, dada la acusada variabilidad de los episodios de lluvia inherentes al clima mediterráneo y la complejidad que este tipo de instalaciones exige. Las medidas realizadas durante la campaña abril 2005-septiembre 2006 en líneas generales sugieren que sólo unos pocos eventos al año son los principales responsables de los valores anuales de pérdida de suelo y que el papel de la humedad antecedente para episodios de lluvia con los mismos valores acumulados y equivalentes tasas de intensidad máxima, es decisivo. Esto es particularmente evidente en la microcuenca con mínimo laboreo, debido a su mayor variabilidad del estado superficial del suelo a lo largo del año.
4. La aplicación del modelo hidrológico AnnAGNPS con objeto de evaluar las distintas prácticas de manejo a escala de microcuenca hace necesario un gran número de eventos registrados para conseguir determinar la incertidumbre del modelo. Así, los resultados de este trabajo han determinado que se trata de una herramienta muy útil para la elección razonada de las prácticas de manejo más adecuadas para la conservación del suelo.
5. Finalmente, el uso de cubiertas en olivares de sierra de acuerdo a las medidas registradas y a los resultados de modelado con AnnAGNPS constituye una alternativa de manejo que garantiza eficientemente la protección del suelo y el atrape de sedimentos en las microcuencas de estudio.



## **ANEJO 1**

Atributos topográficos y propiedades del suelo de los puntos de erosión y depósito de las cuencas.

## ÍNDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1.1.</b> <i>Atributos de los puntos de erosión de la cuenca de Setenil</i>	204
<b>Tabla 1.2.</b> <i>Atributos de los puntos de erosión de la cuenca de Setenil</i>	205
<b>Tabla 1.3.</b> <i>Atributos de los puntos de erosión de la cuenca de Puente Genil</i>	206
<b>Tabla 1.4.</b> <i>Atributos de los puntos de erosión de la cuenca de Puente Genil</i>	207
<b>Tabla 1.5.</b> <i>Atributos de los puntos de depósito de la cuenca de Setenil</i>	208
<b>Tabla 1.6.</b> <i>Atributos de los puntos de depósito de la cuenca de Setenil</i>	210

En este anejo se presentan los valores de los atributos topográficos y edafológicos según los mapas de distribución, alcanzados por los puntos de erosión y depósito. En primer lugar, se presentan las tablas para los puntos de erosión en Setenil, a continuación los correspondientes a Puente Genil y finalmente, se muestran los valores para las localizaciones del depósito (en Setenil).

La notación es la siguiente:

$X, Y$	son las coordenadas UTM del punto (huso 30).
$A$	es el área contribuyente al punto (ha).
$LSF$	es el factor longitud de ladera.
$\beta$	es la pendiente (grados).
$\omega$	es la curvatura plana (adimensional).
$\varphi$	es la curvatura del perfil (adimensional).
$\psi$	es la orientación (grados).
$H$	es el valor de la cota (m) del modelo de elevación.
$K_{sat0}$	es el valor de la conductividad hídrica saturada medida en los 10 cm primeros del suelo.
$K_{sat10}$	es el valor de la conductividad hídrica saturada medida por debajo de los 10 cm primeros del suelo.
$D_{ap0}$	es la densidad aparente medida en los 10 cm primeros del suelo.
$D_{ap10}$	es la densidad aparente medida por debajo de los 10 cm primeros del suelo.
$PMP_0$	es el punto de marchitez permanente medido en los 10 cm primeros del suelo.
$PMP_{10}$	es el punto de marchitez permanente medido por debajo de los 10 cm primeros del suelo.
$CC_0$	es el valor de la capacidad de campo medido en los 10 cm primeros del suelo.
$CC_{10}$	es el valor de la capacidad de campo medido por debajo de los 10 cm primeros del suelo.
$\%arena$	es el valor de la fracción de arena en el primer horizonte del suelo.
$\%limo$	es el valor de la fracción de limo en el primer horizonte del suelo.
$\%arcilla$	es el valor de la fracción arcillosa en el primer horizonte del suelo.
$\%carbonatos$	es el valor del porcentaje de carbonatos en el primer horizonte del suelo.
$\%M.O.$	es el valor del porcentaje de materia orgánica en el primer horizonte del suelo.

Tabla 1.1. Atributos de los puntos de erosión de la cuenca de Setenil

PUNTO	X	Y	AZ (m)	A(ha)	LSF	wT	$\omega$	$\varphi$	$\Psi(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	H (m)	Ksat0 (cm/h)	Ksat10 (cm/h)	Dap0 (g/cm3)
210	310363.377	4082948.315	-0.061	0.0104	3.23	6.97	0.22	-0.10	320.41	7.82	789.104	28.38	12.86	1.62
216	310423.395	4082948.346	-0.053	0.0027	0.93	7.25	0.00	0.00	14.81	4.53	790.660	19.21	9.96	1.74
252	310403.368	4082958.308	-0.073	0.0092	1.91	7.31	0.19	-0.10	357.86	5.36	789.882	31.99	13.08	1.65
257	310353.362	4082958.329	-0.108	0.0119	3.90	6.91	0.15	-0.24	313.55	8.66	786.980	22.93	13.00	1.61
263	310383.381	4082968.334	-0.075	0.0007	0.87	6.79	-0.10	0.04	330.39	6.59	788.448	34.47	13.83	1.63
304	310383.355	4082978.323	-0.078	0.0007	1.01	6.68	0.31	-0.13	335.80	7.41	787.319	34.50	22.48	1.60
320	310423.361	4082988.309	-0.044	0.0088	1.83	7.31	0.19	-0.05	356.83	5.32	787.123	33.40	19.69	1.67
356	310393.370	4082998.277	-0.085	0.0004	0.72	6.80	0.01	-0.01	335.54	6.48	785.750	40.52	33.71	1.58
365	310303.361	4083008.328	-0.057	0.0193	2.57	7.58	-0.22	-0.36	313.92	5.40	778.173	6.76	12.84	1.70
373	310383.349	4083008.316	-0.059	0.0020	1.48	6.78	-0.02	0.03	324.00	7.12	784.074	25.34	19.78	1.62
454	310533.390	4083038.319	-0.101	0.0032	1.31	7.06	-0.59	0.22	337.55	5.62	788.469	6.54	7.43	1.70
456	310513.354	4083038.328	-0.042	0.0068	1.33	7.41	1.54	-0.36	318.15	4.52	787.541	3.93	5.05	1.69
462	310453.384	4083038.338	-0.065	0.0054	2.82	6.71	-1.26	-0.53	320.34	8.58	781.714	6.62	9.73	1.76
463	310443.363	4083038.335	-0.064	0.0119	4.30	6.84	0.00	0.00	11.34	9.34	781.435	9.28	10.30	1.75
464	310433.385	4083038.322	-0.042	0.0135	4.19	6.94	0.65	-0.58	357.15	8.83	781.585	9.99	11.04	1.74
466	310413.360	4083038.342	-0.077	0.0209	4.37	7.23	-0.93	0.78	4.82	7.96	781.429	12.99	10.39	1.78
469	310383.372	4083038.318	-0.046	0.0007	1.13	6.58	-0.09	-0.11	333.45	8.25	780.934	14.00	13.40	1.64
476	310313.375	4083038.333	-0.050	0.0018	1.56	6.69	0.06	-0.32	352.29	7.61	776.013	7.46	8.29	1.66
502	310473.400	4083048.355	-0.056	0.0029	1.88	6.74	0.12	0.02	297.32	7.59	783.537	5.96	7.62	1.75
507	310523.364	4083048.328	-0.042	0.0000	0.00	6.95	0.43	-0.01	337.44	5.53	787.151	5.26	5.97	1.69
525	310363.366	4083058.325	-0.051	0.0022	1.91	6.62	0.42	0.04	322.84	8.33	776.821	9.28	14.67	1.55
539	310263.371	4083068.357	-0.047	0.0002	0.64	6.67	0.84	-0.29	342.16	7.30	770.767	6.72	11.67	1.72
556	310433.373	4083068.326	-0.047	2.1364	7.44	12.16	1.28	-4.82	314.42	3.02	777.978	5.10	9.20	1.68
560	310473.368	4083068.346	-0.069	0.0171	2.51	7.51	-0.07	0.00	269.87	5.54	782.804	10.08	8.05	1.69
562	310493.342	4083068.312	-0.048	0.0072	1.29	7.47	0.92	-0.29	298.80	4.26	784.382	7.63	6.39	1.68
577	310383.363	4083078.341	-0.059	0.0061	2.02	7.03	0.04	-0.01	345.83	6.42	775.668	11.00	19.14	1.41
582	310333.383	4083078.294	-0.054	0.0077	2.83	6.89	-0.15	-0.13	320.16	7.74	772.253	4.39	12.10	1.82
584	310313.408	4083078.331	-0.040	0.0079	2.86	6.90	-0.54	-0.17	342.02	7.76	770.864	5.96	8.90	1.81
589	310263.407	4083078.329	-0.046	0.0018	1.58	6.68	0.00	0.00	345.56	7.72	769.417	9.78	12.27	1.72
596	310263.373	4083088.332	-0.044	0.0032	2.05	6.71	0.87	-0.53	350.18	7.98	768.240	14.07	12.73	1.70
600	310303.364	4083088.320	-0.070	0.0635	7.48	7.84	-0.06	0.02	349.58	8.55	769.279	6.62	9.00	1.88
638	310303.350	4083098.319	-0.042	0.0650	6.96	7.92	-0.59	-0.03	342.88	7.94	767.803	6.50	9.00	1.89
662	310393.407	4083108.417	-0.053	0.0101	2.00	7.33	-0.08	-0.08	276.47	5.57	773.700	4.31	8.00	1.60
681	310363.371	4083118.355	-0.045	0.0020	1.52	6.76	0.48	0.17	224.26	7.16	771.836	5.93	7.70	1.61
686	310313.370	4083118.300	-0.044	0.0115	2.55	7.22	0.80	-0.33	298.00	6.30	766.305	7.21	9.20	1.75
687	310303.378	4083118.319	-0.145	0.0113	2.32	7.28	-1.21	0.26	299.18	5.92	765.423	10.95	10.57	1.76
AZ: el balance de cota (m)			<b>Media</b>	0.0691	2.48	7.18	0.10	-0.22	297.64	6.83	779.468	13.47	11.92	1.69
A: área contribuyente al punto (ha)			<b>Dtipi</b>	0.3547	1.80	0.92	0.61	0.83	92.05	1.50	7.726	10.53	5.48	0.09
LSF: el factor de ladera			<b>Min</b>	0.0000	0.00	6.58	-1.26	-4.82	4.82	3.02	765.423	3.93	5.05	1.41
$\omega$ y $\varphi$ : curvaturas planas y del perfil.			<b>Max</b>	2.1364	7.48	12.16	1.54	0.78	357.86	9.34	790.660	40.52	33.71	1.89
$\Psi$ : orientación en grados			<b>CV</b>	5.1355	0.73	0.13	6.05	-3.72	0.31	0.22	0.010	0.78	0.46	0.06
$\beta$ : pendiente en grados			<b>CS</b>	6.0597	1.61	4.79	-0.02	-5.20	-2.74	-0.55	-0.314	1.32	2.14	-0.32
H: valor de la cota (m)			<b>CK</b>	35.8701	2.36	25.61	0.69	29.26	6.46	-0.37	-1.243	0.41	6.33	1.47

Tabla 1.2. Atributos de los puntos de erosión de la cuenca de Setenil

PUNTO	X	Y	AZ (m)	Dap10 (g/cm3)	CC0	CC10	PMP0	PMP10	% Carbonatos	%MO	%arena	%limo	%arcilla
210	310363.377	4082948.315	-0.061	1.68	0.16	0.14	0.08	0.07	6.87	0.85	77.02	7.95	15.04
216	310423.395	4082948.346	-0.053	1.60	0.17	0.14	0.08	0.08	4.98	0.79	77.92	7.02	15.06
252	310403.368	4082958.308	-0.073	1.67	0.16	0.14	0.08	0.08	5.44	0.79	77.70	7.14	15.16
257	310353.362	4082958.329	-0.108	1.68	0.16	0.14	0.08	0.07	7.25	0.86	76.82	8.14	15.04
263	310383.381	4082968.334	-0.075	1.71	0.16	0.14	0.08	0.08	6.29	0.82	77.30	7.55	15.15
304	310383.355	4082978.323	-0.078	1.72	0.16	0.14	0.07	0.08	6.39	0.82	77.25	7.57	15.19
320	310423.361	4082988.309	-0.044	1.65	0.15	0.13	0.07	0.07	3.55	0.68	78.48	5.86	15.67
356	310393.370	4082998.277	-0.085	1.74	0.16	0.14	0.07	0.08	6.34	0.82	77.29	7.42	15.29
365	310303.361	4083008.328	-0.057	1.60	0.17	0.15	0.07	0.06	9.49	0.83	77.12	8.97	13.91
373	310383.349	4083008.316	-0.059	1.74	0.15	0.14	0.07	0.08	7.38	0.86	76.76	8.03	15.21
454	310533.390	4083038.319	-0.101	1.83	0.18	0.18	0.06	0.08	8.38	0.95	76.73	8.64	14.63
456	310513.354	4083038.328	-0.042	1.83	0.14	0.19	0.06	0.09	9.60	0.99	76.47	8.91	14.62
462	310453.384	4083038.338	-0.065	1.78	0.14	0.15	0.07	0.07	19.99	1.31	74.00	11.47	14.53
463	310443.363	4083038.335	-0.064	1.78	0.14	0.14	0.07	0.07	16.47	1.19	74.75	10.52	14.73
464	310433.385	4083038.322	-0.042	1.78	0.14	0.14	0.07	0.07	13.55	1.09	75.33	9.75	14.92
466	310413.360	4083038.342	-0.077	1.79	0.14	0.14	0.06	0.07	9.99	0.97	75.86	8.99	15.15
469	310383.372	4083038.318	-0.046	1.75	0.14	0.14	0.07	0.07	9.01	0.94	75.71	9.10	15.18
476	310313.375	4083038.333	-0.050	1.55	0.16	0.15	0.07	0.08	10.04	0.84	76.96	9.28	13.75
502	310473.400	4083048.355	-0.056	1.80	0.14	0.16	0.06	0.07	20.61	1.33	73.83	11.69	14.48
507	310523.364	4083048.328	-0.042	1.83	0.14	0.18	0.06	0.09	9.59	0.99	76.33	9.00	14.68
525	310363.366	4083058.325	-0.051	1.67	0.14	0.14	0.07	0.07	9.90	0.96	74.91	9.96	15.14
539	310263.371	4083068.357	-0.047	1.73	0.16	0.15	0.07	0.07	9.18	0.70	78.24	8.49	13.26
556	310433.373	4083068.326	-0.047	1.77	0.14	0.14	0.07	0.07	12.88	1.12	74.08	10.75	15.16
560	310473.368	4083068.346	-0.069	1.79	0.14	0.16	0.07	0.08	17.33	1.24	74.15	11.16	14.70
562	310493.342	4083068.312	-0.048	1.81	0.14	0.17	0.06	0.08	14.01	1.13	74.88	10.35	14.77
577	310383.363	4083078.341	-0.059	1.62	0.12	0.13	0.07	0.07	9.30	0.99	74.10	10.50	15.40
582	310333.383	4083078.294	-0.054	1.77	0.15	0.15	0.07	0.07	11.41	0.87	76.32	10.07	13.62
584	310313.408	4083078.331	-0.040	1.74	0.14	0.14	0.06	0.07	11.31	0.83	77.05	9.78	13.17
589	310263.407	4083078.329	-0.046	1.73	0.15	0.15	0.07	0.07	9.12	0.70	78.35	8.46	13.19
596	310263.373	4083088.332	-0.044	1.72	0.15	0.15	0.07	0.07	9.03	0.69	78.52	8.40	13.07
600	310303.364	4083088.320	-0.070	1.80	0.13	0.13	0.06	0.06	10.67	0.77	77.87	9.60	12.52
638	310303.350	4083098.319	-0.042	1.81	0.13	0.13	0.06	0.06	11.29	0.77	77.87	9.73	12.40
662	310393.407	4083108.417	-0.053	1.56	0.14	0.15	0.07	0.07	7.22	0.97	73.55	11.03	15.43
681	310363.371	4083118.355	-0.045	1.66	0.15	0.15	0.06	0.07	12.67	0.93	74.81	11.18	14.00
686	310313.370	4083118.300	-0.044	1.73	0.15	0.15	0.06	0.06	14.09	0.83	76.78	10.71	12.51
687	310303.378	4083118.319	-0.145	1.75	0.15	0.14	0.06	0.06	12.87	0.79	77.69	10.12	12.19
<i>Ksat0</i> y <i>Ksat10</i> : conductividad hidráulica saturada en los primeros 10 cm y a continuación.	<b>Media</b>	1.73	0.15	0.15	0.07	0.07	10.38	0.92	76.36	9.26	14.39		
<i>Dap0</i> y <i>Dap10</i> : densidad aparente en los primeros 10 cm y a continuación.	<b>Dtipi</b>	0.08	0.01	0.01	0.01	0.01	3.95	0.17	1.50	1.42	1.00		
<i>PMP0</i> y <i>PMP10</i> : punto de marchitez permanente en los primeros 10 cm y a continuación.	<b>Min</b>	1.55	0.12	0.13	0.06	0.06	3.55	0.68	73.55	5.86	12.19		
<i>CC0</i> y <i>CC10</i> : capacidad de campo	<b>Max</b>	1.83	0.18	0.19	0.08	0.09	20.61	1.33	78.52	11.69	15.67		
	<b>CV</b>	0.04	0.08	0.10	0.09	0.10	0.38	0.18	0.02	0.15	0.07		
	<b>CS</b>	-0.75	-0.02	1.32	0.09	0.32	0.87	0.91	-0.42	-0.27	-0.91		
	<b>CK</b>	-0.14	0.13	1.55	-0.66	-0.26	0.74	0.31	-1.05	-0.50	-0.44		

Tabla 1.3. Atributos de los puntos de erosión de la cuenca de Puente Genil

PUNTO	X	Y	AZ (m)	A	LSF	wT	$\omega$	$\varphi$	$\Psi(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	H (m)	Ksat0 (cm/h)	Ksat10 (cm/h)	Dap0 (g/cm3)
217	337242.206	4142174.189	260.077	0.0004	0.62	6.92	-0.03	1.75	29.75	6.14	260.360	10.36	6.05	1.54
222	337342.206	4142174.195	253.672	0.0121	2.38	7.28	1.23	-0.10	43.73	6.06	253.980	10.48	9.08	1.58
223	337342.208	4142194.193	251.580	0.0014	1.10	6.86	-1.07	2.04	38.93	6.36	251.870	10.11	7.91	1.57
225	337302.210	4142194.194	254.265	0.0025	2.52	6.44	-0.57	-0.57	19.80	10.05	254.680	10.12	7.48	1.57
228	337242.214	4142194.189	257.833	0.0004	1.16	6.43	-1.93	4.29	22.89	9.25	258.190	10.69	5.21	1.52
250	337242.199	4142234.199	252.192	0.0520	6.47	7.69	-1.41	-0.52	25.35	7.98	252.260	11.97	3.26	1.49
267	337342.189	4142274.203	239.685	0.0000	0.00	6.32	2.33	0.11	24.70	10.40	240.250	8.26	9.27	1.60
268	337322.190	4142274.188	241.094	0.0004	1.44	6.26	-0.84	6.27	28.69	11.39	241.540	8.05	8.66	1.57
270	337282.204	4142274.203	243.405	0.0004	1.41	6.28	2.14	-3.63	12.63	11.21	243.980	8.08	7.76	1.54
282	337222.180	4142294.184	243.059	0.0000	0.00	6.21	1.08	-5.15	16.61	11.21	243.390	8.25	10.17	1.51
307	337282.208	4142334.187	232.853	0.0083	2.90	6.92	-1.34	0.88	1.43	7.60	233.210	2.95	15.42	1.62
309	337322.178	4142334.191	231.896	0.0065	2.75	6.83	-2.21	0.01	7.12	7.65	232.350	3.14	4.97	1.59
311	337342.202	4142354.203	228.939	0.0016	1.27	6.80	-0.44	3.11	4.64	7.05	229.220	3.04	3.68	1.58
312	337322.199	4142354.175	229.057	0.0097	2.94	7.00	-0.27	0.17	10.44	7.34	229.330	2.04	3.32	1.61
314	337282.173	4142354.195	229.774	0.0198	4.79	7.12	-5.37	5.30	15.26	8.64	230.000	2.50	15.40	1.63
315	337262.223	4142354.206	230.545	0.0000	0.00	6.36	1.38	0.05	25.08	9.81	230.890	5.73	17.97	1.58
330	337302.194	4142374.184	226.274	0.0011	1.74	6.43	-1.72	0.06	14.86	9.59	226.640	2.51	4.75	1.61
333	337342.200	4142394.169	225.076	0.0007	1.00	6.69	0.44	0.00	274.51	7.24	225.150	3.85	17.45	1.63
335	337302.204	4142394.181	223.247	0.0041	2.82	6.57	1.35	-0.43	351.87	9.37	223.700	5.50	13.04	1.62
358	337282.178	4142434.180	216.921	0.0835	15.59	7.55	-5.72	15.17	224.44	13.65	216.640	3.53	22.54	1.67
374	337302.214	4142454.219	225.677	0.0054	10.42	5.62	-3.39	5.50	216.70	24.58	225.070	2.20	30.95	1.81
376	337342.166	4142454.195	230.351	0.0018	1.99	6.50	0.80	-0.54	222.58	9.51	230.240	2.24	25.20	1.77
377	337342.208	4142474.210	232.342	0.0002	0.69	6.60	0.35	0.35	234.46	8.16	232.280	3.63	24.01	1.76
397	337322.189	4142494.178	231.675	0.0000	0.00	6.95	0.81	-0.52	247.07	5.38	231.730	3.94	24.06	1.73
398	337342.197	4142494.177	235.250	0.0011	3.71	5.81	0.26	-3.29	254.64	17.46	235.030	4.08	22.56	1.75
			<b>Media</b>	0.01	2.79	6.66	-0.57	1.21	94.73	9.72	237.28	5.89	12.81	1.62
			<b>Dtipi</b>	0.02	3.52	0.48	2.05	3.97	113.94	4.06	12.06	3.35	8.19	0.09
			<b>Min</b>	0.00	0.00	5.62	-5.72	-5.15	1.43	5.38	216.64	2.04	3.26	1.49
			<b>Max</b>	0.08	15.59	7.69	2.33	15.17	351.87	24.58	260.36	11.97	30.95	1.81
			<b>CV</b>	2.23	1.26	0.07	-3.62	3.28	1.20	0.42	0.05	0.57	0.64	0.05
			<b>CS</b>	3.28	2.56	0.10	-1.07	1.83	0.97	2.39	0.51	0.45	0.66	0.85
			<b>CK</b>	11.06	7.31	0.32	1.10	5.58	-0.76	7.16	-0.80	-1.44	-0.77	-0.02

AZ: el balance de cota (m)

A: área contribuyente al punto (ha)

LSF: el factor de ladera

$\omega$  y  $\varphi$ : curvaturas planas y del perfil.

$\Psi$ : orientación en grados

$\beta$ : pendiente en grados

H: valor de la cota (m)

Ksat0 y Ksat10: conductividad hidráulica saturada en los primeros 10 cm y a continuación.

Dap0 y Dap10: densidad aparente en los primeros 10 cm y a continuación.

PMP0 y PMP10: punto de marchitez permanente en los primeros 10 cm y a continuación.

CC0 y CC10: capacidad de campo en los primeros 10 cm y a continuación.

Tabla 1.4. Atributos de los puntos de erosión de la cuenca de Puente Genil

PUNTO	X	Y	AZ (m)	Dap10 (g/cm3)	CC0	CC10	PMP0	PMP10	% Carbonatos	%MO	%arena	%limo	%arcilla
217	337242.206	4142174.189	260.077	1.60	0.18	0.17	0.06	0.06	52.43	1.93	71.45	19.16	9.21
222	337342.206	4142174.195	253.672	1.67	0.17	0.17	0.06	0.05	55.76	1.80	72.78	18.11	9.21
223	337342.208	4142194.193	251.580	1.60	0.17	0.17	0.06	0.06	56.14	1.82	72.91	18.15	9.17
225	337302.210	4142194.194	254.265	1.64	0.18	0.18	0.06	0.06	55.16	1.73	72.30	18.47	9.42
228	337242.214	4142194.189	257.833	1.58	0.18	0.18	0.06	0.06	53.39	1.85	71.32	19.25	9.31
250	337242.199	4142234.199	252.192	1.53	0.18	0.18	0.06	0.07	55.57	1.68	71.04	19.39	9.56
267	337342.189	4142274.203	239.685	1.62	0.18	0.18	0.06	0.06	49.23	1.65	72.58	17.11	10.30
268	337322.190	4142274.188	241.094	1.63	0.19	0.17	0.06	0.06	49.96	1.68	72.49	17.19	10.31
270	337282.204	4142274.203	243.405	1.66	0.19	0.17	0.06	0.06	51.60	1.63	72.21	18.25	9.77
282	337222.180	4142294.184	243.059	1.56	0.16	0.18	0.06	0.07	46.26	2.64	71.88	20.05	7.90
307	337282.208	4142334.187	232.853	1.73	0.19	0.17	0.06	0.06	48.82	1.70	73.00	17.94	9.35
309	337322.178	4142334.191	231.896	1.58	0.17	0.17	0.05	0.06	47.51	1.68	71.55	18.02	10.37
311	337342.202	4142354.203	228.939	1.55	0.16	0.17	0.05	0.05	44.36	1.77	70.38	19.07	10.43
312	337322.199	4142354.175	229.057	1.59	0.17	0.17	0.05	0.05	50.20	1.66	72.40	17.52	10.06
314	337282.173	4142354.195	229.774	1.75	0.19	0.17	0.06	0.06	48.89	1.76	72.62	17.89	9.39
315	337262.223	4142354.206	230.545	1.69	0.19	0.18	0.06	0.06	47.16	1.98	72.84	18.46	8.59
330	337302.194	4142374.184	226.274	1.63	0.18	0.17	0.06	0.06	51.03	1.66	72.30	17.63	10.08
333	337342.200	4142394.169	225.076	1.68	0.15	0.15	0.05	0.05	46.38	1.58	69.40	19.25	10.96
335	337302.204	4142394.181	223.247	1.70	0.18	0.17	0.06	0.06	47.80	1.90	69.24	20.05	10.51
358	337282.178	4142434.180	216.921	1.78	0.20	0.18	0.06	0.06	45.83	1.95	64.60	23.06	12.17
374	337302.214	4142454.219	225.677	1.74	0.19	0.18	0.06	0.06	45.58	1.57	56.50	26.65	16.70
376	337342.166	4142454.195	230.351	1.71	0.17	0.17	0.06	0.05	45.83	1.60	61.07	23.89	14.54
377	337342.208	4142474.210	232.342	1.71	0.17	0.17	0.06	0.05	45.91	1.63	62.05	23.35	14.04
397	337322.189	4142494.178	231.675	1.72	0.18	0.17	0.06	0.06	45.98	1.67	62.05	23.46	13.96
398	337342.197	4142494.177	235.250	1.71	0.17	0.17	0.06	0.05	46.03	1.66	63.32	22.67	13.40
			<b>Media</b>	1.65	0.18	0.17	0.06	0.06	49.31	1.77	69.37	19.76	10.75
			<b>Dtipi</b>	0.07	0.01	0.01	0.00	0.01	3.66	0.21	4.74	2.55	2.16
			<b>Min</b>	1.53	0.15	0.15	0.05	0.05	44.36	1.57	56.50	17.11	7.90
			<b>Max</b>	1.78	0.20	0.18	0.06	0.07	56.14	2.64	73.00	26.65	16.70
			<b>CV</b>	0.04	0.06	0.03	0.07	0.10	0.07	0.12	0.07	0.13	0.20
			<b>CS</b>	-0.12	-0.32	-1.75	-1.22	0.47	0.65	2.94	-1.45	1.26	1.34
			<b>CK</b>	-1.02	0.29	6.29	1.68	0.43	-0.84	11.06	0.96	0.73	1.19

AZ: el balance de cota (m)

A: área contribuyente al punto (ha)

LSF: el factor de ladera

$\omega$  y  $\phi$ : curvaturas planas y del perfil.

$\psi$ : orientación en grados

$\beta$ : pendiente en grados

H: valor de la cota (m)

Ksat0 y Ksat10: conductividad hidráulica saturada en los primeros 10 cm y a continuación.

Dap0 y Dap10: densidad aparente en los primeros 10 cm y a continuación.

PMP0 y PMP10: punto de marchitez permanente en los primeros 10 cm y a continuación.

CC0 y CC10: capacidad de campo en los primeros 10 cm y a continuación.

1.5. Atributos de los puntos de depósito de la cuenca de Setenil

PUNTO	X	Y	AZ (m)	A	LSF	wT	$\omega$	$\varphi$	$\Psi(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	H (m)	Ksat0 (cm/h)	Ksat10 (cm/h)	Dap0 (g/cm3)
33	310403.388	4082868.312	0.284	0.0004	0.21	7.76	0.61	0.06	317.35	2.41	795.809	28.34	13.00	1.66
150	310483.357	4082918.345	0.044	0.0027	0.62	7.57	0.01	0.00	1.41	3.36	791.722	29.25	11.01	1.62
195	310493.343	4082938.329	0.075	0.0052	0.84	7.63	-0.23	0.01	351.56	3.41	790.705	25.49	12.99	1.66
197	310473.371	4082938.315	0.066	0.0045	0.90	7.51	-0.10	-0.01	353.34	3.75	790.509	31.45	10.85	1.59
201	310433.356	4082938.323	0.045	0.0074	1.29	7.48	-0.19	0.25	26.10	4.33	791.146	19.54	8.68	1.72
202	310423.404	4082938.346	0.042	0.0011	0.96	7.41	0.09	0.00	15.30	4.09	791.450	12.09	7.39	1.78
208	310363.372	4082938.345	0.045	0.0032	1.89	6.77	1.01	0.11	306.63	7.71	790.051	27.78	12.84	1.63
209	310353.371	4082948.333	0.044	0.0000	0.00	6.49	2.82	1.59	296.13	8.40	787.921	25.01	13.00	1.62
211	310373.371	4082948.315	0.062	0.0020	1.43	6.80	-0.44	0.16	329.63	6.89	789.742	32.00	11.88	1.63
217	310433.392	4082948.331	0.045	0.0000	0.00	7.18	0.58	-0.18	23.50	4.36	790.458	23.91	10.57	1.70
221	310473.352	4082948.306	0.051	0.0061	1.09	7.51	-0.11	-0.01	352.10	4.01	789.813	27.31	13.07	1.65
222	310483.360	4082948.343	0.048	0.0072	1.09	7.60	0.07	-0.34	344.94	3.78	789.979	24.71	14.18	1.68
244	310483.374	4082958.324	0.053	0.0088	1.24	7.61	0.08	-0.01	345.23	3.92	789.283	22.16	16.06	1.72
258	310343.401	4082958.340	0.044	0.0009	1.20	6.64	2.66	-0.49	300.69	7.66	785.762	19.50	13.00	1.61
260	310353.365	4082968.324	0.057	0.0049	2.41	6.79	0.92	0.29	313.55	7.85	786.090	19.65	12.50	1.60
261	310363.368	4082968.330	0.054	0.0036	2.03	6.77	-0.08	-0.01	320.14	7.59	787.059	24.44	13.36	1.60
265	310403.374	4082968.321	0.048	0.0106	2.05	7.34	-0.01	-0.31	353.31	5.49	789.035	35.08	18.68	1.63
266	310413.375	4082968.315	0.051	0.0104	1.85	7.40	0.08	-0.11	358.04	5.10	789.109	33.46	18.63	1.64
273	310483.360	4082968.330	0.042	0.0101	1.52	7.54	-0.03	0.00	345.56	4.42	788.647	20.71	17.00	1.74
274	310493.360	4082968.340	0.047	0.0097	1.43	7.56	-0.38	-0.09	346.13	4.34	788.820	20.82	15.73	1.72
302	310403.368	4082978.337	0.061	0.0121	2.33	7.33	0.01	-0.18	351.31	5.79	787.998	39.16	29.15	1.59
305	310373.353	4082978.332	0.047	0.0022	1.63	6.74	0.21	-0.08	327.36	7.39	786.667	27.46	17.37	1.59
309	310333.356	4082978.338	0.072	0.0148	3.72	7.10	0.29	0.12	310.66	7.80	783.279	12.40	11.28	1.59
310	310323.358	4082988.320	0.049	0.0164	3.90	7.14	0.28	0.13	311.54	7.84	781.294	9.15	10.00	1.62
311	310333.394	4082988.331	0.044	0.0079	2.86	6.90	0.06	0.05	318.83	7.76	782.292	10.35	10.20	1.59
312	310343.395	4082988.288	0.061	0.0068	2.83	6.82	0.23	0.15	319.64	8.10	783.111	8.90	9.02	1.55
318	310403.398	4082988.318	0.059	0.0137	2.47	7.36	0.00	0.04	350.27	5.83	786.934	42.90	35.68	1.57
319	310413.394	4082988.343	0.041	0.0135	2.37	7.39	0.06	-0.02	354.75	5.67	787.066	37.01	27.67	1.62
329	310513.367	4082988.309	0.058	0.0034	0.94	7.34	0.03	-0.57	275.64	4.27	789.030	15.89	12.82	1.71
344	310513.387	4082998.316	0.051	0.0056	1.31	7.32	-0.04	-0.49	277.63	4.72	788.937	11.89	11.96	1.72
345	310503.359	4082998.352	0.048	0.0072	1.58	7.31	-0.15	-0.23	281.35	5.04	788.040	11.88	12.59	1.73
347	310483.373	4082998.306	0.055	0.2286	5.81	9.51	-3.04	0.89	300.38	4.81	786.306	10.47	13.56	1.75
375	310403.381	4083008.327	0.043	0.0167	2.96	7.36	0.02	-0.14	350.08	6.31	784.920	28.26	21.46	1.69
411	310403.376	4083018.337	0.049	0.0182	3.10	7.39	0.02	0.00	350.73	6.36	783.764	19.07	13.33	1.80
418	310333.369	4083018.329	0.058	0.0002	0.69	6.60	0.13	0.13	341.25	7.85	779.268	9.45	10.13	1.63
428	310333.368	4083028.369	0.071	0.0016	1.68	6.58	0.01	-0.12	343.50	8.39	778.042	7.79	9.75	1.65
432	310373.394	4083028.225	0.114	0.0022	1.73	6.70	-0.22	0.04	317.59	7.73	781.247	14.44	13.68	1.63
442	310473.345	4083028.333	0.048	0.0047	2.02	6.90	-0.18	0.12	282.71	6.93	784.457	8.75	10.46	1.74
447	310523.337	4083028.327	0.049	0.0018	0.86	7.15	0.45	-0.17	306.69	4.83	788.658	6.45	7.62	1.70
458	310493.385	4083038.324	0.052	0.0038	1.29	7.15	0.13	-0.72	297.19	5.18	786.025	3.33	4.67	1.69
460	310473.369	4083038.326	0.041	0.0045	2.05	6.87	-0.37	-0.40	290.58	7.05	784.078	6.39	8.55	1.74
488	310333.388	4083048.322	0.044	0.0094	2.69	7.06	-0.16	-0.15	331.57	6.95	775.247	7.00	8.98	1.67
523	310383.354	4083058.324	0.051	0.0029	2.12	6.65	0.50	0.28	341.48	8.42	778.143	10.00	15.36	1.51

PUNTO	X	Y	AZ (m)	A	LSF	wT	$\omega$	$\varphi$	$\psi(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	H (m)	Ksat0 (cm/h)	Ksat10 (cm/h)	Dap0 (g/cm3)
607	310373.364	4083088.330	0.052	0.0007	0.84	6.82	0.04	-0.01	333.46	6.43	774.318	9.09	15.92	1.49
625	310433.380	4083098.344	0.067	0.0061	3.14	6.68	-0.02	0.29	263.76	9.01	778.019	7.71	9.02	1.54
637	310313.376	4083098.326	0.080	0.0110	3.08	7.05	-0.72	0.30	328.32	7.39	768.304	6.81	9.39	1.86
639	310293.364	4083098.324	0.043	0.0083	3.29	6.82	0.00	0.00	347.97	8.49	767.438	8.95	9.96	1.85
648	310253.392	4083108.309	0.046	0.0063	2.24	6.97	-0.20	0.13	7.05	6.87	765.570	26.71	15.77	1.64
659	310363.388	4083108.308	0.067	0.0020	1.45	6.79	-0.18	-0.18	319.00	6.97	771.759	5.89	9.19	1.62
677	310403.402	4083118.312	0.076	0.0148	5.19	6.85	-0.67	0.30	213.56	10.07	775.284	3.47	7.71	1.62
682	310353.382	4083118.352	0.070	0.0018	1.49	6.73	-0.22	0.04	231.83	7.38	770.797	4.78	9.08	1.67
684	310333.341	4083118.337	0.044	0.0014	1.20	6.79	-0.97	0.42	285.95	6.86	768.389	4.00	8.61	1.72
688	310293.361	4083118.307	0.060	0.8930	17.73	10.36	-3.53	1.52	334.41	7.29	764.625	17.62	13.02	1.73
689	310283.383	4083118.315	0.078	0.0266	5.02	7.32	-0.06	0.01	354.21	8.20	764.338	28.45	16.39	1.65
691	310263.364	4083118.315	0.057	0.0077	2.55	6.97	0.11	-0.08	5.45	7.15	764.327	37.22	19.59	1.57
696	310243.370	4083128.343	0.045	0.0007	1.03	6.66	0.07	-0.03	23.84	7.53	763.666	28.14	10.97	1.70
697	310253.342	4083128.350	0.050	0.0092	2.66	7.05	0.18	0.03	14.53	7.02	763.294	32.15	15.08	1.64
698	310263.368	4083128.338	0.143	0.0092	2.61	7.06	-0.38	0.22	8.06	6.89	763.039	36.33	18.16	1.59
701	310293.327	4083128.313	0.049	4.0802	39.10	11.72	-2.17	0.39	289.57	8.61	763.795	19.75	12.74	1.70
723	310273.362	4083138.331	0.055	0.0000	0.00	7.08	1.76	-2.90	328.56	4.53	762.000	30.75	15.40	1.63
726	310243.378	4083138.329	0.088	0.0000	0.00	6.67	0.50	-0.23	22.05	7.26	762.422	28.82	7.23	1.75
753	310273.367	4083158.353	0.042	0.0203	7.29	6.80	-0.22	0.22	269.29	11.94	761.303	21.46	8.62	1.71
			<b>Media</b>	0.0903	2.85	7.25	-0.02	0.00	269.58	6.45	780.655	19.66	13.25	1.66
			<b>Dtipi</b>	0.5279	5.27	0.84	0.92	0.53	116.60	1.85	10.163	10.73	5.32	0.07
			<b>Min</b>	0.0000	0.00	6.49	-3.53	-2.90	1.41	2.41	761.303	3.33	4.67	1.49
			<b>Max</b>	4.0802	39.10	11.72	2.82	1.59	358.04	11.94	795.809	42.90	35.68	1.86
			<b>CV</b>	5.8481	1.85	0.12	-52.50	971.24	0.43	0.29	0.013	0.55	0.40	0.04
			<b>CS</b>	7.3713	5.88	3.66	-0.71	-1.92	-1.64	0.07	-0.707	0.18	1.95	0.32
			<b>CK</b>	55.9873	38.45	15.82	6.81	16.06	1.09	0.03	-0.972	-1.13	5.53	0.33

AZ: el balance de cota (m)

A: área contribuyente al punto (ha)

LSF: el factor de ladera

$\omega$  y  $\varphi$ : curvaturas planas y del perfil.

$\psi$ : orientación en grados

$\beta$ : pendiente en grados

H: valor de la cota (m)

Ksat0 y Ksat10: conductividad hidráulica saturada en los primeros 10 cm y a continuación.

Dap0 y Dap10: densidad aparente en los primeros 10 cm y a continuación.

PMP0 y PMP10: punto de marchitez permanente en los primeros 10 cm y a continuación.

CC0 y CC10: capacidad de campo en los primeros 10 cm y a continuación.

**Tabla 1.6. Atributos de los puntos de depósito de la cuenca de Setenil**

PUNTO	X	Y	AZ (m)	Dap10 (g/cm3)	CC0	CC10	PMP0	PMP10	% Carbonatos	%MO	%arena	%limo	%arcilla
33	310403.388	4082868.312	0.284	1.63	0.16	0.14	0.08	0.08	6.41	0.85	77.25	7.91	14.84
150	310483.357	4082918.345	0.044	1.62	0.15	0.14	0.09	0.07	4.74	0.83	78.02	7.40	14.57
195	310493.343	4082938.329	0.075	1.70	0.14	0.14	0.08	0.07	4.20	0.82	78.25	7.30	14.45
197	310473.371	4082938.315	0.066	1.60	0.15	0.14	0.09	0.08	4.32	0.81	78.21	7.24	14.55
201	310433.356	4082938.323	0.045	1.58	0.17	0.14	0.08	0.08	4.97	0.80	77.93	7.16	14.91
202	310423.404	4082938.346	0.042	1.59	0.18	0.14	0.08	0.08	5.19	0.80	77.83	7.20	14.97
208	310363.372	4082938.345	0.045	1.67	0.16	0.14	0.08	0.07	6.83	0.85	77.04	7.96	15.01
209	310353.371	4082948.333	0.044	1.68	0.16	0.14	0.08	0.07	7.17	0.86	76.86	8.12	15.02
211	310373.371	4082948.315	0.062	1.69	0.16	0.14	0.08	0.08	6.55	0.84	77.18	7.77	15.05
217	310433.392	4082948.331	0.045	1.59	0.16	0.14	0.08	0.08	4.75	0.79	78.03	6.98	15.00
221	310473.352	4082948.306	0.051	1.70	0.14	0.14	0.08	0.07	4.04	0.81	78.33	7.18	14.49
222	310483.360	4082948.343	0.048	1.75	0.14	0.14	0.08	0.07	3.91	0.81	78.37	7.21	14.42
244	310483.374	4082958.324	0.053	1.83	0.14	0.14	0.07	0.07	3.63	0.81	78.48	7.17	14.35
258	310343.401	4082958.340	0.044	1.66	0.16	0.14	0.08	0.07	7.51	0.87	76.69	8.29	15.02
260	310353.365	4082968.324	0.057	1.68	0.16	0.14	0.07	0.07	7.38	0.87	76.75	8.19	15.06
261	310363.368	4082968.330	0.054	1.69	0.16	0.14	0.08	0.08	7.03	0.85	76.93	7.99	15.08
265	310403.374	4082968.321	0.048	1.69	0.16	0.14	0.08	0.08	5.31	0.78	77.76	6.99	15.25
266	310413.375	4082968.315	0.051	1.66	0.16	0.13	0.08	0.08	4.86	0.76	77.96	6.75	15.29
273	310483.360	4082968.330	0.042	1.87	0.13	0.14	0.07	0.07	3.32	0.81	78.60	7.14	14.27
274	310493.360	4082968.340	0.047	1.83	0.14	0.14	0.07	0.07	3.40	0.80	78.47	7.18	14.35
302	310403.368	4082978.337	0.061	1.71	0.16	0.14	0.07	0.08	5.23	0.77	77.79	6.88	15.33
305	310373.353	4082978.332	0.047	1.71	0.16	0.14	0.07	0.08	6.79	0.84	77.05	7.81	15.14
309	310333.356	4082978.338	0.072	1.63	0.16	0.15	0.07	0.07	8.14	0.89	76.37	8.61	15.02
310	310323.358	4082988.320	0.049	1.60	0.16	0.15	0.07	0.07	8.61	0.90	76.13	8.87	14.99
311	310333.394	4082988.331	0.044	1.61	0.16	0.15	0.07	0.07	8.33	0.89	76.26	8.72	15.02
312	310343.395	4082988.288	0.061	1.63	0.16	0.14	0.07	0.07	8.03	0.89	76.41	8.54	15.05
318	310403.398	4082988.318	0.059	1.73	0.16	0.14	0.07	0.08	5.28	0.77	77.77	6.85	15.38
319	310413.394	4082988.343	0.041	1.70	0.15	0.14	0.07	0.08	4.53	0.73	78.09	6.41	15.49
329	310513.367	4082988.309	0.058	1.79	0.14	0.15	0.07	0.07	3.89	0.82	78.39	7.30	14.31
344	310513.387	4082998.316	0.051	1.81	0.14	0.16	0.06	0.08	4.41	0.84	78.24	7.43	14.34
345	310503.359	4082998.352	0.048	1.81	0.14	0.16	0.06	0.07	3.98	0.83	78.42	7.31	14.27
347	310483.373	4082998.306	0.055	1.82	0.15	0.16	0.06	0.07	3.92	0.83	78.52	7.23	14.25
375	310403.381	4083008.327	0.043	1.76	0.15	0.14	0.07	0.08	6.31	0.81	77.36	7.29	15.36
411	310403.376	4083018.337	0.049	1.78	0.15	0.14	0.06	0.07	7.21	0.85	76.98	7.72	15.30
418	310333.369	4083018.329	0.058	1.58	0.16	0.15	0.07	0.06	9.22	0.92	75.77	9.22	15.02
428	310333.368	4083028.369	0.071	1.59	0.15	0.15	0.07	0.07	9.62	0.93	75.54	9.45	15.01
432	310373.394	4083028.225	0.114	1.72	0.14	0.14	0.07	0.07	8.61	0.91	76.00	8.84	15.16
442	310473.345	4083028.333	0.048	1.80	0.15	0.16	0.06	0.07	14.44	1.13	75.42	9.94	14.63
447	310523.337	4083028.327	0.049	1.83	0.14	0.18	0.06	0.08	7.70	0.93	77.06	8.37	14.57
458	310493.385	4083038.324	0.052	1.83	0.14	0.19	0.06	0.09	12.67	1.08	75.74	9.64	14.62
460	310473.369	4083038.326	0.041	1.80	0.14	0.16	0.06	0.07	19.02	1.28	74.24	11.24	14.52
488	310333.388	4083048.322	0.044	1.60	0.15	0.15	0.07	0.07	10.30	0.87	76.49	9.52	13.99
523	310383.354	4083058.324	0.051	1.67	0.13	0.14	0.07	0.07	9.52	0.97	74.90	9.85	15.25

PUNTO	X	Y	AZ (m)	Dap10 (g/cm3)	CC0	CC10	PMP0	PMP10	% Carbonatos	%MO	%arena	%limo	%arcilla
607	310373.364	4083088.330	0.052	1.64	0.13	0.14	0.07	0.07	9.73	0.95	75.05	10.48	14.46
625	310433.380	4083098.344	0.067	1.66	0.14	0.15	0.07	0.07	4.81	0.99	72.28	11.35	16.37
637	310313.376	4083098.326	0.080	1.79	0.14	0.14	0.06	0.06	11.91	0.80	77.31	10.10	12.59
639	310293.364	4083098.324	0.043	1.80	0.13	0.13	0.06	0.06	11.15	0.73	78.46	9.10	12.44
648	310253.392	4083108.309	0.046	1.69	0.15	0.14	0.06	0.06	8.24	0.67	78.84	8.11	13.05
659	310363.388	4083108.308	0.067	1.67	0.15	0.15	0.07	0.07	11.71	0.93	74.90	10.93	14.17
677	310403.402	4083118.312	0.076	1.54	0.14	0.15	0.07	0.07	5.67	0.97	72.84	11.24	15.92
682	310353.382	4083118.352	0.070	1.69	0.16	0.15	0.06	0.06	14.11	0.92	75.06	11.31	13.62
684	310333.341	4083118.337	0.044	1.71	0.16	0.16	0.06	0.06	14.93	0.88	75.72	11.31	12.97
688	310293.361	4083118.307	0.060	1.76	0.14	0.14	0.06	0.06	11.86	0.73	78.67	9.29	12.05
689	310283.383	4083118.315	0.078	1.76	0.14	0.14	0.06	0.06	10.61	0.70	79.25	8.78	11.97
691	310263.364	4083118.315	0.057	1.71	0.15	0.14	0.06	0.06	8.50	0.66	79.61	8.05	12.35
696	310243.370	4083128.343	0.045	1.62		0.13	0.06	0.06	5.61	0.63	78.88	7.38	13.74
697	310253.342	4083128.350	0.050	1.65	0.15	0.13	0.06	0.06	7.56	0.64	79.97	7.69	12.34
698	310263.368	4083128.338	0.143	1.68	0.15	0.14	0.06	0.06	8.15	0.64	80.41	7.78	11.81
701	310293.327	4083128.313	0.049	1.73	0.15	0.14	0.06	0.06	12.27	0.73	78.84	9.38	11.78
723	310273.362	4083138.331	0.055	1.69	0.15	0.14	0.06	0.06	8.81	0.62	81.37	7.78	10.84
726	310243.378	4083138.329	0.088	1.59		0.12	0.06	0.06	5.47	0.62	79.37	7.25	13.38
753	310273.367	4083158.353	0.042	1.67	0.15	0.14	0.06	0.06	6.70	0.49	85.52	6.30	8.18
			<b>Media</b>	1.70	0.15	0.14	0.07	0.07	7.57	0.83	77.46	8.32	14.23
			<b>Dtipi</b>	0.08	0.01	0.01	0.01	0.01	3.30	0.13	1.97	1.36	1.38
			<b>Min</b>	1.54	0.13	0.12	0.06	0.06	3.32	0.49	72.28	6.30	8.18
			<b>Max</b>	1.87	0.18	0.19	0.09	0.09	19.02	1.28	85.52	11.35	16.37
			<b>CV</b>	0.05	0.07	0.07	0.11	0.10	0.44	0.15	0.03	0.16	0.10
			<b>CS</b>	0.23	-0.02	1.82	0.44	0.01	1.11	0.49	0.66	0.88	-1.94
			<b>CK</b>	-0.78	-0.32	5.35	-0.29	-0.21	1.32	2.59	4.18	-0.15	5.16

AZ: el balance de cota (m)

A: área contribuyente al punto (ha)

LSF: el factor de ladera

$\omega$  y  $\phi$ : curvaturas planas y del perfil.

$\Psi$ : orientación en grados

$\beta$ : pendiente en grados

H: valor de la cota (m)

Ksat0 y Ksat10: conductividad hidráulica saturada en los primeros 10 cm y a continuación.

Dap0 y Dap10: densidad aparente en los primeros 10 cm y a continuación.

PMP0 y PMP10: punto de marchitez permanente en los primeros 10 cm y a continuación.

CC0 y CC10: capacidad de campo en los primeros 10 cm y a continuación.

## **ANEJO 2**

Datos del muestro de variables edafológicas.

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 2.1.</b> <i>Datos de situación de las muestras de suelo en la cuenca de Puente Genil (Córdoba)</i>	215
<b>Tabla 2.2.</b> <i>Datos del muestreo las propiedades del suelo relacionadas con el manejo y la infiltración de la cuenca de Puente Genil</i>	216
<b>Tabla 2.3.</b> <i>Datos del muestreo de las propiedades del edafológicas de la cuenca de Puente Genil</i>	217
<b>Tabla 2.4.</b> <i>Datos de situación de las muestras de suelo en la cuenca de Setenil (Cádiz)</i>	218
<b>Tabla 2.5.</b> <i>Datos del muestreo las propiedades del suelo relacionadas con el manejo y la infiltración de la cuenca de Setenil</i>	219
<b>Tabla 2.6.</b> <i>Datos del muestreo de las propiedades del edafológicas de la cuenca de Setenil.</i>	220

A continuación, se ofrecen los resultados de los muestreos llevados a cabo para el análisis de la variabilidad de las propiedades edafológicas en las microcuencas de estudio.

**Tabla 2.1. Datos de situación de las muestras de suelo en la cuenca de Puente Genil (Córdoba)**

Estadillo

Pto	Situación	X	Y	Z	Observaciones
1	Calle	337310	41412176	255	Ladera alta S
2	Copa	337340	4142193	250	Ladera alta S
3	Calle	337330	4142163	240	Ladera alta más al E
4	Copa	337393	4142233	246	Ladera alta más al E
5	Calle	337418	4142245	235	Ladera alta más al E
6	Calle	337438	4142291	236	Ladera alta más al E
7	Calle	337452	4142326	230	Ladera alta más al E
8	Copa	337424	4142317	227	Centro
9	Calle	337413	4142351	222	Centro
10	Copa	337404	4142372	226	Centro
11	Calle	337381	4142340	223	Centro
12	Copa	337358	4142365	223	Centro
13	Calle	337371	4142311	225	Centro
14	Calle	337356	4142339	224	Centro
15	Calle	337360	4142369	224	Centro
16	Copa	337252	4142237	256	Ladera alta O
17	Calle	337298	4142269	248	Ladera alta O
18	Copa	337335	4142297	237	Ladera alta O
19	Calle	337378	4142320	233	Ladera alta O
20	Copa	337394	4142369	227	Zona de cárcavas (centro)
21	Calle	337398	4142401	228	Zona de cárcavas (centro)
22	Copa	337381	4142405	231	Zona de cárcavas (centro)
23	Calle	337346	4142385	225	Zona de cárcavas (centro)
24	Copa	337310	4142364	229	Zona de cárcavas (centro)
25	Calle	337280	4142346	230	Zona de cárcavas (centro)
26	Copa	337244	4142327	233	Zona de cárcavas (centro)
27	Calle	337220	4142308	234	Zona de cárcavas (centro)
28	Copa	337191	4142316	243	Zona de cárcavas (centro)
29	Calle	337249	4142358	230	Zona de cárcavas (centro)
30	Calle	337312	4142441	225	Zona de cárcavas (centro)
31	Calle	337277	4142432	219	Antigua zona de terrazas
32	Copa	337269	4142406	214	Antigua zona de terrazas

Recogida de las muestras: 10 y 17 de mayo de 2005 (Puente Genil, Córdoba)

ksat: Ensayo de conductividad hidráulica saturada (Philip-Dunne). Los tiempos se midieron *in situ* y la humedad en los días siguientes.

CC- PMP: Ensayo de capacidad de campo y punto de marchitez permanente (Placas de Philips). Primera quincena de junio de 2005.

Dap: Ensayo de densidad aparente. (Bloques recubiertos con parafina). Fecha 18-20 mayo

Las muestras se han recogido a dos profundidades distintas I indica de 0 a 10 cm de profundidad y II más allá de 10 cm (hasta 20 aprox.).

**Tabla 2.2. Datos del muestreo las propiedades del suelo relacionadas con el manejo y la infiltración de la cuenca de Puente Genil**

Código	Cota (m)	Situación	Ksat 0 (cm/h)	Ksat 10 (cm/h)	PMP-0	PMP-10	CC-0	CC-10	Dap -0 (g/cm3)	Dap -10 (g/cm3)
1	255	Calle	4.26	-	0.061	0.061	0.187	0.194	1.77	1.87
2	250	Copa	-	-	-	-	-	-	1.57	1.60
3	246	Calle	10.60	9.52	0.057	0.053	0.169	0.172	1.59	1.73
4	235	Copa	-	3.06	-	-	-	-	1.60	1.58
5	246	Calle	10.01	-	0.060	0.058	0.184	0.192	1.74	1.51
6	236	Calle	1.32	-	-	-	-	-	1.55	1.47
7	230	Calle	-	-	0.057	0.056	0.165	0.162	1.71	1.69
8	227	Copa	0.40	-	-	-	-	-	1.60	1.64
9	222	Calle	1.45	0.73	0.058	0.057	0.178	0.171	1.66	1.78
10	226	Copa	5.92	7.28	-	-	-	-	1.56	1.58
11	223	Calle	3.03	3.78	0.051	0.050	0.164	0.167	1.60	1.70
12	223	Copa	3.10	0.69	-	-	-	-	1.56	1.59
13	225	Calle	19.94	-	0.072	0.070	0.201	0.195	1.71	1.84
14	224	Calle	-	0.01	-	-	-	-	-	1.44
15	223	Calle	3.10	3.96	0.047	0.048	0.165	0.173	1.56	1.51
16	256	Copa	12.17	2.90	-	-	-	-	1.49	1.52
17	248	Calle	7.38	7.68	0.063	0.064	0.195	0.173	1.56	1.70
18	237	Copa	7.07	10.44	-	-	-	-	1.55	1.53
19	233	Calle	1.56	16.99	0.043	0.051	0.134	0.160	1.77	1.68
20	227	Copa	5.96	0.16	-	-	-	-	1.42	1.03
21	228	Calle	5.48	-	0.067	0.061	0.176	0.175	1.67	1.78
22	231	Copa	-	1.13	-	-	-	-	1.61	1.49
23	225	Calle	4.07	22.25	0.045	0.047	0.148	0.148	1.65	1.72
24	229	Copa	1.44	1.32	-	-	-	-	1.61	1.61
25	230	Calle	1.71	16.59	0.062	0.064	0.196	0.174	1.65	1.77
26	233	Copa	13.90	12.08	-	-	-	-	1.40	1.52
27	234	Calle	7.33	10.48	0.058	0.074	0.160	0.182	1.52	1.55
28	243	Copa	8.81	5.06	-	-	-	-	-	-
29	230	Calle	5.83	21.76	0.063	0.063	0.184	0.178	1.59	1.69
30	225	Calle	0.84	36.49	-	-	-	-	1.89	1.74
31	219	Calle	3.21	22.86	0.062	0.058	0.196	0.183	1.67	1.78
32	214	Copa	15.38	3.26	-	-	-	-	1.44	-
<b>Media (cm/h)</b>			<b>6.12</b>	<b>9.19</b>	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>	<b>0.18</b>	<b>0.17</b>	<b>1.61</b>	<b>1.62</b>
<b>Desv típica</b>			<b>4.93</b>	<b>9.36</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.01</b>	<b>0.11</b>	<b>0.16</b>
<b>CV (%)</b>			<b>80.58</b>	<b>101.93</b>	<b>13.53</b>	<b>13.08</b>	<b>10.71</b>	<b>7.22</b>	<b>6.59</b>	<b>9.99</b>
<b>Max</b>			<b>19.94</b>	<b>36.49</b>	<b>0.07</b>	<b>0.07</b>	<b>0.20</b>	<b>0.19</b>	<b>1.89</b>	<b>1.87</b>
<b>Min</b>			<b>0.40</b>	<b>0.01</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>	<b>0.13</b>	<b>0.15</b>	<b>1.40</b>	<b>1.03</b>

Recogida de las muestras: 10 y 17 de mayo de 2005 (Puente Genil, Córdoba)

Ensayos: mes de julio de 2005

Textura: Método tradicional de la pipeta Robinson.

M.O.: Método Walkley-Black.

% CaCO<sub>3</sub>: Método Wessemael.

pH: potenciómetro de pH (pH al agua)

CE (1:5): conductividad eléctrica al extracto 1:5

Humedad: Humedad higroscópica.

**Tabla 2.3. Datos del muestreo de las propiedades del edafológicas de la cuenca de Puente Genil**

Código	Cota	Humedad (%)	M.O. (%)	Carbonatos (%)	CE (1:5)-mcsiemens	pH	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
16	759	2.1	0.22	1.1	78.2	7.2	76.60	6.70	16.70
17	764	2.7	0.74	4.6	105.9	7.5	71.50	9.10	19.40
18	770	2.4	0.76	10.5	96.5	7.9	73.00	9.00	18.00
19	768	2.5	0.71	2.7	81.4	7.9	73.90	8.00	18.10
20	762	1.5	0.75	15.2	90.5	8.2	79.60	8.20	12.20
21	764	1.6	0.75	1.1	73.2	8.1	76.70	8.80	14.50
22	762	0.5	0.22	3.5	176.1	8.7	94.10	3.30	2.60
23	773	1.7	1.02	21.8	94.6	8.3	72.80	13.60	13.60
24	780	1.6	0.97	3.5	87.2	8.3	71.90	11.50	16.60
25	789	2.2	1.40	22.7	94.5	8.2	73.40	12.20	14.40
26	793	1.9	0.74	5.1	92.2	8.3	76.60	7.60	15.80
27	793	1.4	0.87	0.9	62.0	8.1	80.90	6.60	12.50
28	790	1.9	0.60	2.1	59.5	8.1	79.00	5.00	16.00
	Media (cm/h)	<b>1.84</b>	<b>0.75</b>	<b>7.29</b>	<b>91.68</b>	<b>8.06</b>	<b>76.92</b>	<b>8.43</b>	<b>14.65</b>
	Desv típica	<b>0.58</b>	<b>0.31</b>	<b>7.78</b>	<b>28.77</b>	<b>0.38</b>	<b>5.99</b>	<b>2.84</b>	<b>4.22</b>
	CV (%)	<b>31.66</b>	<b>41.18</b>	<b>106.72</b>	<b>31.39</b>	<b>4.71</b>	<b>7.79</b>	<b>33.66</b>	<b>28.82</b>
	Max	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
	Min	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

En este caso las muestras se han ido tomando mayoritariamente en calle.

**Tabla 2.4. Datos de situación de las muestras de suelo en la cuenca de Setenil (Cádiz)**

Estadillo

Pto	Situación	X	Y	Z
13	Calle	310220	4083197	752
29	Calle	310237	4083157	769
33	Copa	310269	4083121	772
27	Calle	310311	4083048	772
31	Calle	310299	4083027	782
86	Copa	310403	4083084	781
26	Calle	310217	4083063	782
57	Copa	310243	4083073	779
79	Calle	310288	4083046	784
83	Copa	310320	4083013	789
92	Calle	310356	4083000	793
99	Copa	310388	4082960	797
134	Calle	310422	4082936	800
36	Copa	310376	4083117	781
68	Calle	310405	4083105	783
32	Copa	310330	4083130	779
111	Calle	310457	4083054	763
125	Copa	310500	4083045	786
127	Calle	310479	4083007	794
136	Copa	310457	4082936	793
129	Calle	310477	4082968	795
115	Copa	310440	4082982	795
113	Calle	310443	4083018	789
94	Copa	310397	4082990	794
88	Calle	310404	4083029	790
109	Copa	310470	4083091	789
74	Calle	310419	4083066	789
72	Copa	310381	4083077	780
49	Calle	310342	4083091	777
47	Copa	310302	4083095	774
23	Calle	310312	4083172	782

Recogida de las muestras: 20,22 y 24 de agosto de 2004 (Setenil, Cádiz)

ksat: Ensayo de conductividad hidráulica saturada (Philip-Dunne). Los tiempos se midieron *in situ* y la humedad en los días siguientes.

CC- PMP: Ensayo de capacidad de campo y punto de marchitez permanente (Placas de Philips). Septiembre de 2004.

Dap: Ensayo de densidad aparente. (Bloques recubiertos con parafina). Agosto 2004

Las muestras se han recogido a dos profundidades distintas 0 indica de 0 a 10 cm de profundidad y 10 más allá de 10 cm (hasta 20 aprox.).

**Tabla 2.5. Datos del muestreo las propiedades del suelo relacionadas con el manejo y la infiltración de la cuenca de Setenil**

Código	Cota	Situación	Ksat - 0 (cm/h)	Ksat -10 (cm/h)	Dap -0 (g/cm3)	Dap -10 (g/cm3)	CC -0	CC -10	PMP-0	PMP-10
13	752	Calle	26.414	4.434	1.62	1.57	0.157	0.128	0.061	0.061
29	769	Calle	30.876	0.113	1.84	1.54	-	0.111	-	0.059
33	772	Copa	40.601	21.552	1.54	-	-	-	-	-
27	772	Calle	8.745	4.299	1.60	1.47	-	-	-	0.08
31	782	Calle	1.769	18.962	1.81	1.63	-	-	-	-
86	782	Copa	11.730	11.960	1.00	1.68	-	0.177	-	0.077
26	782	Calle	6.544	2.634	1.63	1.59	0.148	0.181	0.074	0.078
57	779	Copa	4.798	13.344	1.70	-	0.15	0.156	0.068	0.067
79	784	Calle	7.543	5.426	-	1.83	0.183	0.169	0.074	0.077
83	789	Copa	11.679	10.992	1.64	1.55	-	0.148	-	0.058
92	793	Calle	1.733	4.253	1.49	-	-	-	-	-
99	797	Copa	35.836	8.902	1.64	1.72	0.165	-	0.08	-
134	800	Calle	10.471	6.265	1.81	1.58	0.18	-	0.075	-
36	781	Copa	6.488	5.262	1.59	1.65	-	0.154	-	0.067
68	783	Calle	0.975	6.369	1.73	1.45	-	-	0.074	0.073
32	779	Copa	3.118	7.197	1.67	1.67	0.172	0.171	0.051	0.052
111	763	Calle	3.834	-	1.81	1.78	0.142	0.152	0.063	0.066
125	786	Copa	1.652	2.889	1.68	1.84	0.143	0.199	0.056	0.095
127	794	Calle	8.286	13.721	1.76	1.83	0.151	0.164	0.053	0.071
136	793	Copa	38.592	8.484	1.49	1.49	0.154	0.142	0.106	0.078
129	795	Calle	20.457	17.998	1.75	1.91	0.129	0.138	0.068	0.069
115	795	Copa	38.092	14.970	1.69	1.53	0.14	0.125	0.073	0.072
113	789	Calle	12.295	10.691	1.69	1.78	0.144	0.127	0.075	0.067
94	794	Copa	46.732	43.247	1.53	1.74	0.157	0.141	0.072	0.086
88	790	Calle	15.414	7.926	1.89	1.81	0.144	0.14	0.06	0.069
109	789	Copa	20.378	8.642	1.57	1.78	0.148	0.154	0.08	0.083
74	789	Calle	1.580	8.373	1.77	1.81	0.14	0.124	0.074	0.062
72	780	Copa	12.078	21.817	1.42	1.60	0.117	0.123	0.068	0.073
49	777	Calle	2.288	14.181	1.92	1.85	0.162	0.149	0.072	0.068
47	774	Copa	5.874	8.358	1.92	1.82	0.124	0.124	0.059	0.06
23	782	Calle	3.496	4.542	1.68	1.74	0.139	0.154	0.061	0.064
		<b>Media (cm/h)</b>	<b>14.21</b>	<b>10.59</b>	<b>1.66</b>	<b>1.69</b>	<b>0.15</b>	<b>0.15</b>	<b>0.07</b>	<b>0.07</b>
		<b>Desv típica</b>	<b>13.67</b>	<b>8.32</b>	<b>0.18</b>	<b>0.13</b>	<b>0.02</b>	<b>0.02</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
		<b>CV (%)</b>	<b>96.20</b>	<b>78.53</b>	<b>10.73</b>	<b>7.89</b>	<b>10.99</b>	<b>14.59</b>	<b>16.56</b>	<b>13.65</b>
		<b>Max</b>	<b>46.73</b>	<b>43.25</b>	<b>1.92</b>	<b>1.91</b>	<b>0.18</b>	<b>0.20</b>	<b>0.11</b>	<b>0.10</b>
		<b>Min</b>	<b>0.97</b>	<b>0.11</b>	<b>1.00</b>	<b>1.45</b>	<b>0.12</b>	<b>0.11</b>	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>

Recogida de las muestras: 20,22 y 24 de agosto de 2004 (Setenil, Cádiz)

Textura: Método tradicional de la pipeta Robinson.

M.O.: Método Walkley-Black.

% CaCO<sub>3</sub>: Método Wessemael.

**Tabla 2.6.** Datos del muestreo de las propiedades edafológicas de la cuenca de Setenil

Estaca	Situación	% Arcilla	% Limo	% Arena	Mat. Org (%)	% CaCO <sub>3</sub>
4 (0)	Copa	8.3	17.4	74.3	2.05	62.4
4 (10)	Copa	5.5	13.4	81.1	1.36	49.6
6 (0)	Calle	10	20	70	1.4	40.2
6 (10)	Calle	11	20	69	1.82	42.1
8 (0)	Copa	10	19	71	0.91	39.5
8 (10)	Copa	9.4	20	70.6	1.16	40.2
14 (0)	Calle	11	20.6	68.4	1.82	41
14 (10)	Calle	9.9	21	69.1	1.6	44
16 (0)	Copa	9.6	19.4	71	1.65	55.9
16 (10)	Copa	9.6	20.4	70	1.71	56.4
18 (0)	Copa	10.5	16.5	73	1.63	49.2
18 (10)	Copa	9.8	17.5	72.7	1.51	48.3
20 (0)	Copa	7.4	17	75.6	2	45
20 (10)	Copa	8.3	15	76.7	1.51	44.5
22 (0)	Copa	8.1	17	74.9	1.5	45
22 (10)	Copa	6	20	74	1.3	45.4
24 (0)	Copa	10	17	73	1.6	52
24 (10)	Copa	10.5	17	72.5	1.3	48.3
26 (0)	Copa	9	18	73	1.6	46.7
26 (10)	Copa	9.2	17.8	73	1.4	46.4
28 (0)	Copa	6	23	71	4.1	41.7
28 (10)	Copa	6.6	21.1	72.3	3.6	36.6
30 (0)	Calle	18	28	54	1.5	45.4
30 (10)	Calle	12	22	66	0.68	54.5
32 (0)	Copa	7	20	73	2.5	45.3
32 (10)	Copa	9	15	76	1.6	46.2
<b>Media (cm/h)</b>		<b>9.30</b>	<b>18.97</b>	<b>71.74</b>	<b>1.72</b>	<b>46.61</b>
<b>Desv típica</b>		<b>2.45</b>	<b>2.95</b>	<b>4.73</b>	<b>0.72</b>	<b>5.91</b>
<b>CV (%)</b>		<b>26.35</b>	<b>15.53</b>	<b>6.59</b>	<b>41.85</b>	<b>12.69</b>
<b>Max</b>		<b>18.00</b>	<b>28.00</b>	<b>81.10</b>	<b>4.10</b>	<b>62.40</b>
<b>Min</b>		<b>5.50</b>	<b>13.40</b>	<b>54.00</b>	<b>0.68</b>	<b>36.60</b>

### **ANEJO 3**

Histogramas de distribución de las variables de estudio en las cuencas, las zonas de estudio y los puntos de erosión y depósito.

**ÍNDICE DE TABLAS.**

<b>Tabla 3.1.</b> <i>Histogramas de distribución del área de desagüe A (ha).</i>	224
<b>Tabla 3.2.</b> <i>Histogramas de distribución del factor longitud de ladera (LSF).</i>	226
<b>Tabla 3.3.</b> <i>Histogramas de distribución del índice topográfico de humedad (<math>w_T</math>)</i>	228
<b>Tabla 3.4.</b> <i>Histogramas de distribución de curvatura plana (<math>\omega</math>).</i>	230
<b>Tabla 3.5.</b> <i>Histogramas de distribución de curvatura del perfil (<math>\varphi</math>).</i>	231
<b>Tabla 3.6.</b> <i>Histogramas de distribución de orientación (<math>\Psi</math>).</i>	232
<b>Tabla 3.7.</b> <i>Histogramas de distribución de pendiente (<math>\beta</math>).</i>	233
<b>Tabla 3.8.</b> <i>Histogramas de distribución de cota (H).</i>	236
<b>Tabla 3.9.</b> <i>Histogramas de distribución de %arena.</i>	236
<b>Tabla 3.10.</b> <i>Histogramas de distribución de %limo.</i>	236
<b>Tabla 3.11.</b> <i>Histogramas de distribución de %arcilla.</i>	237
<b>Tabla 3.12.</b> <i>Histogramas de distribución de %M.O.</i>	237
<b>Tabla 3.13.</b> <i>Histogramas de distribución de %CaCO<sub>3</sub>.</i>	238
<b>Tabla 3.14.</b> <i>Histogramas de conductividad hidráulica saturada de 0 a 10 cm (<math>K_{sat0}</math>).</i>	239
<b>Tabla 3.15.</b> <i>Histogramas de conductividad hidráulica saturada por debajo de los 10 cm de profundidad (<math>K_{sat10}</math>).</i>	239
<b>Tabla 3.16.</b> <i>Histogramas de densidad aparente de 0 a 10 cm (<math>D_{ap0}</math>).</i>	240
<b>Tabla 3.17.</b> <i>Histogramas de densidad aparente por debajo de 10 cm (<math>D_{ap10}</math>).</i>	240
<b>Tabla 3.18.</b> <i>Histogramas de la capacidad de campo de 0 a 10 cm (<math>CC_0</math>).</i>	240
<b>Tabla 3.19.</b> <i>Histogramas de la capacidad de campo por debajo de 10 cm (<math>CC_{10}</math>).</i>	240
<b>Tabla 3.20.</b> <i>Histogramas del punto de marchitez permanente entre 0 y 10 cm (<math>PMP_0</math>).</i>	241
<b>Tabla 3.21.</b> <i>Histogramas del punto de marchitez permanente por debajo de 10 cm (<math>PMP_{10}</math>).</i>	241

En este anejo se presentan a modo de tablas comparativas, los histogramas de distribución de las variables de estudio en las cuencas, en las áreas con los puntos de control, en los puntos de erosión y en los puntos de depósito.

**Histogramas de distribución de las variables de estudio.**

**Tabla 3.1. Histogramas de distribución del área de desagüe A (ha).**

Intervalo A (ha)	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
0.000	5.2	13.2	4.4	11.9	2.8	16.0	6.5
0.020	90.1	86.6	88.8	85.8	86.1	92.0	91.9
0.040	95.2	92.0	94.6	91.4	88.9	92.0	95.2
0.060	96.5	94.1	96.1	93.6	88.9	96.0	95.2
0.080	96.9	95.1	96.4	94.5	97.2	96.0	95.2
0.100	97.2	95.8	96.7	95.5	97.2	100.0	95.2
0.120	97.5	96.4	97.1	96.3	97.2	100.0	95.2
0.140	97.9	96.8	97.5	96.6	97.2	100.0	95.2
0.160	98.0	97.3	97.7	96.9	97.2	100.0	95.2
0.180	98.3	97.7	97.9	97.3	97.2	100.0	95.2
0.200	98.3	97.9	98.0	97.5	97.2	100.0	95.2
0.220	98.4	98.1	98.1	97.8	97.2	100.0	95.2
0.240	98.5	98.5	98.2	98.3	97.2	100.0	96.8
0.260	98.5	98.8	98.2	98.6	97.2	100.0	96.8
0.280	98.6	98.9	98.4	98.7	97.2	100.0	96.8
0.300	98.7	99.0	98.4	98.8	97.2	100.0	96.8
0.320	98.7	99.1	98.5	98.9	97.2	100.0	96.8
0.340	98.8	99.1	98.5	99.0	97.2	100.0	96.8
0.360	98.8	99.1	98.6	99.0	97.2	100.0	96.8
0.380	98.8	99.2	98.6	99.1	97.2	100.0	96.8
0.400	98.9	99.2	98.7	99.1	97.2	100.0	96.8
0.420	98.9	99.2	98.7	99.1	97.2	100.0	96.8
0.440	99.0	99.2	98.8	99.2	97.2	100.0	96.8
0.460	99.0	99.2	98.9	99.2	97.2	100.0	96.8
0.480	99.1	99.2	98.9	99.2	97.2	100.0	96.8
0.500	99.2	99.3	99.1	99.2	97.2	100.0	96.8
0.520	99.2	99.3	99.1	99.2	97.2	100.0	96.8
0.540	99.2	99.4	99.1	99.3	97.2	100.0	96.8
0.560	99.2	99.4	99.1	99.3	97.2	100.0	96.8
0.580	99.2	99.5	99.1	99.3	97.2	100.0	96.8
0.600	99.3	99.5	99.1	99.3	97.2	100.0	96.8
0.620	99.3	99.5	99.1	99.3	97.2	100.0	96.8
0.640	99.3	99.5	99.1	99.3	97.2	100.0	96.8
0.660	99.3	99.5	99.1	99.3	97.2	100.0	96.8
0.680	99.3	99.5	99.2	99.3	97.2	100.0	96.8
0.700	99.3	99.5	99.2	99.3	97.2	100.0	96.8
0.720	99.4	99.5	99.3	99.4	97.2	100.0	96.8
0.740	99.4	99.5	99.3	99.4	97.2	100.0	96.8
0.760	99.4	99.5	99.3	99.4	97.2	100.0	96.8
0.780	99.4	99.6	99.3	99.5	97.2	100.0	96.8
0.800	99.4	99.6	99.3	99.5	97.2	100.0	96.8
0.820	99.4	99.6	99.3	99.5	97.2	100.0	96.8
0.840	99.4	99.6	99.3	99.5	97.2	100.0	96.8
0.860	99.4	99.6	99.3	99.5	97.2	100.0	96.8
0.880	99.4	99.6	99.3	99.5	97.2	100.0	96.8

Intervalo A (ha)	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
0.900	99.4	99.6	99.3	99.5	97.2	100.0	98.4
0.920	99.4	99.6	99.3	99.5	97.2	100.0	98.4
0.940	99.4	99.6	99.3	99.5	97.2	100.0	98.4
0.960	99.5	99.6	99.4	99.5	97.2	100.0	98.4
0.980	99.5	99.6	99.4	99.5	97.2	100.0	98.4
1.000	99.5	99.6	99.4	99.5	97.2	100.0	98.4
2.000	99.6	99.8	99.5	99.7	97.2	100.0	98.4
3.000	99.7	99.8	99.7	99.7	100.0	100.0	98.4
4.000	99.9	99.9	99.9	99.9	100.0	100.0	98.4
5.000	99.9	99.9	99.9	99.9	100.0	100.0	100.0
6.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
7.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
8.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

P.G. = Puente Genil, S.= Setenil, F. acum = Frecuencia acumulada

**Tabla 3.2. Histogramas de distribución del factor longitud de ladera (LSF).**

Intervalo LSF	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
0.0	5.2	13.2	4.4	11.9	2.8	16.0	6.5
0.5	16.4	18.6	8.5	13.3	2.8	16.0	8.1
1.0	33.0	31.7	22.2	22.8	13.9	28.0	21.0
1.5	47.9	45.8	38.8	36.7	30.6	48.0	41.9
2.0	60.4	57.1	53.4	49.1	50.0	56.0	53.2
2.5	72.8	66.3	68.0	59.4	61.1	60.0	69.4
3.0	83.3	73.3	80.3	67.4	77.8	80.0	80.6
3.5	89.6	78.7	87.7	73.5	80.6	80.0	87.1
4.0	92.7	82.3	91.4	77.9	83.3	84.0	90.3
4.5	94.6	85.1	93.6	81.2	91.7	84.0	90.3
5.0	96.1	87.4	95.4	84.1	91.7	88.0	90.3
5.5	96.9	89.3	96.3	86.4	91.7	88.0	93.5
6.0	97.4	90.8	96.9	88.2	91.7	88.0	95.2
6.5	97.8	92.1	97.4	89.7	91.7	92.0	95.2
7.0	98.1	93.1	97.8	90.9	94.4	92.0	95.2
7.5	98.4	93.9	98.1	91.8	100.0	92.0	96.8
8.0	98.7	94.5	98.4	92.6	100.0	92.0	96.8
8.5	98.9	95.1	98.6	93.3	100.0	92.0	96.8
9.0	99.0	95.6	98.8	93.9	100.0	92.0	96.8
9.5	99.0	95.9	98.9	94.3	100.0	92.0	96.8
10.0	99.1	96.3	98.9	94.9	100.0	92.0	96.8
10.5	99.1	96.6	99.0	95.2	100.0	96.0	96.8
11.0	99.2	97.0	99.0	95.8	100.0	96.0	96.8
11.5	99.2	97.3	99.1	96.1	100.0	96.0	96.8
12.0	99.3	97.5	99.1	96.5	100.0	96.0	96.8
12.5	99.3	97.8	99.2	96.8	100.0	96.0	96.8
13.0	99.4	98.0	99.2	97.1	100.0	96.0	96.8
13.5	99.4	98.2	99.3	97.5	100.0	96.0	96.8
14.0	99.4	98.5	99.3	97.7	100.0	96.0	96.8
14.5	99.4	98.7	99.3	98.0	100.0	96.0	96.8
15.0	99.5	98.8	99.4	98.2	100.0	96.0	96.8
15.5	99.5	98.9	99.5	98.4	100.0	96.0	96.8
16.0	99.6	99.0	99.5	98.6	100.0	100.0	96.8
16.5	99.6	99.1	99.5	98.7	100.0	100.0	96.8
17.0	99.6	99.2	99.6	98.8	100.0	100.0	96.8
17.5	99.6	99.2	99.6	98.9	100.0	100.0	96.8
18.0	99.7	99.3	99.6	98.9	100.0	100.0	98.4
18.5	99.7	99.3	99.6	99.0	100.0	100.0	98.4
19.0	99.7	99.3	99.7	99.0	100.0	100.0	98.4
19.5	99.7	99.4	99.7	99.1	100.0	100.0	98.4
20.0	99.7	99.4	99.7	99.1	100.0	100.0	98.4
20.5	99.7	99.4	99.7	99.2	100.0	100.0	98.4
21.0	99.8	99.5	99.7	99.2	100.0	100.0	98.4
21.5	99.8	99.5	99.7	99.2	100.0	100.0	98.4
22.0	99.8	99.5	99.7	99.2	100.0	100.0	98.4
22.5	99.8	99.5	99.8	99.3	100.0	100.0	98.4

Intervalo LSF	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
23.0	99.8	99.6	99.8	99.3	100.0	100.0	98.4
23.5	99.8	99.6	99.8	99.3	100.0	100.0	98.4
24.0	99.8	99.6	99.8	99.3	100.0	100.0	98.4
24.5	99.8	99.6	99.8	99.4	100.0	100.0	98.4
25.0	99.8	99.6	99.8	99.4	100.0	100.0	98.4
25.5	99.8	99.6	99.8	99.4	100.0	100.0	98.4
26.0	99.9	99.6	99.8	99.4	100.0	100.0	98.4
26.5	99.9	99.6	99.8	99.5	100.0	100.0	98.4
27.0	99.9	99.7	99.9	99.5	100.0	100.0	98.4
27.5	99.9	99.7	99.9	99.5	100.0	100.0	98.4
28.0	99.9	99.7	99.9	99.6	100.0	100.0	98.4
28.5	99.9	99.7	99.9	99.6	100.0	100.0	98.4
29.0	99.9	99.7	99.9	99.6	100.0	100.0	98.4
29.5	99.9	99.7	99.9	99.6	100.0	100.0	98.4
30.0	99.9	99.8	99.9	99.6	100.0	100.0	98.4
30.5	99.9	99.8	99.9	99.6	100.0	100.0	98.4
31.0	99.9	99.8	99.9	99.6	100.0	100.0	98.4
31.5	100.0	99.8	99.9	99.6	100.0	100.0	98.4
32.0	100.0	99.8	100.0	99.6	100.0	100.0	98.4
32.5	100.0	99.8	100.0	99.6	100.0	100.0	98.4
33.0	100.0	99.8	100.0	99.7	100.0	100.0	98.4
33.5	100.0	99.8	100.0	99.7	100.0	100.0	98.4
34.0	100.0	99.8	100.0	99.7	100.0	100.0	98.4
34.5	100.0	99.8	100.0	99.7	100.0	100.0	98.4
35.0	100.0	99.8	100.0	99.7	100.0	100.0	98.4
35.5	100.0	99.8	100.0	99.7	100.0	100.0	98.4
36.0	100.0	99.8	100.0	99.7	100.0	100.0	98.4
36.5	100.0	99.8	100.0	99.7	100.0	100.0	98.4
37.0	100.0	99.8	100.0	99.7	100.0	100.0	98.4
37.5	100.0	99.8	100.0	99.7	100.0	100.0	98.4
38.0	100.0	99.8	100.0	99.7	100.0	100.0	98.4
38.5	100.0	99.8	100.0	99.7	100.0	100.0	98.4
50.0	100.0	99.9	100.0	99.8	100.0	100.0	100.0
100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
120.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

P.G. = Puente Genil, S.= Setenil, F. acum = Frecuencia acumulada

**Tabla 3.3.** Histogramas de distribución del índice topográfico de humedad (wT).

Intervalo wT	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
5.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0
5.1	0.0	0.3	0.0	0.1	0.0	4.0	0.0
5.2	0.0	0.5	0.0	0.3	0.0	4.0	0.0
5.3	0.0	0.8	0.0	0.6	0.0	4.0	0.0
5.4	0.0	1.2	0.0	1.0	0.0	4.0	0.0
5.5	0.0	1.7	0.0	1.6	0.0	4.0	0.0
5.6	0.0	2.1	0.0	2.0	0.0	4.0	0.0
5.7	0.0	2.5	0.0	2.5	0.0	8.0	0.0
5.8	0.0	3.1	0.0	3.3	0.0	8.0	0.0
5.9	0.0	3.7	0.0	3.9	0.0	12.0	0.0
6.0	0.1	4.5	0.0	4.8	0.0	12.0	0.0
6.1	0.2	5.5	0.0	6.0	0.0	12.0	0.0
6.2	0.4	7.9	0.2	9.3	0.0	12.0	0.0
6.3	0.7	12.3	0.5	15.4	0.0	24.0	0.0
6.4	1.5	18.8	1.5	24.4	0.0	32.0	0.0
6.5	2.9	26.3	3.0	34.5	0.0	48.0	1.6
6.6	5.2	35.0	5.8	45.6	5.3	52.0	3.2
6.7	11.1	43.8	12.7	55.8	39.5	60.0	14.5
6.8	21.2	52.2	24.5	64.3	50.0	64.0	25.8
6.9	31.4	59.4	36.5	71.0	57.9	72.0	38.7
7.0	38.8	66.1	45.2	76.5	60.5	88.0	43.5
7.1	46.3	71.6	53.8	80.9	71.1	88.0	54.8
7.2	52.9	76.0	61.2	84.3	76.3	92.0	61.3
7.3	59.3	79.3	68.0	86.9	78.9	96.0	61.3
7.4	67.3	81.9	76.3	88.5	84.2	100.0	77.4
7.5	74.0	84.2	82.6	90.0	89.5	100.0	82.3
7.6	79.1	86.2	87.5	91.1	92.1	100.0	90.3
7.7	84.3	87.9	90.2	92.0	94.7	100.0	95.2
7.8	87.8	89.4	92.1	92.8	94.7	100.0	96.8
7.9	90.3	90.6	93.2	93.6	94.7	100.0	96.8
8.0	92.4	91.7	94.2	94.2	94.7	100.0	96.8
8.1	93.9	92.8	94.7	94.8	94.7	100.0	96.8
8.2	94.6	93.6	95.1	95.3	94.7	100.0	96.8
8.3	95.5	94.2	95.5	95.8	94.7	100.0	96.8
8.4	95.9	94.8	95.8	96.2	94.7	100.0	96.8
8.5	96.2	95.3	96.1	96.5	100.0	100.0	96.8
8.6	96.6	95.8	96.4	96.8	100.0	100.0	96.8
8.7	96.8	96.3	96.6	97.2	100.0	100.0	96.8
8.8	97.1	96.7	96.9	97.4	100.0	100.0	96.8
8.9	97.3	97.0	97.1	97.7	100.0	100.0	96.8
9.0	97.5	97.4	97.3	98.0	100.0	100.0	96.8
9.1	97.8	97.7	97.5	98.3	100.0	100.0	96.8
9.2	97.9	98.1	97.6	98.6	100.0	100.0	96.8
9.3	98.0	98.4	97.7	98.8	100.0	100.0	96.8
9.4	98.1	98.6	97.8	99.0	100.0	100.0	96.8
9.5	98.2	98.7	97.9	99.1	100.0	100.0	96.8

Intervalo wT	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
9.6	98.4	98.9	98.1	99.2	100.0	100.0	98.4
9.7	98.5	99.0	98.3	99.2	100.0	100.0	98.4
9.8	98.6	99.1	98.4	99.3	100.0	100.0	98.4
9.9	98.7	99.2	98.5	99.4	100.0	100.0	98.4
10.0	98.8	99.3	98.6	99.5	100.0	100.0	98.4
10.1	99.0	99.4	98.8	99.5	100.0	100.0	98.4
10.2	99.1	99.4	98.9	99.5	100.0	100.0	98.4
10.3	99.2	99.5	99.0	99.5	100.0	100.0	98.4
10.4	99.2	99.5	99.1	99.6	100.0	100.0	100.0
10.5	99.3	99.5	99.1	99.6	100.0	100.0	100.0
10.6	99.3	99.6	99.2	99.6	100.0	100.0	100.0
10.7	99.4	99.6	99.2	99.6	100.0	100.0	100.0
10.8	99.4	99.6	99.2	99.6	100.0	100.0	100.0
10.9	99.4	99.6	99.2	99.6	100.0	100.0	100.0
11.0	99.4	99.7	99.3	99.7	100.0	100.0	100.0
11.1	99.5	99.7	99.3	99.7	100.0	100.0	100.0
11.2	99.5	99.7	99.3	99.7	100.0	100.0	100.0
11.3	99.5	99.7	99.3	99.7	100.0	100.0	100.0
11.4	99.5	99.8	99.3	99.8	100.0	100.0	100.0
11.5	99.5	99.8	99.3	99.8	100.0	100.0	100.0
11.6	99.5	99.8	99.3	99.9	100.0	100.0	100.0
11.7	99.6	99.8	99.4	99.9	100.0	100.0	100.0
11.8	99.6	99.9	99.5	99.9	100.0	100.0	100.0
11.9	99.7	99.9	99.5	99.9	100.0	100.0	100.0
12.0	99.8	99.9	99.7	99.9	100.0	100.0	100.0
12.1	99.8	99.9	99.7	99.9	100.0	100.0	100.0
12.2	99.9	99.9	99.7	100.0	100.0	100.0	100.0
12.3	99.9	100.0	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0
12.4	99.9	100.0	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0
12.5	99.9	100.0	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0
20.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

P.G. = Puente Genil, S.= Setenil, F. acum = Frecuencia acumulada

**Tabla 3.4. Histogramas de distribución de curvatura plana ( $\omega$ ).**

Intervalo $\omega$	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
-30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-20.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
-10.0	0.0	0.6	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0
-5.0	0.4	2.1	0.3	2.5	0.0	8.0	0.0
-4.5	0.5	2.5	0.4	2.9	0.0	8.0	0.0
-4.0	0.7	3.1	0.6	3.6	0.0	8.0	0.0
-3.5	1.1	4.1	0.9	4.6	0.0	8.0	1.6
-3.0	1.6	5.6	1.5	6.1	0.0	12.0	3.2
-2.5	2.1	7.7	2.1	8.3	0.0	12.0	3.2
-2.0	3.0	11.2	2.9	11.9	0.0	16.0	4.8
-1.5	4.5	16.9	4.5	17.3	0.0	24.0	4.8
-1.0	7.1	25.3	7.2	25.6	5.6	36.0	4.8
-0.5	13.6	36.7	13.6	37.1	16.7	44.0	9.7
0.0	50.6	51.1	44.8	50.9	41.7	56.0	48.4
0.5	86.2	64.7	84.5	64.3	80.6	68.0	85.5
1.0	94.1	75.8	93.3	75.3	94.4	76.0	93.5
1.5	96.8	83.9	96.4	83.5	97.2	92.0	95.2
2.0	98.1	89.1	97.8	88.7	100.0	92.0	96.8
2.5	98.7	92.5	98.5	92.1	100.0	100.0	96.8
3.0	99.1	94.6	99.0	94.4	100.0	100.0	100.0
3.5	99.3	96.1	99.3	96.0	100.0	100.0	100.0
4.0	99.5	97.0	99.5	97.0	100.0	100.0	100.0
4.5	99.6	97.7	99.7	97.6	100.0	100.0	100.0
5.0	99.7	98.1	99.8	98.1	100.0	100.0	100.0
10.0	99.9	99.5	100.0	99.5	100.0	100.0	100.0
20.0	99.9	100.0	100.0	99.9	100.0	100.0	100.0
30.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
40.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
50.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

P.G. = Puente Genil, S.= Setenil, F. acum = Frecuencia acumulada

**Tabla 3.5. Histogramas de distribución de curvatura del perfil ( $\varphi$ ).**

Intervalo $\varphi$	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
-50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-40.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-30.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-20.0	0.1	0.5	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
-10.0	0.2	1.8	0.1	1.5	0.0	0.0	0.0
-5.0	0.7	5.3	0.4	5.4	0.0	4.0	0.0
-4.5	0.8	6.4	0.5	6.7	2.8	4.0	0.0
-4.0	0.9	7.9	0.6	8.4	2.8	4.0	0.0
-3.5	1.0	9.9	0.7	10.6	2.8	8.0	0.0
-3.0	1.2	12.4	0.8	13.3	2.8	12.0	0.0
-2.5	1.5	15.7	1.1	16.8	2.8	12.0	1.6
-2.0	2.0	20.0	1.5	21.4	2.8	12.0	1.6
-1.5	2.6	25.3	2.2	26.8	2.8	12.0	1.6
-1.0	4.1	32.1	3.7	33.6	2.8	12.0	1.6
-0.5	9.1	40.5	9.0	41.6	11.1	28.0	4.8
0.0	54.0	50.0	53.7	50.6	72.2	40.0	46.8
0.5	92.7	59.3	92.6	59.3	97.2	64.0	95.2
1.0	95.9	67.4	96.1	66.9	100.0	68.0	96.8
1.5	97.1	74.4	97.4	73.4	100.0	68.0	96.8
2.0	97.9	80.1	98.2	79.1	100.0	72.0	100.0
2.5	98.3	84.4	98.6	83.5	100.0	76.0	100.0
3.0	98.6	87.9	98.9	87.2	100.0	76.0	100.0
3.5	98.8	90.7	99.1	90.2	100.0	80.0	100.0
4.0	99.1	92.7	99.3	92.3	100.0	80.0	100.0
4.5	99.2	94.4	99.4	94.1	100.0	84.0	100.0
5.0	99.3	95.3	99.5	95.2	100.0	84.0	100.0
10.0	99.7	98.5	99.9	98.7	100.0	96.0	100.0
20.0	99.9	99.5	100.0	99.7	100.0	100.0	100.0
30.0	100.0	99.9	100.0	99.9	100.0	100.0	100.0
40.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
50.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
60.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

P.G. = Puente Genil, S.= Setenil, F. acum = Frecuencia acumulada

**Tabla 3.6. Histogramas de distribución de orientación ( $\Psi$ ).**

Intervalo $\Psi$ (°)	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
0.0	0.4	1.3	0.3	0.9	0.0	0.0	0.0
10.0	7.2	11.5	7.2	11.1	2.8	12.0	6.5
20.0	11.9	30.8	11.6	34.1	8.3	36.0	9.7
30.0	15.7	50.3	13.5	59.0	8.3	60.0	16.1
40.0	16.9	59.0	13.6	68.7	8.3	64.0	16.1
50.0	17.7	62.4	13.7	71.8	8.3	68.0	16.1
60.0	17.9	63.1	13.8	72.4	8.3	68.0	16.1
70.0	18.1	63.3	13.9	72.5	8.3	68.0	16.1
80.0	18.2	63.4	14.0	72.5	8.3	68.0	16.1
90.0	18.3	63.6	14.0	72.6	8.3	68.0	16.1
100.0	18.3	63.7	14.0	72.6	8.3	68.0	16.1
110.0	18.4	63.8	14.0	72.6	8.3	68.0	16.1
120.0	18.4	63.9	14.0	72.6	8.3	68.0	16.1
130.0	18.4	64.0	14.0	72.6	8.3	68.0	16.1
140.0	18.4	64.2	14.0	72.6	8.3	68.0	16.1
150.0	18.4	64.3	14.0	72.6	8.3	68.0	16.1
160.0	18.4	64.4	14.0	72.7	8.3	68.0	16.1
170.0	18.4	64.5	14.0	72.7	8.3	68.0	16.1
180.0	18.4	64.8	14.0	72.7	8.3	68.0	16.1
190.0	18.4	65.0	14.0	72.8	8.3	68.0	16.1
200.0	18.4	65.6	14.0	73.1	8.3	68.0	16.1
210.0	18.5	67.5	14.1	74.3	8.3	68.0	16.1
220.0	18.9	71.2	14.7	77.8	8.3	72.0	17.7
230.0	19.7	75.8	15.5	82.0	11.1	80.0	17.7
240.0	20.6	79.4	16.6	85.4	11.1	84.0	19.4
250.0	22.3	82.0	18.6	87.6	11.1	88.0	19.4
260.0	25.1	83.6	21.9	89.0	11.1	92.0	19.4
270.0	29.3	84.4	26.8	89.6	13.9	92.0	22.6
280.0	33.7	84.9	31.2	89.9	16.7	96.0	25.8
290.0	38.8	85.5	36.5	90.1	16.7	96.0	32.3
300.0	43.0	86.0	40.9	90.3	27.8	96.0	37.1
310.0	48.4	86.6	46.2	90.6	27.8	96.0	43.5
320.0	59.1	87.5	55.9	91.1	38.9	96.0	56.5
330.0	70.1	88.5	67.5	92.0	52.8	96.0	64.5
340.0	78.6	90.3	76.4	93.1	72.2	96.0	69.4
350.0	89.6	94.1	88.0	95.2	86.1	96.0	82.3
360.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

P.G. = Puente Genil, S.= Setenil, F. acum = Frecuencia acumulada

**Tabla 3.7. Histogramas de distribución de pendiente ( $\beta$ ).**

Intervalo $\beta$ (°)	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
0.0	0.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.5	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.6	0.8	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0
1.5	0.8	1.4	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0
2.0	2.0	2.4	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0
2.5	5.3	3.7	1.0	0.5	0.0	0.0	1.6
3.0	10.5	5.2	2.4	0.7	0.0	0.0	1.6
3.5	14.9	6.9	4.6	1.0	2.8	0.0	4.8
4.0	20.8	9.0	9.1	1.6	2.8	0.0	9.7
4.5	28.3	11.6	16.3	2.6	5.6	0.0	21.0
5.0	34.6	14.7	23.5	3.9	11.1	0.0	27.4
5.5	41.9	18.6	32.0	5.9	19.4	4.0	33.9
6.0	49.1	23.6	40.4	9.1	33.3	4.0	38.7
6.5	56.9	28.8	49.6	13.0	41.7	16.0	43.5
7.0	65.1	34.8	59.1	18.4	44.4	16.0	54.8
7.5	73.8	42.3	69.4	26.0	55.6	28.0	67.7
8.0	83.6	49.9	81.0	34.4	80.6	40.0	83.9
8.5	91.0	57.3	89.6	43.2	86.1	44.0	93.5
9.0	95.1	64.4	94.6	52.3	97.2	48.0	95.2
9.5	97.1	70.5	96.9	60.4	100.0	56.0	96.8
10.0	98.0	76.0	97.9	67.9	100.0	68.0	96.8
10.5	98.5	81.0	98.4	74.9	100.0	76.0	98.4
11.0	98.8	84.9	98.9	80.4	100.0	76.0	98.4
11.5	99.2	87.9	99.3	84.6	100.0	88.0	98.4
12.0	99.4	90.2	99.6	88.0	100.0	88.0	100.0
12.5	99.6	92.0	99.7	90.5	100.0	88.0	100.0
13.0	99.7	93.2	99.8	92.1	100.0	88.0	100.0
13.5	99.7	93.9	99.9	93.0	100.0	88.0	100.0
14.0	99.8	94.5	99.9	93.7	100.0	92.0	100.0
14.5	99.8	94.8	100.0	94.2	100.0	92.0	100.0
15.0	99.9	95.2	100.0	94.6	100.0	92.0	100.0
15.5	99.9	95.5	100.0	95.0	100.0	92.0	100.0
16.0	99.9	95.8	100.0	95.3	100.0	92.0	100.0
16.5	99.9	96.0	100.0	95.6	100.0	92.0	100.0
17.0	99.9	96.2	100.0	95.8	100.0	92.0	100.0
17.5	99.9	96.4	100.0	96.1	100.0	96.0	100.0
18.0	99.9	96.6	100.0	96.3	100.0	96.0	100.0
18.5	99.9	96.8	100.0	96.5	100.0	96.0	100.0
19.0	99.9	96.9	100.0	96.7	100.0	96.0	100.0
19.5	100.0	97.1	100.0	96.9	100.0	96.0	100.0
20.0	100.0	97.3	100.0	97.1	100.0	96.0	100.0
20.5	100.0	97.4	100.0	97.2	100.0	96.0	100.0
21.0	100.0	97.5	100.0	97.3	100.0	96.0	100.0
21.5	100.0	97.6	100.0	97.5	100.0	96.0	100.0
22.0	100.0	97.7	100.0	97.7	100.0	96.0	100.0
22.5	100.0	97.8	100.0	97.8	100.0	96.0	100.0

Intervalo $\beta$ (°)	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
23.0	100.0	98.0	100.0	98.0	100.0	96.0	100.0
23.5	100.0	98.1	100.0	98.2	100.0	96.0	100.0
24.0	100.0	98.3	100.0	98.3	100.0	96.0	100.0
24.5	100.0	98.4	100.0	98.5	100.0	96.0	100.0
25.0	100.0	98.5	100.0	98.6	100.0	100.0	100.0
45.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
60.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

P.G. = Puente Genil, S.= Setenil, F. acum = Frecuencia acumulada

**Tabla 3.8. Histogramas de distribución de cota (H).**

Intervalo H (m)	F. acum. cuenca S	F. acum. zona S.	F. acum. Erosión S.	F. acum. Depósito S.
750.0	0.0	0.0	0.0	0.0
755.0	0.0	0.0	0.0	0.0
760.0	0.1	0.2	0.0	0.0
765.0	4.1	4.9	0.0	16.1
770.0	12.0	14.2	13.9	22.6
775.0	24.3	28.7	30.6	27.4
780.0	38.5	45.6	44.4	37.1
785.0	54.5	64.3	69.4	51.6
790.0	75.0	87.1	97.2	87.1
795.0	98.1	98.8	100.0	98.4
800.0	100.0	100.0	100.0	100.0
805.0	100.0	100.0	100.0	100.0
810.0	100.0	100.0	100.0	100.0
815.0	100.0	100.0	100.0	100.0
820.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Intervalo H (m)	F. acum. cuenca PG	F. acum. zona PG	F. acum. Erosión PG
210.0	0.0	0.0	0.0
215.0	0.3	0.4	0.0
220.0	2.3	3.5	4.0
225.0	6.5	10.0	8.0
230.0	22.8	25.8	32.0
235.0	45.3	40.2	56.0
240.0	60.3	51.0	60.0
245.0	70.5	61.1	76.0
250.0	79.4	72.7	76.0
255.0	88.5	86.6	92.0
260.0	97.4	97.5	96.0
265.0	100.0	100.0	100.0

**Tabla 3.9. Histogramas de distribución de %arena.**

Intervalo %arena	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
55.0	0.0	0.4	0.0	0.6	0.0	4.0	0.0
60.0	0.0	3.8	0.0	2.7	0.0	24.0	0.0
65.0	0.0	8.5	0.0	5.9	0.0	32.0	0.0
70.0	0.0	14.4	0.0	9.8	0.0	100.0	0.0
75.0	19.3	99.2	22.7	13.1	27.8	100.0	8.1
80.0	97.7	100.0	97.3	15.4	100.0	100.0	95.2
85.0	99.7	100.0	99.7	20.2	100.0	100.0	98.4
90.0	100.0	100.0	100.0	75.2	100.0	100.0	100.0
95.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

**Tabla 3.10. Histogramas de distribución de %limo.**

Intervalo %limo	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7.5	22.1	0.0	20.4	0.0	11.1	0.0	38.7
10.0	75.5	0.0	71.1	0.0	66.7	0.0	87.1
12.5	98.7	0.0	98.5	0.0	100.0	0.0	100.0
15.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0
17.5	100.0	8.9	100.0	7.5	100.0	8.0	100.0
20.0	100.0	85.8	100.0	79.2	100.0	68.0	100.0
22.5	100.0	92.1	100.0	87.7	100.0	76.0	100.0
25.0	100.0	96.7	100.0	94.9	100.0	96.0	100.0
27.5	100.0	99.6	100.0	99.4	100.0	100.0	100.0
30.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
32.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
35.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
37.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
40.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

**Tabla 3.11. Histogramas de distribución de %arcilla.**

Intervalo %arcilla	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7.5	0.1	0.4	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0
10.0	0.7	72.7	0.9	63.6	0.0	44.0	1.6
12.5	5.4	91.5	6.3	86.8	5.6	80.0	14.5
15.0	69.9	96.3	64.4	94.3	58.3	96.0	62.9
17.5	100.0	99.6	100.0	99.4	100.0	100.0	100.0
20.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
22.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
25.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

**Tabla 3.12. Histogramas de distribución de %M.O.:**

Intervalo %M.O.	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
0.5	0.2	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	1.6
0.6	1.1	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	1.6
0.7	7.9	0.0	9.3	0.0	11.1	0.0	14.5
0.8	20.1	0.0	23.8	0.0	25.0	0.0	30.6
0.9	67.1	0.0	61.6	0.0	55.6	0.0	77.4
1.0	88.7	0.5	86.7	0.0	80.6	0.0	95.2
1.1	94.6	1.2	93.6	0.0	83.3	0.0	96.8
1.2	97.5	2.3	97.0	0.0	91.7	0.0	98.4
1.3	99.0	4.8	98.8	0.0	94.4	0.0	100.0
1.4	100.0	9.4	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0
1.5	100.0	11.5	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0
1.6	100.0	21.2	100.0	6.8	100.0	8.0	100.0
1.7	100.0	50.7	100.0	43.4	100.0	52.0	100.0
1.8	100.0	73.0	100.0	69.0	100.0	68.0	100.0
1.9	100.0	85.0	100.0	82.6	100.0	84.0	100.0
2.0	100.0	92.4	100.0	89.5	100.0	96.0	100.0
2.1	100.0	95.7	100.0	93.3	100.0	96.0	100.0
2.2	100.0	97.0	100.0	95.4	100.0	96.0	100.0
2.3	100.0	98.1	100.0	97.0	100.0	96.0	100.0
2.4	100.0	98.9	100.0	98.2	100.0	96.0	100.0
2.5	100.0	99.5	100.0	99.2	100.0	96.0	100.0
2.6	100.0	99.7	100.0	99.5	100.0	96.0	100.0
2.7	100.0	99.8	100.0	99.7	100.0	100.0	100.0
2.8	100.0	99.9	100.0	99.9	100.0	100.0	100.0
2.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
3.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

**Tabla 3.13. Histogramas de distribución de %CaCO<sub>3</sub>:**

Intervalo %CaCO <sub>3</sub>	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.5	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
5.0	18.0	0.0	15.8	0.0	5.6	0.0	27.4
7.5	48.9	0.0	39.9	0.0	27.8	0.0	54.8
10.0	74.7	0.0	70.1	0.0	58.3	0.0	80.6
12.5	87.5	0.0	85.2	0.0	72.2	0.0	91.9
15.0	93.0	0.0	91.7	0.0	88.9	0.0	98.4
17.5	96.2	0.0	95.5	0.0	94.4	0.0	98.4
20.0	98.4	0.0	98.1	0.0	97.2	0.0	100.0
22.5	99.9	0.0	99.9	0.0	100.0	0.0	100.0
25.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0
27.5	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0
30.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0
32.5	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0
35.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0
37.5	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0
40.0	100.0	1.2	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0
42.5	100.0	11.8	100.0	1.0	100.0	0.0	100.0
45.0	100.0	24.8	100.0	3.1	100.0	4.0	100.0
47.5	100.0	47.5	100.0	33.5	100.0	40.0	100.0
50.0	100.0	61.5	100.0	53.6	100.0	64.0	100.0
52.5	100.0	70.7	100.0	66.6	100.0	80.0	100.0
55.0	100.0	84.5	100.0	85.3	100.0	100.0	100.0
57.5	100.0	96.1	100.0	99.5	100.0	100.0	100.0
60.0	100.0	98.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
62.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

**Tabla 3.14. Histogramas de conductividad hidráulica saturada de 0 a 10 cm (Ksat0).**

Int. Ksat0 (cm/h)	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.5	0.2	11.8	0.3	7.3	0.0	12.0	0.0
5.0	9.4	37.1	11.0	30.8	8.3	52.0	6.5
7.5	28.1	51.1	32.4	41.1	44.4	60.0	14.5
10.0	41.2	73.7	47.2	67.6	58.3	76.0	29.0
12.5	48.6	98.7	55.0	98.9	66.7	100.0	38.7
15.0	53.2	99.7	59.9	100.0	75.0	100.0	40.3
17.5	57.8	99.9	64.5	100.0	75.0	100.0	41.9
20.0	62.7	100.0	68.7	100.0	77.8	100.0	51.6
22.5	68.4	100.0	72.7	100.0	77.8	100.0	58.1
25.0	73.8	100.0	76.7	100.0	80.6	100.0	62.9
27.5	82.1	100.0	84.0	100.0	83.3	100.0	71.0
30.0	90.9	100.0	90.0	100.0	86.1	100.0	82.3
32.5	94.3	100.0	93.4	100.0	88.9	100.0	88.7
35.0	97.2	100.0	96.8	100.0	97.2	100.0	90.3
37.5	99.0	100.0	98.8	100.0	97.2	100.0	96.8
40.0	99.5	100.0	99.4	100.0	97.2	100.0	98.4
42.5	99.8	100.0	99.8	100.0	100.0	100.0	98.4
45.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

**Tabla 3.15. Histogramas de conductividad hidráulica saturada por debajo de los 10 cm de profundidad (Ksat10).**

Int. Ksat10 (cm/h)	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.5	0.0	4.3	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0
5.0	1.1	25.7	1.3	12.2	0.0	20.0	1.6
7.5	9.0	53.6	10.3	40.8	11.1	32.0	4.8
10.0	35.7	74.6	39.0	65.1	44.4	52.0	29.0
12.5	67.6	81.2	65.6	72.8	63.9	56.0	45.2
15.0	89.7	86.2	88.1	79.3	86.1	60.0	71.0
17.5	95.3	89.4	94.5	84.0	86.1	72.0	87.1
20.0	97.4	91.0	97.0	86.0	94.4	76.0	93.5
22.5	98.2	92.8	97.9	88.8	97.2	76.0	95.2
25.0	98.6	95.2	98.4	92.5	97.2	92.0	95.2
27.5	98.9	97.2	98.7	95.6	97.2	96.0	95.2
30.0	99.2	98.4	99.1	97.5	97.2	96.0	98.4
32.5	99.4	99.2	99.4	98.7	97.2	100.0	98.4
35.0	99.7	99.7	99.6	99.6	100.0	100.0	98.4
37.5	99.8	100.0	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0
40.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
42.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
45.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

**Tabla 3.16. Histogramas de densidad aparente de 0 a 10 cm (Dap0):.**

Int. Dap0 (g/cm3)	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
1.2	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
1.3	0.4	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
1.4	1.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0
1.5	2.6	6.3	3.0	9.0	2.8	4.0	1.6
1.6	18.3	52.9	20.9	67.3	13.9	52.0	21.0
1.7	67.8	89.4	65.6	87.3	52.8	80.0	69.4
1.8	96.2	98.2	95.6	97.3	88.9	96.0	96.8
1.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

**Tabla 3.17. Histogramas de densidad aparente por debajo de 10 cm (Dap10):.**

Int. Dap10 (g/cm3)	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
1.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.3	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.4	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.5	0.2	2.7	0.2	0.6	0.0	0.0	0.0
1.6	11.5	37.4	10.8	32.9	5.6	24.0	12.9
1.7	53.3	84.2	52.6	80.9	30.6	64.0	58.1
1.8	89.8	99.9	89.2	100.0	86.1	100.0	87.1
1.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

**Tabla 3.18. Histogramas de la capacidad de campo de 0 a 10 cm (CC0):.**

Int. CC0	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
0.12	0.1	0.0	0.1	0.0	2.8	0.0	0.0
0.13	1.8	0.0	2.1	0.0	5.6	0.0	1.6
0.14	10.1	0.1	12.0	0.0	13.9	0.0	11.3
0.15	53.2	0.5	53.7	0.4	55.6	0.0	54.8
0.16	76.0	3.4	73.9	4.0	80.6	4.0	77.4
0.17	96.9	24.3	96.7	15.5	100.0	16.0	98.4
0.18	99.8	67.0	99.8	53.5	100.0	64.0	100.0
0.19	100.0	91.7	100.0	87.2	100.0	84.0	100.0

**Tabla 3.19. Histogramas de la capacidad de campo por debajo de 10 cm (CC10):.**

Int. CC10	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
0.12	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
0.13	0.0	0.0	3.1	0.0	5.3	0.0	3.2
0.14	0.0	0.0	37.4	0.0	44.7	0.0	51.6
0.15	0.4	0.2	65.7	0.2	65.8	0.0	80.6
0.16	4.0	2.2	89.0	3.4	86.8	4.0	93.5
0.17	15.5	23.5	95.9	15.1	89.5	24.0	96.8
0.18	53.5	87.7	97.8	93.9	94.7	92.0	98.4
0.19	87.2	99.1	99.4	100.0	100.0	100.0	100.0

**Tabla 3.20. Histogramas del punto de marchitez permanente entre 0 y 10 cm (PMP0).**

Int. PMP0	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
0.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0
0.05	0.0	5.0	0.0	5.9	0.0	64.0	0.0
0.06	9.1	64.3	10.8	51.9	13.9	100.0	8.1
0.07	45.3	100.0	50.2	100.0	66.7	100.0	53.2
0.08	87.4	100.0	94.0	100.0	100.0	100.0	88.7
0.09	98.1	100.0	98.4	100.0	100.0	100.0	98.4
0.10	99.7	100.0	99.6	100.0	100.0	100.0	100.0
0.11	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

**Tabla 3.21. Histogramas del punto de marchitez permanente por debajo de 10 cm (PMP10).**

Int. PMP10	F. acum. cuenca S	F. acum. cuenca P. G.	F. acum. zona S.	F. acum. zona P. G.	F. acum. Puntos erosión S.	F. acum. Puntos erosión P.G.	F. acum. Puntos de depósito S.
0.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.05	0.0	3.8	0.0	4.7	0.0	4.0	0.0
0.06	3.9	63.7	4.5	46.8	5.6	60.0	3.2
0.07	32.4	98.2	37.4	97.2	44.4	96.0	37.1
0.08	93.1	100.0	92.6	100.0	83.3	100.0	93.5
0.09	99.4	100.0	99.3	100.0	100.0	100.0	100.0
0.10	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

## **ANEJO 4**

Ficheros de salida del ACP y el AC de los puntos de erosión y depósito en las cuencas.

## **ÍNDICE**

**Resultado del análisis de componentes principales y análisis cluster para los puntos de pérdida de suelo en Setenil. 245**

**Resultado del análisis de componentes principales y análisis cluster para los puntos de pérdida de suelo en Puente Genil. 253**

**Resultado del análisis de componentes principales y análisis cluster para los puntos de depósito de suelo en Setenil. 261**

Este apartado ofrece en primer lugar un resumen de los resultados del análisis de componente principales de los puntos de erosión sobre los valores de las variables topográficas y edafológicas estudiadas. Así, se presentan la matriz de covarianzas, las varianzas representativas de cada eje, los vectores propios o autovectores, los pesos de las variables o componentes principales, el valor de las coordenadas de los puntos sobre los ejes principales y finalmente, el examen de los cosenos de los ángulos de las proyecciones de los puntos sobre los ejes. Las siguientes tablas muestran los resultados del análisis cluster para distinto número de grupos (de 4 a 6).

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (Puntos de Erosión, Setenil)

MATRIZ DE COVARIANZAS

	LSF	w T	A	$\omega$	$\varphi$	$\Psi$	$\beta$	H	Ksat0	Ksat10	Dap0	Dap10	CC0	CC10	PMP0	PMP10	% CaCO3	%MO	%arena	%limo	%arcilla	
LSF	1.000																					
w T	0.503	1.000																				
A	0.937	0.612	1.000																			
$\omega$	0.324	-0.096	0.276	1.000																		
$\varphi$	-0.951	-0.432	-0.870	-0.449	1.000																	
$\Psi$	0.031	-0.097	-0.002	0.188	-0.173	1.000																
$\beta$	-0.427	0.204	-0.554	-0.329	0.398	-0.025	1.000															
H	-0.047	-0.324	-0.063	0.099	0.052	-0.155	-0.266	1.000														
Ksat0	-0.145	-0.265	-0.192	-0.039	0.164	0.076	-0.011	0.548	1.000													
Ksat10	-0.094	-0.221	-0.190	-0.068	0.098	0.184	0.117	0.201	0.765	1.000												
Dap0	0.008	0.491	0.137	-0.274	0.011	-0.169	0.187	-0.352	-0.409	-0.486	1.000											
Dap10	0.105	0.247	0.130	0.008	-0.060	0.022	0.087	0.040	-0.235	-0.241	0.505	1.000										
CC0	-0.144	-0.422	-0.196	-0.015	0.099	-0.045	-0.174	0.401	0.381	0.087	-0.041	-0.251	1.000									
CC10	-0.127	-0.464	-0.109	0.318	0.067	0.089	-0.375	0.149	-0.434	-0.494	0.016	0.322	0.202	1.000								
PMP0	0.091	-0.135	0.011	0.044	-0.124	-0.069	-0.058	0.500	0.663	0.442	-0.469	-0.598	0.426	-0.456	1.000							
PMP10	-0.141	-0.581	-0.172	0.283	0.122	0.106	-0.378	0.785	0.356	0.151	-0.450	0.098	0.294	0.515	0.224	1.000						
% CaCO3	0.114	0.280	0.097	-0.107	-0.146	-0.128	0.206	-0.290	-0.613	-0.472	0.383	0.474	-0.376	0.226	-0.498	-0.333	1.000					
%MO	0.199	0.118	0.162	-0.014	-0.206	-0.232	-0.017	0.266	-0.374	-0.341	-0.022	0.375	-0.323	0.288	-0.161	0.152	0.767	1.000				
%arena	-0.254	-0.106	-0.199	-0.035	0.237	0.197	0.046	-0.089	0.409	0.260	0.267	-0.088	0.452	-0.168	0.075	-0.046	-0.611	-0.886	1.000			
%limo	0.187	0.304	0.187	-0.067	-0.189	-0.084	0.110	-0.473	-0.761	-0.518	0.176	0.232	-0.530	0.213	-0.495	-0.391	0.854	0.692	-0.768	1.000		
%arcilla	0.115	-0.273	0.034	0.148	-0.088	-0.177	-0.226	0.805	0.468	0.344	-0.651	-0.199	0.074	-0.051	0.591	0.624	-0.296	0.349	-0.413	-0.267	1.000	

Ejes	$\sigma_2$ (absoluta)	$\sigma_2$ (%)	$\sigma_2$ (% acum)
Eje 1	5.950	0.284	0.284
Eje 2	3.820	0.182	0.466
Eje 3	3.180	0.151	0.617
Eje 4	2.330	0.111	0.729
Eje 5	1.530	0.073	0.802
Eje 6	1.280	0.061	0.863
Eje 7	0.760	0.036	0.899
Eje 8	0.680	0.033	0.932
Eje 9	0.510	0.024	0.956
Eje 10	0.280	0.013	0.969
Eje 11	0.170	0.008	0.978
Eje 12	0.120	0.006	0.984
Eje 13	0.110	0.006	0.989

Ejes	$\sigma^2$ (absoluta)	$\sigma^2$ (%)	$\sigma^2$ (% acum)
Eje 14	0.090	0.005	0.994
Eje 15	0.050	0.003	0.996
Eje 16	0.040	0.002	0.998
Eje 17	0.010	0.001	0.999
Eje 18	0.010	0.001	1.000
Eje 19	0.000	0.000	1.000
Eje 20	0.000	0.000	1.000
Eje 21	0.000	0.000	1.000

### MATRIZ DE AUTOVECTORES

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21
<i>LSF</i>	-0.136	0.350	-0.331	0.058	0.046	0.011	0.068	-0.065	0.128	0.337	-0.144	-0.166	0.093	0.112	-0.171	-0.049	0.408	0.293	0.009	-0.501	0.000
<i>w T</i>	-0.232	0.012	-0.340	-0.156	0.237	0.117	-0.063	0.154	-0.344	-0.013	0.600	0.252	0.042	0.046	0.072	0.124	-0.040	-0.230	0.141	-0.262	0.000
<i>A</i>	-0.157	0.323	-0.342	0.106	0.115	-0.021	-0.105	-0.170	-0.035	-0.017	0.164	0.022	0.047	0.005	0.022	0.065	0.211	0.185	-0.238	0.720	0.000
$\omega$	0.017	0.249	-0.039	0.285	-0.267	0.093	-0.092	0.754	0.196	-0.298	0.096	0.066	-0.094	-0.117	-0.040	-0.135	0.091	0.046	-0.067	-0.020	0.000
$\varphi$	0.129	-0.351	0.314	-0.098	0.043	-0.028	-0.244	-0.059	-0.104	-0.181	0.310	-0.046	0.068	-0.175	0.024	-0.049	0.620	0.298	-0.156	-0.096	0.000
$\Psi$	0.037	-0.015	-0.083	0.213	-0.427	0.448	0.477	-0.230	-0.454	-0.146	-0.004	-0.001	-0.156	-0.120	-0.023	-0.021	0.113	0.037	-0.028	-0.022	0.000
$\beta$	-0.041	-0.312	0.038	-0.334	0.006	0.208	0.279	0.486	-0.099	0.490	-0.054	-0.009	0.060	0.154	-0.163	0.076	0.064	0.171	-0.099	0.276	0.000
<i>H</i>	0.236	0.267	0.200	-0.043	0.364	0.094	0.060	0.049	-0.198	-0.101	0.066	0.011	-0.326	0.225	0.137	-0.134	-0.235	0.579	0.216	-0.011	0.000
<i>Ksat0</i>	0.347	0.024	-0.105	-0.134	0.141	0.231	0.075	-0.059	0.207	-0.325	0.203	-0.352	0.124	0.116	-0.590	0.245	-0.107	-0.065	-0.041	0.005	0.000
<i>Ksat10</i>	0.267	-0.015	-0.137	-0.222	-0.136	0.353	-0.009	-0.195	0.512	0.087	0.080	0.597	-0.013	-0.100	0.126	0.008	-0.014	0.142	0.000	-0.028	0.000
<i>Dap0</i>	-0.225	-0.224	-0.092	0.167	0.458	0.011	0.076	0.034	-0.078	-0.258	-0.399	0.429	-0.021	-0.234	-0.404	-0.042	0.038	0.087	-0.012	-0.021	0.000
<i>Dap10</i>	-0.193	0.007	0.131	0.153	0.365	0.560	-0.027	0.017	0.180	0.115	-0.002	-0.356	0.167	-0.418	0.293	-0.048	-0.082	-0.058	0.034	0.013	0.000
<i>CC0</i>	0.228	-0.018	0.030	0.235	0.253	-0.341	0.568	-0.007	0.208	0.204	0.359	0.020	-0.149	-0.199	-0.026	-0.263	0.092	-0.179	-0.046	0.040	0.000
<i>CC10</i>	-0.073	0.104	0.375	0.426	-0.052	-0.062	0.042	-0.012	0.027	0.205	0.158	0.194	0.118	-0.029	-0.097	0.699	-0.069	0.164	0.043	-0.048	0.000
<i>PMP0</i>	0.279	0.158	-0.147	-0.239	0.053	-0.229	0.306	0.155	-0.149	-0.231	-0.199	0.012	0.528	-0.271	0.333	0.230	0.010	0.114	0.011	-0.039	0.000
<i>PMP10</i>	0.218	0.237	0.300	0.178	0.078	0.192	-0.075	-0.019	-0.188	0.103	-0.025	0.251	0.534	0.311	-0.127	-0.365	0.118	-0.251	0.052	0.074	0.000
<i>% CaCO3</i>	-0.338	0.024	0.178	-0.132	0.046	0.050	0.325	-0.004	0.288	-0.323	-0.044	0.004	-0.040	0.350	0.164	0.124	0.380	-0.142	0.434	0.130	0.000
<i>%MO</i>	-0.213	0.267	0.288	-0.241	0.114	0.058	0.177	-0.025	0.028	-0.134	-0.024	0.088	-0.112	0.139	0.085	0.048	-0.048	-0.130	-0.755	-0.192	0.000
<i>%arena</i>	0.198	-0.285	-0.222	0.320	0.147	0.069	-0.011	0.053	0.038	-0.047	-0.090	-0.026	-0.011	0.355	0.275	0.120	0.050	-0.033	-0.187	-0.059	0.654
<i>%limo</i>	-0.354	0.058	0.138	-0.159	-0.205	-0.101	0.108	-0.088	0.070	-0.061	0.208	0.000	0.253	-0.156	-0.202	-0.251	-0.239	0.254	0.084	0.011	0.619
<i>%arcilla</i>	0.207	0.346	0.138	-0.255	0.070	0.039	-0.137	0.045	-0.156	0.157	-0.160	0.040	-0.344	-0.312	-0.126	0.176	0.264	-0.312	0.163	0.075	0.435

### PESOS DE LOS FACTORES

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21
<i>LSF</i>	-0.331	<b>0.685</b>	-0.590	0.089	0.058	0.012	0.059	-0.054	0.092	0.179	-0.060	-0.060	0.032	0.035	-0.040	-0.010	0.054	0.031	0.000	-0.017	0.000
<i>w T</i>	-0.566	0.023	<b>-0.606</b>	-0.238	0.294	0.133	-0.055	0.127	-0.246	-0.007	0.249	0.090	0.014	0.014	0.017	0.026	-0.005	-0.024	0.006	-0.009	0.000
<i>A</i>	-0.383	<b>0.631</b>	<b>-0.610</b>	0.162	0.142	-0.024	-0.092	-0.141	-0.025	-0.009	0.068	0.008	0.016	0.002	0.005	0.014	0.028	0.019	-0.011	0.025	0.000
$\omega$	0.041	0.488	-0.070	0.435	-0.332	0.106	-0.080	0.623	0.140	-0.158	0.040	0.024	-0.032	-0.036	-0.009	-0.028	0.012	0.005	-0.003	-0.001	0.000

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21
$\varphi$	0.314	<b>-0.686</b>	0.560	-0.150	0.053	-0.032	-0.213	-0.049	-0.074	-0.096	0.129	-0.017	0.023	-0.054	0.006	-0.010	0.082	0.031	-0.007	-0.003	0.000
$\psi$	0.091	-0.030	-0.148	0.325	-0.530	0.507	0.417	-0.190	-0.325	-0.077	-0.002	0.000	-0.053	-0.037	-0.005	-0.004	0.015	0.004	-0.001	-0.001	0.000
$\beta$	-0.101	<b>-0.609</b>	0.068	-0.510	0.007	0.236	0.244	0.401	-0.071	0.260	-0.023	-0.003	0.020	0.048	-0.038	0.016	0.008	0.018	-0.005	0.010	0.000
$H$	0.575	0.522	0.356	-0.065	0.451	0.106	0.052	0.041	-0.142	-0.054	0.028	0.004	-0.111	0.070	0.032	-0.028	-0.031	0.061	0.010	0.000	0.000
$Ksat0$	<b>0.846</b>	0.046	-0.187	-0.204	0.175	0.262	0.066	-0.048	0.148	-0.173	0.084	-0.126	0.042	0.036	-0.137	0.052	-0.014	-0.007	-0.002	0.000	0.000
$Ksat10$	<b>0.652</b>	-0.030	-0.245	-0.339	-0.168	0.400	-0.008	-0.161	0.366	0.046	0.033	0.214	-0.004	-0.031	0.029	0.002	-0.002	0.015	0.000	-0.001	0.000
$Dap0$	-0.548	-0.439	-0.164	0.256	0.568	0.012	0.067	0.028	-0.056	-0.137	-0.166	0.154	-0.007	-0.073	-0.094	-0.009	0.005	0.009	-0.001	-0.001	0.000
$Dap10$	-0.471	0.015	0.233	0.234	0.453	0.634	-0.024	0.014	0.129	0.061	-0.001	-0.128	0.057	-0.130	0.068	-0.010	-0.011	-0.006	0.002	0.000	0.000
$CC0$	0.556	-0.036	0.053	0.358	0.313	-0.386	0.496	-0.006	0.149	0.108	0.149	0.007	-0.051	-0.062	-0.006	-0.055	0.012	-0.019	-0.002	0.001	0.000
$CC10$	-0.179	0.203	<b>0.668</b>	0.651	-0.064	-0.070	0.036	-0.010	0.019	0.109	0.066	0.070	0.040	-0.009	-0.022	0.147	-0.009	0.017	0.002	-0.002	0.000
$PMP0$	<b>0.680</b>	0.310	-0.262	-0.365	0.066	-0.259	0.267	0.128	-0.107	-0.123	-0.083	0.004	0.179	-0.084	0.077	0.048	0.001	0.012	0.001	-0.001	0.000
$PMP10$	0.532	0.464	0.536	0.272	0.096	0.217	-0.066	-0.016	-0.134	0.055	-0.011	0.090	0.181	0.096	-0.029	-0.077	0.016	-0.026	0.002	0.003	0.000
$\%CaCO3$	<b>-0.824</b>	0.048	0.318	-0.202	0.057	0.057	0.284	-0.003	0.206	-0.172	-0.018	0.002	-0.014	0.109	0.038	0.026	0.050	-0.015	0.020	0.004	0.000
$\%MO$	-0.519	0.522	0.513	-0.368	0.141	0.065	0.155	-0.020	0.020	-0.071	-0.010	0.032	-0.038	0.043	0.020	0.010	-0.006	-0.014	-0.034	-0.007	0.000
$\%arena$	0.482	-0.557	-0.396	0.489	0.183	0.078	-0.009	0.044	0.027	-0.025	-0.038	-0.009	-0.004	0.110	0.064	0.025	0.007	-0.003	-0.009	-0.002	0.000
$\%limo$	<b>-0.865</b>	0.114	0.246	-0.244	-0.254	-0.114	0.094	-0.072	0.050	-0.033	0.087	0.000	0.086	-0.049	-0.047	-0.053	-0.032	0.027	0.004	0.000	0.000
$\%arcilla$	0.504	<b>0.676</b>	0.246	-0.389	0.087	0.044	-0.120	0.037	-0.112	0.083	-0.067	0.014	-0.117	-0.097	-0.029	0.037	0.035	-0.033	0.007	0.003	0.000

COORDENADAS DE LOS INDIVIDUOS

Individuo	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21
1	6.942	0.726	-1.144	-1.102	0.812	-0.107	0.805	0.686	-0.537	-0.050	0.245	-0.130	0.049	0.007	0.004	0.030	-0.011	0.016	0.001	-0.001	0.000
2	8.196	0.950	-0.952	0.341	2.954	-3.723	-1.013	0.232	0.336	-0.258	-0.267	0.062	-0.018	0.077	0.047	-0.093	-0.021	0.005	-0.001	-0.001	0.000
3	9.279	1.565	-1.712	0.541	0.899	-0.254	0.443	-0.163	-0.527	-0.500	0.037	-0.156	0.005	-0.043	0.006	-0.020	0.007	-0.004	-0.001	0.000	0.000
4	5.496	0.358	-1.064	-1.434	0.562	-0.053	0.810	0.870	-0.611	0.273	0.303	-0.046	0.031	0.040	0.033	0.054	-0.017	0.002	0.003	0.000	0.000
5	9.184	0.763	-0.186	-0.328	0.875	0.112	0.635	-0.169	-0.197	-0.179	-0.060	-0.290	0.149	-0.028	-0.042	-0.008	-0.001	0.000	-0.001	0.000	0.000
6	9.761	0.888	-0.312	-0.719	0.029	1.334	0.454	0.165	0.455	0.056	0.046	0.031	0.112	0.017	-0.041	-0.026	-0.009	0.005	-0.001	0.002	0.000
7	10.544	0.300	-3.224	0.320	0.244	0.763	-0.867	-0.385	-0.299	-0.391	-0.196	0.069	-0.285	0.032	-0.055	0.070	0.033	-0.010	0.004	0.000	0.000
8	11.262	0.868	-0.627	-1.228	-0.261	2.564	-0.085	-0.869	1.331	0.069	0.149	0.314	0.098	-0.002	-0.046	0.002	-0.009	0.004	0.000	0.000	0.000
9	1.294	-0.822	-1.936	1.014	-0.358	-2.319	0.723	-0.697	-0.002	-0.094	0.164	0.253	-0.215	-0.047	0.114	0.061	-0.004	0.018	-0.001	0.002	0.000
10	5.898	0.068	-0.061	-1.036	-0.018	1.273	-0.170	-0.254	0.262	0.136	-0.026	-0.022	-0.070	-0.039	-0.003	-0.030	0.004	-0.004	-0.001	-0.001	0.000
11	1.415	0.621	4.310	3.935	1.967	-0.012	0.551	-1.133	-0.386	0.739	0.306	-0.021	-0.127	-0.077	0.032	-0.061	0.009	-0.016	-0.002	-0.001	0.000
12	-1.453	4.222	4.784	5.799	-0.004	1.110	-1.215	0.775	-0.257	-0.054	0.080	0.107	-0.014	0.084	-0.004	0.020	-0.021	-0.003	0.001	0.000	0.000
13	-7.617	-0.064	3.391	-3.754	1.018	0.555	1.577	-0.974	-0.134	0.024	-0.266	0.033	-0.088	0.105	0.000	0.042	-0.034	-0.009	0.004	0.000	0.000
14	-5.594	-0.204	2.086	-4.243	2.468	-0.706	-0.434	1.323	0.778	0.142	0.037	0.054	0.050	0.082	0.022	0.032	-0.011	-0.005	-0.001	0.000	0.000
15	-3.354	0.560	0.030	-1.908	0.119	1.316	0.747	1.222	-0.364	-0.176	-0.066	0.051	-0.219	-0.130	0.031	-0.013	-0.007	-0.013	-0.003	-0.001	0.000
16	-2.123	-1.977	0.761	-3.120	3.554	-0.746	-1.776	-0.012	0.205	0.449	0.059	-0.046	-0.012	-0.054	-0.031	0.049	0.029	-0.008	0.000	0.001	0.000
17	1.127	-0.481	1.096	-1.648	-0.752	0.986	-0.185	0.052	-0.151	0.340	-0.280	-0.187	-0.186	-0.068	-0.021	-0.036	-0.013	0.009	-0.002	0.003	0.000
18	1.940	-1.401	0.193	1.027	-1.567	-2.132	1.155	0.187	-0.508	0.224	0.004	0.192	0.063	0.295	-0.077	-0.043	0.025	-0.014	-0.001	0.001	0.000
19	-7.644	1.749	5.552	-1.466	0.380	0.597	0.964	0.097	0.259	-0.368	-0.067	0.047	-0.064	0.080	-0.051	-0.006	0.037	0.023	-0.003	-0.002	0.000
20	-0.635	2.171	5.344	4.102	0.175	1.020	-0.742	-0.174	-0.388	0.241	-0.204	-0.045	0.015	0.065	-0.013	0.035	-0.012	0.027	0.000	0.000	0.000
21	0.369	0.491	1.044	-2.694	-2.515	0.368	-0.436	0.544	-0.146	0.253	-0.027	-0.038	-0.058	-0.001	0.030	-0.047	0.021	0.004	-0.002	0.000	0.000

Individuo	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21
22	0.924	-3.091	-0.927	3.103	-1.374	-0.298	0.291	0.837	0.461	0.092	-0.268	-0.010	0.064	-0.072	0.086	0.015	0.017	0.008	0.000	0.001	0.000
23	-10.927	15.584	-10.658	1.247	0.421	0.039	0.310	-0.212	0.320	0.312	-0.073	-0.050	0.020	0.019	-0.013	-0.003	0.006	0.002	0.000	0.000	0.000
24	-4.929	3.302	3.806	-1.136	0.615	-0.053	0.316	-0.538	0.073	-0.534	0.111	-0.039	0.168	-0.036	0.065	0.024	0.025	-0.009	-0.001	0.002	0.000
25	-3.199	4.674	4.535	2.375	-0.062	0.335	-0.408	0.051	0.075	-0.521	0.028	-0.009	0.103	-0.060	0.030	-0.014	-0.002	-0.017	0.002	0.001	0.000
26	1.191	2.465	0.402	-4.340	-4.227	0.424	-1.338	-0.665	-0.214	0.004	0.087	-0.031	0.020	0.107	0.132	-0.047	-0.007	-0.005	0.001	-0.002	0.000
27	-3.096	-2.865	-0.397	0.336	0.394	-0.100	0.732	0.018	0.046	0.095	-0.155	0.208	0.165	-0.280	0.010	-0.057	0.004	0.002	0.003	-0.001	0.000
28	-3.978	-4.308	-1.176	0.382	0.013	0.015	0.238	-0.412	-0.320	0.053	-0.271	0.017	0.060	0.015	-0.044	-0.054	-0.012	-0.004	0.002	-0.001	0.000
29	0.620	-4.484	-1.294	2.032	-0.840	-0.054	0.241	0.076	0.196	0.276	-0.163	-0.049	0.123	-0.005	0.063	0.076	0.025	-0.002	0.001	-0.001	0.000
30	0.507	-3.777	-2.411	2.384	-1.497	0.381	0.171	1.035	0.476	0.063	-0.100	-0.061	0.042	0.049	-0.002	0.061	-0.016	-0.023	-0.003	-0.001	0.000
31	-7.582	-5.615	-4.807	0.232	0.910	1.613	-0.702	0.411	-0.819	-0.191	0.205	0.114	0.040	0.035	-0.018	-0.037	0.006	0.011	-0.001	0.000	0.000
32	-8.116	-5.949	-4.777	0.070	1.090	1.439	-0.746	-0.348	-0.720	-0.198	0.087	0.045	0.077	0.042	0.008	-0.024	-0.007	0.002	0.001	0.002	0.000
33	-0.880	2.564	1.190	-1.932	-2.631	-2.590	-0.824	-0.502	-0.855	0.013	-0.020	0.134	0.109	-0.203	-0.124	0.073	-0.020	-0.002	-0.003	0.000	0.000
34	-3.340	-0.607	1.910	-0.583	-1.950	-1.844	-0.161	0.472	0.497	0.087	0.232	-0.165	-0.008	-0.033	-0.069	-0.029	0.014	0.010	0.006	0.000	0.000
35	-6.366	-3.279	-1.145	2.390	-1.371	-0.734	0.128	0.319	1.069	-0.330	0.281	-0.095	-0.230	-0.050	-0.074	-0.031	-0.018	-0.003	0.001	0.000	0.000
36	-5.113	-5.964	-1.624	1.042	-0.071	-0.520	-0.188	-1.866	0.595	-0.095	0.049	-0.241	0.031	0.077	0.011	0.036	-0.010	0.003	-0.002	-0.001	0.000

EXAMEN DE LA CALIDAD DE LA REPRESENTACIÓN

Código	Orden	$\cos^2(eje1)$	$\cos^2(eje2)$	$\cos^2(eje3)$	$\cos^2/Sumcos^2(E1-2)$	$\cos^2/Sumcos^2(E1-2-3)$
210	1	0.886	0.010	0.024	0.896	0.920
216	2	0.707	0.009	0.010	0.716	0.726
252	3	0.893	0.025	0.030	0.918	0.949
257	4	0.759	0.003	0.028	0.762	0.791
263	5	0.922	0.006	0.000	0.929	0.929
304	6	0.908	0.008	0.001	0.916	0.917
320	7	0.851	0.001	0.080	0.851	0.931
356	8	0.864	0.005	0.003	0.869	0.872
365	9	0.073	0.030	0.164	0.103	0.267
373	10	0.730	0.000	0.000	0.730	0.730
454	11	0.037	0.007	0.346	0.044	0.390
456	12	0.023	0.194	0.249	0.217	0.466
462	13	0.572	0.000	0.113	0.572	0.685
463	14	0.407	0.001	0.057	0.408	0.464
464	15	0.329	0.009	0.000	0.338	0.338
466	16	0.088	0.076	0.011	0.164	0.175
469	17	0.052	0.010	0.049	0.062	0.111
476	18	0.112	0.058	0.001	0.170	0.171
502	19	0.508	0.027	0.268	0.534	0.802
507	20	0.006	0.065	0.394	0.071	0.465
525	21	0.004	0.007	0.030	0.010	0.040
539	22	0.019	0.208	0.019	0.226	0.245
556	23	0.238	0.485	0.227	0.723	0.950

Código	Orden	$\cos^2(\text{eje1})$	$\cos^2(\text{eje2})$	$\cos^2(\text{eje3})$	$\cos^2/\text{Sumcos}^2(E1-2)$	$\cos^2/\text{Sumcos}^2(E1-2-3)$
560	24	0.319	0.143	0.190	0.463	0.653
562	25	0.122	0.260	0.245	0.383	0.628
577	26	0.019	0.083	0.002	0.103	0.105
582	27	0.209	0.179	0.003	0.387	0.391
584	28	0.246	0.288	0.022	0.534	0.556
589	29	0.007	0.358	0.030	0.364	0.394
596	30	0.004	0.239	0.097	0.243	0.340
600	31	0.388	0.213	0.156	0.601	0.757
638	32	0.410	0.220	0.142	0.631	0.773
662	33	0.013	0.108	0.023	0.121	0.144
681	34	0.195	0.006	0.064	0.201	0.265
686	35	0.417	0.111	0.013	0.527	0.541
687	36	0.247	0.337	0.025	0.584	0.609

RESULTADOS DEL ANÁLISIS CLUSTER (Puntos de Ersoión Setenil)

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3	d4
P 1	G 3	1.56	11.45	23.24	1.56	11.62
P 2	G 3	0.39	12.69	24.08	0.39	12.86
P 3	G 3	1.14	13.93	24.59	1.14	13.92
P 4	G 3	3.03	9.99	22.39	3.03	10.23
P 5	G 3	0.68	13.53	24.98	0.68	13.86
P 6	G 3	1.27	14.12	25.38	1.27	14.43
P 7	G 3	2.08	14.66	26.35	2.08	15.25
P 8	G 3	2.76	15.52	26.63	2.76	15.93
P 9	G 3	2.69	10.23	22.89	2.69	10.67
P10	G 4	4.06	8.58	14.79	10.56	4.06
P11	G 4	3.46	5.84	15.99	16.14	3.46
P12	G 4	2.13	4.48	16.66	14.13	2.13
P13	G 4	1.72	4.69	16.83	11.86	1.72
P14	G 1	2.52	2.52	19.65	10.97	4.46
P15	G 4	3	7.23	14.22	16.18	3
P16	G 1	4.48	4.48	22.12	8.49	7.35
P17	G 2	0	21.09	0	24.47	15.24
P18	G 4	1.62	7.58	13.67	13.68	1.62
P19	G 4	3.3	8.81	13.37	12.36	3.3
P20	G 1	1.31	1.31	20.04	12.14	4.82
P21	G 1	0.57	0.57	21.07	13.46	6.05
P22	G 1	4.07	4.07	23.15	9.45	8.12
P23	G 1	3.95	3.95	22.48	9.18	7.52
P24	G 1	4.41	4.41	21.46	17.29	7.89
P25	G 1	5.02	5.02	21.72	17.91	8.4
P26	G 4	2.65	3.53	17.88	11.92	2.65
P27	G 1	3.05	3.05	19.41	15.4	5.27
P28	G 1	2.49	2.49	22.32	15.17	7.68

4 grupos	
Suma(CiDi)=	69.436390
G 1 : Peso=	10.00 S= 31.88 N=10
Coordenadas:	-3.432 -4.131
Puntos:	14 16 20 21 22 23 24 25 27 28
G 2 : Peso=	1.00 S= .00 N= 1
Coordenadas:	-10.927 15.584
Puntos:	17
G 3 : Peso=	9.00 S= 15.60 N= 9
Coordenadas:	8.507 .721
Puntos:	1 2 3 4 5 6 7 8 9
G 4 : Peso=	8.00 S= 21.96 N= 8
Coordenadas:	-4.641 1.704
Puntos:	10 11 12 13 15 18 19 26

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3	d4	d5
P 1	G 3	1.56	9.13	23.24	1.56	11.62	14.96
P 2	G 3	0.39	10.35	24.08	0.39	12.86	16.2
P 3	G 3	1.14	11.59	24.59	1.14	13.92	17.44
P 4	G 3	3.03	7.68	22.39	3.03	10.23	13.49
P 5	G 3	0.68	11.19	24.98	0.68	13.86	17.05
P 6	G 3	1.27	11.77	25.38	1.27	14.43	17.64
P 7	G 3	2.08	12.31	26.35	2.08	15.25	18.19
P 8	G 3	2.76	13.17	26.63	2.76	15.93	19.05
P 9	G 3	2.69	7.9	22.89	2.69	10.67	13.74
P10	G 4	4.06	7.64	14.79	10.56	4.06	10.83
P11	G 4	3.46	7.25	15.99	16.14	3.46	5.2
P12	G 4	2.13	5.45	16.66	14.13	2.13	5.14
P13	G 4	1.72	4.53	16.83	11.86	1.72	6.71
P14	G 1	1.71	1.71	19.65	10.97	4.46	5.68
P15	G 4	3	8.27	14.22	16.18	3	7
P16	G 1	2.14	2.14	22.12	8.49	7.35	8
P17	G 2	0	21.35	0	24.47	15.24	21.19
P18	G 4	1.62	7.69	13.67	13.68	1.62	8.71
P19	G 4	3.3	8.34	13.37	12.36	3.3	10.51
P20	G 1	1.98	1.98	20.04	12.14	4.82	4.37
P21	G 1	2.93	2.93	21.07	13.46	6.05	2.95
P22	G 1	2.1	2.1	23.15	9.45	8.12	7.45
P23	G 1	1.74	1.74	22.48	9.18	7.52	7.44
P24	G 5	0.89	6.76	21.46	17.29	7.89	0.89
P25	G 5	1.52	7.37	21.72	17.91	8.4	1.52
P26	G 4	2.65	3.54	17.88	11.92	2.65	5.75
P27	G 5	1.97	5.18	19.41	15.4	5.27	1.97
P28	G 5	1.85	4.68	22.32	15.17	7.68	1.85

5 grupos

Suma(CiDi)= 56.383520

G 1 : Peso= 6.00 S= 12.60 N= 6

Coordenadas:

-1.191 -3.417

Puntos:

14 16 20 21 22 23

G 2 : Peso= 1.00 S= .00 N= 1

Coordenadas:

-10.927 15.584

Puntos:

17

G 3 : Peso= 9.00 S= 15.60 N= 9

Coordenadas:

8.507 .721

Puntos:

1 2 3 4 5 6 7 8 9

G 4 : Peso= 8.00 S= 21.96 N= 8

Coordenadas:

-4.641 1.704

Puntos:

10 11 12 13 15 18 19 26

G 5 : Peso= 4.00 S= 6.22 N= 4

Coordenadas:

-6.794 -5.202

Puntos:

24 25 27 28

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3	d4	d5	Punto
P 1	G 3	1.56	9.13	23.24	1.56	12.36	14.96	9.99
P 2	G 3	0.39	10.35	24.08	0.39	13.61	16.2	11.09
P 3	G 3	1.14	11.59	24.59	1.14	14.71	17.44	11.96
P 4	G 3	3.03	7.68	22.39	3.03	10.92	13.49	8.83
P 5	G 3	0.68	11.19	24.98	0.68	14.6	17.05	12.09
P 6	G 3	1.27	11.77	25.38	1.27	15.17	17.64	12.6
P 7	G 3	2.08	12.31	26.35	2.08	15.96	18.19	13.52
P 8	G 3	2.76	13.17	26.63	2.76	16.68	19.05	14.05
P 9	G 3	2.69	7.9	22.89	2.69	11.33	13.74	9.32
P10	G 6	0.9	7.64	14.79	10.56	5.24	10.83	0.9
P11	G 4	2.36	7.25	15.99	16.14	2.36	5.2	6.95
P12	G 4	1.01	5.45	16.66	14.13	1.01	5.14	5.69
P13	G 4	2.07	4.53	16.83	11.86	2.07	6.71	4.02
P14	G 1	1.71	1.71	19.65	10.97	4.3	5.68	6.43
P15	G 4	2.43	8.27	14.22	16.18	2.43	7	5.96
P16	G 1	2.14	2.14	22.12	8.49	7.43	8	8.21
P17	G 2	0	21.35	0	24.47	15.79	21.19	14.07
P18	G 4	2.56	7.69	13.67	13.68	2.56	8.71	2.84
P19	G 6	0.9	8.34	13.37	12.36	4.47	10.51	0.9
P20	G 1	1.98	1.98	20.04	12.14	4.33	4.37	7.35
P21	G 1	2.93	2.93	21.07	13.46	5.3	2.95	8.91
P22	G 1	2.1	2.1	23.15	9.45	8.01	7.45	9.41
P23	G 1	1.74	1.74	22.48	9.18	7.48	7.44	8.7
P24	G 5	0.89	6.76	21.46	17.29	6.76	0.89	11.35
P25	G 5	1.52	7.37	21.72	17.91	7.26	1.52	11.9
P26	G 4	2.5	3.54	17.88	11.92	2.5	5.75	5.16
P27	G 5	1.97	5.18	19.41	15.4	4.18	1.97	8.72
P28	G 5	1.85	4.68	22.32	15.17	6.76	1.85	10.78

6 grupos  
Suma(CiDi)= 49.159820

G 1 : Peso= 6.00 S= 12.60 N= 6  
Coordenadas:  
-1.191 -3.417  
Puntos:  
14 16 20 21 22 23

G 2 : Peso= 1.00 S= .00 N= 1  
Coordenadas:  
-10.927 15.584  
Puntos:  
17

G 3 : Peso= 9.00 S= 15.60 N= 9  
Coordenadas:  
8.507 .721  
Puntos:  
1 2 3 4 5 6 7 8 9

G 4 : Peso= 6.00 S= 12.93 N= 6  
Coordenadas:  
-5.413 .789  
Puntos:  
11 12 13 15 18 26

G 5 : Peso= 4.00 S= 6.22 N= 4  
Coordenadas:  
-6.794 -5.202  
Puntos:  
24 25 27 28

G 6 : Peso= 2.00 S= 1.80 N= 2  
Coordenadas:  
-2.326 4.448  
Puntos:

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (Puntos de Erosión, Puente Genil)

MATRIZ DE COVARIANZAS

	<i>A</i>	<i>wT</i>	<i>LSF</i>	$\omega$	$\varphi$	$\Psi$	$\beta$	<i>H</i>	%CaCO3	%M.O.	%arena	%limo	%arcilla	<i>Dap10</i>	<i>Dap0</i>	<i>CC10</i>	<i>CC0</i>	<i>PMP10</i>	<i>PMP0</i>	<i>Ksat10</i>	<i>Ksat0</i>	
<i>A</i>	1.000																					
<i>wT</i>	0.654	1.000																				
<i>LSF</i>	0.827	0.253	1.000																			
$\omega$	-0.606	-0.308	-0.735	1.000																		
$\varphi$	0.622	0.311	0.699	-0.764	1.000																	
$\Psi$	0.087	-0.157	0.270	0.062	0.085	1.000																
$\beta$	0.104	-0.640	0.557	-0.269	0.219	0.304	1.000															
<i>H</i>	-0.203	0.074	-0.380	0.254	-0.278	-0.518	-0.288	1.000														
%CaCO3	0.048	0.314	-0.136	0.033	-0.104	-0.521	-0.334	0.795	1.000													
%M.O.	0.075	0.015	-0.081	0.062	-0.084	-0.187	-0.058	0.185	-0.042	1.000												
%arena	-0.094	0.283	-0.408	0.135	-0.177	-0.760	-0.557	0.439	0.576	0.274	1.000											
%limo	0.163	-0.244	0.448	-0.156	0.178	0.735	0.561	-0.367	-0.537	-0.092	-0.974	1.000										
%arcilla	0.024	-0.312	0.368	-0.125	0.186	0.716	0.542	-0.487	-0.555	-0.487	-0.963	0.880	1.000									
<i>Dap10</i>	0.180	-0.091	0.409	-0.242	0.334	0.607	0.351	-0.552	-0.420	-0.250	-0.542	0.513	0.546	1.000								
<i>Dap0</i>	-0.043	-0.307	0.302	-0.130	0.155	0.717	0.470	-0.605	-0.621	-0.435	-0.884	0.797	0.925	0.732	1.000							
<i>CC10</i>	0.356	0.004	0.338	-0.237	0.262	-0.317	0.315	0.272	0.188	0.467	0.030	0.087	-0.132	0.009	-0.176	1.000						
<i>CC0</i>	0.378	0.064	0.433	-0.418	0.449	-0.179	0.293	-0.055	0.121	-0.115	0.022	-0.011	0.005	0.427	0.026	0.634	1.000					
<i>PMP10</i>	0.116	-0.043	-0.034	-0.058	-0.087	-0.519	0.082	0.360	0.218	0.567	0.391	-0.272	-0.493	-0.221	-0.518	0.704	0.515	1.000				
<i>PMP0</i>	0.273	0.002	0.235	-0.211	0.225	-0.343	0.235	0.325	0.338	0.199	0.158	-0.081	-0.204	0.183	-0.210	0.840	0.867	0.767	1.000			
<i>Ksat10</i>	0.077	-0.288	0.353	-0.120	0.194	0.741	0.516	-0.532	-0.624	-0.160	-0.843	0.833	0.796	0.827	0.880	0.013	0.152	-0.240	0.027	1.000		
<i>Ksat0</i>	0.006	0.136	-0.237	0.283	-0.167	-0.379	-0.227	0.897	0.776	0.300	0.464	-0.367	-0.539	-0.518	-0.691	0.355	0.000	0.412	0.386	-0.510	1.000	

Ejes	$\sigma^2$ (absoluta)	$\sigma^2$ (%)	$\sigma^2$ (% acum)
Eje 1	8.040	0.383	0.383
Eje 2	4.550	0.217	0.600
Eje 3	2.600	0.124	0.724
Eje 4	1.470	0.070	0.795
Eje 5	1.350	0.064	0.859
Eje 6	1.050	0.050	0.909
Eje 7	0.530	0.025	0.935
Eje 8	0.490	0.023	0.958
Eje 9	0.310	0.015	0.973
Eje 10	0.230	0.011	0.984
Eje 11	0.140	0.007	0.991
Eje 12	0.060	0.003	0.994
Eje 13	0.040	0.002	0.996
Eje 14	0.030	0.001	0.998
Eje 15	0.020	0.001	0.999
Eje 16	0.010	0.001	0.999
Eje 17	0.000	0.000	1.000
Eje 18	0.000	0.000	1.000
Eje 19	0.000	0.000	1.000
Eje 20	0.000	0.000	1.000
Eje 21	0.000	0.000	1.000

MATRIZ DE AUTOVECTORES

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21
<i>A</i>	0.053	0.334	-0.318	0.073	0.259	-0.077	-0.032	-0.405	-0.046	-0.002	-0.236	0.183	-0.102	-0.094	-0.619	-0.077	0.098	-0.053	-0.122	-0.119	0.031
<i>wT</i>	-0.090	0.129	-0.472	0.123	0.151	-0.401	0.275	-0.088	0.076	0.038	-0.070	-0.077	0.011	0.177	0.492	-0.149	0.311	-0.053	0.216	-0.072	0.081
<i>LSF</i>	0.175	0.331	-0.194	0.077	0.140	0.219	-0.167	-0.279	0.124	0.153	-0.043	-0.269	0.000	0.151	0.280	0.112	-0.506	0.233	-0.120	0.273	-0.139
$\omega$	-0.092	-0.308	0.279	0.077	0.037	-0.314	-0.099	-0.375	-0.491	0.267	-0.216	-0.213	0.260	0.251	-0.037	-0.090	-0.123	-0.059	0.027	-0.008	-0.011
$\phi$	0.110	0.301	-0.280	0.002	-0.024	0.161	-0.155	0.539	-0.544	-0.086	-0.122	0.009	0.258	0.229	-0.056	-0.050	-0.074	-0.133	0.107	-0.023	0.024
$\Psi$	0.279	-0.099	0.003	0.154	0.207	-0.248	-0.418	-0.096	-0.116	-0.330	0.518	0.189	-0.246	0.103	0.082	-0.161	-0.178	-0.056	0.124	-0.129	0.060
$\beta$	0.199	0.159	0.287	-0.006	0.008	0.501	-0.296	-0.240	0.078	0.074	-0.172	-0.024	-0.019	0.119	0.212	-0.231	0.425	-0.154	0.224	-0.186	0.116
<i>H</i>	-0.258	0.021	0.172	0.455	0.062	0.034	0.078	0.275	0.152	-0.079	-0.234	-0.306	-0.443	0.238	-0.133	-0.253	-0.209	-0.006	-0.028	-0.230	0.032
<i>%CaCO3</i>	-0.253	0.087	-0.046	0.468	-0.146	0.030	-0.173	0.002	0.334	0.215	0.316	0.156	0.562	0.104	-0.122	-0.022	-0.023	-0.081	-0.025	-0.151	-0.024
<i>%M.O.</i>	-0.125	0.099	0.174	-0.350	0.596	-0.127	-0.170	0.275	0.131	0.183	0.165	-0.163	0.138	0.128	-0.085	-0.176	0.214	0.279	-0.209	0.004	-0.024
<i>%arena</i>	-0.319	0.006	-0.118	-0.213	-0.161	-0.020	-0.261	-0.022	0.027	0.104	-0.072	0.142	-0.107	0.023	0.116	-0.071	-0.161	-0.057	-0.245	0.077	0.763
<i>%limo</i>	0.298	0.037	0.148	0.203	0.291	-0.017	0.224	0.053	0.072	-0.098	0.079	-0.374	0.241	-0.307	-0.086	0.045	-0.053	-0.353	0.060	0.231	0.450
<i>%arcilla</i>	0.323	-0.038	0.077	0.224	-0.023	0.084	0.288	-0.030	-0.135	-0.050	0.068	0.089	0.055	0.303	0.002	0.289	0.168	0.502	-0.281	-0.248	0.340
<i>Dap10</i>	0.260	0.114	0.027	-0.038	-0.247	-0.414	-0.384	0.161	0.243	0.175	-0.147	-0.236	-0.139	0.132	-0.142	0.489	0.162	-0.087	0.111	-0.045	0.021
<i>Dap0</i>	0.333	-0.054	0.064	0.074	-0.116	-0.074	0.162	0.111	0.125	0.263	0.002	0.309	-0.127	0.372	-0.101	-0.329	0.078	-0.184	-0.183	0.539	-0.050
<i>CC10</i>	-0.059	0.373	0.269	-0.007	0.142	-0.035	0.243	0.043	-0.208	0.510	0.220	0.252	-0.252	-0.098	0.144	0.229	-0.157	-0.249	0.050	-0.231	-0.009
<i>CC0</i>	0.021	0.381	0.101	-0.047	-0.419	-0.164	0.030	-0.106	-0.165	-0.141	0.258	-0.350	-0.012	-0.126	0.067	-0.268	0.166	-0.083	-0.495	-0.072	-0.118
<i>PMP10</i>	-0.172	0.266	0.297	-0.241	0.067	-0.093	0.167	-0.141	0.174	-0.515	-0.100	0.163	0.178	0.446	0.020	0.214	-0.130	-0.255	-0.010	0.023	-0.031
<i>PMP0</i>	-0.080	0.378	0.270	0.049	-0.205	-0.198	0.041	-0.016	-0.045	-0.044	0.014	0.081	0.032	-0.127	-0.120	-0.201	-0.031	0.498	0.514	0.268	0.154
<i>Ksat10</i>	0.312	0.039	0.160	0.027	0.029	-0.263	-0.070	0.154	0.166	-0.032	-0.457	0.298	0.228	-0.311	0.252	-0.225	-0.241	0.068	-0.204	-0.283	-0.058
<i>Ksat0</i>	-0.254	0.078	0.150	0.434	0.192	-0.035	-0.255	0.048	-0.200	-0.161	-0.160	0.187	-0.086	-0.186	0.217	0.276	0.313	0.016	-0.243	0.394	-0.095

PESOS DE LOS FACTORES

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21
<i>A</i>	0.150	<b>0.713</b>	-0.513	0.088	0.301	-0.079	-0.023	-0.284	-0.026	-0.001	-0.088	0.046	-0.023	-0.016	-0.094	-0.009	0.009	-0.003	-0.004	-0.003	0.000
<i>wT</i>	-0.256	0.276	-0.762	0.150	0.175	-0.412	0.200	-0.062	0.043	0.018	-0.026	-0.019	0.003	0.031	0.075	-0.017	0.027	-0.003	0.007	-0.002	0.000
<i>LSF</i>	0.495	<b>0.706</b>	-0.313	0.094	0.163	0.226	-0.122	-0.195	0.070	0.074	-0.016	-0.067	0.000	0.026	0.043	0.013	-0.044	0.014	-0.004	0.008	-0.001
$\omega$	-0.261	<b>-0.658</b>	0.451	0.093	0.043	-0.322	-0.073	-0.263	-0.277	0.128	-0.081	-0.053	0.058	0.044	-0.006	-0.010	-0.011	-0.004	0.001	0.000	0.000
$\phi$	0.312	0.642	-0.452	0.002	-0.028	0.165	-0.113	0.377	-0.307	-0.042	-0.046	0.002	0.057	0.040	-0.009	-0.006	-0.007	-0.008	0.003	-0.001	0.000
$\Psi$	<b>0.792</b>	-0.211	0.006	0.187	0.241	-0.255	-0.305	-0.067	-0.065	-0.159	0.194	0.048	-0.055	0.018	0.013	-0.018	-0.016	-0.003	0.004	-0.004	0.000
$\beta$	0.564	0.340	0.464	-0.007	0.009	0.515	-0.216	-0.168	0.044	0.036	-0.064	-0.006	-0.004	0.021	0.032	-0.026	0.037	-0.009	0.007	-0.005	0.000
<i>H</i>	<b>-0.730</b>	0.044	0.278	0.553	0.073	0.035	0.057	0.192	0.086	-0.038	-0.088	-0.077	-0.098	0.042	-0.020	-0.029	-0.018	0.000	-0.001	-0.006	0.000
<i>%CaCO3</i>	<b>-0.716</b>	0.186	-0.075	0.569	-0.169	0.031	-0.126	0.001	0.188	0.104	0.118	0.039	0.125	0.018	-0.019	-0.003	-0.002	-0.005	-0.001	-0.004	0.000
<i>%M.O.</i>	-0.354	0.211	0.280	-0.425	0.693	-0.131	-0.124	0.193	0.074	0.088	0.062	-0.041	0.031	0.022	-0.013	-0.020	0.019	0.017	-0.007	0.000	0.000
<i>%arena</i>	<b>-0.905</b>	0.013	-0.191	-0.258	-0.187	-0.021	-0.191	-0.015	0.015	0.050	-0.027	0.036	-0.024	0.004	0.018	-0.008	-0.014	-0.004	-0.008	0.002	0.003
<i>%limo</i>	<b>0.844</b>	0.078	0.240	0.247	0.338	-0.017	0.164	0.037	0.041	-0.047	0.030	-0.094	0.053	-0.054	-0.013	0.005	-0.005	-0.021	0.002	0.006	0.002
<i>%arcilla</i>	<b>0.915</b>	-0.081	0.125	0.273	-0.027	0.087	0.210	-0.021	-0.076	-0.024	0.025	0.022	0.012	0.053	0.000	0.033	0.015	0.030	-0.009	-0.007	0.001
<i>Dap10</i>	<b>0.738</b>	0.243	0.043	-0.046	-0.287	-0.426	-0.280	0.112	0.137	0.084	-0.055	-0.059	-0.031	0.023	-0.022	0.056	0.014	-0.005	0.004	-0.001	0.000
<i>Dap0</i>	<b>0.943</b>	-0.116	0.104	0.089	-0.134	-0.076	0.118	0.078	0.070	0.127	0.001	0.078	-0.028	0.065	-0.015	-0.038	0.007	-0.011	-0.006	0.015	0.000
<i>CC10</i>	-0.168	<b>0.796</b>	0.434	-0.009	0.164	-0.036	0.177	0.030	-0.117	0.246	0.082	0.063	-0.056	-0.017	0.022	0.026	-0.014	-0.015	0.002	-0.006	0.000
<i>CC0</i>	0.059	<b>0.814</b>	0.164	-0.057	-0.487	-0.168	0.022	-0.074	-0.093	-0.068	0.097	-0.088	-0.003	-0.022	0.010	-0.031	0.015	-0.005	-0.016	-0.002	0.000
<i>PMP10</i>	-0.489	0.568	0.480	-0.293	0.078	-0.096	0.122	-0.099	0.098	-0.248	-0.037	0.041	0.039	0.078	0.003	0.025	-0.011	-0.015	0.000	0.001	0.000
<i>PMP0</i>	-0.226	<b>0.807</b>	0.436	0.059	-0.238	-0.204	0.030	-0.011	-0.026	-0.021	0.005	0.020	0.007	-0.022	-0.018	-0.023	-0.003	0.030	0.016	0.007	0.001
<i>Ksat10</i>	<b>0.886</b>	0.083	0.258	0.033	0.033	-0.270	-0.051	0.108	0.093	-0.015	-0.171	0.075	0.051	-0.054	0.038	-0.026	-0.021	0.004	-0.007	-0.008	0.000
<i>Ksat0</i>	<b>-0.721</b>	0.166	0.242	0.528	0.223	-0.036	-0.186	0.033	-0.113	-0.077	-0.060	0.047	-0.019	-0.033	0.033	0.032	0.027	0.001	-0.008	0.011	0.000

COORDENADAS DE LOS INDIVIDUOS

Orden	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21
1	-8.560	0.614	0.650	1.265	0.686	-0.377	0.177	0.643	-0.088	-0.150	0.006	-0.128	-0.034	0.031	0.007	-0.015	-0.001	0.003	0.001	0.000	0.000
2	-6.929	-1.080	-1.442	2.312	0.374	-1.005	-0.456	0.127	0.188	0.537	-0.153	-0.036	0.010	0.037	0.017	0.007	0.012	0.002	0.001	0.000	0.000
3	-7.674	-0.259	-0.809	1.771	0.111	0.159	-0.200	0.694	0.116	0.245	0.141	0.096	0.047	-0.037	0.015	-0.015	-0.005	0.002	-0.003	0.000	0.000
4	-6.553	0.423	0.992	1.778	-0.449	0.601	-0.424	0.166	0.280	0.249	0.008	-0.003	-0.043	-0.032	-0.017	0.025	-0.009	-0.001	0.000	0.000	0.000
5	-7.913	1.975	1.034	1.242	0.262	1.064	-0.075	0.848	-0.093	-0.371	0.081	-0.031	0.003	-0.012	-0.027	-0.001	-0.006	-0.006	0.002	-0.001	0.000
6	-9.313	5.096	-2.321	2.568	1.461	0.097	0.641	-1.287	0.151	-0.378	-0.049	0.057	0.023	-0.019	0.013	-0.009	0.005	-0.003	0.000	0.000	0.000
7	-4.814	-0.452	2.319	-0.112	-1.036	0.034	0.045	-0.385	-0.679	0.205	-0.126	0.140	-0.051	0.029	0.012	0.013	-0.004	-0.005	0.001	-0.001	0.000
8	-3.944	2.566	1.124	-0.273	-1.601	0.797	-0.319	0.409	-0.603	-0.322	-0.048	0.057	0.016	0.049	-0.005	-0.007	0.007	0.006	-0.001	0.000	0.000
9	-5.798	0.992	3.194	0.217	-1.869	-0.333	-0.161	-0.938	-0.109	-0.124	-0.026	-0.139	0.018	-0.015	-0.016	0.016	0.002	0.003	-0.001	0.000	0.000
10	-8.702	-0.017	5.162	-3.059	4.220	0.069	0.128	0.029	0.355	0.001	-0.026	0.029	0.019	0.030	-0.005	0.010	0.001	0.001	-0.001	0.000	0.000
11	-1.299	3.037	-0.242	-1.601	-2.008	-1.270	0.199	-0.044	0.344	-0.006	-0.108	-0.048	-0.008	0.017	0.018	-0.003	-0.015	-0.005	-0.002	0.000	0.000
12	-2.313	-1.734	-2.334	-1.207	-0.258	1.070	0.718	-0.164	0.097	-0.016	0.084	0.032	-0.085	-0.023	0.022	0.006	-0.011	0.010	0.001	0.001	0.000
13	-0.938	-5.761	-3.540	-1.538	0.999	1.544	0.593	0.264	-0.523	0.142	-0.090	-0.098	-0.031	-0.035	0.013	0.004	0.009	-0.005	-0.001	0.001	0.000
14	-2.549	-3.187	-3.366	-0.905	-0.520	0.717	0.382	-0.481	0.047	0.290	0.084	-0.029	0.056	0.055	-0.007	-0.023	-0.006	-0.001	0.000	-0.001	0.000
15	0.606	6.192	-2.266	-1.899	-1.743	-0.616	0.061	0.568	0.629	-0.187	-0.016	0.038	-0.050	0.011	0.015	0.002	0.012	-0.002	0.000	0.000	0.000
16	-2.865	1.147	2.744	-2.169	-0.546	-1.127	-0.317	0.024	-0.214	0.143	-0.166	0.009	0.065	-0.083	0.005	-0.023	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000
17	-1.882	-1.443	-1.269	-1.300	-1.542	1.008	0.048	-0.192	0.245	0.109	0.247	0.032	0.065	-0.007	-0.045	0.012	0.012	0.000	0.001	0.000	0.000
18	5.269	-10.300	-4.161	-0.141	0.499	0.035	-1.132	-0.013	0.206	-0.435	-0.256	0.028	0.036	-0.003	0.004	0.010	-0.003	0.001	0.000	-0.001	0.000
19	3.391	-2.651	0.023	-0.611	0.772	-1.134	-1.149	-0.431	-0.261	-0.091	0.433	-0.021	-0.018	0.010	0.032	-0.002	-0.003	-0.003	0.000	0.001	0.000
20	12.411	13.624	-4.752	-0.524	1.944	-0.430	-0.475	-0.039	-0.366	0.162	-0.037	-0.015	-0.012	-0.005	-0.032	0.005	-0.004	0.002	0.000	0.000	0.000
21	20.036	4.338	3.741	0.991	-0.226	2.475	0.038	0.061	0.166	0.044	-0.020	-0.029	0.069	0.006	0.051	0.005	0.000	-0.001	0.001	0.000	0.000
22	11.494	-4.039	0.860	0.834	0.142	-0.773	0.646	0.025	0.040	0.028	-0.061	0.006	0.044	0.020	-0.035	-0.003	-0.011	0.002	0.000	0.001	0.000
23	9.862	-3.587	0.717	0.888	0.127	-1.105	0.594	0.324	-0.064	-0.058	0.001	0.047	-0.006	0.004	-0.023	0.001	0.003	-0.003	0.000	0.002	0.000
24	8.538	-2.536	0.802	0.827	0.121	-2.252	0.900	0.246	-0.163	-0.099	0.134	0.000	0.000	-0.020	0.016	0.013	0.007	0.002	0.000	-0.002	0.000
25	10.438	-2.959	3.140	0.648	0.082	0.752	-0.461	-0.455	0.299	0.083	-0.037	0.007	-0.134	-0.009	-0.027	-0.028	0.007	0.000	-0.001	-0.001	0.000

EXAMEN DE LA CALIDAD DE LA REPRESENTACIÓN

Código	Orden	$\cos^2(\text{eje1})$	$\cos^2(\text{eje2})$	$\cos^2(\text{eje3})$	$\cos^2/\text{Sumcos}^2(E1-2)$	$\cos^2/\text{Sumcos}^2(E1-2-3)$
217	1	0.954	0.005	0.005	0.959	0.965
222	2	0.823	0.020	0.036	0.843	0.879
223	3	0.929	0.001	0.010	0.930	0.940
225	4	0.891	0.004	0.020	0.895	0.915
228	5	0.879	0.055	0.015	0.934	0.949
250	6	0.672	0.201	0.042	0.873	0.915
267	7	0.759	0.007	0.176	0.766	0.942
268	8	0.567	0.240	0.046	0.807	0.853
270	9	0.680	0.020	0.206	0.700	0.907
282	10	0.584	0.000	0.205	0.584	0.789
307	11	0.087	0.477	0.003	0.564	0.567
309	12	0.314	0.176	0.320	0.490	0.810
311	13	0.017	0.625	0.236	0.642	0.878
312	14	0.216	0.338	0.377	0.554	0.931
314	15	0.007	0.743	0.099	0.750	0.849
315	16	0.349	0.056	0.320	0.405	0.725
330	17	0.283	0.167	0.129	0.450	0.579
333	18	0.181	0.693	0.113	0.875	0.988
335	19	0.510	0.312	0.000	0.821	0.821
358	20	0.420	0.506	0.062	0.926	0.987
374	21	0.909	0.043	0.032	0.952	0.984
376	22	0.875	0.108	0.005	0.984	0.988
377	23	0.860	0.114	0.005	0.973	0.978
397	24	0.841	0.074	0.007	0.915	0.923
398	25	0.844	0.068	0.076	0.912	0.988

RESULTADOS DEL ANÁLISIS CLUSTER (Puntos de Erosión, Puente Genil)

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3
P 1	G 1	3.77	3.77	26.16	17.44
P 2	G 1	2.65	2.65	25.25	15.44
P 3	G 1	2.97	2.97	25.62	16.35
P 4	G 1	1.76	1.76	24.33	15.47
P 5	G 1	3.46	3.46	25.13	17.28
P 6	G 1	6.47	6.47	25.83	19.86
P 7	G 1	0.93	0.93	23.05	13.55
P 8	G 1	2.26	2.26	21.16	13.94
P 9	G 1	1.13	1.13	23.43	14.95
P10	G 1	3.94	3.94	26.5	17.41
P11	G 1	4.33	4.33	18.5	12.01
P12	G 1	3.32	3.32	21.41	10.8
P13	G 1	7.33	7.33	22.63	9.21
P14	G 1	4.3	4.3	22.37	10.78
P15	G 1	7.86	7.86	15.86	12.97
P16	G 1	2.04	2.04	20.63	12.32
P17	G 1	3.48	3.48	20.89	10.46
P18	G 3	6.62	14.74	22.17	6.62
P19	G 3	5.07	8.76	17.32	5.07
P20	G 2	6.01	21.65	6.01	18.46
P21	G 2	6.01	25.13	6.01	14.71
P22	G 3	3.34	16.89	13.85	3.34
P23	G 3	1.86	15.2	14.09	1.86
P24	G 3	1.85	13.67	13.85	1.85
P25	G 3	2.66	15.61	13.27	2.66

3 grupos  
 Suma(CiLi)= 95.416770

G 1 : Peso= 17.00 S= 62.01 N=17  
 Coordenadas:  
 -4.789 .478  
 Puntos:  
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

G 2 : Peso= 2.00 S= 12.01 N= 2  
 Coordenadas:  
 16.225 8.980  
 Puntos:  
 20 21

G 3 : Peso= 6.00 S= 21.39 N= 6  
 Coordenadas:  
 8.165 -4.347  
 Puntos:  
 18 19 22 23 24 25

□

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3	d4
P 1	G 1	3.25	3.25	26.16	17.44	9.14
P 2	G 1	1.85	1.85	25.25	15.44	8.71
P 3	G 1	2.3	2.3	25.62	16.35	8.8
P 4	G 1	1.27	1.27	24.33	15.47	7.49
P 5	G 1	3.26	3.26	25.13	17.28	8.01
P 6	G 1	6.5	6.5	25.83	19.86	8.98
P 7	G 1	0.68	0.68	23.05	13.55	6.75
P 8	G 1	3.01	3.01	21.16	13.94	4.14
P 9	G 1	1.14	1.14	23.43	14.95	6.55
P10	G 1	3.32	3.32	26.5	17.41	9.55
P11	G 4	1.84	5.13	18.5	12.01	1.84
P12	G 1	3.49	3.49	21.41	10.8	6.64
P13	G 1	7.21	7.21	22.63	9.21	10.39
P14	G 1	4.21	4.21	22.37	10.78	8.11
P15	G 4	1.84	8.67	15.86	12.97	1.84
P16	G 1	2.8	2.8	20.63	12.32	4.28
P17	G 1	3.76	3.76	20.89	10.46	6.25
P18	G 3	6.62	14.77	22.17	6.62	15.94
P19	G 3	5.07	9.14	17.32	5.07	8.17
P20	G 2	6.01	22.45	6.01	18.46	15.61
P21	G 2	6.01	25.8	6.01	14.71	20.39
P22	G 3	3.34	17.33	13.85	3.34	14.66
P23	G 3	1.86	15.64	14.09	1.86	13.09
P24	G 3	1.85	14.14	13.85	1.85	11.41
P25	G 3	2.66	16.08	13.27	2.66	13.18

4 grupos

Suma(CiLi)= 85.140860

G 1 : Peso= 15.00 S= 48.05 N=15

Coordenadas:

-5.381 -0.074

Puntos:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 12 13 14 16 17

G 2 : Peso= 2.00 S= 12.01 N= 2

Coordenadas:

16.225 8.980

Puntos:

20 21

G 3 : Peso= 6.00 S= 21.39 N= 6

Coordenadas:

8.165 -4.347

Puntos:

18 19 22 23 24 25

G 4 : Peso= 2.00 S= 3.68 N= 2

Coordenadas:

-0.345 4.615

Puntos:

11 15

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3	d4	d5
P 1	G 1	1.96	1.96	26.16	17.44	9.14	7.57
P 2	G 1	2.1	2.1	25.25	15.44	8.71	5.38
P 3	G 1	1.63	1.63	25.62	16.35	8.8	6.38
P 4	G 1	0.59	0.59	24.33	15.47	7.49	5.77
P 5	G 1	1.6	1.6	25.13	17.28	8.01	7.81
P 6	G 1	4.89	4.89	25.83	19.86	8.98	10.99
P 7	G 1	2.34	2.34	23.05	13.55	6.75	3.87
P 8	G 1	3.12	3.12	21.16	13.94	4.14	5.95
P 9	G 1	0.84	0.84	23.43	14.95	6.55	5.59
P10	G 1	2.3	2.3	26.5	17.41	9.55	7.42
P11	G 4	1.84	5.72	18.5	12.01	1.84	6.1
P12	G 5	1.36	5.12	21.41	10.8	6.64	1.36
P13	G 5	2.9	8.84	22.63	9.21	10.39	2.9
P14	G 5	0.65	5.86	22.37	10.78	8.11	0.65
P15	G 4	1.84	8.92	15.86	12.97	1.84	9.56
P16	G 1	3.78	3.78	20.63	12.32	4.28	4.28
P17	G 5	1.59	5.35	20.89	10.46	6.25	1.59
P18	G 3	6.62	16.42	22.17	6.62	15.94	10.22
P19	G 3	5.07	10.67	17.32	5.07	8.17	5.32
P20	G 2	6.01	22.85	6.01	18.46	15.61	21.97
P21	G 2	6.01	26.89	6.01	14.71	20.39	23.16
P22	G 3	3.34	18.82	13.85	3.34	14.66	13.45
P23	G 3	1.86	17.13	14.09	1.86	13.09	11.79
P24	G 3	1.85	15.59	13.85	1.85	11.41	10.47
P25	G 3	2.66	17.53	13.27	2.66	13.18	12.36

5 grupos  
Suma(CiLi)= 68.740570

G 1 : Peso= 11.00 S= 25.15 N=11  
Coordenadas:  
-6.640 1.001  
Puntos:  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 16

G 2 : Peso= 2.00 S= 12.01 N= 2  
Coordenadas:  
16.225 8.980  
Puntos:  
20 21

G 3 : Peso= 6.00 S= 21.39 N= 6  
Coordenadas:  
8.165 -4.347  
Puntos:  
18 19 22 23 24 25

G 4 : Peso= 2.00 S= 3.68 N= 2  
Coordenadas:  
-.345 4.615  
Puntos:  
11 15

G 5 : Peso= 4.00 S= 6.50 N= 4  
Coordenadas:  
-1.920 -3.030  
Puntos:  
12 13 14 17

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3	d4	d5	d6
P 1	G 1	1.96	1.96	26.16	19.04	9.14	8.49	17.62
P 2	G 1	2.1	2.1	25.25	17.15	8.71	6.35	15.29
P 3	G 1	1.63	1.63	25.62	18.01	8.8	7.33	16.38
P 4	G 1	0.59	0.59	24.33	17.04	7.49	6.62	15.96
P 5	G 1	1.6	1.6	25.13	18.75	8.01	8.61	18.01
P 6	G 1	4.89	4.89	25.83	21.13	8.98	11.67	21.21
P 7	G 1	2.34	2.34	23.05	15.16	6.75	4.68	14.09
P 8	G 1	3.12	3.12	21.16	15.19	4.14	6.33	15.83
P 9	G 1	0.84	0.84	23.43	16.45	6.55	6.32	15.81
P10	G 1	2.3	2.3	26.5	19.06	9.55	8.37	17.34
P11	G 4	1.84	5.72	18.5	13.02	1.84	6.01	14.87
P12	G 5	1.9	5.12	21.41	12.49	6.64	1.9	11.44
P13	G 5	2.81	8.84	22.63	11.3	10.39	2.81	7.69
P14	G 5	1.71	5.86	22.37	12.63	8.11	1.71	10.57
P15	G 4	1.84	8.92	15.86	13.4	1.84	9.26	17.14
P16	G 1	3.78	3.78	20.63	13.68	4.28	4.57	14.04
P17	G 5	1.83	5.35	20.89	12.1	6.25	1.83	11.39
P18	G 6	0	16.42	22.17	8.51	15.94	9.57	0
P19	G 5	4.26	10.67	17.32	6.72	8.17	4.26	7.88
P20	G 2	6.01	22.85	6.01	17.06	15.61	21.23	24.96
P21	G 2	6.01	26.89	6.01	12.54	20.39	22.13	20.8
P22	G 3	1.6	18.82	13.85	1.6	14.66	12.4	8.82
P23	G 3	0.38	17.13	14.09	0.38	13.09	10.74	8.13
P24	G 3	1.71	15.59	13.85	1.71	11.41	9.41	8.42
P25	G 3	0.48	17.53	13.27	0.48	13.18	11.3	8.98

6 grupos

Suma(CiLi)= 57.521560

G 1 : Peso= 11.00 S= 25.15 N=11

Coordenadas:

-6.640 1.001

Puntos:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 16

G 2 : Peso= 2.00 S= 12.01 N= 2

Coordenadas:

16.225 8.980

Puntos:

20 21

G 3 : Peso= 4.00 S= 4.17 N= 4

Coordenadas:

10.082 -3.283

Puntos:

22 23 24 25

G 4 : Peso= 2.00 S= 3.68 N= 2

Coordenadas:

-.345 4.615

Puntos:

11 15

G 5 : Peso= 5.00 S= 12.50 N= 5

Coordenadas:

-.858 -2.954

Puntos:

12 13 14 17 19

G 6 : Peso= 1.00 S= .00 N= 1

Coordenadas:

5.270 -10.300

Puntos:

18

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (Puntos de Depósito, Setenil)

MATRIZ DE COVARIANZAS

	<i>A</i>	$\omega$	$\varphi$	$\Psi$	$\beta$	<i>LSF</i>	<i>wT</i>	<i>H</i>	<i>Ksat0</i>	<i>Ksat10</i>	<i>Dap0</i>	<i>Dap10</i>	<i>CC0</i>	<i>CC10</i>	<i>PMP0</i>	<i>PMP10</i>	%CaCO3	%MO	%arena	%limo	%arcilla	
<i>A</i>	1.000																					
$\omega$	-0.428	1.000																				
$\varphi$	0.185	-0.389	1.000																			
$\Psi$	0.041	-0.030	-0.033	1.000																		
$\beta$	0.156	-0.005	0.308	0.038	1.000																	
<i>LSF</i>	0.954	-0.554	0.296	0.081	0.306	1.000																
<i>wT</i>	0.796	-0.677	0.262	0.089	-0.220	0.817	1.000															
<i>H</i>	-0.251	0.223	0.009	0.296	-0.587	-0.350	-0.041	1.000														
<i>Ksat0</i>	-0.008	0.184	-0.114	-0.185	-0.276	-0.045	0.088	0.071	1.000													
<i>Ksat10</i>	-0.009	0.033	-0.052	0.182	-0.178	0.000	0.113	0.118	0.706	1.000												
<i>Dap0</i>	0.094	-0.299	0.018	-0.064	-0.195	0.106	0.252	-0.047	-0.245	-0.324	1.000											
<i>Dap10</i>	0.092	-0.246	-0.063	0.363	-0.244	0.108	0.276	0.104	-0.069	0.196	0.473	1.000										
<i>CC0</i>	0.015	0.027	0.070	0.284	-0.084	0.048	0.081	0.384	-0.066	0.127	-0.200	0.010	1.000									
<i>CC10</i>	0.014	-0.146	-0.065	0.189	-0.078	0.002	0.040	0.200	-0.608	-0.364	0.089	0.351	0.267	1.000								
<i>PMP0</i>	-0.200	0.344	0.061	0.018	-0.351	-0.282	-0.137	0.648	0.378	0.114	-0.400	-0.500	0.268	-0.345	1.000							
<i>PMP10</i>	-0.245	0.225	-0.106	0.245	-0.445	-0.317	-0.102	0.824	0.111	0.240	-0.167	0.145	0.301	0.338	0.448	1.000						
%CaCO3	0.207	-0.159	0.039	0.096	0.445	0.250	-0.031	-0.479	-0.488	-0.317	0.105	0.090	0.088	0.347	-0.534	-0.346	1.000					
%MO	-0.118	0.038	0.058	0.346	0.007	-0.157	-0.189	0.430	-0.631	-0.321	-0.097	0.100	0.261	0.626	0.060	0.435	0.427	1.000				
%arena	0.112	-0.049	-0.166	-0.246	-0.151	0.144	0.254	-0.271	0.568	0.235	0.264	0.160	-0.152	-0.406	-0.131	-0.299	-0.329	-0.854	1.000			
%limo	0.111	-0.161	0.137	0.136	0.471	0.151	-0.133	-0.366	-0.723	-0.451	-0.089	-0.070	0.055	0.428	-0.357	-0.266	0.770	0.621	-0.714	1.000		
%arcilla	-0.269	0.227	0.103	0.218	-0.247	-0.353	-0.232	0.745	-0.100	0.107	-0.289	-0.159	0.163	0.159	0.538	0.688	-0.287	0.609	-0.726	0.036	1.000	

<i>Ejes</i>	$\sigma^2$ (absoluta)	$\sigma^2$ (%)	$\sigma^2$ (% acum)
Eje 1	4.970	0.237	0.237
Eje 2	4.560	0.217	0.454
Eje 3	2.950	0.141	0.595
Eje 4	2.150	0.103	0.698
Eje 5	1.460	0.070	0.767
Eje 6	1.040	0.050	0.817
Eje 7	0.870	0.042	0.859
Eje 8	0.750	0.036	0.895
Eje 9	0.580	0.028	0.923
Eje 10	0.510	0.024	0.947
Eje 11	0.310	0.015	0.962
Eje 12	0.270	0.013	0.975
Eje 13	0.160	0.008	0.983

Ejes	$\sigma_2$ (absoluta)	$\sigma_2$ (%)	$\sigma_2$ (% acum)
Eje 14	0.110	0.006	0.988
Eje 15	0.090	0.005	0.993
Eje 16	0.050	0.003	0.996
Eje 17	0.040	0.002	0.998
Eje 18	0.020	0.001	0.999
Eje 19	0.010	0.000	1.000
Eje 20	0.000	0.000	1.000
Eje 21	0.000	0.000	1.000

MATRIZ DE AUTOVECTORES

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21
<i>A</i>	0.270	0.038	-0.306	-0.254	-0.011	-0.262	0.263	0.167	-0.183	-0.199	0.015	-0.127	0.009	-0.011	0.039	0.217	-0.487	-0.214	0.134	-0.403	0.000
$\omega$	-0.249	0.017	0.299	0.041	0.183	-0.245	0.031	0.305	-0.369	-0.415	-0.162	-0.407	-0.282	0.096	-0.108	-0.065	0.231	0.024	0.005	0.033	0.000
$\varphi$	0.091	-0.054	-0.124	-0.326	-0.258	0.547	-0.417	-0.151	-0.194	-0.158	-0.359	-0.143	-0.239	0.074	-0.075	0.012	-0.092	-0.078	0.091	0.045	0.000
$\Psi$	-0.057	-0.149	-0.232	0.015	0.442	0.177	-0.114	0.626	0.159	0.334	-0.161	0.134	-0.256	0.104	0.096	-0.058	-0.075	-0.089	0.082	0.023	0.000
$\beta$	0.220	-0.113	0.254	-0.276	0.205	0.210	-0.163	0.165	-0.470	0.008	0.286	0.270	0.272	-0.083	0.158	0.018	0.252	0.084	-0.149	-0.291	0.000
<i>LSF</i>	0.315	0.035	-0.297	-0.275	0.024	-0.147	0.117	0.129	-0.184	-0.073	0.093	0.029	0.090	0.019	-0.007	0.030	0.087	0.149	-0.039	0.771	0.000
<i>wT</i>	0.209	0.104	-0.457	-0.115	-0.121	-0.109	0.105	-0.014	0.106	0.063	-0.074	-0.080	-0.175	-0.022	-0.125	-0.325	0.594	0.101	-0.128	-0.355	0.000
<i>H</i>	-0.366	-0.070	-0.280	0.036	-0.138	-0.018	-0.105	0.125	-0.070	-0.092	-0.040	0.027	0.046	-0.325	0.042	0.172	-0.065	-0.167	-0.740	0.031	0.000
<i>Ksat0</i>	-0.128	0.389	-0.032	-0.114	0.194	0.026	0.105	-0.169	0.050	-0.261	-0.228	0.218	0.101	0.183	0.576	-0.225	0.097	-0.362	-0.017	0.055	0.000
<i>Ksat10</i>	-0.121	0.232	-0.151	-0.105	0.498	0.281	0.145	-0.285	0.128	-0.127	0.245	-0.080	-0.239	-0.036	-0.128	0.510	0.129	0.134	-0.021	-0.035	0.000
<i>Dap0</i>	0.159	0.019	-0.131	0.431	-0.328	0.131	-0.157	0.272	0.110	-0.427	0.375	0.165	-0.163	0.243	0.188	0.201	0.135	-0.031	0.080	-0.012	0.000
<i>Dap10</i>	0.078	-0.024	-0.300	0.440	0.255	0.267	-0.001	-0.004	-0.108	-0.166	-0.197	-0.316	0.558	0.030	-0.004	-0.122	-0.070	0.244	0.015	-0.052	0.000
<i>CC0</i>	-0.109	-0.111	-0.203	-0.137	0.245	-0.376	-0.676	-0.181	0.134	-0.094	0.332	-0.172	0.087	0.034	0.026	-0.158	-0.044	-0.091	0.118	-0.010	0.000
<i>CC10</i>	0.018	-0.327	-0.166	0.242	0.019	-0.223	-0.013	-0.333	-0.377	0.271	-0.161	0.001	-0.267	0.123	0.468	0.253	0.074	0.173	0.024	-0.018	0.000
<i>PMP0</i>	-0.331	0.079	-0.035	-0.315	-0.201	-0.161	-0.109	0.202	0.197	-0.048	-0.261	0.115	0.291	0.212	0.103	0.341	0.097	0.494	0.136	-0.117	0.000
<i>PMP10</i>	-0.338	-0.091	-0.245	0.059	0.039	-0.022	0.103	-0.140	-0.335	-0.078	0.055	0.502	0.018	0.393	-0.462	-0.164	-0.082	-0.044	0.063	-0.030	0.000
<i>%CaCO3</i>	0.252	-0.273	0.100	0.012	0.220	-0.117	-0.028	-0.109	0.241	-0.457	-0.255	0.378	-0.212	-0.231	-0.016	-0.154	-0.185	0.353	-0.140	-0.041	0.000
<i>%MO</i>	-0.114	-0.428	-0.090	-0.003	0.002	0.002	0.110	-0.007	0.062	-0.165	-0.146	0.107	0.197	-0.405	-0.062	0.210	0.367	-0.381	0.431	0.060	0.000
<i>%arena</i>	0.111	0.402	-0.011	0.193	0.033	-0.144	-0.243	0.032	-0.156	0.079	-0.179	0.184	-0.018	-0.229	-0.137	0.134	0.022	-0.024	0.105	-0.002	0.713
<i>%limo</i>	0.176	-0.384	0.129	-0.113	0.070	-0.005	0.099	-0.066	0.241	-0.034	-0.064	-0.146	0.136	0.503	-0.077	0.138	0.096	-0.217	-0.308	-0.003	0.491
<i>%arcilla</i>	-0.332	-0.196	-0.112	-0.165	-0.116	0.210	0.249	0.019	-0.015	-0.079	0.318	-0.120	-0.108	-0.167	0.271	-0.327	-0.126	0.247	0.153	0.006	0.500

PESOS DE LOS FACTORES

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21
<i>A</i>	0.602	0.082	-0.527	-0.373	-0.013	-0.267	0.247	0.145	-0.140	-0.142	0.008	-0.067	0.004	-0.004	0.012	0.053	-0.107	-0.033	0.014	-0.028	0.000
$\omega$	-0.556	0.035	0.514	0.061	0.222	-0.250	0.029	0.265	-0.282	-0.297	-0.091	-0.214	-0.113	0.033	-0.034	-0.016	0.051	0.004	0.001	0.002	0.000
$\varphi$	0.203	-0.116	-0.212	-0.479	-0.313	0.558	-0.391	-0.131	-0.148	-0.113	-0.201	-0.075	-0.096	0.025	-0.024	0.003	-0.020	-0.012	0.009	0.003	0.000
$\Psi$	-0.128	-0.319	-0.398	0.022	0.534	0.180	-0.107	0.544	0.121	0.238	-0.090	0.071	-0.103	0.035	0.030	-0.014	-0.017	-0.014	0.008	0.002	0.000
$\beta$	0.491	-0.242	0.437	-0.406	0.248	0.215	-0.153	0.143	-0.359	0.006	0.160	0.142	0.109	-0.028	0.050	0.005	0.056	0.013	-0.015	-0.020	0.000

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21
wT	0.466	0.223	-0.786	-0.169	-0.146	-0.112	0.098	-0.012	0.081	0.045	-0.042	-0.042	-0.070	-0.008	-0.040	-0.079	0.131	0.016	-0.013	-0.025	0.000
H	<b>-0.816</b>	-0.149	-0.481	0.052	-0.167	-0.018	-0.099	0.109	-0.053	-0.066	-0.022	0.014	0.018	-0.111	0.013	0.042	-0.014	-0.026	-0.075	0.002	0.000
Ksat0	-0.285	<b>0.830</b>	-0.055	-0.168	0.235	0.027	0.099	-0.147	0.038	-0.187	-0.128	0.115	0.041	0.062	0.182	-0.055	0.021	-0.056	-0.002	0.004	0.000
Ksat10	-0.271	0.495	-0.260	-0.155	0.602	0.287	0.136	-0.247	0.098	-0.091	0.137	-0.042	-0.096	-0.012	-0.041	0.124	0.029	0.021	-0.002	-0.002	0.000
Dap0	0.355	0.041	-0.225	0.632	-0.398	0.134	-0.148	0.236	0.085	-0.305	0.210	0.087	-0.065	0.083	0.059	0.049	0.030	-0.005	0.008	-0.001	0.000
Dap10	0.174	-0.051	-0.516	0.646	0.309	0.272	-0.001	-0.003	-0.083	-0.119	-0.110	-0.167	0.224	0.010	-0.001	-0.030	-0.016	0.038	0.002	-0.004	0.000
CC0	-0.243	-0.237	-0.349	-0.201	0.296	-0.384	-0.634	-0.157	0.102	-0.067	0.186	-0.091	0.035	0.012	0.008	-0.039	-0.010	-0.014	0.012	-0.001	0.000
CC10	0.039	<b>-0.697</b>	-0.286	0.356	0.022	-0.227	-0.012	-0.289	-0.288	0.193	-0.090	0.000	-0.107	0.042	0.148	0.062	0.016	0.027	0.002	-0.001	0.000
PMP0	<b>-0.738</b>	0.168	-0.061	-0.462	-0.243	-0.165	-0.102	0.175	0.150	-0.034	-0.146	0.061	0.117	0.072	0.032	0.083	0.021	0.077	0.014	-0.008	0.000
PMP10	<b>-0.755</b>	-0.195	-0.421	0.086	0.047	-0.022	0.097	-0.121	-0.256	-0.056	0.031	0.264	0.007	0.134	-0.146	-0.040	-0.018	-0.007	0.006	-0.002	0.000
%CaCO3	0.561	-0.583	0.173	0.017	0.266	-0.119	-0.026	-0.095	0.184	-0.327	-0.143	0.199	-0.085	-0.079	-0.005	-0.038	-0.041	0.055	-0.014	-0.003	0.000
%MO	-0.255	<b>-0.914</b>	-0.154	-0.005	0.002	0.002	0.103	-0.006	0.047	-0.118	-0.082	0.056	0.079	-0.138	-0.020	0.051	0.081	-0.059	0.044	0.004	0.000
%arena	0.248	<b>0.858</b>	-0.018	0.284	0.040	-0.147	-0.228	0.028	-0.119	0.056	-0.100	0.097	-0.007	-0.078	-0.043	0.033	0.005	-0.004	0.011	0.000	0.000
%limo	0.393	<b>-0.820</b>	0.221	-0.165	0.085	-0.005	0.093	-0.057	0.185	-0.024	-0.036	-0.077	0.054	0.171	-0.024	0.034	0.021	-0.034	-0.031	0.000	0.000
%arcilla	<b>-0.740</b>	-0.419	-0.192	-0.243	-0.141	0.214	0.234	0.017	-0.012	-0.057	0.178	-0.063	-0.043	-0.057	0.086	-0.080	-0.028	0.038	0.016	0.000	0.000

COORDENADAS DE LOS INDIVIDUOS

Orden	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21
1	-5.588	1.266	-1.887	-0.479	-1.041	-0.881	-0.131	0.338	0.928	-0.352	-0.481	-0.069	-0.311	0.078	-0.033	-0.026	0.022	-0.065	-0.027	0.008	0.000
2	-5.163	3.184	-0.364	-1.195	-2.790	-1.448	0.117	-1.096	0.354	-0.293	-0.390	0.002	0.243	-0.001	-0.027	0.066	0.041	0.034	-0.012	-0.003	0.000
3	-3.949	2.354	-2.260	0.356	-0.900	-0.175	-0.123	0.467	0.599	0.377	-0.443	-0.021	-0.015	0.045	0.028	0.039	-0.013	-0.011	0.010	0.002	0.000
4	-6.050	2.791	-1.286	-1.917	-1.164	-1.040	-0.201	0.543	0.669	0.633	-0.772	0.345	0.028	0.128	0.093	0.042	-0.009	0.023	0.024	-0.002	0.000
5	-3.754	2.008	-0.483	-0.844	-3.534	-1.134	-0.782	-0.645	0.183	-0.438	0.307	0.150	-0.011	-0.001	-0.099	0.009	-0.006	0.010	0.000	-0.001	0.000
6	-3.201	1.182	-0.332	0.467	-3.776	-1.396	-0.882	-0.349	0.184	-0.674	0.739	0.035	-0.103	-0.015	-0.199	-0.018	-0.017	-0.005	-0.002	0.002	0.000
7	-4.003	0.083	0.575	-1.533	0.377	-0.122	-0.525	0.626	-0.412	-0.481	-0.058	0.099	0.118	0.006	0.109	-0.031	0.021	-0.017	-0.024	-0.002	0.000
8	-4.384	-0.992	1.723	-2.588	0.178	1.086	-1.585	0.623	-1.556	-1.302	-0.766	-0.546	-0.330	0.130	-0.022	-0.021	0.036	-0.029	0.013	-0.009	0.000
9	-3.672	0.589	-0.782	-1.263	0.028	0.310	-0.582	0.237	0.113	-0.056	-0.098	0.432	0.325	0.035	0.193	-0.081	-0.095	-0.038	-0.008	-0.003	0.000
10	-4.865	2.985	0.566	-0.404	-2.663	-1.455	-0.274	-0.475	0.073	-0.618	0.343	0.001	0.014	-0.020	-0.054	0.005	0.002	0.010	-0.003	-0.005	0.000
11	-4.300	2.801	-1.820	-0.169	-0.739	-0.185	-0.120	0.599	0.493	0.376	-0.470	0.042	0.076	0.053	0.049	0.044	-0.009	0.013	0.016	0.000	0.000
12	-3.636	2.788	-2.058	1.213	-0.373	-0.218	0.203	0.686	0.490	0.243	-0.239	-0.158	0.110	0.010	0.015	0.039	0.022	0.010	0.003	0.000	0.000
13	-2.303	2.826	-2.649	2.194	-0.192	0.781	0.054	0.638	0.272	-0.011	-0.210	-0.459	0.120	-0.019	-0.025	0.052	0.015	0.006	0.005	0.002	0.000
14	-4.422	-1.254	2.322	-0.692	1.263	-1.280	0.059	0.999	-0.786	-0.625	0.030	-0.372	-0.086	-0.003	-0.002	-0.023	0.109	0.036	-0.011	-0.005	0.000
15	-2.860	-1.318	0.715	-1.621	0.527	0.080	-0.510	0.424	-0.566	-0.183	-0.126	-0.093	0.064	-0.052	-0.009	-0.052	-0.008	0.019	-0.006	0.001	0.000
16	-3.108	-0.421	-0.082	-1.327	0.594	0.159	-0.284	0.201	-0.153	0.072	0.046	0.272	0.282	-0.044	0.058	-0.053	-0.064	0.008	-0.009	-0.004	0.000
17	-5.032	3.111	-1.895	-0.690	1.034	-0.021	0.196	0.110	0.181	0.005	0.152	0.340	0.037	0.059	0.055	-0.089	-0.028	-0.012	-0.004	0.001	0.000
18	-4.920	3.670	-1.747	-0.895	0.549	0.121	0.015	0.280	0.281	0.016	0.163	0.242	-0.155	0.024	0.039	-0.073	-0.033	-0.021	0.002	0.004	0.000
19	-1.479	2.854	-2.827	2.819	0.063	1.217	0.048	0.648	0.102	-0.049	-0.085	-0.533	0.212	-0.042	-0.030	0.068	0.013	0.008	0.003	0.002	0.000
20	-1.668	2.463	-2.828	2.454	-0.188	0.866	0.045	0.478	0.193	0.243	-0.034	-0.339	0.166	-0.030	0.014	0.052	-0.010	-0.001	0.001	0.001	0.000
21	-5.607	4.267	-2.571	-1.105	2.593	0.798	0.592	-0.676	0.000	-0.133	0.283	0.301	-0.120	0.063	-0.020	0.063	0.005	0.008	-0.008	-0.001	0.000
22	-4.047	0.411	-0.335	-1.203	1.336	0.319	-0.013	0.009	-0.283	-0.079	0.098	0.283	0.199	0.011	-0.018	-0.033	-0.057	0.005	-0.005	-0.006	0.000
23	-1.033	-2.682	0.859	-1.973	0.098	-0.348	-0.376	0.280	-0.150	0.329	0.046	-0.081	-0.057	-0.168	0.023	-0.016	0.029	0.036	-0.006	0.005	0.000

Orden	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21
25	-0.708	-3.190	1.354	-1.850	-0.051	-0.394	-0.371	0.307	0.014	0.532	0.078	-0.059	-0.069	-0.210	0.068	0.003	-0.014	0.028	-0.001	0.004	0.000
26	-1.200	-3.195	1.430	-2.057	0.062	-0.288	-0.423	0.364	-0.334	0.600	-0.057	-0.082	0.045	-0.226	-0.054	-0.068	-0.053	0.039	-0.004	0.002	0.000
27	-5.948	5.001	-3.091	-1.565	3.500	1.409	0.762	-1.246	-0.079	-0.258	0.265	0.255	-0.243	0.082	-0.052	0.152	0.027	0.016	-0.003	-0.002	0.000
28	-5.071	4.961	-2.386	-0.980	1.972	0.989	0.389	-0.378	-0.034	-0.074	0.366	0.184	-0.258	0.017	0.010	0.029	-0.014	0.016	0.003	0.002	0.000
29	-2.000	0.825	-1.998	3.358	-0.333	-0.403	0.321	0.046	-0.322	0.407	0.163	-0.271	0.066	-0.043	0.003	0.033	-0.015	-0.012	-0.008	0.004	0.000
30	-1.239	-0.423	-2.175	3.762	-0.348	-0.303	0.214	-0.057	-0.611	0.448	0.232	-0.249	0.017	-0.055	-0.004	0.027	-0.020	-0.010	-0.011	0.004	0.000
31	-0.664	-0.110	-2.266	3.590	-0.396	0.121	-0.065	-0.094	-0.705	0.455	0.243	-0.311	-0.013	-0.070	0.009	0.042	-0.024	-0.022	-0.003	0.006	0.000
32	4.211	0.185	-7.140	1.922	-1.890	1.680	-0.618	-1.103	-0.033	1.209	0.146	-0.060	-0.129	-0.173	-0.012	-0.076	0.082	-0.030	-0.003	-0.023	0.000
33	-2.421	1.999	-1.926	0.416	1.341	1.008	0.328	0.162	0.064	-0.372	0.445	0.068	-0.045	-0.019	0.041	-0.031	0.020	0.013	0.006	0.002	0.000
34	0.012	-0.258	-1.600	1.854	-0.125	1.086	-0.093	0.897	0.127	-0.630	0.519	-0.063	-0.023	-0.025	0.085	-0.120	0.020	-0.011	0.017	0.007	0.000
35	0.012	-4.241	2.355	-1.590	-0.139	-0.142	-0.467	0.429	0.300	0.385	0.160	-0.081	-0.269	-0.176	0.172	0.064	-0.023	-0.020	0.017	-0.006	0.000
36	0.324	-4.845	2.313	-1.292	0.027	-0.243	-0.182	0.522	0.202	0.360	0.371	0.160	-0.170	-0.103	0.099	0.043	-0.011	-0.013	0.015	-0.004	0.000
37	-0.564	-2.690	0.728	-0.570	0.636	0.851	0.215	0.164	0.073	0.016	0.199	0.040	0.176	-0.141	-0.062	-0.042	-0.066	-0.011	0.004	-0.002	0.000
38	1.668	-7.987	-0.737	2.195	0.295	0.493	0.127	-0.370	0.010	-0.987	-0.191	0.268	0.073	-0.186	0.023	0.052	0.042	-0.026	0.010	0.004	0.000
39	-1.484	-5.353	-2.533	4.342	-0.199	-0.575	0.217	-0.500	-1.425	0.293	-0.288	-0.051	-0.171	0.138	-0.027	-0.044	-0.054	0.011	0.002	0.004	0.000
40	-0.653	-10.158	-2.522	5.023	0.346	-1.556	0.966	-1.080	-1.363	0.153	-0.385	0.541	-0.089	0.172	-0.009	-0.084	-0.012	0.027	0.009	0.000	0.000
41	2.338	-11.583	-0.288	2.454	0.748	-0.247	0.736	-0.372	0.654	-1.349	-0.318	0.655	0.255	-0.247	0.018	0.074	0.101	-0.020	0.004	0.000	0.000
42	1.344	-3.615	1.394	-0.379	-0.228	-0.627	-0.189	0.345	0.345	0.315	0.204	0.372	-0.252	0.114	-0.175	-0.025	-0.023	-0.010	0.010	0.003	0.000
43	-0.963	-4.454	2.211	-2.596	1.420	1.019	0.800	0.145	-0.087	0.178	-0.214	-0.190	0.082	-0.164	-0.292	-0.032	-0.017	-0.007	-0.002	0.001	0.000
44	-0.594	-4.073	2.257	-2.219	1.314	0.328	1.148	-0.309	0.656	0.603	-0.370	-0.153	-0.024	-0.021	-0.404	0.024	-0.048	-0.030	0.002	0.000	0.000
45	-1.657	-7.597	1.717	-3.110	-0.449	0.777	0.933	-0.162	-0.421	0.691	0.242	-0.457	0.402	0.301	0.036	-0.033	0.055	-0.027	-0.001	0.001	0.000
46	7.212	-2.052	1.117	2.489	-0.402	1.318	-0.927	0.924	0.942	-0.678	0.236	0.004	0.069	0.235	-0.091	0.035	-0.036	0.012	0.002	-0.002	0.000
47	6.902	0.150	2.101	2.801	0.287	1.160	-0.908	1.528	0.418	-0.710	0.369	0.016	0.093	0.151	-0.097	-0.007	-0.036	0.046	-0.001	-0.005	0.000
48	3.281	3.697	2.662	-0.031	-0.114	-0.211	-0.282	-1.760	-0.148	-0.220	0.126	-0.243	0.057	0.045	0.057	-0.004	-0.036	0.049	0.018	-0.002	0.000
49	2.176	-6.259	2.086	-0.259	0.508	-0.377	0.294	-0.126	0.613	0.336	-0.117	-0.092	-0.004	0.144	-0.035	0.002	-0.039	0.021	0.004	-0.004	0.000
50	0.511	-7.603	2.259	-3.585	-1.670	0.361	0.528	-0.195	-0.370	0.781	0.726	0.105	0.129	0.296	0.088	0.088	0.128	-0.026	0.003	0.004	0.000
51	4.537	-6.866	2.578	0.424	0.268	-0.310	-0.223	-0.651	0.591	-0.217	-0.034	-0.164	-0.081	0.097	0.033	0.042	-0.035	0.016	-0.022	-0.005	0.000
52	7.308	-6.849	1.918	1.329	0.214	0.148	-1.047	-0.858	0.914	0.077	-0.147	-0.285	-0.299	0.061	0.225	0.074	-0.108	-0.012	-0.020	0.000	0.000
53	13.846	1.323	-5.986	-2.291	-0.887	1.603	-0.852	-0.551	0.906	0.372	-0.400	0.247	-0.097	0.048	-0.067	-0.145	0.115	0.041	-0.008	0.007	0.000
54	5.902	2.745	1.606	0.426	2.422	0.448	-0.560	0.089	0.257	0.030	-0.294	-0.047	-0.002	0.074	0.104	-0.055	0.046	0.005	-0.004	0.005	0.000
55	3.386	5.787	3.206	-0.395	1.344	-0.342	0.009	-2.028	-0.120	-0.292	-0.119	-0.302	0.174	-0.033	0.079	-0.012	0.012	0.003	-0.003	0.001	0.000
56	4.071	6.566	6.092	0.733	-2.718	1.889	2.851	0.202	-0.538	0.096	-0.260	0.244	-0.134	-0.056	0.081	0.037	-0.018	0.032	-0.011	0.001	0.000
57	3.925	6.229	3.666	-0.355	0.035	-0.444	-0.453	-1.276	0.002	-0.320	0.122	-0.241	0.037	-0.021	-0.007	-0.077	0.007	-0.033	0.021	0.005	0.000
58	4.481	6.761	3.076	-0.524	0.691	-0.091	-0.505	-1.997	0.054	-0.135	-0.185	-0.184	0.119	-0.053	0.008	-0.015	-0.024	-0.036	0.010	0.004	0.000
59	20.358	2.565	-10.583	-5.960	0.110	-2.662	1.955	1.044	-0.840	-0.726	0.092	-0.200	0.032	-0.005	0.024	0.060	-0.072	-0.014	0.003	-0.002	0.000
60	2.153	6.813	4.309	4.238	3.807	-3.984	1.246	0.878	1.020	0.546	0.210	-0.145	-0.036	0.027	-0.007	-0.077	0.088	-0.014	0.000	-0.008	0.000
61	4.319	7.410	6.995	1.299	-3.275	1.439	2.705	0.843	-0.354	-0.161	-0.180	0.281	-0.158	-0.026	0.036	-0.047	0.002	-0.025	-0.002	-0.003	0.000
62	9.880	8.913	3.971	1.170	0.878	-0.515	-3.068	0.870	-1.577	0.899	-0.124	0.764	0.126	-0.014	-0.134	0.137	0.033	-0.025	-0.006	0.002	0.000

EXAMEN DE LA CALIDAD DE LA REPRESENTACIÓN

Código	Orden	$\cos^2(\text{eje1})$	$\cos^2(\text{eje2})$	$\cos^2/\text{Sumcos}^2(E1-2)$
33	1	0.763	0.039	0.802
150	2	0.514	0.195	0.709
195	3	0.501	0.178	0.679
197	4	0.630	0.134	0.764
201	5	0.359	0.103	0.462
202	6	0.283	0.039	0.322
208	7	0.594	0.000	0.594
209	8	0.408	0.021	0.429
211	9	0.521	0.013	0.534
217	10	0.446	0.168	0.614
221	11	0.438	0.186	0.623
222	12	0.332	0.195	0.528
244	13	0.134	0.202	0.336
258	14	0.421	0.034	0.455
260	15	0.280	0.060	0.340
261	16	0.341	0.006	0.348
265	17	0.441	0.169	0.610
266	18	0.403	0.224	0.627
273	19	0.046	0.171	0.217
274	20	0.063	0.137	0.200
302	21	0.362	0.210	0.572
305	22	0.388	0.004	0.392
309	23	0.029	0.198	0.227
310	24	0.000	0.290	0.290
311	25	0.012	0.244	0.256
312	26	0.032	0.228	0.260
318	27	0.305	0.215	0.520
319	28	0.284	0.272	0.557
329	<b>29</b>	<b>0.081</b>	<b>0.014</b>	<b>0.094</b>
344	<b>30</b>	<b>0.030</b>	<b>0.003</b>	<b>0.033</b>
345	<b>31</b>	<b>0.009</b>	<b>0.000</b>	<b>0.009</b>
347	<b>32</b>	<b>0.156</b>	<b>0.000</b>	<b>0.156</b>
375	<b>33</b>	<b>0.117</b>	<b>0.080</b>	<b>0.197</b>
411	<b>34</b>	<b>0.000</b>	<b>0.002</b>	<b>0.002</b>
418	35	0.000	0.291	0.291
428	36	0.002	0.349	0.350
432	<b>37</b>	<b>0.007</b>	<b>0.155</b>	<b>0.162</b>
442	38	0.025	0.572	0.597
447	39	0.022	0.292	0.315

Código	Orden	<i>cos2(eje1)</i>	<i>cos2(eje2)</i>	<i>cos2/Sumcos2(E1-2)</i>
458	40	0.002	0.566	0.569
460	41	0.029	0.703	0.731
488	42	0.030	0.218	0.248
523	43	0.012	0.250	0.262
607	44	0.005	0.220	0.225
625	45	0.023	0.477	0.500
637	46	0.453	0.037	0.490
639	47	0.424	0.000	0.424
648	48	0.130	0.165	0.295
659	49	0.048	0.398	0.446
677	50	0.002	0.442	0.444
682	51	0.163	0.372	0.535
684	52	0.332	0.292	0.624
688	53	0.654	0.006	0.660
689	54	0.330	0.071	0.401
691	55	0.098	0.287	0.385
696	56	0.096	0.249	0.345
697	57	0.121	0.306	0.427
698	58	0.145	0.330	0.476
701	59	0.647	0.010	0.657
723	60	0.026	0.256	0.281
726	61	0.090	0.266	0.357
753	62	0.360	0.293	0.653

RESULTADOS DEL ANÁLISIS CLUSTER (Puntos de Depósito, Setenil)

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3	d4
P 1	G 1	1.63	1.63	20.5	9.42	10.63
P 2	G 1	1.59	1.59	19.89	10.69	9.8
P 3	G 1	0.41	0.41	18.74	9.35	8.76
P 4	G 1	2.09	2.09	20.8	10.89	10.74
P 5	G 1	0.37	0.37	18.59	8.95	8.66
P 6	G 1	1.22	1.22	18.16	7.96	8.41
P 7	G 1	1.9	1.9	19.16	7.49	9.6
P 8	G 1	2.99	2.99	19.79	6.96	10.45
P 9	G 1	1.47	1.47	18.73	7.71	9.08
P10	G 1	1.24	1.24	19.6	10.36	9.54
P11	G 1	0.84	0.84	19.05	9.91	9.01
P12	G 1	0.94	0.94	18.39	9.59	8.36
P13	G 1	2.01	2.01	17.06	9.1	7.05
P14	G 1	3.25	3.25	19.9	6.81	10.62
P15	G 1	3.54	3.54	18.42	5.69	9.38
P16	G 1	2.61	2.61	18.41	6.55	9.07
P17	G 1	1.45	1.45	19.76	10.56	9.68
P18	G 1	1.86	1.86	19.62	10.98	9.51
P19	G 1	2.79	2.79	16.24	8.9	6.24
P20	G 1	2.5	2.5	16.46	8.57	6.53
P21	G 1	2.72	2.72	20.3	11.84	10.17
P22	G 1	1.57	1.57	19.13	7.78	9.49
P23	G 3	3.53	5.6	17.19	3.53	9.03
P24	G 3	2.37	6.89	16.57	2.37	9.1
P25	G 3	2.93	6.2	17.11	2.93	9.25
P26	G 3	3.19	5.95	17.56	3.19	9.54
P27	G 1	3.52	3.52	20.66	12.65	10.53
P28	G 1	3.12	3.12	19.78	12.18	9.65
P29	G 3	1.67	7.47	16.97	1.67	9.78
P30	G 3	1	8.15	17.02	1	10.18
P31	G 3	2.42	11.53	17.88	2.42	12.73
P32	G 3	2.19	7.8	18.82	2.19	11.48
P33	G 3	4.57	12.63	21.06	4.57	15.47
P34	G 3	6.04	15.03	20.1	6.04	16.15
P35	G 3	2.27	7.83	15.5	2.27	8.65
P36	G 3	2.1	7.17	17.92	2.1	10.45
P37	G 3	2.12	7.01	17.42	2.12	9.93
P38	G 3	2.95	9.89	20.2	2.95	13.52
P39	G 4	6.98	12.04	9.79	7.53	6.98
P40	G 4	4.86	11.18	8.81	8.61	4.86

4 grupos  
Suma(CiDi)= 146.987200

G 1 : Peso= 24.00 S= 47.64 N=24

Coordenadas:

-4.126 1.984

Puntos:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 27 28

G 2 : Peso= 3.00 S= 15.67 N= 3

Coordenadas:

14.695 4.267

Puntos:

46 52 55

G 3 : Peso= 18.00 S= 53.52 N=18

Coordenadas:

.666 -5.780

Puntos:

23 24 25 26 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 42 43 44 45

G 4 : Peso= 10.00 S= 30.16 N=10

Coordenadas:

4.563 4.411

Puntos:

39 40 41 47 48 49 50 51 53 54

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3	d4
P41	G 4	1.47	7.6	11.43	9.83	1.47
P42	G 3	1.58	10.38	16.36	1.58	10.93
P43	G 3	1.83	10.65	18.5	1.83	12.68
P44	G 3	4.02	12.38	15.07	4.02	11.28
P45	G 3	6.73	14.45	13.35	6.73	11.59
P46	G 2	3.06	17.98	3.06	14.97	9.78
P47	G 4	2.14	10.06	8.92	10.01	2.14
P48	G 4	1.81	8.42	11.41	11.88	1.81
P49	G 4	2.21	9.39	10.87	12.81	2.21
P50	G 4	1.93	9.1	10.95	12.44	1.93
P51	G 4	2.35	9.84	10.51	13.11	2.35
P52	G 2	5.91	24.49	5.91	21.39	15.9
P53	G 4	3.4	7.92	12.8	12.68	3.4
P54	G 4	3.01	10.04	10.84	13.69	3.01
P55	G 2	6.69	15.63	6.69	17.34	6.97

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3	d4	d5
P 1	G 1	1.63	1.63	20.5	9.12	10.53	13.4
P 2	G 1	1.59	1.59	19.89	10.43	9.46	13.73
P 3	G 1	0.41	0.41	18.74	9.11	8.59	12.28
P 4	G 1	2.09	2.09	20.8	10.6	10.42	14.37
P 5	G 1	0.37	0.37	18.59	8.71	8.56	11.96
P 6	G 1	1.22	1.22	18.16	7.73	8.48	11.12
P 7	G 1	1.9	1.9	19.16	7.21	9.76	11.54
P 8	G 1	2.99	2.99	19.79	6.64	10.71	11.68
P 9	G 1	1.47	1.47	18.73	7.44	9.2	11.37
P10	G 1	1.24	1.24	19.6	10.11	9.23	13.38
P11	G 1	0.84	0.84	19.05	9.67	8.75	12.79
P12	G 1	0.94	0.94	18.39	9.36	8.13	12.19
P13	G 1	2.01	2.01	17.06	8.92	6.89	11.05
P14	G 1	3.25	3.25	19.9	6.48	10.91	11.68
P15	G 1	3.54	3.54	18.42	5.4	9.81	10.13
P16	G 1	2.61	2.61	18.41	6.28	9.37	10.55
P17	G 1	1.45	1.45	19.76	10.3	9.35	13.58
P18	G 1	1.86	1.86	19.62	10.73	9.1	13.74
P19	G 1	2.79	2.79	16.24	8.75	6.14	10.37
P20	G 1	2.5	2.5	16.46	8.41	6.5	10.32
P21	G 1	2.72	2.72	20.3	11.59	9.66	14.63
P22	G 1	1.57	1.57	19.13	7.5	9.61	11.67
P23	G 3	3.31	5.6	17.19	3.31	9.79	8.18
P24	G 3	2.23	6.89	16.57	2.23	10.03	7.11
P25	G 3	2.71	6.2	17.11	2.71	10.08	7.85
P26	G 3	2.92	5.95	17.56	2.92	10.32	8.35
P27	G 1	3.52	3.52	20.66	12.39	9.92	15.3
P28	G 1	3.12	3.12	19.78	11.94	9.05	14.53
P29	G 3	1.5	7.47	16.97	1.5	10.74	7.25
P30	G 3	0.87	8.15	17.02	0.87	11.2	7.08
P31	G 3	2.66	11.53	17.88	2.66	13.92	7.46
P32	G 3	1.8	7.8	18.82	1.8	12.36	8.96
P33	G 3	4.54	12.63	21.06	4.54	16.56	10.64
P34	G 3	6.22	15.03	20.1	6.22	17.41	9.91
P35	G 3	2.36	7.83	15.5	2.36	9.72	5.84
P36	G 3	1.77	7.17	17.92	1.77	11.32	8.25
P37	G 3	1.86	7.01	17.42	1.86	10.82	7.82
P38	G 3	2.7	9.89	20.2	2.7	14.47	9.97
P39	G 5	0.87	12.04	9.79	7.85	8.46	0.87
P40	G 5	3.08	11.18	8.81	8.85	6.34	3.08
P41	G 4	2.16	7.6	11.43	9.88	2.16	7.66
P42	G 3	1.98	10.38	16.36	1.98	12.14	5.98

5 grupos

$$\text{Suma}(\text{CiDi}) = 129.454000$$

$$\text{G 1 : Peso} = 24.00 \quad \text{S} = 47.64 \quad \text{N} = 24$$

Coordenadas:

$$-4.126 \quad 1.984$$

Puntos:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 27 28

$$\text{G 2 : Peso} = 3.00 \quad \text{S} = 15.67 \quad \text{N} = 3$$

Coordenadas:

$$14.695 \quad 4.267$$

Puntos:

46 52 55

$$\text{G 3 : Peso} = 17.00 \quad \text{S} = 45.73 \quad \text{N} = 17$$

Coordenadas:

$$.275 \quad -5.717$$

Puntos:

23 24 25 26 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 42 43 44

$$\text{G 4 : Peso} = 8.00 \quad \text{S} = 12.53 \quad \text{N} = 8$$

Coordenadas:

$$3.940 \quad 5.751$$

Puntos:

41 47 48 49 50 51 53 54

$$\text{G 5 : Peso} = 3.00 \quad \text{S} = 7.88 \quad \text{N} = 3$$

Coordenadas:

$$7.141 \quad -2.917$$

Puntos:

39 40 45

□

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3	d4	d5
P43	G 3	1.9	10.65	18.5	1.9	13.79	8.12
P44	G 3	4.41	12.38	15.07	4.41	12.63	4.73
P45	G 5	3.94	14.45	13.35	7.12	13.04	3.94
P46	G 2	3.06	17.98	3.06	15.29	10.85	7.93
P47	G 4	3.59	10.06	8.92	10.16	3.59	5.8
P48	G 4	0.55	8.42	11.41	11.92	0.55	9.48
P49	G 4	0.83	9.39	10.87	12.86	0.83	9.97
P50	G 4	0.48	9.1	10.95	12.49	0.48	9.69
P51	G 4	1.15	9.84	10.51	13.17	1.15	10.04
P52	G 2	5.91	24.49	5.91	21.72	16.72	14.31
P53	G 4	2.08	7.92	12.8	12.67	2.08	10.93
P54	G 4	1.7	10.04	10.84	13.74	1.7	10.71
P55	G 2	6.69	15.63	6.69	17.5	6.73	12.14

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3	d4	d5	d6
P 1	G 1	1.63	1.63	22.7	9.12	10.53	13.4	17.26
P 2	G 1	1.59	1.59	22.3	10.43	9.46	13.73	16.1
P 3	G 1	0.41	0.41	21.05	9.11	8.59	12.28	15.31
P 4	G 1	2.09	2.09	23.17	10.6	10.42	14.37	17.07
P 5	G 1	0.37	0.37	20.86	8.71	8.56	11.96	15.28
P 6	G 1	1.22	1.22	20.32	7.73	8.48	11.12	15.19
P 7	G 1	1.9	1.9	21.19	7.21	9.76	11.54	16.45
P 8	G 1	2.99	2.99	21.69	6.64	10.71	11.68	17.37
P 9	G 1	1.47	1.47	20.82	7.44	9.2	11.37	15.9
P10	G 1	1.24	1.24	21.99	10.11	9.23	13.38	15.89
P11	G 1	0.84	0.84	21.42	9.67	8.75	12.79	15.44
P12	G 1	0.94	0.94	20.76	9.36	8.13	12.19	14.84
P13	G 1	2.01	2.01	19.43	8.92	6.89	11.05	13.62
P14	G 1	3.25	3.25	21.76	6.48	10.91	11.68	17.55
P15	G 1	3.54	3.54	20.23	5.4	9.81	10.13	16.34
P16	G 1	2.61	2.61	20.35	6.28	9.37	10.55	15.99
P17	G 1	1.45	1.45	22.16	10.3	9.35	13.58	16
P18	G 1	1.86	1.86	22.09	10.73	9.1	13.74	15.7
P19	G 1	2.79	2.79	18.6	8.75	6.14	10.37	12.87
P20	G 1	2.5	2.5	18.78	8.41	6.5	10.32	13.23
P21	G 1	2.72	2.72	22.83	11.59	9.66	14.63	16.17
P22	G 1	1.57	1.57	21.2	7.5	9.61	11.67	16.32
P23	G 3	3.31	5.6	18.72	3.31	9.79	8.18	15.92
P24	G 3	2.23	6.89	17.89	2.23	10.03	7.11	15.83
P25	G 3	2.71	6.2	18.54	2.71	10.08	7.85	16.08
P26	G 3	2.92	5.95	19.01	2.92	10.32	8.35	16.41
P27	G 1	3.52	3.52	23.25	12.39	9.92	15.3	16.3
P28	G 1	3.12	3.12	22.38	11.94	9.05	14.53	15.46
P29	G 3	1.5	7.47	18.17	1.5	10.74	7.25	16.44
P30	G 3	0.87	8.15	18.1	0.87	11.2	7.08	16.75
P31	G 3	2.66	11.53	18.35	2.66	13.92	7.46	18.79
P32	G 3	1.8	7.8	19.97	1.8	12.36	8.96	18.24
P33	G 3	4.54	12.63	21.49	4.54	16.56	10.64	21.79
P34	G 3	6.22	15.03	20.02	6.22	17.41	9.91	21.84
P35	G 3	2.36	7.83	16.71	2.36	9.72	5.84	15.16
P36	G 3	1.77	7.17	19.16	1.77	11.32	8.25	17.21
P37	G 3	1.86	7.01	18.69	1.86	10.82	7.82	16.68
P38	G 3	2.7	9.89	21.05	2.7	14.47	9.97	20.14
P39	G 5	0.87	12.04	10.67	7.85	8.46	0.87	11.28
P40	G 5	3.08	11.18	10.36	8.85	6.34	3.08	9.26
P41	G 4	2.16	7.6	13.93	9.88	2.16	7.66	8.41
P42	G 3	1.98	10.38	17.03	1.98	12.14	5.98	17.02

6 grupos	
Suma(CiDi)=	120.415200
G 1 : Peso=	24.00 S= 47.64 N=24
Coordenadas:	-4.126 1.984
Puntos:	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 27 28
G 2 : Peso=	2.00 S= 6.63 N= 2
Coordenadas:	17.102 1.944
Puntos:	46 52
G 3 : Peso=	17.00 S= 45.73 N=17
Coordenadas:	.275 -5.717
Puntos:	23 24 25 26 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 42 43 44
G 4 : Peso=	8.00 S= 12.53 N= 8
Coordenadas:	3.940 5.751
Puntos:	41 47 48 49 50 51 53 54
G 5 : Peso=	3.00 S= 7.88 N= 3
Coordenadas:	7.141 -2.917
Puntos:	39 40 45
G 6 : Peso=	1.00 S= .00 N= 1
Coordenadas:	9.880 8.913
Puntos:	55

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3	d4	d5	d6
P43	G 3	1.9	10.65	19.14	1.9	13.79	8.12	18.99
P44	G 3	4.41	12.38	15.35	4.41	12.63	4.73	16.66
P45	G 5	3.94	14.45	13.16	7.12	13.04	3.94	15.97
P46	G 2	3.31	17.98	3.31	15.29	10.85	7.93	8.56
P47	G 4	3.59	10.06	11.23	10.16	3.59	5.8	7.34
P48	G 4	0.55	8.42	14.24	11.92	0.55	9.48	7.21
P49	G 4	0.83	9.39	13.83	12.86	0.83	9.97	6.27
P50	G 4	0.48	9.1	13.86	12.49	0.48	9.69	6.53
P51	G 4	1.15	9.84	13.51	13.17	1.15	10.04	5.81
P52	G 2	3.31	24.49	3.31	21.72	16.72	14.31	12.25
P53	G 4	2.08	7.92	15.72	12.67	2.08	10.93	8.01
P54	G 4	1.7	10.04	13.9	13.74	1.7	10.71	5.76
P55	G 6	0	15.63	10.04	17.5	6.73	12.14	0

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (Puntos de Erosión, Puente Genil)

MATRIZ DE COVARIANZAS

	<i>A</i>	<i>wT</i>	<i>LSF</i>	$\omega$	$\varphi$	$\Psi$	$\beta$	<i>H</i>	%CaCO3	%M.O.	%arena	%limo	%arcilla	<i>Dap10</i>	<i>Dap0</i>	<i>CC10</i>	<i>CC0</i>	<i>PMP10</i>	<i>PMP0</i>	<i>Ksat10</i>	<i>Ksat0</i>	
<i>A</i>	1.000																					
<i>wT</i>	0.654	1.000																				
<i>LSF</i>	0.827	0.253	1.000																			
$\omega$	-0.606	-0.308	-0.735	1.000																		
$\varphi$	0.622	0.311	0.699	-0.764	1.000																	
$\Psi$	0.087	-0.157	0.270	0.062	0.085	1.000																
$\beta$	0.104	-0.640	0.557	-0.269	0.219	0.304	1.000															
<i>H</i>	-0.203	0.074	-0.380	0.254	-0.278	-0.518	-0.288	1.000														
%CaCO3	0.048	0.314	-0.136	0.033	-0.104	-0.521	-0.334	0.795	1.000													
%M.O.	0.075	0.015	-0.081	0.062	-0.084	-0.187	-0.058	0.185	-0.042	1.000												
%arena	-0.094	0.283	-0.408	0.135	-0.177	-0.760	-0.557	0.439	0.576	0.274	1.000											
%limo	0.163	-0.244	0.448	-0.156	0.178	0.735	0.561	-0.367	-0.537	-0.092	-0.974	1.000										
%arcilla	0.024	-0.312	0.368	-0.125	0.186	0.716	0.542	-0.487	-0.555	-0.487	-0.963	0.880	1.000									
<i>Dap10</i>	0.180	-0.091	0.409	-0.242	0.334	0.607	0.351	-0.552	-0.420	-0.250	-0.542	0.513	0.546	1.000								
<i>Dap0</i>	-0.043	-0.307	0.302	-0.130	0.155	0.717	0.470	-0.605	-0.621	-0.435	-0.884	0.797	0.925	0.732	1.000							
<i>CC10</i>	0.356	0.004	0.338	-0.237	0.262	-0.317	0.315	0.272	0.188	0.467	0.030	0.087	-0.132	0.009	-0.176	1.000						
<i>CC0</i>	0.378	0.064	0.433	-0.418	0.449	-0.179	0.293	-0.055	0.121	-0.115	0.022	-0.011	0.005	0.427	0.026	0.634	1.000					
<i>PMP10</i>	0.116	-0.043	-0.034	-0.058	-0.087	-0.519	0.082	0.360	0.218	0.567	0.391	-0.272	-0.493	-0.221	-0.518	0.704	0.515	1.000				
<i>PMP0</i>	0.273	0.002	0.235	-0.211	0.225	-0.343	0.235	0.325	0.338	0.199	0.158	-0.081	-0.204	0.183	-0.210	0.840	0.867	0.767	1.000			
<i>Ksat10</i>	0.077	-0.288	0.353	-0.120	0.194	0.741	0.516	-0.532	-0.624	-0.160	-0.843	0.833	0.796	0.827	0.880	0.013	0.152	-0.240	0.027	1.000		
<i>Ksat0</i>	0.006	0.136	-0.237	0.283	-0.167	-0.379	-0.227	0.897	0.776	0.300	0.464	-0.367	-0.539	-0.518	-0.691	0.355	0.000	0.412	0.386	-0.510	1.000	

Ejes	$\sigma^2$ (absoluta)	$\sigma^2$ (%)	$\sigma^2$ (% acum)
Eje 1	8.040	0.383	0.383
Eje 2	4.550	0.217	0.600
Eje 3	2.600	0.124	0.724
Eje 4	1.470	0.070	0.795
Eje 5	1.350	0.064	0.859
Eje 6	1.050	0.050	0.909
Eje 7	0.530	0.025	0.935
Eje 8	0.490	0.023	0.958
Eje 9	0.310	0.015	0.973
Eje 10	0.230	0.011	0.984
Eje 11	0.140	0.007	0.991
Eje 12	0.060	0.003	0.994
Eje 13	0.040	0.002	0.996
Eje 14	0.030	0.001	0.998
Eje 15	0.020	0.001	0.999
Eje 16	0.010	0.001	0.999
Eje 17	0.000	0.000	1.000
Eje 18	0.000	0.000	1.000
Eje 19	0.000	0.000	1.000
Eje 20	0.000	0.000	1.000
Eje 21	0.000	0.000	1.000

MATRIZ DE AUTOVECTORES

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21
<i>A</i>	0.053	0.334	-0.318	0.073	0.259	-0.077	-0.032	-0.405	-0.046	-0.002	-0.236	0.183	-0.102	-0.094	-0.619	-0.077	0.098	-0.053	-0.122	-0.119	0.031
<i>wT</i>	-0.090	0.129	-0.472	0.123	0.151	-0.401	0.275	-0.088	0.076	0.038	-0.070	-0.077	0.011	0.177	0.492	-0.149	0.311	-0.053	0.216	-0.072	0.081
<i>LSF</i>	0.175	0.331	-0.194	0.077	0.140	0.219	-0.167	-0.279	0.124	0.153	-0.043	-0.269	0.000	0.151	0.280	0.112	-0.506	0.233	-0.120	0.273	-0.139
$\omega$	-0.092	-0.308	0.279	0.077	0.037	-0.314	-0.099	-0.375	-0.491	0.267	-0.216	-0.213	0.260	0.251	-0.037	-0.090	-0.123	-0.059	0.027	-0.008	-0.011
$\phi$	0.110	0.301	-0.280	0.002	-0.024	0.161	-0.155	0.539	-0.544	-0.086	-0.122	0.009	0.258	0.229	-0.056	-0.050	-0.074	-0.133	0.107	-0.023	0.024
$\Psi$	0.279	-0.099	0.003	0.154	0.207	-0.248	-0.418	-0.096	-0.116	-0.330	0.518	0.189	-0.246	0.103	0.082	-0.161	-0.178	-0.056	0.124	-0.129	0.060
$\beta$	0.199	0.159	0.287	-0.006	0.008	0.501	-0.296	-0.240	0.078	0.074	-0.172	-0.024	-0.019	0.119	0.212	-0.231	0.425	-0.154	0.224	-0.186	0.116
<i>H</i>	-0.258	0.021	0.172	0.455	0.062	0.034	0.078	0.275	0.152	-0.079	-0.234	-0.306	-0.443	0.238	-0.133	-0.253	-0.209	-0.006	-0.028	-0.230	0.032
<i>%CaCO3</i>	-0.253	0.087	-0.046	0.468	-0.146	0.030	-0.173	0.002	0.334	0.215	0.316	0.156	0.562	0.104	-0.122	-0.022	-0.023	-0.081	-0.025	-0.151	-0.024
<i>%M.O.</i>	-0.125	0.099	0.174	-0.350	0.596	-0.127	-0.170	0.275	0.131	0.183	0.165	-0.163	0.138	0.128	-0.085	-0.176	0.214	0.279	-0.209	0.004	-0.024
<i>%arena</i>	-0.319	0.006	-0.118	-0.213	-0.161	-0.020	-0.261	-0.022	0.027	0.104	-0.072	0.142	-0.107	0.023	0.116	-0.071	-0.161	-0.057	-0.245	0.077	0.763
<i>%limo</i>	0.298	0.037	0.148	0.203	0.291	-0.017	0.224	0.053	0.072	-0.098	0.079	-0.374	0.241	-0.307	-0.086	0.045	-0.053	-0.353	0.060	0.231	0.450
<i>%arcilla</i>	0.323	-0.038	0.077	0.224	-0.023	0.084	0.288	-0.030	-0.135	-0.050	0.068	0.089	0.055	0.303	0.002	0.289	0.168	0.502	-0.281	-0.248	0.340
<i>Dap10</i>	0.260	0.114	0.027	-0.038	-0.247	-0.414	-0.384	0.161	0.243	0.175	-0.147	-0.236	-0.139	0.132	-0.142	0.489	0.162	-0.087	0.111	-0.045	0.021
<i>Dap0</i>	0.333	-0.054	0.064	0.074	-0.116	-0.074	0.162	0.111	0.125	0.263	0.002	0.309	-0.127	0.372	-0.101	-0.329	0.078	-0.184	-0.183	0.539	-0.050
<i>CC10</i>	-0.059	0.373	0.269	-0.007	0.142	-0.035	0.243	0.043	-0.208	0.510	0.220	0.252	-0.252	-0.098	0.144	0.229	-0.157	-0.249	0.050	-0.231	-0.009
<i>CC0</i>	0.021	0.381	0.101	-0.047	-0.419	-0.164	0.030	-0.106	-0.165	-0.141	0.258	-0.350	-0.012	-0.126	0.067	-0.268	0.166	-0.083	-0.495	-0.072	-0.118
<i>PMP10</i>	-0.172	0.266	0.297	-0.241	0.067	-0.093	0.167	-0.141	0.174	-0.515	-0.100	0.163	0.178	0.446	0.020	0.214	-0.130	-0.255	-0.010	0.023	-0.031
<i>PMP0</i>	-0.080	0.378	0.270	0.049	-0.205	-0.198	0.041	-0.016	-0.045	-0.044	0.014	0.081	0.032	-0.127	-0.120	-0.201	-0.031	0.498	0.514	0.268	0.154
<i>Ksat10</i>	0.312	0.039	0.160	0.027	0.029	-0.263	-0.070	0.154	0.166	-0.032	-0.457	0.298	0.228	-0.311	0.252	-0.225	-0.241	0.068	-0.204	-0.283	-0.058
<i>Ksat0</i>	-0.254	0.078	0.150	0.434	0.192	-0.035	-0.255	0.048	-0.200	-0.161	-0.160	0.187	-0.086	-0.186	0.217	0.276	0.313	0.016	-0.243	0.394	-0.095

PESOS DE LOS FACTORES

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21
<i>A</i>	0.150	<b>0.713</b>	-0.513	0.088	0.301	-0.079	-0.023	-0.284	-0.026	-0.001	-0.088	0.046	-0.023	-0.016	-0.094	-0.009	0.009	-0.003	-0.004	-0.003	0.000
<i>wT</i>	-0.256	0.276	-0.762	0.150	0.175	-0.412	0.200	-0.062	0.043	0.018	-0.026	-0.019	0.003	0.031	0.075	-0.017	0.027	-0.003	0.007	-0.002	0.000
<i>LSF</i>	0.495	<b>0.706</b>	-0.313	0.094	0.163	0.226	-0.122	-0.195	0.070	0.074	-0.016	-0.067	0.000	0.026	0.043	0.013	-0.044	0.014	-0.004	0.008	-0.001
$\omega$	-0.261	<b>-0.658</b>	0.451	0.093	0.043	-0.322	-0.073	-0.263	-0.277	0.128	-0.081	-0.053	0.058	0.044	-0.006	-0.010	-0.011	-0.004	0.001	0.000	0.000
$\phi$	0.312	0.642	-0.452	0.002	-0.028	0.165	-0.113	0.377	-0.307	-0.042	-0.046	0.002	0.057	0.040	-0.009	-0.006	-0.007	-0.008	0.003	-0.001	0.000
$\Psi$	<b>0.792</b>	-0.211	0.006	0.187	0.241	-0.255	-0.305	-0.067	-0.065	-0.159	0.194	0.048	-0.055	0.018	0.013	-0.018	-0.016	-0.003	0.004	-0.004	0.000
$\beta$	0.564	0.340	0.464	-0.007	0.009	0.515	-0.216	-0.168	0.044	0.036	-0.064	-0.006	-0.004	0.021	0.032	-0.026	0.037	-0.009	0.007	-0.005	0.000
<i>H</i>	<b>-0.730</b>	0.044	0.278	0.553	0.073	0.035	0.057	0.192	0.086	-0.038	-0.088	-0.077	-0.098	0.042	-0.020	-0.029	-0.018	0.000	-0.001	-0.006	0.000
<i>%CaCO3</i>	<b>-0.716</b>	0.186	-0.075	0.569	-0.169	0.031	-0.126	0.001	0.188	0.104	0.118	0.039	0.125	0.018	-0.019	-0.003	-0.002	-0.005	-0.001	-0.004	0.000
<i>%M.O.</i>	-0.354	0.211	0.280	-0.425	0.693	-0.131	-0.124	0.193	0.074	0.088	0.062	-0.041	0.031	0.022	-0.013	-0.020	0.019	0.017	-0.007	0.000	0.000
<i>%arena</i>	<b>-0.905</b>	0.013	-0.191	-0.258	-0.187	-0.021	-0.191	-0.015	0.015	0.050	-0.027	0.036	-0.024	0.004	0.018	-0.008	-0.014	-0.004	-0.008	0.002	0.003
<i>%limo</i>	<b>0.844</b>	0.078	0.240	0.247	0.338	-0.017	0.164	0.037	0.041	-0.047	0.030	-0.094	0.053	-0.054	-0.013	0.005	-0.005	-0.021	0.002	0.006	0.002
<i>%arcilla</i>	<b>0.915</b>	-0.081	0.125	0.273	-0.027	0.087	0.210	-0.021	-0.076	-0.024	0.025	0.022	0.012	0.053	0.000	0.033	0.015	0.030	-0.009	-0.007	0.001
<i>Dap10</i>	<b>0.738</b>	0.243	0.043	-0.046	-0.287	-0.426	-0.280	0.112	0.137	0.084	-0.055	-0.059	-0.031	0.023	-0.022	0.056	0.014	-0.005	0.004	-0.001	0.000
<i>Dap0</i>	<b>0.943</b>	-0.116	0.104	0.089	-0.134	-0.076	0.118	0.078	0.070	0.127	0.001	0.078	-0.028	0.065	-0.015	-0.038	0.007	-0.011	-0.006	0.015	0.000
<i>CC10</i>	-0.168	<b>0.796</b>	0.434	-0.009	0.164	-0.036	0.177	0.030	-0.117	0.246	0.082	0.063	-0.056	-0.017	0.022	0.026	-0.014	-0.015	0.002	-0.006	0.000
<i>CC0</i>	0.059	<b>0.814</b>	0.164	-0.057	-0.487	-0.168	0.022	-0.074	-0.093	-0.068	0.097	-0.088	-0.003	-0.022	0.010	-0.031	0.015	-0.005	-0.016	-0.002	0.000
<i>PMP10</i>	-0.489	0.568	0.480	-0.293	0.078	-0.096	0.122	-0.099	0.098	-0.248	-0.037	0.041	0.039	0.078	0.003	0.025	-0.011	-0.015	0.000	0.001	0.000
<i>PMP0</i>	-0.226	<b>0.807</b>	0.436	0.059	-0.238	-0.204	0.030	-0.011	-0.026	-0.021	0.005	0.020	0.007	-0.022	-0.018	-0.023	-0.003	0.030	0.016	0.007	0.001
<i>Ksat10</i>	<b>0.886</b>	0.083	0.258	0.033	0.033	-0.270	-0.051	0.108	0.093	-0.015	-0.171	0.075	0.051	-0.054	0.038	-0.026	-0.021	0.004	-0.007	-0.008	0.000
<i>Ksat0</i>	<b>-0.721</b>	0.166	0.242	0.528	0.223	-0.036	-0.186	0.033	-0.113	-0.077	-0.060	0.047	-0.019	-0.033	0.033	0.032	0.027	0.001	-0.008	0.011	0.000

COORDENADAS DE LOS INDIVIDUOS

Orden	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21
1	-8.560	0.614	0.650	1.265	0.686	-0.377	0.177	0.643	-0.088	-0.150	0.006	-0.128	-0.034	0.031	0.007	-0.015	-0.001	0.003	0.001	0.000	0.000
2	-6.929	-1.080	-1.442	2.312	0.374	-1.005	-0.456	0.127	0.188	0.537	-0.153	-0.036	0.010	0.037	0.017	0.007	0.012	0.002	0.001	0.000	0.000
3	-7.674	-0.259	-0.809	1.771	0.111	0.159	-0.200	0.694	0.116	0.245	0.141	0.096	0.047	-0.037	0.015	-0.015	-0.005	0.002	-0.003	0.000	0.000
4	-6.553	0.423	0.992	1.778	-0.449	0.601	-0.424	0.166	0.280	0.249	0.008	-0.003	-0.043	-0.032	-0.017	0.025	-0.009	-0.001	0.000	0.000	0.000
5	-7.913	1.975	1.034	1.242	0.262	1.064	-0.075	0.848	-0.093	-0.371	0.081	-0.031	0.003	-0.012	-0.027	-0.001	-0.006	-0.006	0.002	-0.001	0.000
6	-9.313	5.096	-2.321	2.568	1.461	0.097	0.641	-1.287	0.151	-0.378	-0.049	0.057	0.023	-0.019	0.013	-0.009	0.005	-0.003	0.000	0.000	0.000
7	-4.814	-0.452	2.319	-0.112	-1.036	0.034	0.045	-0.385	-0.679	0.205	-0.126	0.140	-0.051	0.029	0.012	0.013	-0.004	-0.005	0.001	-0.001	0.000
8	-3.944	2.566	1.124	-0.273	-1.601	0.797	-0.319	0.409	-0.603	-0.322	-0.048	0.057	0.016	0.049	-0.005	-0.007	0.007	0.006	-0.001	0.000	0.000
9	-5.798	0.992	3.194	0.217	-1.869	-0.333	-0.161	-0.938	-0.109	-0.124	-0.026	-0.139	0.018	-0.015	-0.016	0.016	0.002	0.003	-0.001	0.000	0.000
10	-8.702	-0.017	5.162	-3.059	4.220	0.069	0.128	0.029	0.355	0.001	-0.026	0.029	0.019	0.030	-0.005	0.010	0.001	0.001	-0.001	0.000	0.000
11	-1.299	3.037	-0.242	-1.601	-2.008	-1.270	0.199	-0.044	0.344	-0.006	-0.108	-0.048	-0.008	0.017	0.018	-0.003	-0.015	-0.005	-0.002	0.000	0.000
12	-2.313	-1.734	-2.334	-1.207	-0.258	1.070	0.718	-0.164	0.097	-0.016	0.084	0.032	-0.085	-0.023	0.022	0.006	-0.011	0.010	0.001	0.001	0.000
13	-0.938	-5.761	-3.540	-1.538	0.999	1.544	0.593	0.264	-0.523	0.142	-0.090	-0.098	-0.031	-0.035	0.013	0.004	0.009	-0.005	-0.001	0.001	0.000
14	-2.549	-3.187	-3.366	-0.905	-0.520	0.717	0.382	-0.481	0.047	0.290	0.084	-0.029	0.056	0.055	-0.007	-0.023	-0.006	-0.001	0.000	-0.001	0.000
15	0.606	6.192	-2.266	-1.899	-1.743	-0.616	0.061	0.568	0.629	-0.187	-0.016	0.038	-0.050	0.011	0.015	0.002	0.012	-0.002	0.000	0.000	0.000
16	-2.865	1.147	2.744	-2.169	-0.546	-1.127	-0.317	0.024	-0.214	0.143	-0.166	0.009	0.065	-0.083	0.005	-0.023	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000
17	-1.882	-1.443	-1.269	-1.300	-1.542	1.008	0.048	-0.192	0.245	0.109	0.247	0.032	0.065	-0.007	-0.045	0.012	0.012	0.000	0.001	0.000	0.000
18	5.269	-10.300	-4.161	-0.141	0.499	0.035	-1.132	-0.013	0.206	-0.435	-0.256	0.028	0.036	-0.003	0.004	0.010	-0.003	0.001	0.000	-0.001	0.000
19	3.391	-2.651	0.023	-0.611	0.772	-1.134	-1.149	-0.431	-0.261	-0.091	0.433	-0.021	-0.018	0.010	0.032	-0.002	-0.003	-0.003	0.000	0.001	0.000
20	12.411	13.624	-4.752	-0.524	1.944	-0.430	-0.475	-0.039	-0.366	0.162	-0.037	-0.015	-0.012	-0.005	-0.032	0.005	-0.004	0.002	0.000	0.000	0.000
21	20.036	4.338	3.741	0.991	-0.226	2.475	0.038	0.061	0.166	0.044	-0.020	-0.029	0.069	0.006	0.051	0.005	0.000	-0.001	0.001	0.000	0.000
22	11.494	-4.039	0.860	0.834	0.142	-0.773	0.646	0.025	0.040	0.028	-0.061	0.006	0.044	0.020	-0.035	-0.003	-0.011	0.002	0.000	0.001	0.000
23	9.862	-3.587	0.717	0.888	0.127	-1.105	0.594	0.324	-0.064	-0.058	0.001	0.047	-0.006	0.004	-0.023	0.001	0.003	-0.003	0.000	0.002	0.000
24	8.538	-2.536	0.802	0.827	0.121	-2.252	0.900	0.246	-0.163	-0.099	0.134	0.000	0.000	-0.020	0.016	0.013	0.007	0.002	0.000	-0.002	0.000
25	10.438	-2.959	3.140	0.648	0.082	0.752	-0.461	-0.455	0.299	0.083	-0.037	0.007	-0.134	-0.009	-0.027	-0.028	0.007	0.000	-0.001	-0.001	0.000

EXAMEN DE LA CALIDAD DE LA REPRESENTACIÓN

Código	Orden	$\cos^2(\text{eje1})$	$\cos^2(\text{eje2})$	$\cos^2(\text{eje3})$	$\cos^2/\text{Sumcos}^2(E1-2)$	$\cos^2/\text{Sumcos}^2(E1-2-3)$
217	1	0.954	0.005	0.005	0.959	0.965
222	2	0.823	0.020	0.036	0.843	0.879
223	3	0.929	0.001	0.010	0.930	0.940
225	4	0.891	0.004	0.020	0.895	0.915
228	5	0.879	0.055	0.015	0.934	0.949
250	6	0.672	0.201	0.042	0.873	0.915
267	7	0.759	0.007	0.176	0.766	0.942
268	8	0.567	0.240	0.046	0.807	0.853
270	9	0.680	0.020	0.206	0.700	0.907
282	10	0.584	0.000	0.205	0.584	0.789
307	11	0.087	0.477	0.003	0.564	0.567
309	12	0.314	0.176	0.320	0.490	0.810
311	13	0.017	0.625	0.236	0.642	0.878
312	14	0.216	0.338	0.377	0.554	0.931
314	15	0.007	0.743	0.099	0.750	0.849
315	16	0.349	0.056	0.320	0.405	0.725
330	17	0.283	0.167	0.129	0.450	0.579
333	18	0.181	0.693	0.113	0.875	0.988
335	19	0.510	0.312	0.000	0.821	0.821
358	20	0.420	0.506	0.062	0.926	0.987
374	21	0.909	0.043	0.032	0.952	0.984
376	22	0.875	0.108	0.005	0.984	0.988
377	23	0.860	0.114	0.005	0.973	0.978
397	24	0.841	0.074	0.007	0.915	0.923
398	25	0.844	0.068	0.076	0.912	0.988

RESULTADOS DEL ANÁLISIS CLUSTER (Puntos de Erosión, Puente Genil)

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3
P 1	G 1	3.77	3.77	26.16	17.44
P 2	G 1	2.65	2.65	25.25	15.44
P 3	G 1	2.97	2.97	25.62	16.35
P 4	G 1	1.76	1.76	24.33	15.47
P 5	G 1	3.46	3.46	25.13	17.28
P 6	G 1	6.47	6.47	25.83	19.86
P 7	G 1	0.93	0.93	23.05	13.55
P 8	G 1	2.26	2.26	21.16	13.94
P 9	G 1	1.13	1.13	23.43	14.95
P10	G 1	3.94	3.94	26.5	17.41
P11	G 1	4.33	4.33	18.5	12.01
P12	G 1	3.32	3.32	21.41	10.8
P13	G 1	7.33	7.33	22.63	9.21
P14	G 1	4.3	4.3	22.37	10.78
P15	G 1	7.86	7.86	15.86	12.97
P16	G 1	2.04	2.04	20.63	12.32
P17	G 1	3.48	3.48	20.89	10.46
P18	G 3	6.62	14.74	22.17	6.62
P19	G 3	5.07	8.76	17.32	5.07
P20	G 2	6.01	21.65	6.01	18.46
P21	G 2	6.01	25.13	6.01	14.71
P22	G 3	3.34	16.89	13.85	3.34
P23	G 3	1.86	15.2	14.09	1.86
P24	G 3	1.85	13.67	13.85	1.85
P25	G 3	2.66	15.61	13.27	2.66

3 grupos  
 Suma(CiLi)= 95.416770

G 1 : Peso= 17.00 S= 62.01 N=17  
 Coordenadas:  
 -4.789 .478  
 Puntos:  
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

G 2 : Peso= 2.00 S= 12.01 N= 2  
 Coordenadas:  
 16.225 8.980  
 Puntos:  
 20 21

G 3 : Peso= 6.00 S= 21.39 N= 6  
 Coordenadas:  
 8.165 -4.347  
 Puntos:  
 18 19 22 23 24 25

□

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3	d4
P 1	G 1	3.25	3.25	26.16	17.44	9.14
P 2	G 1	1.85	1.85	25.25	15.44	8.71
P 3	G 1	2.3	2.3	25.62	16.35	8.8
P 4	G 1	1.27	1.27	24.33	15.47	7.49
P 5	G 1	3.26	3.26	25.13	17.28	8.01
P 6	G 1	6.5	6.5	25.83	19.86	8.98
P 7	G 1	0.68	0.68	23.05	13.55	6.75
P 8	G 1	3.01	3.01	21.16	13.94	4.14
P 9	G 1	1.14	1.14	23.43	14.95	6.55
P10	G 1	3.32	3.32	26.5	17.41	9.55
P11	G 4	1.84	5.13	18.5	12.01	1.84
P12	G 1	3.49	3.49	21.41	10.8	6.64
P13	G 1	7.21	7.21	22.63	9.21	10.39
P14	G 1	4.21	4.21	22.37	10.78	8.11
P15	G 4	1.84	8.67	15.86	12.97	1.84
P16	G 1	2.8	2.8	20.63	12.32	4.28
P17	G 1	3.76	3.76	20.89	10.46	6.25
P18	G 3	6.62	14.77	22.17	6.62	15.94
P19	G 3	5.07	9.14	17.32	5.07	8.17
P20	G 2	6.01	22.45	6.01	18.46	15.61
P21	G 2	6.01	25.8	6.01	14.71	20.39
P22	G 3	3.34	17.33	13.85	3.34	14.66
P23	G 3	1.86	15.64	14.09	1.86	13.09
P24	G 3	1.85	14.14	13.85	1.85	11.41
P25	G 3	2.66	16.08	13.27	2.66	13.18

4 grupos

Suma(CiLi)= 85.140860

G 1 : Peso= 15.00 S= 48.05 N=15

Coordenadas:

-5.381 -0.074

Puntos:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 12 13 14 16 17

G 2 : Peso= 2.00 S= 12.01 N= 2

Coordenadas:

16.225 8.980

Puntos:

20 21

G 3 : Peso= 6.00 S= 21.39 N= 6

Coordenadas:

8.165 -4.347

Puntos:

18 19 22 23 24 25

G 4 : Peso= 2.00 S= 3.68 N= 2

Coordenadas:

-0.345 4.615

Puntos:

11 15

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3	d4	d5
P 1	G 1	1.96	1.96	26.16	17.44	9.14	7.57
P 2	G 1	2.1	2.1	25.25	15.44	8.71	5.38
P 3	G 1	1.63	1.63	25.62	16.35	8.8	6.38
P 4	G 1	0.59	0.59	24.33	15.47	7.49	5.77
P 5	G 1	1.6	1.6	25.13	17.28	8.01	7.81
P 6	G 1	4.89	4.89	25.83	19.86	8.98	10.99
P 7	G 1	2.34	2.34	23.05	13.55	6.75	3.87
P 8	G 1	3.12	3.12	21.16	13.94	4.14	5.95
P 9	G 1	0.84	0.84	23.43	14.95	6.55	5.59
P10	G 1	2.3	2.3	26.5	17.41	9.55	7.42
P11	G 4	1.84	5.72	18.5	12.01	1.84	6.1
P12	G 5	1.36	5.12	21.41	10.8	6.64	1.36
P13	G 5	2.9	8.84	22.63	9.21	10.39	2.9
P14	G 5	0.65	5.86	22.37	10.78	8.11	0.65
P15	G 4	1.84	8.92	15.86	12.97	1.84	9.56
P16	G 1	3.78	3.78	20.63	12.32	4.28	4.28
P17	G 5	1.59	5.35	20.89	10.46	6.25	1.59
P18	G 3	6.62	16.42	22.17	6.62	15.94	10.22
P19	G 3	5.07	10.67	17.32	5.07	8.17	5.32
P20	G 2	6.01	22.85	6.01	18.46	15.61	21.97
P21	G 2	6.01	26.89	6.01	14.71	20.39	23.16
P22	G 3	3.34	18.82	13.85	3.34	14.66	13.45
P23	G 3	1.86	17.13	14.09	1.86	13.09	11.79
P24	G 3	1.85	15.59	13.85	1.85	11.41	10.47
P25	G 3	2.66	17.53	13.27	2.66	13.18	12.36

5 grupos  
Suma(CiLi)= 68.740570

G 1 : Peso= 11.00 S= 25.15 N=11  
Coordenadas:  
-6.640 1.001  
Puntos:  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 16

G 2 : Peso= 2.00 S= 12.01 N= 2  
Coordenadas:  
16.225 8.980  
Puntos:  
20 21

G 3 : Peso= 6.00 S= 21.39 N= 6  
Coordenadas:  
8.165 -4.347  
Puntos:  
18 19 22 23 24 25

G 4 : Peso= 2.00 S= 3.68 N= 2  
Coordenadas:  
-.345 4.615  
Puntos:  
11 15

G 5 : Peso= 4.00 S= 6.50 N= 4  
Coordenadas:  
-1.920 -3.030  
Puntos:  
12 13 14 17

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3	d4	d5	d6
P 1	G 1	1.96	1.96	26.16	19.04	9.14	8.49	17.62
P 2	G 1	2.1	2.1	25.25	17.15	8.71	6.35	15.29
P 3	G 1	1.63	1.63	25.62	18.01	8.8	7.33	16.38
P 4	G 1	0.59	0.59	24.33	17.04	7.49	6.62	15.96
P 5	G 1	1.6	1.6	25.13	18.75	8.01	8.61	18.01
P 6	G 1	4.89	4.89	25.83	21.13	8.98	11.67	21.21
P 7	G 1	2.34	2.34	23.05	15.16	6.75	4.68	14.09
P 8	G 1	3.12	3.12	21.16	15.19	4.14	6.33	15.83
P 9	G 1	0.84	0.84	23.43	16.45	6.55	6.32	15.81
P10	G 1	2.3	2.3	26.5	19.06	9.55	8.37	17.34
P11	G 4	1.84	5.72	18.5	13.02	1.84	6.01	14.87
P12	G 5	1.9	5.12	21.41	12.49	6.64	1.9	11.44
P13	G 5	2.81	8.84	22.63	11.3	10.39	2.81	7.69
P14	G 5	1.71	5.86	22.37	12.63	8.11	1.71	10.57
P15	G 4	1.84	8.92	15.86	13.4	1.84	9.26	17.14
P16	G 1	3.78	3.78	20.63	13.68	4.28	4.57	14.04
P17	G 5	1.83	5.35	20.89	12.1	6.25	1.83	11.39
P18	G 6	0	16.42	22.17	8.51	15.94	9.57	0
P19	G 5	4.26	10.67	17.32	6.72	8.17	4.26	7.88
P20	G 2	6.01	22.85	6.01	17.06	15.61	21.23	24.96
P21	G 2	6.01	26.89	6.01	12.54	20.39	22.13	20.8
P22	G 3	1.6	18.82	13.85	1.6	14.66	12.4	8.82
P23	G 3	0.38	17.13	14.09	0.38	13.09	10.74	8.13
P24	G 3	1.71	15.59	13.85	1.71	11.41	9.41	8.42
P25	G 3	0.48	17.53	13.27	0.48	13.18	11.3	8.98

6 grupos

Suma(CiLi)= 57.521560

G 1 : Peso= 11.00 S= 25.15 N=11

Coordenadas:

-6.640 1.001

Puntos:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 16

G 2 : Peso= 2.00 S= 12.01 N= 2

Coordenadas:

16.225 8.980

Puntos:

20 21

G 3 : Peso= 4.00 S= 4.17 N= 4

Coordenadas:

10.082 -3.283

Puntos:

22 23 24 25

G 4 : Peso= 2.00 S= 3.68 N= 2

Coordenadas:

-.345 4.615

Puntos:

11 15

G 5 : Peso= 5.00 S= 12.50 N= 5

Coordenadas:

-.858 -2.954

Puntos:

12 13 14 17 19

G 6 : Peso= 1.00 S= .00 N= 1

Coordenadas:

5.270 -10.300

Puntos:

18

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (Puntos de Depósito, Setenil)

MATRIZ DE COVARIANZAS

	<i>A</i>	$\omega$	$\varphi$	$\Psi$	$\beta$	<i>LSF</i>	<i>wT</i>	<i>H</i>	<i>Ksat0</i>	<i>Ksat10</i>	<i>Dap0</i>	<i>Dap10</i>	<i>CC0</i>	<i>CC10</i>	<i>PMP0</i>	<i>PMP10</i>	%CaCO3	%MO	%arena	%limo	%arcilla	
<i>A</i>	1.000																					
$\omega$	-0.428	1.000																				
$\varphi$	0.185	-0.389	1.000																			
$\Psi$	0.041	-0.030	-0.033	1.000																		
$\beta$	0.156	-0.005	0.308	0.038	1.000																	
<i>LSF</i>	0.954	-0.554	0.296	0.081	0.306	1.000																
<i>wT</i>	0.796	-0.677	0.262	0.089	-0.220	0.817	1.000															
<i>H</i>	-0.251	0.223	0.009	0.296	-0.587	-0.350	-0.041	1.000														
<i>Ksat0</i>	-0.008	0.184	-0.114	-0.185	-0.276	-0.045	0.088	0.071	1.000													
<i>Ksat10</i>	-0.009	0.033	-0.052	0.182	-0.178	0.000	0.113	0.118	0.706	1.000												
<i>Dap0</i>	0.094	-0.299	0.018	-0.064	-0.195	0.106	0.252	-0.047	-0.245	-0.324	1.000											
<i>Dap10</i>	0.092	-0.246	-0.063	0.363	-0.244	0.108	0.276	0.104	-0.069	0.196	0.473	1.000										
<i>CC0</i>	0.015	0.027	0.070	0.284	-0.084	0.048	0.081	0.384	-0.066	0.127	-0.200	0.010	1.000									
<i>CC10</i>	0.014	-0.146	-0.065	0.189	-0.078	0.002	0.040	0.200	-0.608	-0.364	0.089	0.351	0.267	1.000								
<i>PMP0</i>	-0.200	0.344	0.061	0.018	-0.351	-0.282	-0.137	0.648	0.378	0.114	-0.400	-0.500	0.268	-0.345	1.000							
<i>PMP10</i>	-0.245	0.225	-0.106	0.245	-0.445	-0.317	-0.102	0.824	0.111	0.240	-0.167	0.145	0.301	0.338	0.448	1.000						
%CaCO3	0.207	-0.159	0.039	0.096	0.445	0.250	-0.031	-0.479	-0.488	-0.317	0.105	0.090	0.088	0.347	-0.534	-0.346	1.000					
%MO	-0.118	0.038	0.058	0.346	0.007	-0.157	-0.189	0.430	-0.631	-0.321	-0.097	0.100	0.261	0.626	0.060	0.435	0.427	1.000				
%arena	0.112	-0.049	-0.166	-0.246	-0.151	0.144	0.254	-0.271	0.568	0.235	0.264	0.160	-0.152	-0.406	-0.131	-0.299	-0.329	-0.854	1.000			
%limo	0.111	-0.161	0.137	0.136	0.471	0.151	-0.133	-0.366	-0.723	-0.451	-0.089	-0.070	0.055	0.428	-0.357	-0.266	0.770	0.621	-0.714	1.000		
%arcilla	-0.269	0.227	0.103	0.218	-0.247	-0.353	-0.232	0.745	-0.100	0.107	-0.289	-0.159	0.163	0.159	0.538	0.688	-0.287	0.609	-0.726	0.036	1.000	

<i>Ejes</i>	$\sigma^2$ (absoluta)	$\sigma^2$ (%)	$\sigma^2$ (% acum)
Eje 1	4.970	0.237	0.237
Eje 2	4.560	0.217	0.454
Eje 3	2.950	0.141	0.595
Eje 4	2.150	0.103	0.698
Eje 5	1.460	0.070	0.767
Eje 6	1.040	0.050	0.817
Eje 7	0.870	0.042	0.859
Eje 8	0.750	0.036	0.895
Eje 9	0.580	0.028	0.923
Eje 10	0.510	0.024	0.947
Eje 11	0.310	0.015	0.962
Eje 12	0.270	0.013	0.975
Eje 13	0.160	0.008	0.983

Ejes	$\sigma_2$ (absoluta)	$\sigma_2$ (%)	$\sigma_2$ (% acum)
Eje 14	0.110	0.006	0.988
Eje 15	0.090	0.005	0.993
Eje 16	0.050	0.003	0.996
Eje 17	0.040	0.002	0.998
Eje 18	0.020	0.001	0.999
Eje 19	0.010	0.000	1.000
Eje 20	0.000	0.000	1.000
Eje 21	0.000	0.000	1.000

MATRIZ DE AUTOVECTORES

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21
<i>A</i>	0.270	0.038	-0.306	-0.254	-0.011	-0.262	0.263	0.167	-0.183	-0.199	0.015	-0.127	0.009	-0.011	0.039	0.217	-0.487	-0.214	0.134	-0.403	0.000
$\omega$	-0.249	0.017	0.299	0.041	0.183	-0.245	0.031	0.305	-0.369	-0.415	-0.162	-0.407	-0.282	0.096	-0.108	-0.065	0.231	0.024	0.005	0.033	0.000
$\varphi$	0.091	-0.054	-0.124	-0.326	-0.258	0.547	-0.417	-0.151	-0.194	-0.158	-0.359	-0.143	-0.239	0.074	-0.075	0.012	-0.092	-0.078	0.091	0.045	0.000
$\Psi$	-0.057	-0.149	-0.232	0.015	0.442	0.177	-0.114	0.626	0.159	0.334	-0.161	0.134	-0.256	0.104	0.096	-0.058	-0.075	-0.089	0.082	0.023	0.000
$\beta$	0.220	-0.113	0.254	-0.276	0.205	0.210	-0.163	0.165	-0.470	0.008	0.286	0.270	0.272	-0.083	0.158	0.018	0.252	0.084	-0.149	-0.291	0.000
<i>LSF</i>	0.315	0.035	-0.297	-0.275	0.024	-0.147	0.117	0.129	-0.184	-0.073	0.093	0.029	0.090	0.019	-0.007	0.030	0.087	0.149	-0.039	0.771	0.000
<i>wT</i>	0.209	0.104	-0.457	-0.115	-0.121	-0.109	0.105	-0.014	0.106	0.063	-0.074	-0.080	-0.175	-0.022	-0.125	-0.325	0.594	0.101	-0.128	-0.355	0.000
<i>H</i>	-0.366	-0.070	-0.280	0.036	-0.138	-0.018	-0.105	0.125	-0.070	-0.092	-0.040	0.027	0.046	-0.325	0.042	0.172	-0.065	-0.167	-0.740	0.031	0.000
<i>Ksat0</i>	-0.128	0.389	-0.032	-0.114	0.194	0.026	0.105	-0.169	0.050	-0.261	-0.228	0.218	0.101	0.183	0.576	-0.225	0.097	-0.362	-0.017	0.055	0.000
<i>Ksat10</i>	-0.121	0.232	-0.151	-0.105	0.498	0.281	0.145	-0.285	0.128	-0.127	0.245	-0.080	-0.239	-0.036	-0.128	0.510	0.129	0.134	-0.021	-0.035	0.000
<i>Dap0</i>	0.159	0.019	-0.131	0.431	-0.328	0.131	-0.157	0.272	0.110	-0.427	0.375	0.165	-0.163	0.243	0.188	0.201	0.135	-0.031	0.080	-0.012	0.000
<i>Dap10</i>	0.078	-0.024	-0.300	0.440	0.255	0.267	-0.001	-0.004	-0.108	-0.166	-0.197	-0.316	0.558	0.030	-0.004	-0.122	-0.070	0.244	0.015	-0.052	0.000
<i>CC0</i>	-0.109	-0.111	-0.203	-0.137	0.245	-0.376	-0.676	-0.181	0.134	-0.094	0.332	-0.172	0.087	0.034	0.026	-0.158	-0.044	-0.091	0.118	-0.010	0.000
<i>CC10</i>	0.018	-0.327	-0.166	0.242	0.019	-0.223	-0.013	-0.333	-0.377	0.271	-0.161	0.001	-0.267	0.123	0.468	0.253	0.074	0.173	0.024	-0.018	0.000
<i>PMP0</i>	-0.331	0.079	-0.035	-0.315	-0.201	-0.161	-0.109	0.202	0.197	-0.048	-0.261	0.115	0.291	0.212	0.103	0.341	0.097	0.494	0.136	-0.117	0.000
<i>PMP10</i>	-0.338	-0.091	-0.245	0.059	0.039	-0.022	0.103	-0.140	-0.335	-0.078	0.055	0.502	0.018	0.393	-0.462	-0.164	-0.082	-0.044	0.063	-0.030	0.000
<i>%CaCO3</i>	0.252	-0.273	0.100	0.012	0.220	-0.117	-0.028	-0.109	0.241	-0.457	-0.255	0.378	-0.212	-0.231	-0.016	-0.154	-0.185	0.353	-0.140	-0.041	0.000
<i>%MO</i>	-0.114	-0.428	-0.090	-0.003	0.002	0.002	0.110	-0.007	0.062	-0.165	-0.146	0.107	0.197	-0.405	-0.062	0.210	0.367	-0.381	0.431	0.060	0.000
<i>%arena</i>	0.111	0.402	-0.011	0.193	0.033	-0.144	-0.243	0.032	-0.156	0.079	-0.179	0.184	-0.018	-0.229	-0.137	0.134	0.022	-0.024	0.105	-0.002	0.713
<i>%limo</i>	0.176	-0.384	0.129	-0.113	0.070	-0.005	0.099	-0.066	0.241	-0.034	-0.064	-0.146	0.136	0.503	-0.077	0.138	0.096	-0.217	-0.308	-0.003	0.491
<i>%arcilla</i>	-0.332	-0.196	-0.112	-0.165	-0.116	0.210	0.249	0.019	-0.015	-0.079	0.318	-0.120	-0.108	-0.167	0.271	-0.327	-0.126	0.247	0.153	0.006	0.500

PESOS DE LOS FACTORES

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21
<i>A</i>	0.602	0.082	-0.527	-0.373	-0.013	-0.267	0.247	0.145	-0.140	-0.142	0.008	-0.067	0.004	-0.004	0.012	0.053	-0.107	-0.033	0.014	-0.028	0.000
$\omega$	-0.556	0.035	0.514	0.061	0.222	-0.250	0.029	0.265	-0.282	-0.297	-0.091	-0.214	-0.113	0.033	-0.034	-0.016	0.051	0.004	0.001	0.002	0.000
$\varphi$	0.203	-0.116	-0.212	-0.479	-0.313	0.558	-0.391	-0.131	-0.148	-0.113	-0.201	-0.075	-0.096	0.025	-0.024	0.003	-0.020	-0.012	0.009	0.003	0.000
$\Psi$	-0.128	-0.319	-0.398	0.022	0.534	0.180	-0.107	0.544	0.121	0.238	-0.090	0.071	-0.103	0.035	0.030	-0.014	-0.017	-0.014	0.008	0.002	0.000
$\beta$	0.491	-0.242	0.437	-0.406	0.248	0.215	-0.153	0.143	-0.359	0.006	0.160	0.142	0.109	-0.028	0.050	0.005	0.056	0.013	-0.015	-0.020	0.000

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21
wT	0.466	0.223	-0.786	-0.169	-0.146	-0.112	0.098	-0.012	0.081	0.045	-0.042	-0.042	-0.070	-0.008	-0.040	-0.079	0.131	0.016	-0.013	-0.025	0.000
H	<b>-0.816</b>	-0.149	-0.481	0.052	-0.167	-0.018	-0.099	0.109	-0.053	-0.066	-0.022	0.014	0.018	-0.111	0.013	0.042	-0.014	-0.026	-0.075	0.002	0.000
Ksat0	-0.285	<b>0.830</b>	-0.055	-0.168	0.235	0.027	0.099	-0.147	0.038	-0.187	-0.128	0.115	0.041	0.062	0.182	-0.055	0.021	-0.056	-0.002	0.004	0.000
Ksat10	-0.271	0.495	-0.260	-0.155	0.602	0.287	0.136	-0.247	0.098	-0.091	0.137	-0.042	-0.096	-0.012	-0.041	0.124	0.029	0.021	-0.002	-0.002	0.000
Dap0	0.355	0.041	-0.225	0.632	-0.398	0.134	-0.148	0.236	0.085	-0.305	0.210	0.087	-0.065	0.083	0.059	0.049	0.030	-0.005	0.008	-0.001	0.000
Dap10	0.174	-0.051	-0.516	0.646	0.309	0.272	-0.001	-0.003	-0.083	-0.119	-0.110	-0.167	0.224	0.010	-0.001	-0.030	-0.016	0.038	0.002	-0.004	0.000
CC0	-0.243	-0.237	-0.349	-0.201	0.296	-0.384	-0.634	-0.157	0.102	-0.067	0.186	-0.091	0.035	0.012	0.008	-0.039	-0.010	-0.014	0.012	-0.001	0.000
CC10	0.039	<b>-0.697</b>	-0.286	0.356	0.022	-0.227	-0.012	-0.289	-0.288	0.193	-0.090	0.000	-0.107	0.042	0.148	0.062	0.016	0.027	0.002	-0.001	0.000
PMP0	<b>-0.738</b>	0.168	-0.061	-0.462	-0.243	-0.165	-0.102	0.175	0.150	-0.034	-0.146	0.061	0.117	0.072	0.032	0.083	0.021	0.077	0.014	-0.008	0.000
PMP10	<b>-0.755</b>	-0.195	-0.421	0.086	0.047	-0.022	0.097	-0.121	-0.256	-0.056	0.031	0.264	0.007	0.134	-0.146	-0.040	-0.018	-0.007	0.006	-0.002	0.000
%CaCO3	0.561	-0.583	0.173	0.017	0.266	-0.119	-0.026	-0.095	0.184	-0.327	-0.143	0.199	-0.085	-0.079	-0.005	-0.038	-0.041	0.055	-0.014	-0.003	0.000
%MO	-0.255	<b>-0.914</b>	-0.154	-0.005	0.002	0.002	0.103	-0.006	0.047	-0.118	-0.082	0.056	0.079	-0.138	-0.020	0.051	0.081	-0.059	0.044	0.004	0.000
%arena	0.248	<b>0.858</b>	-0.018	0.284	0.040	-0.147	-0.228	0.028	-0.119	0.056	-0.100	0.097	-0.007	-0.078	-0.043	0.033	0.005	-0.004	0.011	0.000	0.000
%limo	0.393	<b>-0.820</b>	0.221	-0.165	0.085	-0.005	0.093	-0.057	0.185	-0.024	-0.036	-0.077	0.054	0.171	-0.024	0.034	0.021	-0.034	-0.031	0.000	0.000
%arcilla	<b>-0.740</b>	-0.419	-0.192	-0.243	-0.141	0.214	0.234	0.017	-0.012	-0.057	0.178	-0.063	-0.043	-0.057	0.086	-0.080	-0.028	0.038	0.016	0.000	0.000

COORDENADAS DE LOS INDIVIDUOS

Orden	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21
1	-5.588	1.266	-1.887	-0.479	-1.041	-0.881	-0.131	0.338	0.928	-0.352	-0.481	-0.069	-0.311	0.078	-0.033	-0.026	0.022	-0.065	-0.027	0.008	0.000
2	-5.163	3.184	-0.364	-1.195	-2.790	-1.448	0.117	-1.096	0.354	-0.293	-0.390	0.002	0.243	-0.001	-0.027	0.066	0.041	0.034	-0.012	-0.003	0.000
3	-3.949	2.354	-2.260	0.356	-0.900	-0.175	-0.123	0.467	0.599	0.377	-0.443	-0.021	-0.015	0.045	0.028	0.039	-0.013	-0.011	0.010	0.002	0.000
4	-6.050	2.791	-1.286	-1.917	-1.164	-1.040	-0.201	0.543	0.669	0.633	-0.772	0.345	0.028	0.128	0.093	0.042	-0.009	0.023	0.024	-0.002	0.000
5	-3.754	2.008	-0.483	-0.844	-3.534	-1.134	-0.782	-0.645	0.183	-0.438	0.307	0.150	-0.011	-0.001	-0.099	0.009	-0.006	0.010	0.000	-0.001	0.000
6	-3.201	1.182	-0.332	0.467	-3.776	-1.396	-0.882	-0.349	0.184	-0.674	0.739	0.035	-0.103	-0.015	-0.199	-0.018	-0.017	-0.005	-0.002	0.002	0.000
7	-4.003	0.083	0.575	-1.533	0.377	-0.122	-0.525	0.626	-0.412	-0.481	-0.058	0.099	0.118	0.006	0.109	-0.031	0.021	-0.017	-0.024	-0.002	0.000
8	-4.384	-0.992	1.723	-2.588	0.178	1.086	-1.585	0.623	-1.556	-1.302	-0.766	-0.546	-0.330	0.130	-0.022	-0.021	0.036	-0.029	0.013	-0.009	0.000
9	-3.672	0.589	-0.782	-1.263	0.028	0.310	-0.582	0.237	0.113	-0.056	-0.098	0.432	0.325	0.035	0.193	-0.081	-0.095	-0.038	-0.008	-0.003	0.000
10	-4.865	2.985	0.566	-0.404	-2.663	-1.455	-0.274	-0.475	0.073	-0.618	0.343	0.001	0.014	-0.020	-0.054	0.005	0.002	0.010	-0.003	-0.005	0.000
11	-4.300	2.801	-1.820	-0.169	-0.739	-0.185	-0.120	0.599	0.493	0.376	-0.470	0.042	0.076	0.053	0.049	0.044	-0.009	0.013	0.016	0.000	0.000
12	-3.636	2.788	-2.058	1.213	-0.373	-0.218	0.203	0.686	0.490	0.243	-0.239	-0.158	0.110	0.010	0.015	0.039	0.022	0.010	0.003	0.000	0.000
13	-2.303	2.826	-2.649	2.194	-0.192	0.781	0.054	0.638	0.272	-0.011	-0.210	-0.459	0.120	-0.019	-0.025	0.052	0.015	0.006	0.005	0.002	0.000
14	-4.422	-1.254	2.322	-0.692	1.263	-1.280	0.059	0.999	-0.786	-0.625	0.030	-0.372	-0.086	-0.003	-0.002	-0.023	0.109	0.036	-0.011	-0.005	0.000
15	-2.860	-1.318	0.715	-1.621	0.527	0.080	-0.510	0.424	-0.566	-0.183	-0.126	-0.093	0.064	-0.052	-0.009	-0.052	-0.008	0.019	-0.006	0.001	0.000
16	-3.108	-0.421	-0.082	-1.327	0.594	0.159	-0.284	0.201	-0.153	0.072	0.046	0.272	0.282	-0.044	0.058	-0.053	-0.064	0.008	-0.009	-0.004	0.000
17	-5.032	3.111	-1.895	-0.690	1.034	-0.021	0.196	0.110	0.181	0.005	0.152	0.340	0.037	0.059	0.055	-0.089	-0.028	-0.012	-0.004	0.001	0.000
18	-4.920	3.670	-1.747	-0.895	0.549	0.121	0.015	0.280	0.281	0.016	0.163	0.242	-0.155	0.024	0.039	-0.073	-0.033	-0.021	0.002	0.004	0.000
19	-1.479	2.854	-2.827	2.819	0.063	1.217	0.048	0.648	0.102	-0.049	-0.085	-0.533	0.212	-0.042	-0.030	0.068	0.013	0.008	0.003	0.002	0.000
20	-1.668	2.463	-2.828	2.454	-0.188	0.866	0.045	0.478	0.193	0.243	-0.034	-0.339	0.166	-0.030	0.014	0.052	-0.010	-0.001	0.001	0.001	0.000
21	-5.607	4.267	-2.571	-1.105	2.593	0.798	0.592	-0.676	0.000	-0.133	0.283	0.301	-0.120	0.063	-0.020	0.063	0.005	0.008	-0.008	-0.001	0.000
22	-4.047	0.411	-0.335	-1.203	1.336	0.319	-0.013	0.009	-0.283	-0.079	0.098	0.283	0.199	0.011	-0.018	-0.033	-0.057	0.005	-0.005	-0.006	0.000
23	-1.033	-2.682	0.859	-1.973	0.098	-0.348	-0.376	0.280	-0.150	0.329	0.046	-0.081	-0.057	-0.168	0.023	-0.016	0.029	0.036	-0.006	0.005	0.000

Orden	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9	Eje 10	Eje 11	Eje 12	Eje 13	Eje 14	Eje 15	Eje 16	Eje 17	Eje 18	Eje 19	Eje 20	Eje 21
25	-0.708	-3.190	1.354	-1.850	-0.051	-0.394	-0.371	0.307	0.014	0.532	0.078	-0.059	-0.069	-0.210	0.068	0.003	-0.014	0.028	-0.001	0.004	0.000
26	-1.200	-3.195	1.430	-2.057	0.062	-0.288	-0.423	0.364	-0.334	0.600	-0.057	-0.082	0.045	-0.226	-0.054	-0.068	-0.053	0.039	-0.004	0.002	0.000
27	-5.948	5.001	-3.091	-1.565	3.500	1.409	0.762	-1.246	-0.079	-0.258	0.265	0.255	-0.243	0.082	-0.052	0.152	0.027	0.016	-0.003	-0.002	0.000
28	-5.071	4.961	-2.386	-0.980	1.972	0.989	0.389	-0.378	-0.034	-0.074	0.366	0.184	-0.258	0.017	0.010	0.029	-0.014	0.016	0.003	0.002	0.000
29	-2.000	0.825	-1.998	3.358	-0.333	-0.403	0.321	0.046	-0.322	0.407	0.163	-0.271	0.066	-0.043	0.003	0.033	-0.015	-0.012	-0.008	0.004	0.000
30	-1.239	-0.423	-2.175	3.762	-0.348	-0.303	0.214	-0.057	-0.611	0.448	0.232	-0.249	0.017	-0.055	-0.004	0.027	-0.020	-0.010	-0.011	0.004	0.000
31	-0.664	-0.110	-2.266	3.590	-0.396	0.121	-0.065	-0.094	-0.705	0.455	0.243	-0.311	-0.013	-0.070	0.009	0.042	-0.024	-0.022	-0.003	0.006	0.000
32	4.211	0.185	-7.140	1.922	-1.890	1.680	-0.618	-1.103	-0.033	1.209	0.146	-0.060	-0.129	-0.173	-0.012	-0.076	0.082	-0.030	-0.003	-0.023	0.000
33	-2.421	1.999	-1.926	0.416	1.341	1.008	0.328	0.162	0.064	-0.372	0.445	0.068	-0.045	-0.019	0.041	-0.031	0.020	0.013	0.006	0.002	0.000
34	0.012	-0.258	-1.600	1.854	-0.125	1.086	-0.093	0.897	0.127	-0.630	0.519	-0.063	-0.023	-0.025	0.085	-0.120	0.020	-0.011	0.017	0.007	0.000
35	0.012	-4.241	2.355	-1.590	-0.139	-0.142	-0.467	0.429	0.300	0.385	0.160	-0.081	-0.269	-0.176	0.172	0.064	-0.023	-0.020	0.017	-0.006	0.000
36	0.324	-4.845	2.313	-1.292	0.027	-0.243	-0.182	0.522	0.202	0.360	0.371	0.160	-0.170	-0.103	0.099	0.043	-0.011	-0.013	0.015	-0.004	0.000
37	-0.564	-2.690	0.728	-0.570	0.636	0.851	0.215	0.164	0.073	0.016	0.199	0.040	0.176	-0.141	-0.062	-0.042	-0.066	-0.011	0.004	-0.002	0.000
38	1.668	-7.987	-0.737	2.195	0.295	0.493	0.127	-0.370	0.010	-0.987	-0.191	0.268	0.073	-0.186	0.023	0.052	0.042	-0.026	0.010	0.004	0.000
39	-1.484	-5.353	-2.533	4.342	-0.199	-0.575	0.217	-0.500	-1.425	0.293	-0.288	-0.051	-0.171	0.138	-0.027	-0.044	-0.054	0.011	0.002	0.004	0.000
40	-0.653	-10.158	-2.522	5.023	0.346	-1.556	0.966	-1.080	-1.363	0.153	-0.385	0.541	-0.089	0.172	-0.009	-0.084	-0.012	0.027	0.009	0.000	0.000
41	2.338	-11.583	-0.288	2.454	0.748	-0.247	0.736	-0.372	0.654	-1.349	-0.318	0.655	0.255	-0.247	0.018	0.074	0.101	-0.020	0.004	0.000	0.000
42	1.344	-3.615	1.394	-0.379	-0.228	-0.627	-0.189	0.345	0.345	0.315	0.204	0.372	-0.252	0.114	-0.175	-0.025	-0.023	-0.010	0.010	0.003	0.000
43	-0.963	-4.454	2.211	-2.596	1.420	1.019	0.800	0.145	-0.087	0.178	-0.214	-0.190	0.082	-0.164	-0.292	-0.032	-0.017	-0.007	-0.002	0.001	0.000
44	-0.594	-4.073	2.257	-2.219	1.314	0.328	1.148	-0.309	0.656	0.603	-0.370	-0.153	-0.024	-0.021	-0.404	0.024	-0.048	-0.030	0.002	0.000	0.000
45	-1.657	-7.597	1.717	-3.110	-0.449	0.777	0.933	-0.162	-0.421	0.691	0.242	-0.457	0.402	0.301	0.036	-0.033	0.055	-0.027	-0.001	0.001	0.000
46	7.212	-2.052	1.117	2.489	-0.402	1.318	-0.927	0.924	0.942	-0.678	0.236	0.004	0.069	0.235	-0.091	0.035	-0.036	0.012	0.002	-0.002	0.000
47	6.902	0.150	2.101	2.801	0.287	1.160	-0.908	1.528	0.418	-0.710	0.369	0.016	0.093	0.151	-0.097	-0.007	-0.036	0.046	-0.001	-0.005	0.000
48	3.281	3.697	2.662	-0.031	-0.114	-0.211	-0.282	-1.760	-0.148	-0.220	0.126	-0.243	0.057	0.045	0.057	-0.004	-0.036	0.049	0.018	-0.002	0.000
49	2.176	-6.259	2.086	-0.259	0.508	-0.377	0.294	-0.126	0.613	0.336	-0.117	-0.092	-0.004	0.144	-0.035	0.002	-0.039	0.021	0.004	-0.004	0.000
50	0.511	-7.603	2.259	-3.585	-1.670	0.361	0.528	-0.195	-0.370	0.781	0.726	0.105	0.129	0.296	0.088	0.088	0.128	-0.026	0.003	0.004	0.000
51	4.537	-6.866	2.578	0.424	0.268	-0.310	-0.223	-0.651	0.591	-0.217	-0.034	-0.164	-0.081	0.097	0.033	0.042	-0.035	0.016	-0.022	-0.005	0.000
52	7.308	-6.849	1.918	1.329	0.214	0.148	-1.047	-0.858	0.914	0.077	-0.147	-0.285	-0.299	0.061	0.225	0.074	-0.108	-0.012	-0.020	0.000	0.000
53	13.846	1.323	-5.986	-2.291	-0.887	1.603	-0.852	-0.551	0.906	0.372	-0.400	0.247	-0.097	0.048	-0.067	-0.145	0.115	0.041	-0.008	0.007	0.000
54	5.902	2.745	1.606	0.426	2.422	0.448	-0.560	0.089	0.257	0.030	-0.294	-0.047	-0.002	0.074	0.104	-0.055	0.046	0.005	-0.004	0.005	0.000
55	3.386	5.787	3.206	-0.395	1.344	-0.342	0.009	-2.028	-0.120	-0.292	-0.119	-0.302	0.174	-0.033	0.079	-0.012	0.012	0.003	-0.003	0.001	0.000
56	4.071	6.566	6.092	0.733	-2.718	1.889	2.851	0.202	-0.538	0.096	-0.260	0.244	-0.134	-0.056	0.081	0.037	-0.018	0.032	-0.011	0.001	0.000
57	3.925	6.229	3.666	-0.355	0.035	-0.444	-0.453	-1.276	0.002	-0.320	0.122	-0.241	0.037	-0.021	-0.007	-0.077	0.007	-0.033	0.021	0.005	0.000
58	4.481	6.761	3.076	-0.524	0.691	-0.091	-0.505	-1.997	0.054	-0.135	-0.185	-0.184	0.119	-0.053	0.008	-0.015	-0.024	-0.036	0.010	0.004	0.000
59	20.358	2.565	-10.583	-5.960	0.110	-2.662	1.955	1.044	-0.840	-0.726	0.092	-0.200	0.032	-0.005	0.024	0.060	-0.072	-0.014	0.003	-0.002	0.000
60	2.153	6.813	4.309	4.238	3.807	-3.984	1.246	0.878	1.020	0.546	0.210	-0.145	-0.036	0.027	-0.007	-0.077	0.088	-0.014	0.000	-0.008	0.000
61	4.319	7.410	6.995	1.299	-3.275	1.439	2.705	0.843	-0.354	-0.161	-0.180	0.281	-0.158	-0.026	0.036	-0.047	0.002	-0.025	-0.002	-0.003	0.000
62	9.880	8.913	3.971	1.170	0.878	-0.515	-3.068	0.870	-1.577	0.899	-0.124	0.764	0.126	-0.014	-0.134	0.137	0.033	-0.025	-0.006	0.002	0.000

EXAMEN DE LA CALIDAD DE LA REPRESENTACIÓN

Código	Orden	$\cos^2(\text{eje1})$	$\cos^2(\text{eje2})$	$\cos^2/\text{Sumcos}^2(E1-2)$
33	1	0.763	0.039	0.802
150	2	0.514	0.195	0.709
195	3	0.501	0.178	0.679
197	4	0.630	0.134	0.764
201	5	0.359	0.103	0.462
202	6	0.283	0.039	0.322
208	7	0.594	0.000	0.594
209	8	0.408	0.021	0.429
211	9	0.521	0.013	0.534
217	10	0.446	0.168	0.614
221	11	0.438	0.186	0.623
222	12	0.332	0.195	0.528
244	13	0.134	0.202	0.336
258	14	0.421	0.034	0.455
260	15	0.280	0.060	0.340
261	16	0.341	0.006	0.348
265	17	0.441	0.169	0.610
266	18	0.403	0.224	0.627
273	19	0.046	0.171	0.217
274	20	0.063	0.137	0.200
302	21	0.362	0.210	0.572
305	22	0.388	0.004	0.392
309	23	0.029	0.198	0.227
310	24	0.000	0.290	0.290
311	25	0.012	0.244	0.256
312	26	0.032	0.228	0.260
318	27	0.305	0.215	0.520
319	28	0.284	0.272	0.557
329	<b>29</b>	<b>0.081</b>	<b>0.014</b>	<b>0.094</b>
344	<b>30</b>	<b>0.030</b>	<b>0.003</b>	<b>0.033</b>
345	<b>31</b>	<b>0.009</b>	<b>0.000</b>	<b>0.009</b>
347	<b>32</b>	<b>0.156</b>	<b>0.000</b>	<b>0.156</b>
375	<b>33</b>	<b>0.117</b>	<b>0.080</b>	<b>0.197</b>
411	<b>34</b>	<b>0.000</b>	<b>0.002</b>	<b>0.002</b>
418	35	0.000	0.291	0.291
428	36	0.002	0.349	0.350
432	<b>37</b>	<b>0.007</b>	<b>0.155</b>	<b>0.162</b>
442	38	0.025	0.572	0.597
447	39	0.022	0.292	0.315

Código	Orden	<i>cos2(eje1)</i>	<i>cos2(eje2)</i>	<i>cos2/Sumcos2(E1-2)</i>
458	40	0.002	0.566	0.569
460	41	0.029	0.703	0.731
488	42	0.030	0.218	0.248
523	43	0.012	0.250	0.262
607	44	0.005	0.220	0.225
625	45	0.023	0.477	0.500
637	46	0.453	0.037	0.490
639	47	0.424	0.000	0.424
648	48	0.130	0.165	0.295
659	49	0.048	0.398	0.446
677	50	0.002	0.442	0.444
682	51	0.163	0.372	0.535
684	52	0.332	0.292	0.624
688	53	0.654	0.006	0.660
689	54	0.330	0.071	0.401
691	55	0.098	0.287	0.385
696	56	0.096	0.249	0.345
697	57	0.121	0.306	0.427
698	58	0.145	0.330	0.476
701	59	0.647	0.010	0.657
723	60	0.026	0.256	0.281
726	61	0.090	0.266	0.357
753	62	0.360	0.293	0.653

RESULTADOS DEL ANÁLISIS CLUSTER (Puntos de Depósito, Setenil)

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3	d4
P 1	G 1	1.63	1.63	20.5	9.42	10.63
P 2	G 1	1.59	1.59	19.89	10.69	9.8
P 3	G 1	0.41	0.41	18.74	9.35	8.76
P 4	G 1	2.09	2.09	20.8	10.89	10.74
P 5	G 1	0.37	0.37	18.59	8.95	8.66
P 6	G 1	1.22	1.22	18.16	7.96	8.41
P 7	G 1	1.9	1.9	19.16	7.49	9.6
P 8	G 1	2.99	2.99	19.79	6.96	10.45
P 9	G 1	1.47	1.47	18.73	7.71	9.08
P10	G 1	1.24	1.24	19.6	10.36	9.54
P11	G 1	0.84	0.84	19.05	9.91	9.01
P12	G 1	0.94	0.94	18.39	9.59	8.36
P13	G 1	2.01	2.01	17.06	9.1	7.05
P14	G 1	3.25	3.25	19.9	6.81	10.62
P15	G 1	3.54	3.54	18.42	5.69	9.38
P16	G 1	2.61	2.61	18.41	6.55	9.07
P17	G 1	1.45	1.45	19.76	10.56	9.68
P18	G 1	1.86	1.86	19.62	10.98	9.51
P19	G 1	2.79	2.79	16.24	8.9	6.24
P20	G 1	2.5	2.5	16.46	8.57	6.53
P21	G 1	2.72	2.72	20.3	11.84	10.17
P22	G 1	1.57	1.57	19.13	7.78	9.49
P23	G 3	3.53	5.6	17.19	3.53	9.03
P24	G 3	2.37	6.89	16.57	2.37	9.1
P25	G 3	2.93	6.2	17.11	2.93	9.25
P26	G 3	3.19	5.95	17.56	3.19	9.54
P27	G 1	3.52	3.52	20.66	12.65	10.53
P28	G 1	3.12	3.12	19.78	12.18	9.65
P29	G 3	1.67	7.47	16.97	1.67	9.78
P30	G 3	1	8.15	17.02	1	10.18
P31	G 3	2.42	11.53	17.88	2.42	12.73
P32	G 3	2.19	7.8	18.82	2.19	11.48
P33	G 3	4.57	12.63	21.06	4.57	15.47
P34	G 3	6.04	15.03	20.1	6.04	16.15
P35	G 3	2.27	7.83	15.5	2.27	8.65
P36	G 3	2.1	7.17	17.92	2.1	10.45
P37	G 3	2.12	7.01	17.42	2.12	9.93
P38	G 3	2.95	9.89	20.2	2.95	13.52
P39	G 4	6.98	12.04	9.79	7.53	6.98
P40	G 4	4.86	11.18	8.81	8.61	4.86

4 grupos  
Suma(CiDi)= 146.987200

G 1 : Peso= 24.00 S= 47.64 N=24

Coordenadas:

-4.126 1.984

Puntos:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 27 28

G 2 : Peso= 3.00 S= 15.67 N= 3

Coordenadas:

14.695 4.267

Puntos:

46 52 55

G 3 : Peso= 18.00 S= 53.52 N=18

Coordenadas:

.666 -5.780

Puntos:

23 24 25 26 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 42 43 44 45

G 4 : Peso= 10.00 S= 30.16 N=10

Coordenadas:

4.563 4.411

Puntos:

39 40 41 47 48 49 50 51 53 54

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3	d4
P41	G 4	1.47	7.6	11.43	9.83	1.47
P42	G 3	1.58	10.38	16.36	1.58	10.93
P43	G 3	1.83	10.65	18.5	1.83	12.68
P44	G 3	4.02	12.38	15.07	4.02	11.28
P45	G 3	6.73	14.45	13.35	6.73	11.59
P46	G 2	3.06	17.98	3.06	14.97	9.78
P47	G 4	2.14	10.06	8.92	10.01	2.14
P48	G 4	1.81	8.42	11.41	11.88	1.81
P49	G 4	2.21	9.39	10.87	12.81	2.21
P50	G 4	1.93	9.1	10.95	12.44	1.93
P51	G 4	2.35	9.84	10.51	13.11	2.35
P52	G 2	5.91	24.49	5.91	21.39	15.9
P53	G 4	3.4	7.92	12.8	12.68	3.4
P54	G 4	3.01	10.04	10.84	13.69	3.01
P55	G 2	6.69	15.63	6.69	17.34	6.97

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3	d4	d5
P 1	G 1	1.63	1.63	20.5	9.12	10.53	13.4
P 2	G 1	1.59	1.59	19.89	10.43	9.46	13.73
P 3	G 1	0.41	0.41	18.74	9.11	8.59	12.28
P 4	G 1	2.09	2.09	20.8	10.6	10.42	14.37
P 5	G 1	0.37	0.37	18.59	8.71	8.56	11.96
P 6	G 1	1.22	1.22	18.16	7.73	8.48	11.12
P 7	G 1	1.9	1.9	19.16	7.21	9.76	11.54
P 8	G 1	2.99	2.99	19.79	6.64	10.71	11.68
P 9	G 1	1.47	1.47	18.73	7.44	9.2	11.37
P10	G 1	1.24	1.24	19.6	10.11	9.23	13.38
P11	G 1	0.84	0.84	19.05	9.67	8.75	12.79
P12	G 1	0.94	0.94	18.39	9.36	8.13	12.19
P13	G 1	2.01	2.01	17.06	8.92	6.89	11.05
P14	G 1	3.25	3.25	19.9	6.48	10.91	11.68
P15	G 1	3.54	3.54	18.42	5.4	9.81	10.13
P16	G 1	2.61	2.61	18.41	6.28	9.37	10.55
P17	G 1	1.45	1.45	19.76	10.3	9.35	13.58
P18	G 1	1.86	1.86	19.62	10.73	9.1	13.74
P19	G 1	2.79	2.79	16.24	8.75	6.14	10.37
P20	G 1	2.5	2.5	16.46	8.41	6.5	10.32
P21	G 1	2.72	2.72	20.3	11.59	9.66	14.63
P22	G 1	1.57	1.57	19.13	7.5	9.61	11.67
P23	G 3	3.31	5.6	17.19	3.31	9.79	8.18
P24	G 3	2.23	6.89	16.57	2.23	10.03	7.11
P25	G 3	2.71	6.2	17.11	2.71	10.08	7.85
P26	G 3	2.92	5.95	17.56	2.92	10.32	8.35
P27	G 1	3.52	3.52	20.66	12.39	9.92	15.3
P28	G 1	3.12	3.12	19.78	11.94	9.05	14.53
P29	G 3	1.5	7.47	16.97	1.5	10.74	7.25
P30	G 3	0.87	8.15	17.02	0.87	11.2	7.08
P31	G 3	2.66	11.53	17.88	2.66	13.92	7.46
P32	G 3	1.8	7.8	18.82	1.8	12.36	8.96
P33	G 3	4.54	12.63	21.06	4.54	16.56	10.64
P34	G 3	6.22	15.03	20.1	6.22	17.41	9.91
P35	G 3	2.36	7.83	15.5	2.36	9.72	5.84
P36	G 3	1.77	7.17	17.92	1.77	11.32	8.25
P37	G 3	1.86	7.01	17.42	1.86	10.82	7.82
P38	G 3	2.7	9.89	20.2	2.7	14.47	9.97
P39	G 5	0.87	12.04	9.79	7.85	8.46	0.87
P40	G 5	3.08	11.18	8.81	8.85	6.34	3.08
P41	G 4	2.16	7.6	11.43	9.88	2.16	7.66
P42	G 3	1.98	10.38	16.36	1.98	12.14	5.98

5 grupos

$$\text{Suma}(\text{CiDi}) = 129.454000$$

$$\text{G 1 : Peso} = 24.00 \quad \text{S} = 47.64 \quad \text{N} = 24$$

Coordenadas:

$$-4.126 \quad 1.984$$

Puntos:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 27 28

$$\text{G 2 : Peso} = 3.00 \quad \text{S} = 15.67 \quad \text{N} = 3$$

Coordenadas:

$$14.695 \quad 4.267$$

Puntos:

46 52 55

$$\text{G 3 : Peso} = 17.00 \quad \text{S} = 45.73 \quad \text{N} = 17$$

Coordenadas:

$$.275 \quad -5.717$$

Puntos:

23 24 25 26 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 42 43 44

$$\text{G 4 : Peso} = 8.00 \quad \text{S} = 12.53 \quad \text{N} = 8$$

Coordenadas:

$$3.940 \quad 5.751$$

Puntos:

41 47 48 49 50 51 53 54

$$\text{G 5 : Peso} = 3.00 \quad \text{S} = 7.88 \quad \text{N} = 3$$

Coordenadas:

$$7.141 \quad -2.917$$

Puntos:

39 40 45

□

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3	d4	d5
P43	G 3	1.9	10.65	18.5	1.9	13.79	8.12
P44	G 3	4.41	12.38	15.07	4.41	12.63	4.73
P45	G 5	3.94	14.45	13.35	7.12	13.04	3.94
P46	G 2	3.06	17.98	3.06	15.29	10.85	7.93
P47	G 4	3.59	10.06	8.92	10.16	3.59	5.8
P48	G 4	0.55	8.42	11.41	11.92	0.55	9.48
P49	G 4	0.83	9.39	10.87	12.86	0.83	9.97
P50	G 4	0.48	9.1	10.95	12.49	0.48	9.69
P51	G 4	1.15	9.84	10.51	13.17	1.15	10.04
P52	G 2	5.91	24.49	5.91	21.72	16.72	14.31
P53	G 4	2.08	7.92	12.8	12.67	2.08	10.93
P54	G 4	1.7	10.04	10.84	13.74	1.7	10.71
P55	G 2	6.69	15.63	6.69	17.5	6.73	12.14

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3	d4	d5	d6
P 1	G 1	1.63	1.63	22.7	9.12	10.53	13.4	17.26
P 2	G 1	1.59	1.59	22.3	10.43	9.46	13.73	16.1
P 3	G 1	0.41	0.41	21.05	9.11	8.59	12.28	15.31
P 4	G 1	2.09	2.09	23.17	10.6	10.42	14.37	17.07
P 5	G 1	0.37	0.37	20.86	8.71	8.56	11.96	15.28
P 6	G 1	1.22	1.22	20.32	7.73	8.48	11.12	15.19
P 7	G 1	1.9	1.9	21.19	7.21	9.76	11.54	16.45
P 8	G 1	2.99	2.99	21.69	6.64	10.71	11.68	17.37
P 9	G 1	1.47	1.47	20.82	7.44	9.2	11.37	15.9
P10	G 1	1.24	1.24	21.99	10.11	9.23	13.38	15.89
P11	G 1	0.84	0.84	21.42	9.67	8.75	12.79	15.44
P12	G 1	0.94	0.94	20.76	9.36	8.13	12.19	14.84
P13	G 1	2.01	2.01	19.43	8.92	6.89	11.05	13.62
P14	G 1	3.25	3.25	21.76	6.48	10.91	11.68	17.55
P15	G 1	3.54	3.54	20.23	5.4	9.81	10.13	16.34
P16	G 1	2.61	2.61	20.35	6.28	9.37	10.55	15.99
P17	G 1	1.45	1.45	22.16	10.3	9.35	13.58	16
P18	G 1	1.86	1.86	22.09	10.73	9.1	13.74	15.7
P19	G 1	2.79	2.79	18.6	8.75	6.14	10.37	12.87
P20	G 1	2.5	2.5	18.78	8.41	6.5	10.32	13.23
P21	G 1	2.72	2.72	22.83	11.59	9.66	14.63	16.17
P22	G 1	1.57	1.57	21.2	7.5	9.61	11.67	16.32
P23	G 3	3.31	5.6	18.72	3.31	9.79	8.18	15.92
P24	G 3	2.23	6.89	17.89	2.23	10.03	7.11	15.83
P25	G 3	2.71	6.2	18.54	2.71	10.08	7.85	16.08
P26	G 3	2.92	5.95	19.01	2.92	10.32	8.35	16.41
P27	G 1	3.52	3.52	23.25	12.39	9.92	15.3	16.3
P28	G 1	3.12	3.12	22.38	11.94	9.05	14.53	15.46
P29	G 3	1.5	7.47	18.17	1.5	10.74	7.25	16.44
P30	G 3	0.87	8.15	18.1	0.87	11.2	7.08	16.75
P31	G 3	2.66	11.53	18.35	2.66	13.92	7.46	18.79
P32	G 3	1.8	7.8	19.97	1.8	12.36	8.96	18.24
P33	G 3	4.54	12.63	21.49	4.54	16.56	10.64	21.79
P34	G 3	6.22	15.03	20.02	6.22	17.41	9.91	21.84
P35	G 3	2.36	7.83	16.71	2.36	9.72	5.84	15.16
P36	G 3	1.77	7.17	19.16	1.77	11.32	8.25	17.21
P37	G 3	1.86	7.01	18.69	1.86	10.82	7.82	16.68
P38	G 3	2.7	9.89	21.05	2.7	14.47	9.97	20.14
P39	G 5	0.87	12.04	10.67	7.85	8.46	0.87	11.28
P40	G 5	3.08	11.18	10.36	8.85	6.34	3.08	9.26
P41	G 4	2.16	7.6	13.93	9.88	2.16	7.66	8.41
P42	G 3	1.98	10.38	17.03	1.98	12.14	5.98	17.02

6 grupos	
Suma(CiDi)=	120.415200
G 1 : Peso=	24.00 S= 47.64 N=24
Coordenadas:	-4.126 1.984
Puntos:	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 27 28
G 2 : Peso=	2.00 S= 6.63 N= 2
Coordenadas:	17.102 1.944
Puntos:	46 52
G 3 : Peso=	17.00 S= 45.73 N=17
Coordenadas:	.275 -5.717
Puntos:	23 24 25 26 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 42 43 44
G 4 : Peso=	8.00 S= 12.53 N= 8
Coordenadas:	3.940 5.751
Puntos:	41 47 48 49 50 51 53 54
G 5 : Peso=	3.00 S= 7.88 N= 3
Coordenadas:	7.141 -2.917
Puntos:	39 40 45
G 6 : Peso=	1.00 S= .00 N= 1
Coordenadas:	9.880 8.913
Puntos:	55

Punto	Grupo	dgrupo	d1	d2	d3	d4	d5	d6
P43	G 3	1.9	10.65	19.14	1.9	13.79	8.12	18.99
P44	G 3	4.41	12.38	15.35	4.41	12.63	4.73	16.66
P45	G 5	3.94	14.45	13.16	7.12	13.04	3.94	15.97
P46	G 2	3.31	17.98	3.31	15.29	10.85	7.93	8.56
P47	G 4	3.59	10.06	11.23	10.16	3.59	5.8	7.34
P48	G 4	0.55	8.42	14.24	11.92	0.55	9.48	7.21
P49	G 4	0.83	9.39	13.83	12.86	0.83	9.97	6.27
P50	G 4	0.48	9.1	13.86	12.49	0.48	9.69	6.53
P51	G 4	1.15	9.84	13.51	13.17	1.15	10.04	5.81
P52	G 2	3.31	24.49	3.31	21.72	16.72	14.31	12.25
P53	G 4	2.08	7.92	15.72	12.67	2.08	10.93	8.01
P54	G 4	1.7	10.04	13.9	13.74	1.7	10.71	5.76
P55	G 6	0	15.63	10.04	17.5	6.73	12.14	0

## **ANEJO 5**

Encuestas sobre el manejo de suelo realizado en la microcuencas durante el período de estudio.

## **ÍNDICE**

**Encuesta sobre manejo de suelo llevado a cabo en la finca de Setenil en la campaña hidrológica 2004-2005. 276**

**Encuesta sobre manejo de suelo llevado a cabo en la finca de Setenil en la campaña hidrológica 2005-2006. 278**

**Encuesta sobre manejo de suelo llevado a cabo en la finca de Puente Genil en la campaña hidrológica 2004-2005. 280**

**Encuesta sobre manejo de suelo llevado a cabo en la finca de Puente Genil en la campaña hidrológica 2005-2006. 282**

A continuación se muestran las encuestas realizadas a los propietarios de las fincas acerca de los manejos de suelo realizados en las fincas en las campañas 2004-2005 y 2005-2006. En primer lugar, aparecen los datos de Setenil y después los correspondientes a Puente Genil.



## 1. DATOS DE LA PARCELA – Período 2004-2005

- PROPIETARIO José Zamudio Sánchez - Alonso
- PARCELA CATASTRAL **Setenil**
- SUPERFICIE 18 ha de olivar (6,7 ha)
- MANEJO Mínimo laboreo
- MARCO 7x7
- PRODUCCIÓN (kg/ha) 5000
- EDAD DE LOS ÁRBOLES 11 años
- OBSERVACIONES

## 2. OPERACIONES DE CULTIVO

- LABOREO
  - Dirección: Este año no se labró debido a la falta de lluvia y el fallecimiento del propietario.
  - Frecuencia:
  - Fechas:
  - Profundidad:
  - Superficie:
  - Observaciones:
- LABOREO
  - Dirección: Cruzada, realizan un pase en máxima pendiente y otro según curva de nivel
  - Frecuencia: 1 al año
  - Fechas: invierno (antes de la recogida)
  - Maquinaria: Rulo
  - Profundidad: superficial
  - Superficie: Todo
- FERTILIZACIÓN (sin riego)
  - Tipos de fertilizante POTASSIO 45 (solución de abono NK)
  - Dosis (kg/ha) – 4 cubas de 3000 l (100-200 cc por cada 100 l de agua)
  - Fecha de fertilización: 1 noviembre de 2005
  - Tipos de aplicación: Vía foliar
  - Observaciones. Le mezcla además óxido cuproso y aminoácidos.
  - Tipos de fertilizante Regulador del pH (N 3 %, N ureico 3 % y Anhídrido fosfórico 7 %)
  - Dosis (kg/ha) –
  - Fecha de fertilización: 1 noviembre de 2005
  - Tipos de aplicación: Vía foliar
  - Observaciones. Le mezcla además óxido cuproso y aminoácidos.
- TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS
  - Tipo de productos: Diuron
  - Dosis 2-4 l/ha
  - Fechas: sólo en otoño
  - Tipos de aplicación

Observaciones: Este año no se ha aplicado herbicida en primavera ya que llovió poco.

- Tipo de productos: Sólo insecticidas: piretrina
- Dosis
- Fechas: 20 mayo y 20 de junio.
- Tipos de aplicación
- Observaciones: Este año no se ha empleado herbicida en primavera.
  
- Tipo de productos: Dimetoato
- Dosis
- Fechas: en primavera.
- Tipos de aplicación con carro, se barre toda la superficie
- Observaciones:
  
- Tipo de productos: Oxiclورو de cobre
- Dosis
- Fechas: 1 en octubre y 1 en noviembre.
- Tipos de aplicación
- Observaciones: Este año no se ha empleado herbicida.

- RIEGOS (incorpora fertirrigación)
  - Tipo de sistema (goteo, aspersión, manual): Goteo
  - Dosis estimada: 8l/s
  - Número de aplicaciones:
  - Fechas: desde junio a septiembre.
  - Duración e intervalos entre riegos: 4 horas al día (por la noche)
  - Pérdidas de riego estimadas
  - Fracción de área regada: Proximidades del árbol
  - Observaciones: Goteros enterrados que riegan únicamente el árbol



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

ETSI Agrónomos y Montes

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA RURAL

Apdo 3048 - 14080 CÓRDOBA  
Telf 957 - 218571 / 218532

## 2. DATOS DE LA PARCELA – Período 2005-2006

- PROPIETARIO José Zamudio Sánchez - Alonso
- PARCELA CATASTRAL **Setenil**
- SUPERFICIE 18 ha de olivar (6,7 ha)
- MANEJO Mínimo laboreo
- MARCO 7x7
- PRODUCCIÓN (kg/ha) 5000
- EDAD DE LOS ÁRBOLES 11 años
- OBSERVACIONES

## 3. OPERACIONES DE CULTIVO

- LABOREO
  - Dirección: Cruzada, realizan un pase en máxima pendiente y otro según curva de nivel
  - Frecuencia: 1 al año
  - Fechas: Primavera, a finales de abril
  - Maquinaria: Arado “conquilde”
  - Profundidad: 5 cm.
  - Superficie: Todo
  - Observaciones: Las labores no han sido muy profundas, el agricultor ha encontrado el suelo más duro y no ha querido alterar bruscamente la estructura.
- OTRAS LABORES
  - Dirección: Cruzada, realizan un pase en máxima pendiente y otro según curva de nivel
  - Frecuencia: 2 al año (después de arar y antes de la recolección)
  - Fechas: finales de junio e invierno antes de la recogida.
  - Maquinaria: Rulo
  - Profundidad: superficial.
  - Superficie: Todo
  - Observaciones.
- FERTILIZACIÓN (sin riego)
  - Tipos de fertilizante POTASSIO 45 (solución de abono NK)
  - Dosis (kg/ha) – 4 cubas de 3000 l (100-200 cc por cada 100 l de agua)
  - Fecha de fertilización: 1 noviembre de 2005
  - Tipos de aplicación: Vía foliar
  - Observaciones. Le mezcla además óxido cuproso y aminoácidos.
  - Tipos de fertilizante Regulador del pH (N 3 %, N ureico 3 % y Anhídrido fosfórico 7 %)
  - Dosis (kg/ha) –
  - Fecha de fertilización: 1 noviembre de 2005
  - Tipos de aplicación: Vía foliar
  - Observaciones. Le mezcla además óxido cuproso y aminoácidos.

- Tipos de fertilizante POTASSIO 45 (solución de abono NK)
  - Dosis (kg/ha) – 4 cubas de 3000 l (100-200 cc por cada 100 l de agua)
  - Fecha de fertilización: 14 de marzo de 2006
  - Tipos de aplicación: Vía foliar
  - Observaciones. Le mezcla además óxido cuproso y aminoácidos.
  - Tipos de producto: ISABION (ácido glutámico)
  - Dosis (kg/ha) – 250 cc/100l de agua
  - Fecha de aplicación: /14 de marzo de 2006
  - Tipos de aplicación: superficial (nutrición foliar)
- 
- TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS
    - Tipos de producto: COBRE NORDOX, Óxido cuproso 75 % (750 g/kg expresado en cobre)
    - Dosis (kg/ha) – 40-60 %
    - Fecha de aplicación: 1 noviembre de 2005 /14 de marzo de 2006
    - Tipos de aplicación: superficial
    - Observaciones. Le mezcla además óxido cuproso y aminoácidos.
  
    - Tipos de producto: OXIFLUORFEN 24
    - Dosis (kg/ha) – 240 g/l
    - Fecha de aplicación: 1 noviembre de 2005
    - Tipos de aplicación: superficial
    - Observaciones. Lo mezcla con el Oxifluorcén.
  
    - Tipos de producto: Glifosato 36 % (HERCAMPO).
    - Dosis (kg/ha) – 3 -6 l/ha
    - Fecha de aplicación: 1 noviembre de 2005
    - Tipos de aplicación: Vía foliar
    - Observaciones. Lo mezcla con el Oxifluorcén.
- 
- RIEGOS (incorpora fertirrigación)
    - Tipo de sistema (goteo, aspersión, manual) Goteo
    - Dosis estimada 8 l/s durante 4 horas al día
    - Número de aplicaciones
    - Fechas 4 meses de verano
    - Duración e intervalos entre riegos
    - Pérdidas de riego estimadas
    - Fracción de área regada
    - Observaciones



### 3. DATOS DE LA PARCELA: **Período 2004-2005**

- PROPIETARIO Antonio Muñoz
- PARCELA CATASTRAL **Puente Genil**
- SUPERFICIE 6,3 ha (la parcela tiene más de 10)
- MANEJO No laboreo con cubiertas
- MARCO 7x7 (algo más, pero es un poco irregular)
- PRODUCCIÓN (kg/ha) 200
- EDAD DE LOS ÁRBOLES 9 años (1994-1995)

### 4. OPERACIONES DE CULTIVO

- LABOREO- No se labra únicamente se opera entre calles sobre las peanas de los olivos,
  - Dirección
  - Frecuencia
  - Maquinaria
  - Profundidad
  - Superficie
  - Observaciones. Cuando se estableció la plantación se construyeron las medialunas con la cuchilla niveladora del bulldozer.
- OTRAS OPERACIONES: Se iniciaron a mitas del mes de julio las labores para la instalación de una red de riego por goteo. A partir de un retroexcavadora con percutor se picó el suelo hasta 40 o 50 cm de profundidad en dos cruces de calles, ayudando con la cuchara de la retro a retirar y a establecer de nuevo la tierra.
- FERTILIZACIÓN
  - Tipos de fertilizante (N y P): Abono triple 16
  - Dosis (kg/ha): 160 kg/ha
  - Fecha de fertilización: Octubre-noviembre
  - Tipos de aplicación: Manual.
  - Observaciones
- TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS. Este año la lluvia ha sido tan escasa que la cubierta apenas ha llegado a establecerse.
  - Tipo de productos Cobre
  - Dosis 1,5 kg: 1000 l de agua
  - Fechas Otoño y primavera
  - Tipos de aplicación Con mochila, pulverizada
  - Observaciones
  
  - Tipo de productos Isabión (producto foliar)
  - Dosis las de las etiquetas
  - Fechas Otoño y primavera
  - Tipos de aplicación Con mochila, pulverizada
  - Observaciones
  
  - Tipo de productos Sumition Forte

- Dosis etiquetado
- Fechas Primavera (abril)
- Tipos de aplicación Con mochila, pulverizada
- Observaciones
  
- Tipo de productos Cobre
- Dosis 1,5 kg:1000 l de agua
- Fechas Otoño y primavera
- Tipos de aplicación Con mochila, pulverizada
  
- Tipo de productos Katana con sulfosato (Flazasulfurón)
- Dosis 0,10-0,20 l/ha de Katana / 1,5 l/ha de sulfosato
- Fechas Otoño y primavera
- Tipos de aplicación con mochila, pulverizado.

▪ RIEGOS

- Tipo de sistema (goteo, aspersión, manual) Manual
- Dosis estimada 150 l por árbol
- Número de aplicaciones 1 vez al mes
- Fechas Junio-julio-agosto
- Duración e intervalos entre riegos
- Pérdidas de riego estimadas
- Fracción de área regada 50 %
- Observaciones: Son simplemente riegos de apoyo.



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

ETSI Agrónomos y Montes

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA RURAL

Apdo 3048 - 14080 CÓRDOBA  
Telf 957 - 218571 / 218532

#### 4. DATOS DE LA PARCELA **Período 2005-2006**

- PROPIETARIO Antonio Muñoz
- PARCELA CATASTRAL **Puente Genil**
- SUPERFICIE 6,3 ha (la parcela tiene más de 10)
- MANEJO No laboreo con cubiertas
- MARCO 7x7 (algo más, pero es un poco irregular)
- PRODUCCIÓN (kg/ha) 200
- EDAD DE LOS ÁRBOLES 10 años (1994-1995)

#### 5. OPERACIONES DE CULTIVO

- LABOREO- No hay
  - Dirección :
  - Frecuencia
  - Fechas
  - Maquinaria
  - Profundidad
  - Superficie
  - Observaciones
- OTRAS OPERACIONES: Pase de la desbrozadora.
  - Dirección : Centro de las calles (aproximadamente curva de nivel)
  - Frecuencia: 2 veces al año en primavera.
  - Fechas: Marzo y abril
  - Maquinaria: Desbrozadora.
  - Profundidad: Superficial, se aplica cuando la hierba alcanza los 35 o 40 cm.
  - Superficie: 2,5 m de la calle.
  - Observaciones: En verano se enganzh al tractor también gomas de camión y se repase para compactar los restos de cubierta.
- FERTILIZACIÓN
  - Tipos de fertilizante (N y P): No hubo a la espera de las lluvias.
  - Dosis (kg/ha)
  - Fecha de fertilización
  - Tipos de aplicación:
  - Observaciones
- TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS
  - Tipo de productos Cobre
  - Dosis 1,5 kg:1000 l de agua
  - Fechas Otoño y primavera
  - Tipos de aplicación Con mochila, pulverizada
  - Observaciones
  
  - Tipo de productos: Glifosato

- Dosis las de las etiquetas: 2 – 2,5 l/ha
- Fechas: 19 –25 diciembre 2005
- Tipos de aplicación: Residual
- Tipo de productos Oxiflurcén
- Dosis etiquetado 0.25 l/ha
- Fechas 19 –25 diciembre 2005
- Tipos de aplicación
- Observaciones
  
- Tipo de productos Herbicida de contacto
- Dosis : La cantidad estipulada en la etiqueta.
- Fechas: Primavera
- Tipos de aplicación: Mochila pulverizada.
- Tipo de productos
- Dosis
- Fechas
- Tipos de aplicación
  
- RIEGOS→ Pertenece a la campaña 2006
  - Tipo de sistema (goteo, aspersión, manual): Goteo aéreo
  - Dosis estimada: 2,5 l/h por árbol durante 6 horas semana sí y 8 o 9 días no.
  - Número de aplicaciones
  - Fechas : De junio a septiembre
  - Duración e intervalos entre riegos: 6 horas durante una semana y luego 8 o 9 días sin riego.
  - Pérdidas de riego estimadas
  - Fracción de área regada
  - Observaciones

## **ANEJO 6**

Planos de las obras realizadas para la ejecución de dos instalaciones de medida de aforo de caudal y pérdida de suelo a la salida de dos microcuencas de olivar.

### **ÍNDICE DE PLANOS DE LAS INSTALACIONES DE SETENIL**

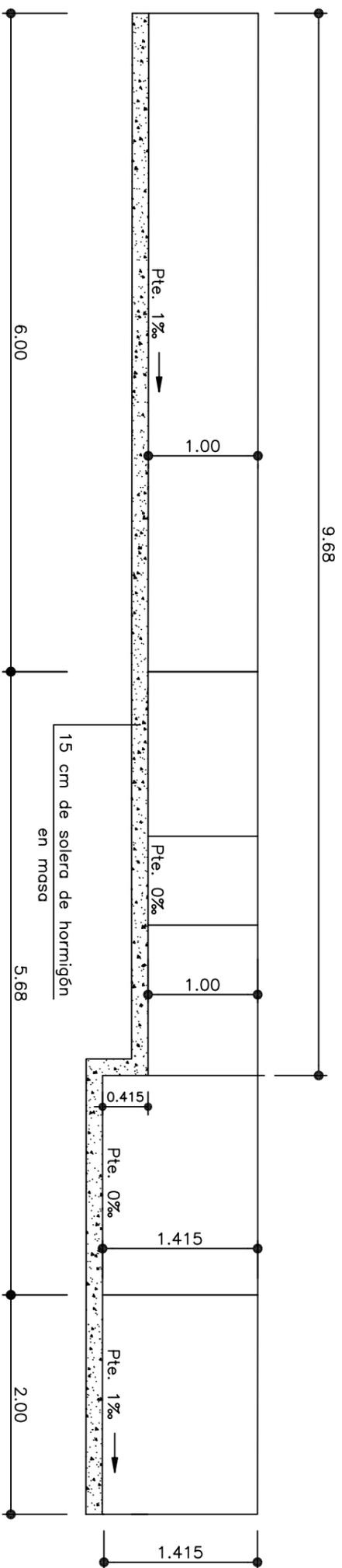
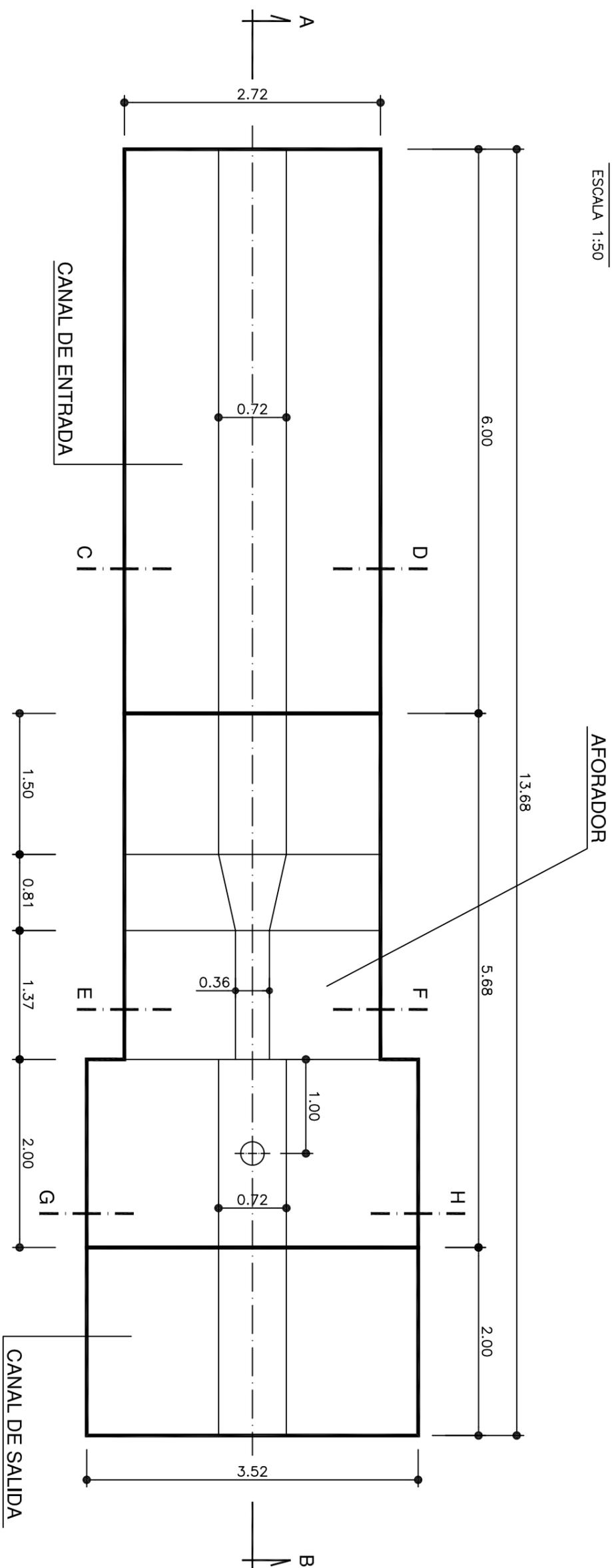
PLANO N° 1.- PLANTA Y SECCIÓN LONGITUDINAL	287
PLANO N° 2.- SECCIONES TRANSVERSALES DEL CANAL Y DEL AFORADOR	288
PLANO N° 3.- DETALLES CONSTRUCTIVOS	289
PLANO N° 4.- CASETA DE SENSORES	290

### **ÍNDICE DE PLANOS DE LAS INSTALACIONES DE PUENTE GENIL**

PLANO N° 1.- PERFILES LONGITUDINALES DEL TERRENO	291
PLANO N° 2.- PERFIL LONGITUDINAL DEL TERRENO	292
PLANO N° 3.- SECCIONES TRANSVERSALES DEL TERRENO	293
PLANO N° 4.- SECCIONES TRANSVERSALES DEL TERRENO	294
PLANO N° 5.- SECCIONES TRANSVERSALES DEL CANAL	
PLANO N° 6.- PLANTA Y PERFIL DEL CANAL AFORADOR	295
PLANO N° 7.- SECCIONES TRANSVERSALES DEL CANAL	296
PLANO N° 8.- PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA DEL AFORADOR	297
PLANO N° 9.- SECCIONES CONSTRUCTIVAS	298

En este anejo se muestran los planos correspondientes a las obras para la ejecución de las instalaciones de medidas de lluvia, caudal y descarga de sedimentos. En primer lugar, aparecen los planos de los replanteos necesarios para el dimensionamiento del canal y los aforadores y a continuación, los que muestran las medidas y el esquema del canal, los soportes y la caseta de los sensores.

**PLANTA**  
ESCALA 1:50

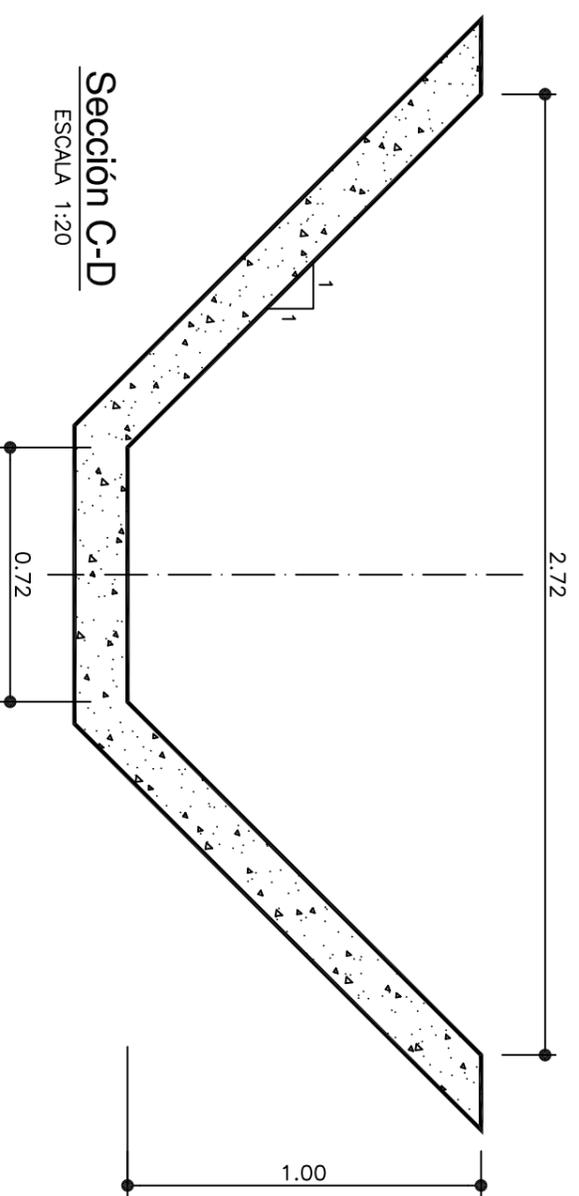


**SECCION A-B**  
ESCALA 1:50

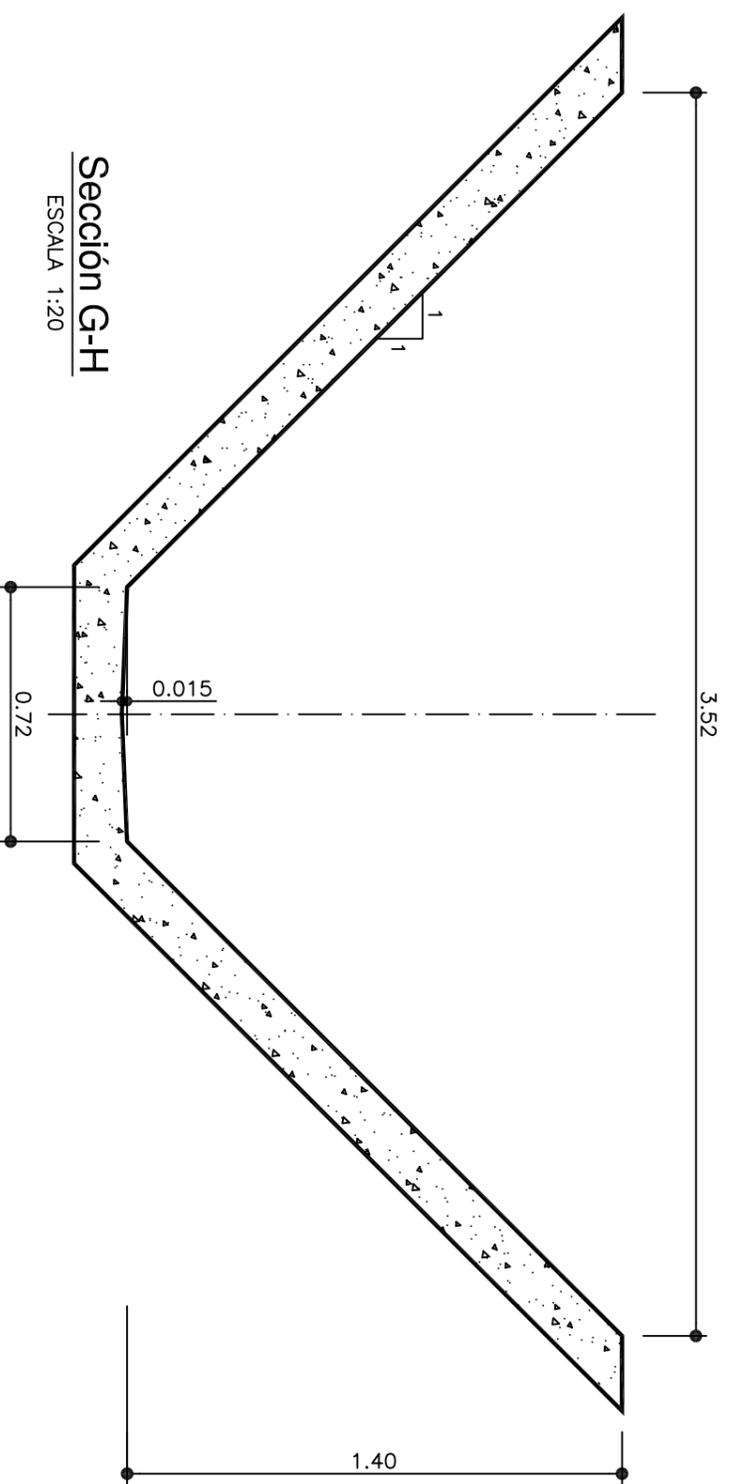
CONSTRUCCIÓN DE AFORADOR Y CANAL DE HORMIGÓN PARA MEDICIÓN  
DE CAUDALES EN LA MICROCUENCA DE SETENIL (CÁDIZ)

PLANTA Y SECCIÓN LONGITUDINAL

CANAL DE ENTRADA

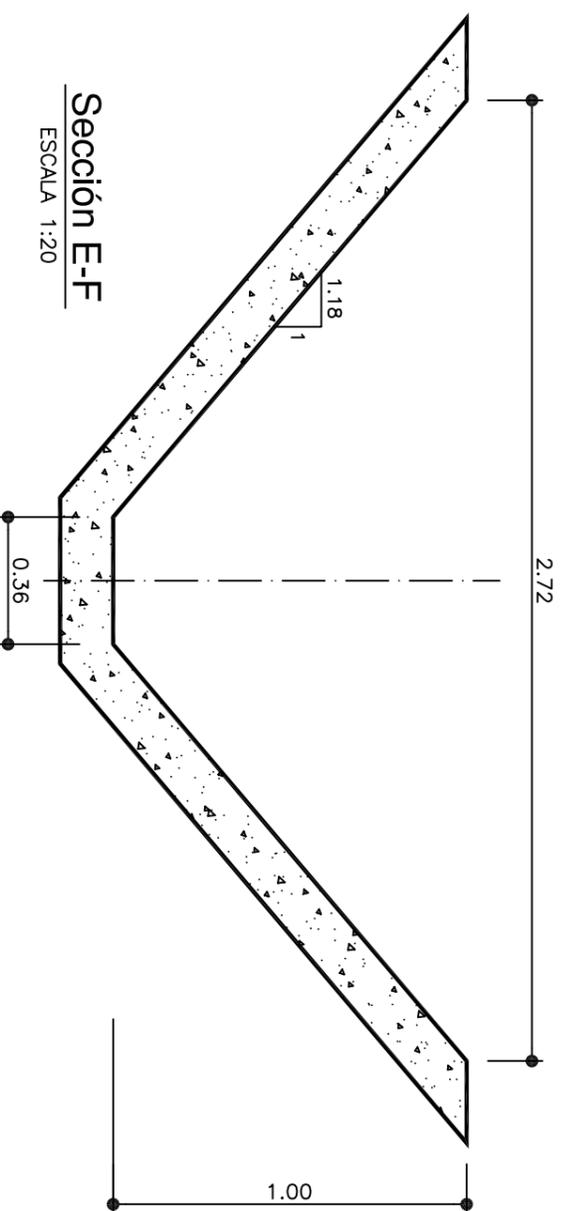


CANAL DE SALIDA



Soleras de hormigón en masa de 15 cm

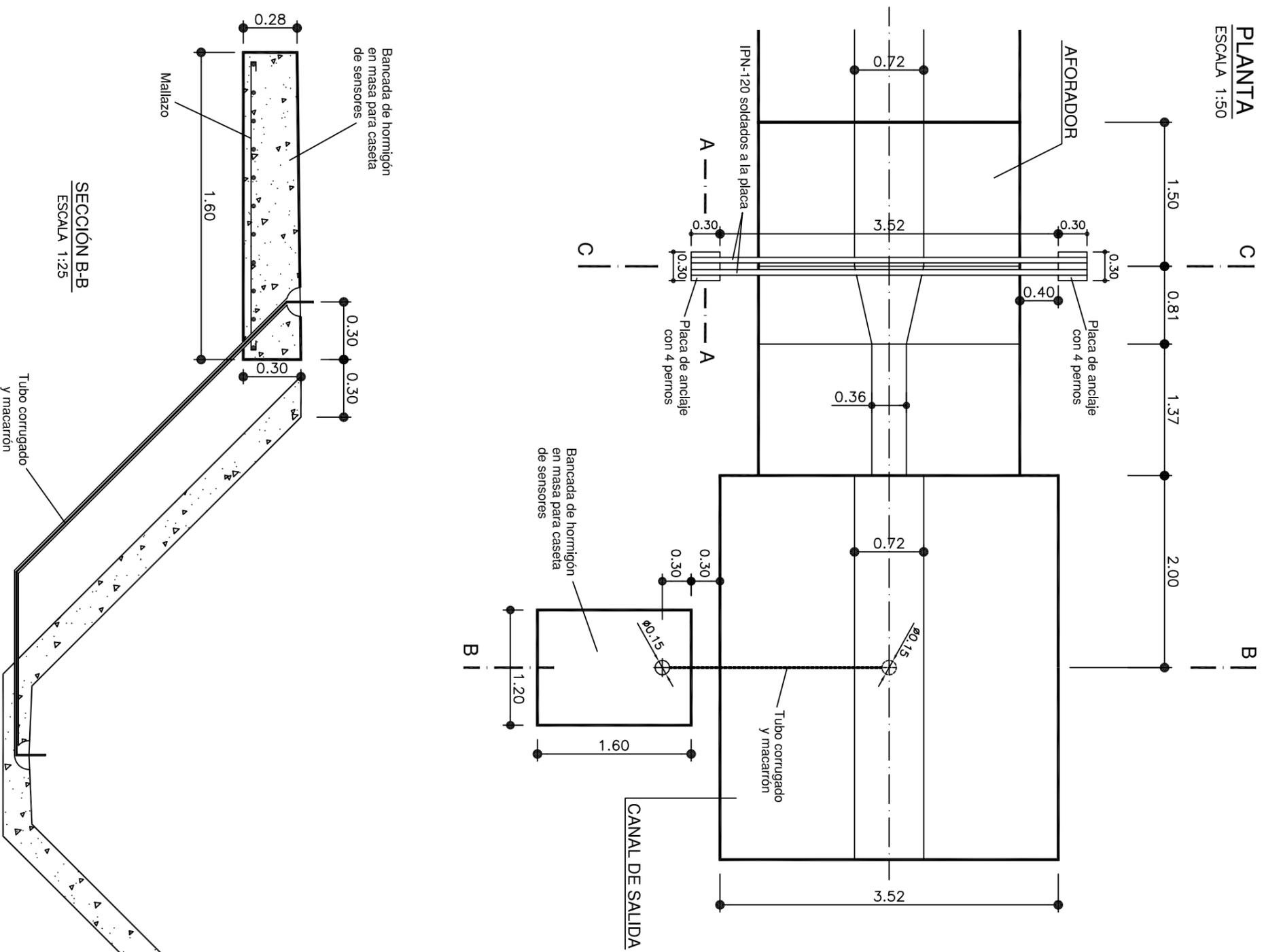
AFORADOR



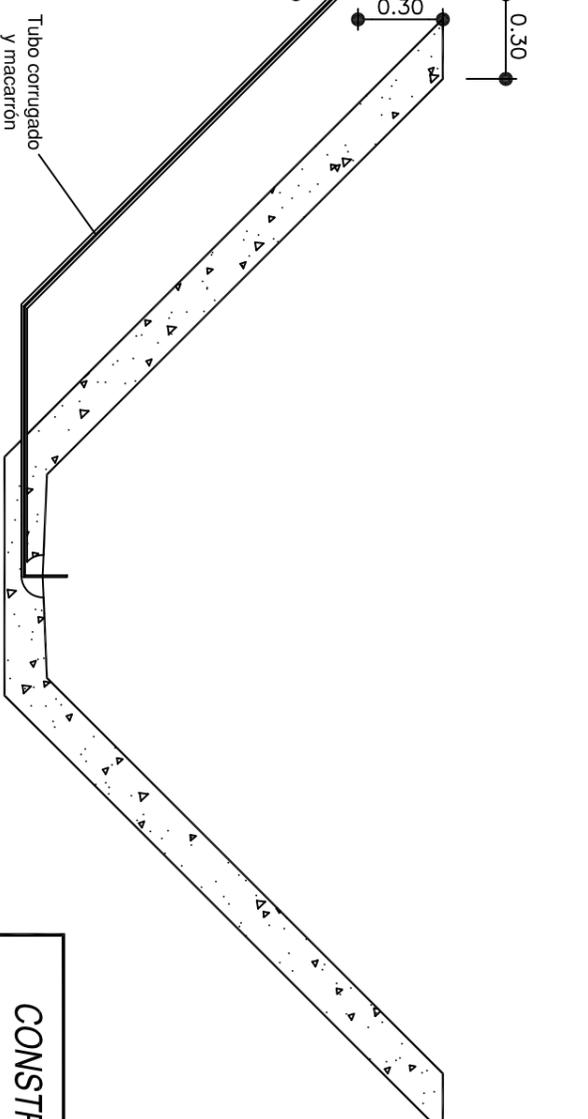
CONSTRUCCIÓN DE AFORADOR Y CANAL DE HORMIGÓN PARA MEDICIÓN  
DE CAUDALES EN LA MICROCUENCA DE SETENIL (CÁDIZ)

SECCIONES TRANSVERSALES DEL CANAL Y DEL AFORADOR

PLANO Nº 2

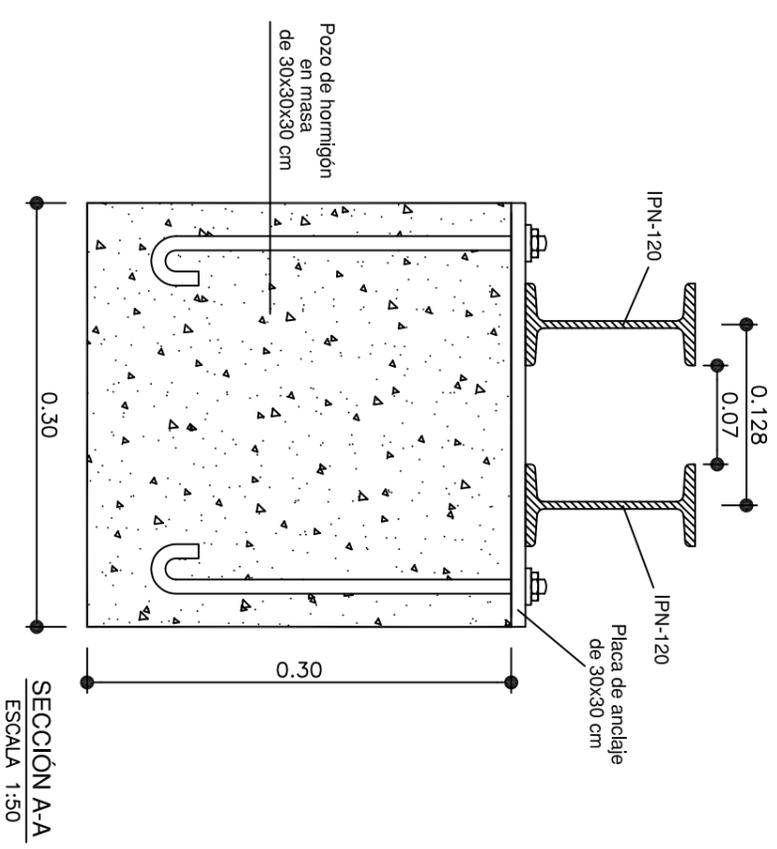
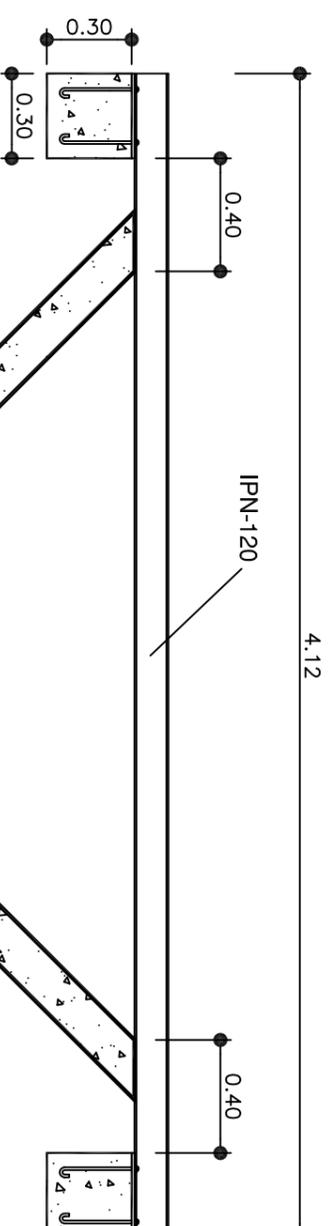


SECCIÓN B-B  
ESCALA 1:25



SECCION A-A

SECCIÓN C-C  
ESCALA 1:25



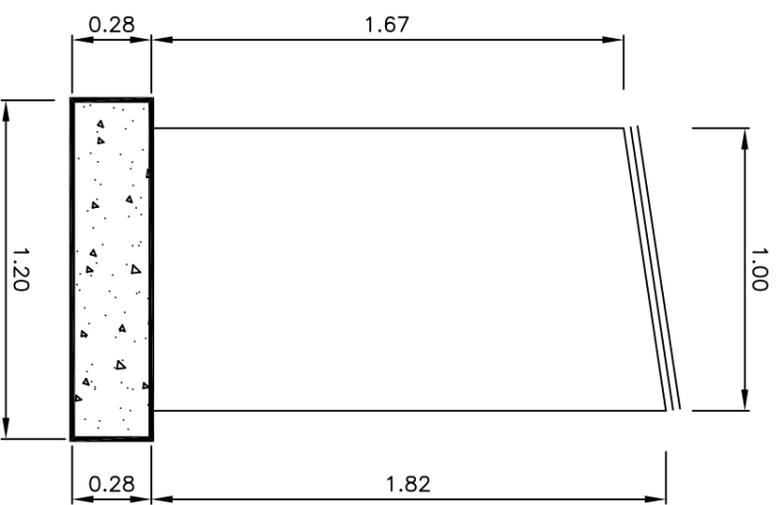
Se colocarán 4 pernos de anclaje por placa  
Los perfiles IPN-120 irán soldados a la placa de anclaje

CONSTRUCCIÓN DE AFORADOR Y CANAL DE HORMIGÓN PARA MEDICIÓN  
DE CAUDALES EN LA MICROCUENCA DE SETENIL (CÁDIZ)

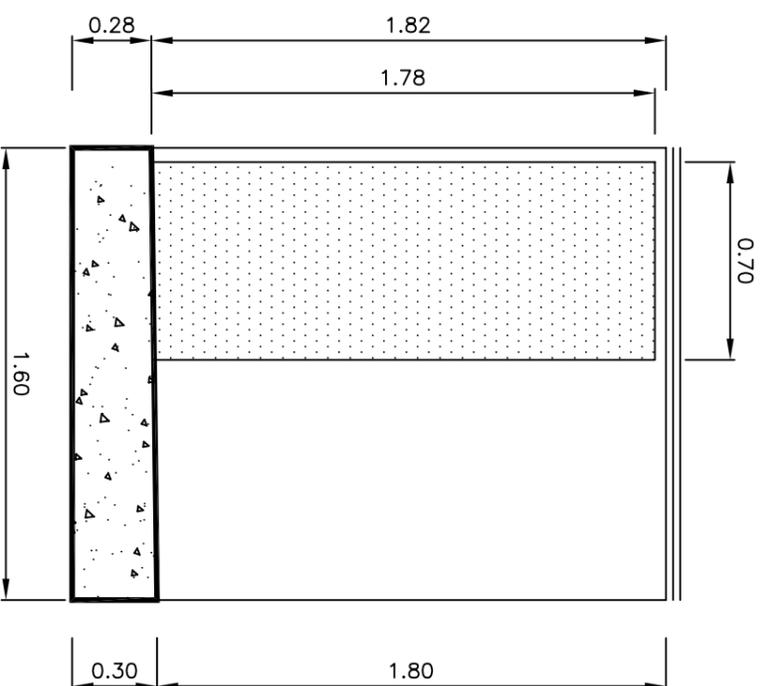
DETALLES CONSTRUCTIVOS

PLANO Nº 3

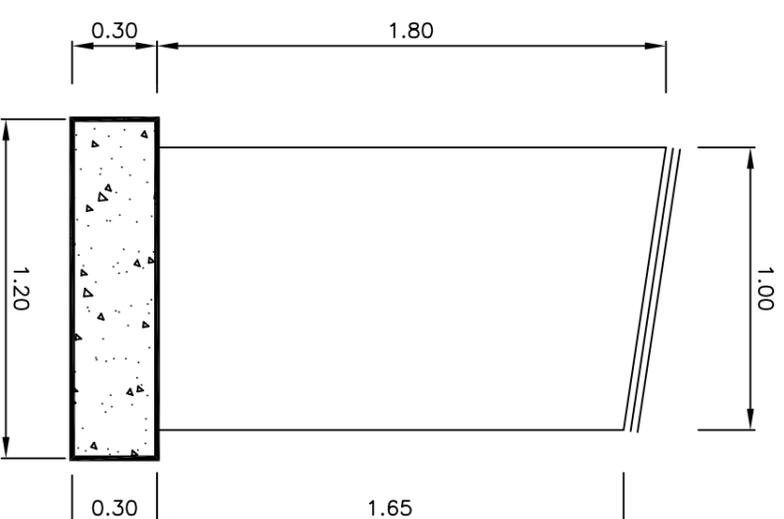
PERFIL IZQUIERDO



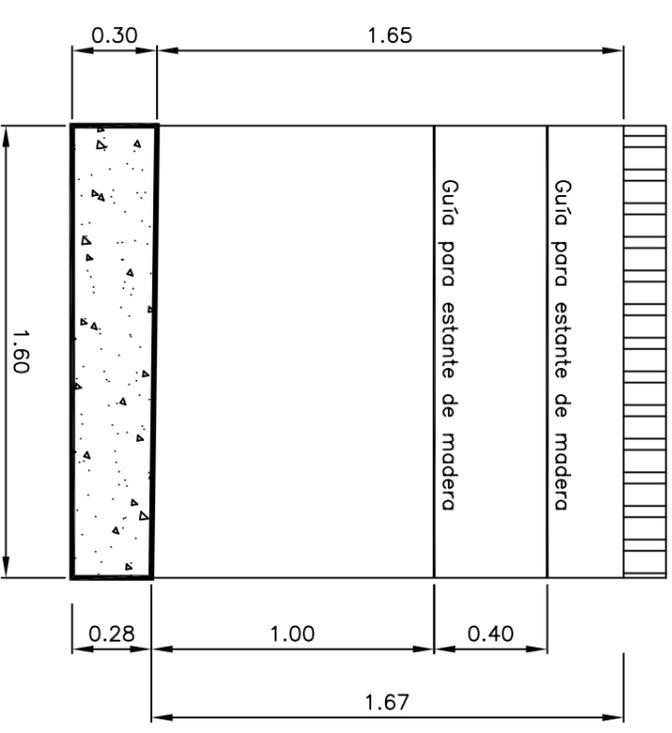
ALZADO PRINCIPAL



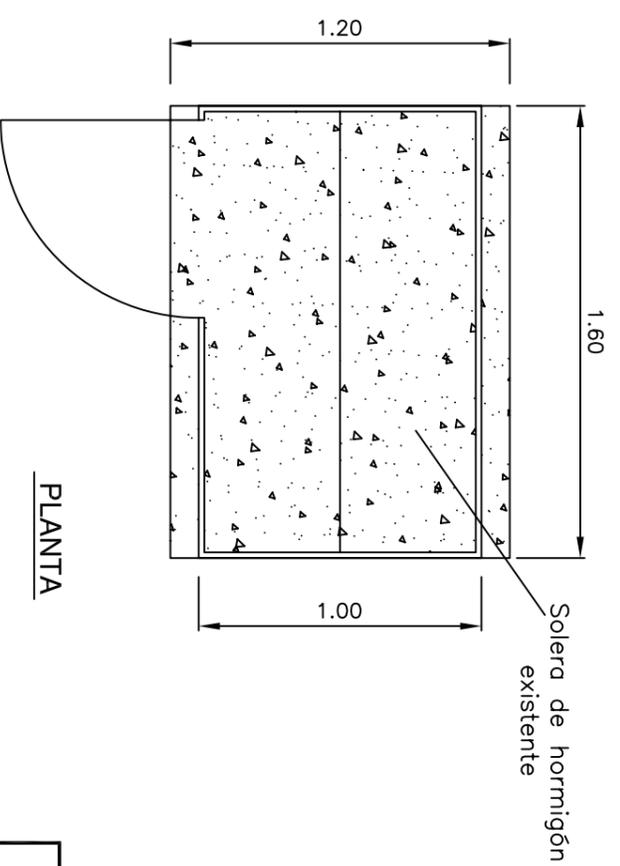
PERFIL DERECHO



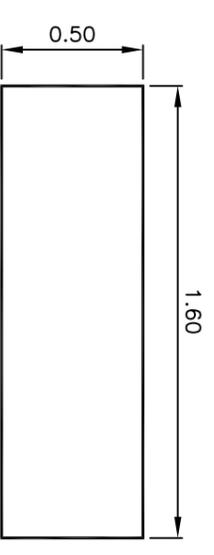
ALZADO POSTERIOR



CASETA DE CHAPA GALVANIZADA  
ESCALA 1:25



PLANTA



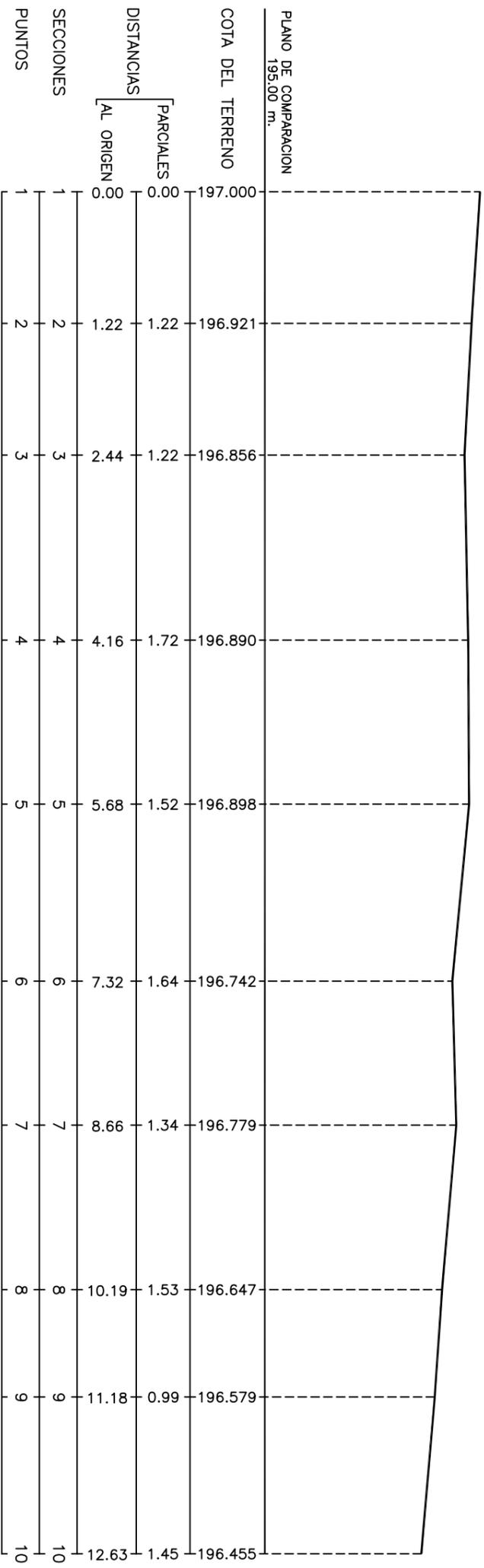
ESTANTE DE MADERA

CONSTRUCCIÓN DE AFORADOR Y CANAL DE HORMIGÓN PARA MEDICIÓN  
DE CAUDALES EN LA MICROCUENCA DE SETENIL (CÁDIZ)

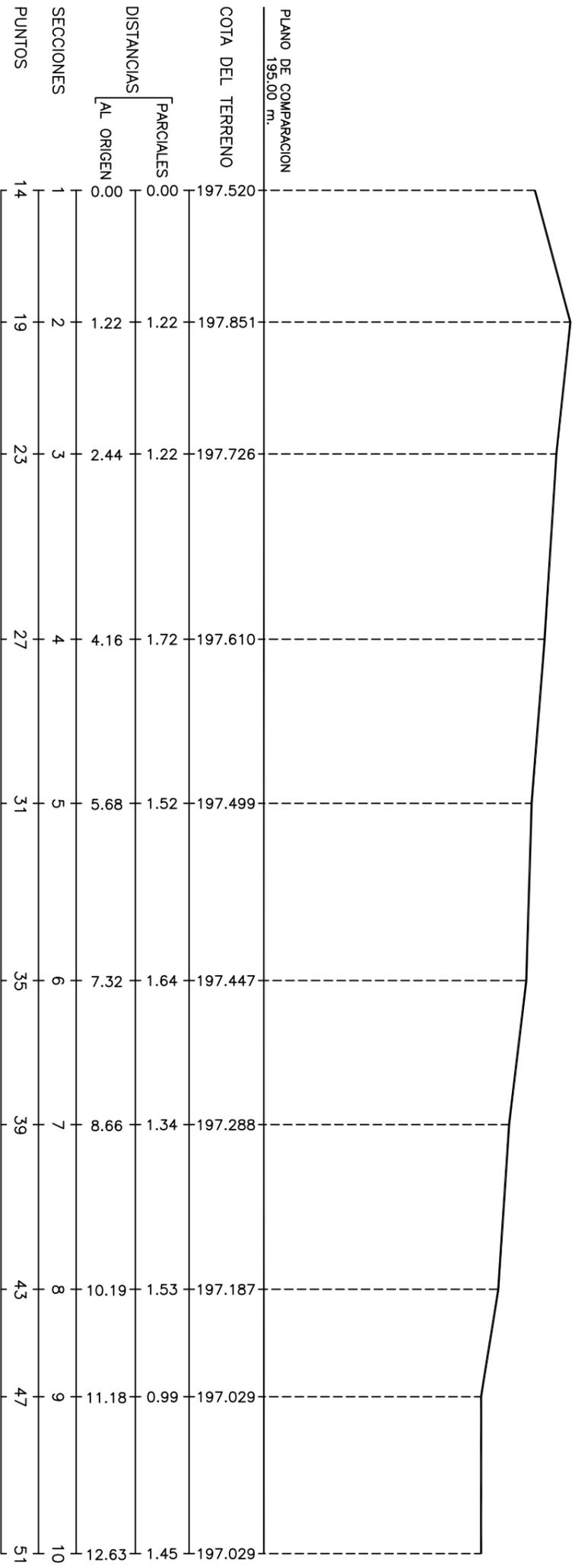
CASETA DE SENSOSES

PLANO Nº 4

PERFIL LONGITUDINAL DEL LECHO



ESCALA VERTICAL Y HORIZONTAL 1:50

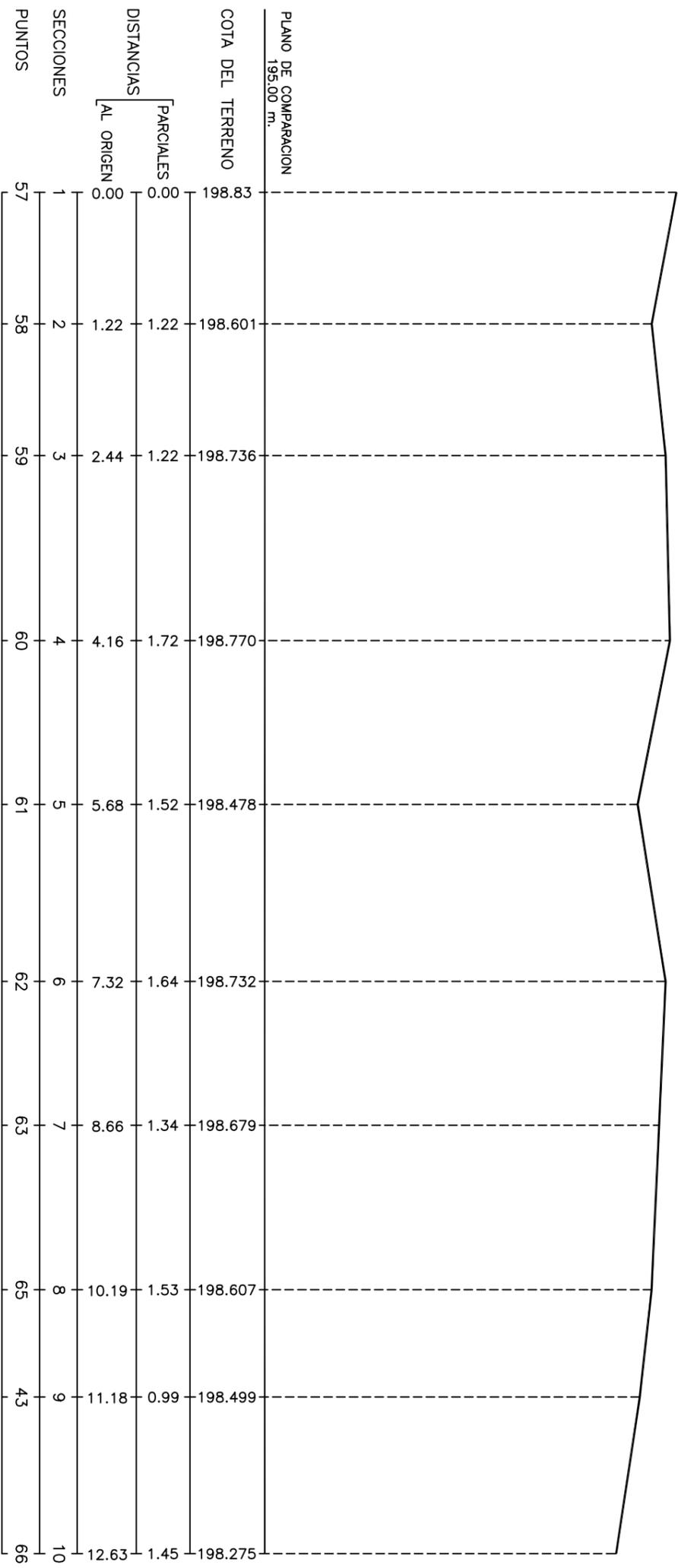


PERFIL LONGITUDINAL MARGEN IZQUIERDO

**CONSTRUCCIÓN DE AFORADOR DE CHAPA GALVANIZADA Y CANAL DE  
HORMIGÓN PARA MEDICIÓN DE CAUDALES EN LA MICROCUENCA  
DE PUENTE GENIL (CÓRDOBA)**

PERFILES LONGITUDINALES DEL TERRENO

PLANO Nº 1



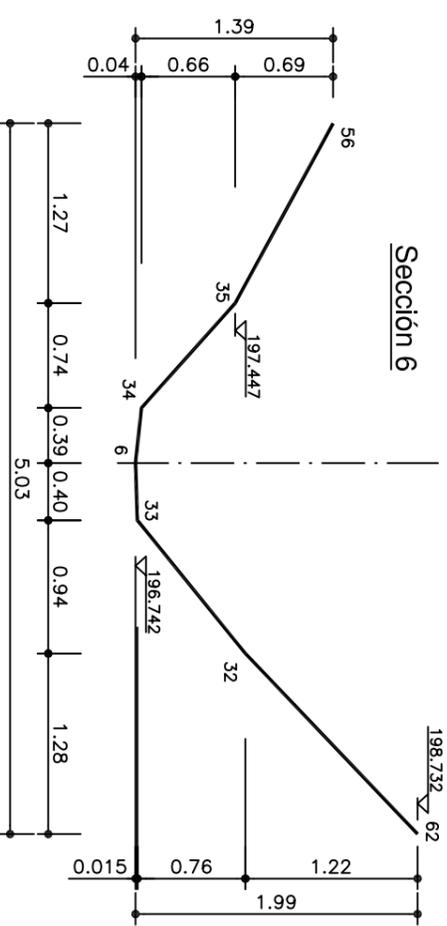
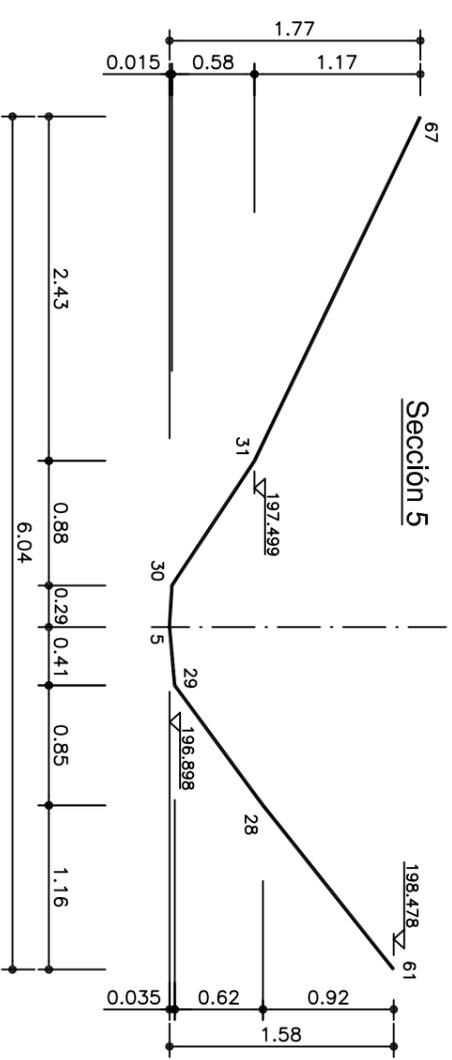
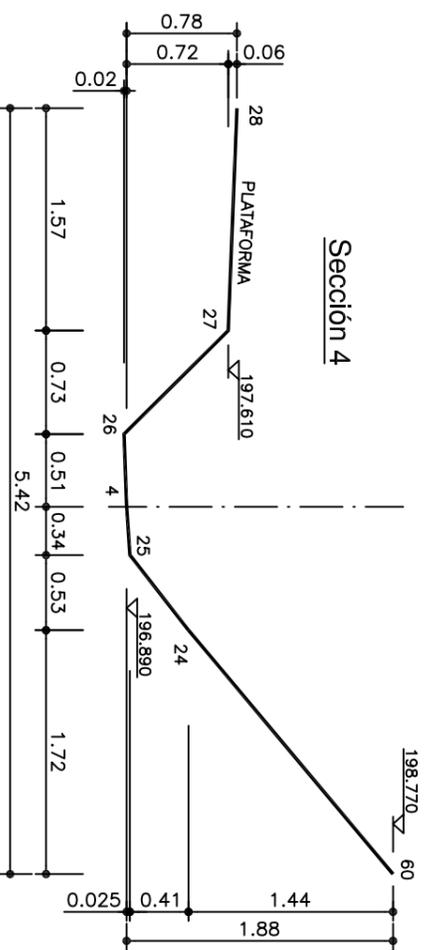
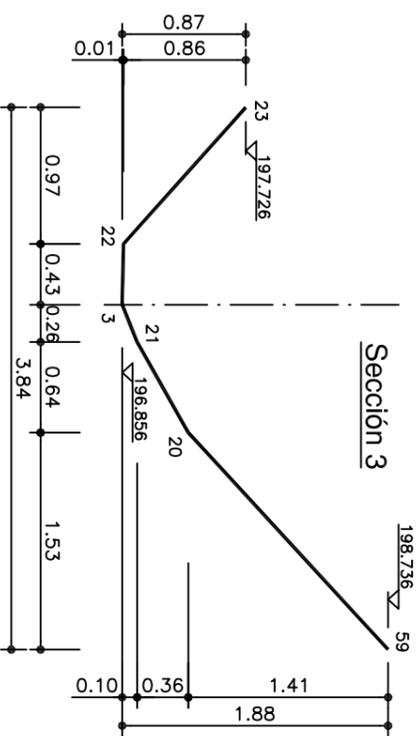
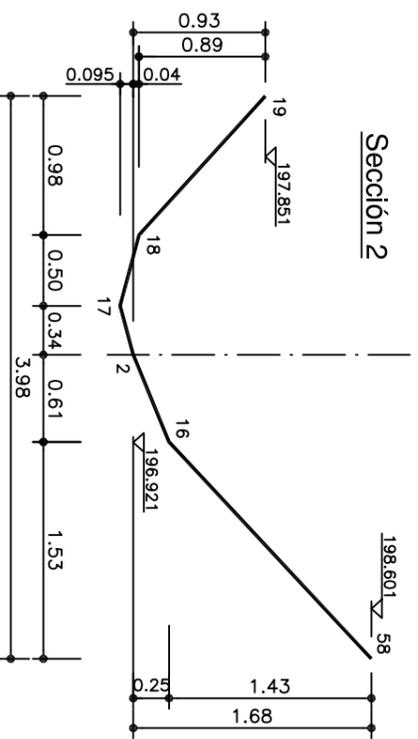
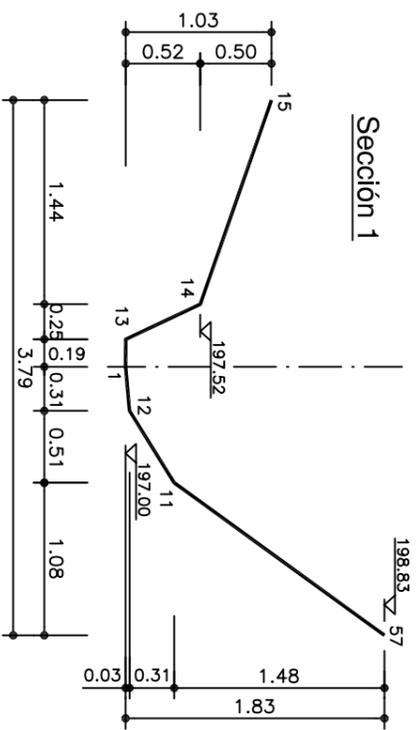
PERFIL LONGITUDINAL MARGEN DERECHA

ESCALA VERTICAL Y HORIZONTAL 1:50

CONSTRUCCIÓN DE AFORADOR DE CHAPA GALVANIZADA Y CANAL DE  
 HORMIGÓN PARA MEDICIÓN DE CAUDALES EN LA MICROCUENCA  
 DE PUENTE GENIL (CÓRDOBA)

PERFIL LONGITUDINAL DEL TERRENO

PLANO Nº 2

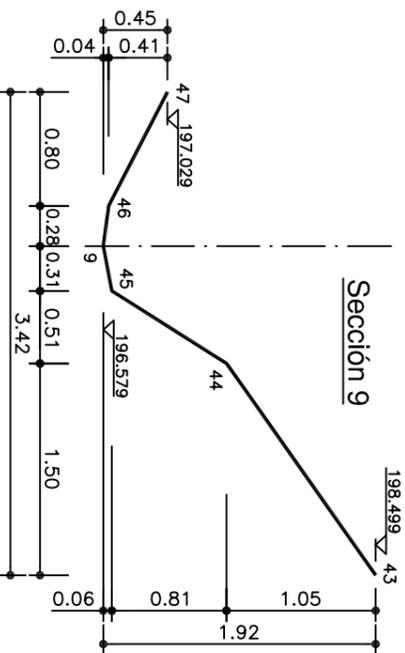
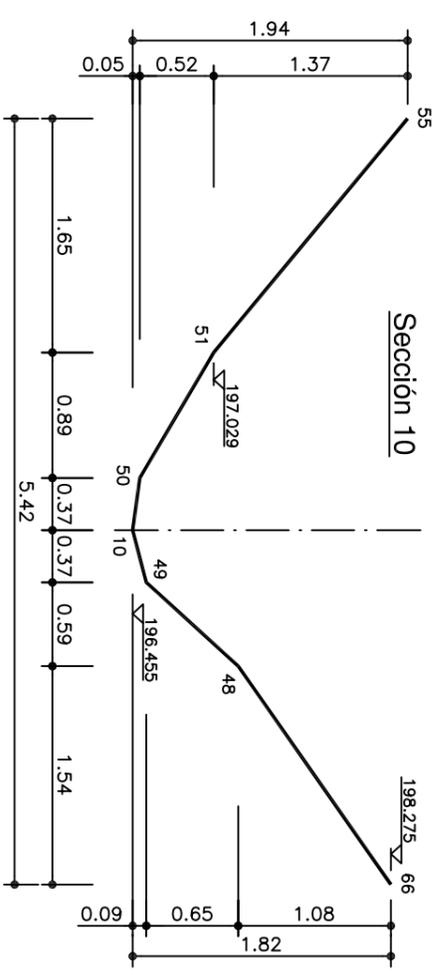
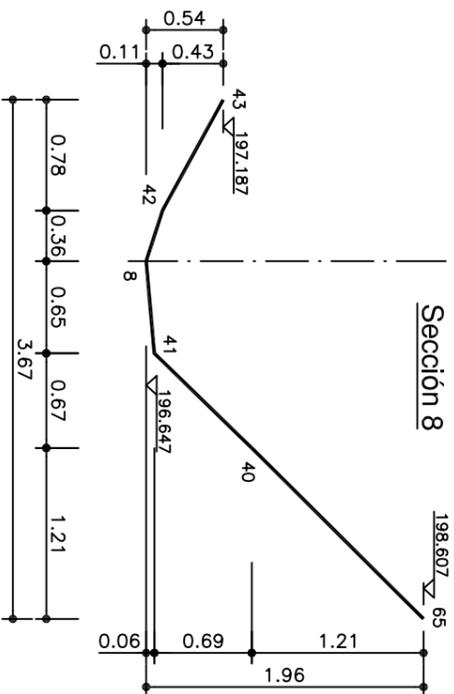
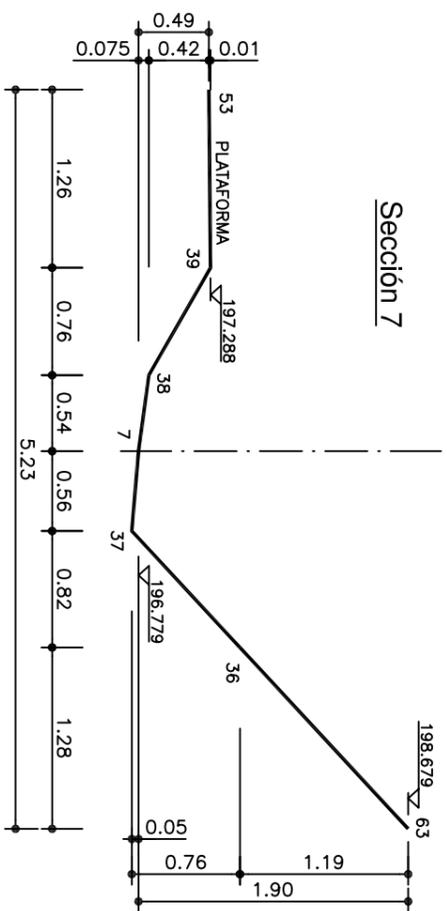


ESCALA 1:50

CONSTRUCCIÓN DE AFORADOR DE CHAPA GALVANIZADA Y CANAL DE  
HORMIGÓN PARA MEDICIÓN DE CAUDALES EN LA MICROCUENCA  
DE PUENTE GENIL (CÓRDOBA)

SECCIONES TRANSVERSALES DEL TERRENO

PLANO Nº 3

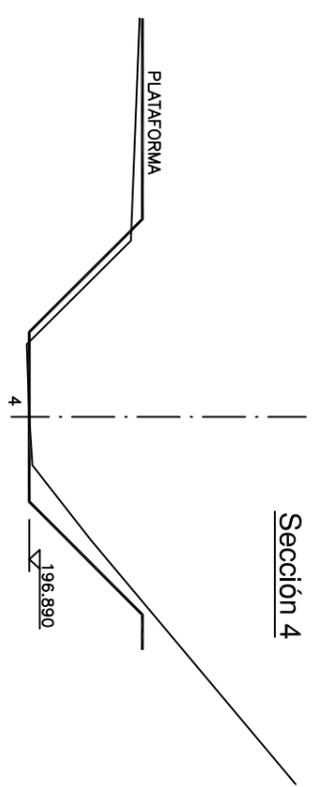
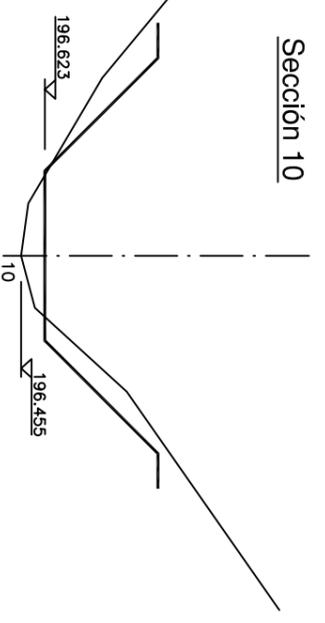
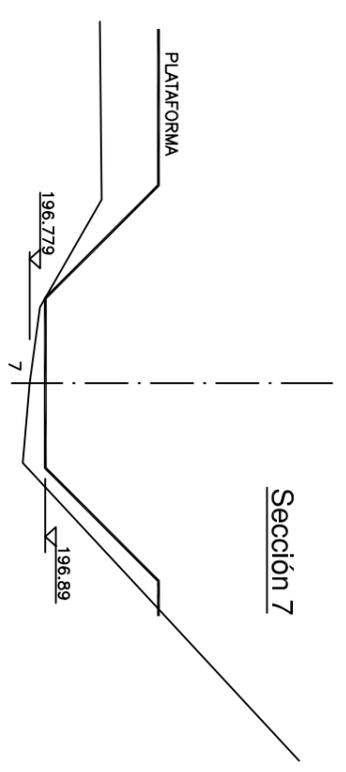
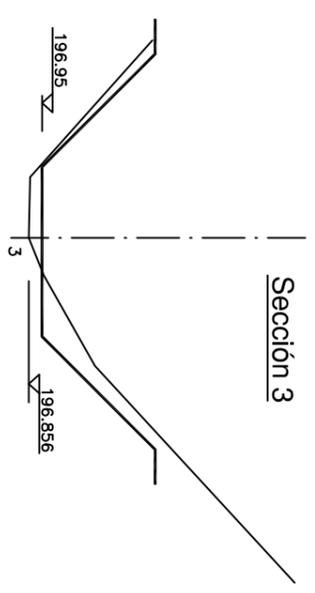
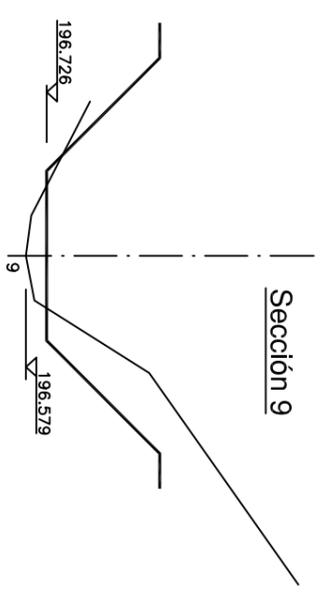
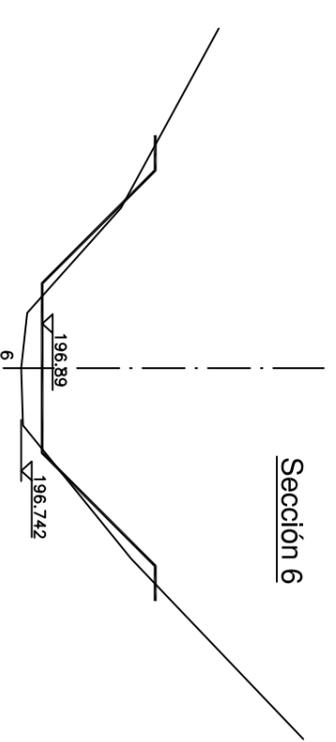
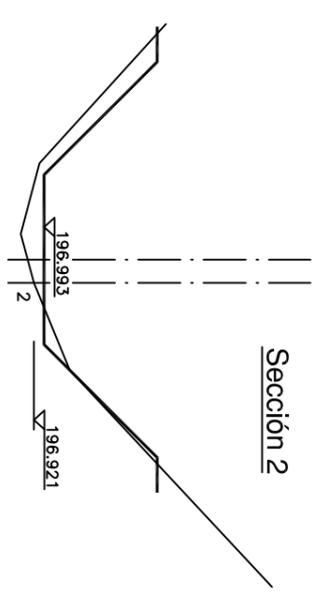
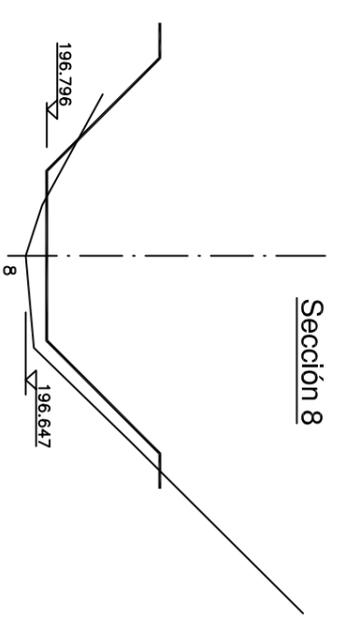
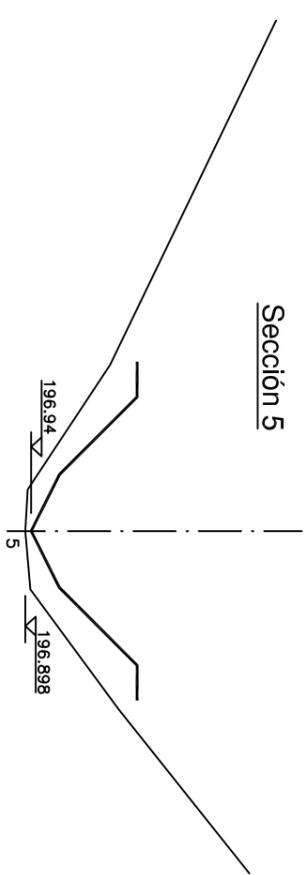
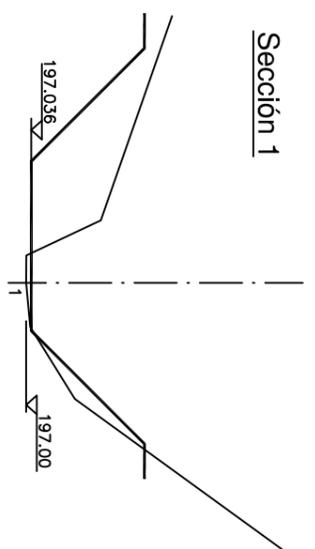


ESCALA 1:50

CONSTRUCCIÓN DE AFORADOR DE CHAPA GALVANIZADA Y CANAL DE  
HORMIGÓN PARA MEDICIÓN DE CAUDALES EN LA MICROCUENCA  
DE PUENTE GENIL (CÓRDOBA)

SECCIONES TRANSVERSALES DEL TERRENO

PLANO Nº 4



ESCALA 1:50

CONSTRUCCIÓN DE AFORADOR DE CHAPA GALVANIZADA Y CANAL DE  
HORMIGÓN PARA MEDICIÓN DE CAUDALES EN LA MICROCUENCA  
DE PUENTE GENIL (CÓRDOBA)

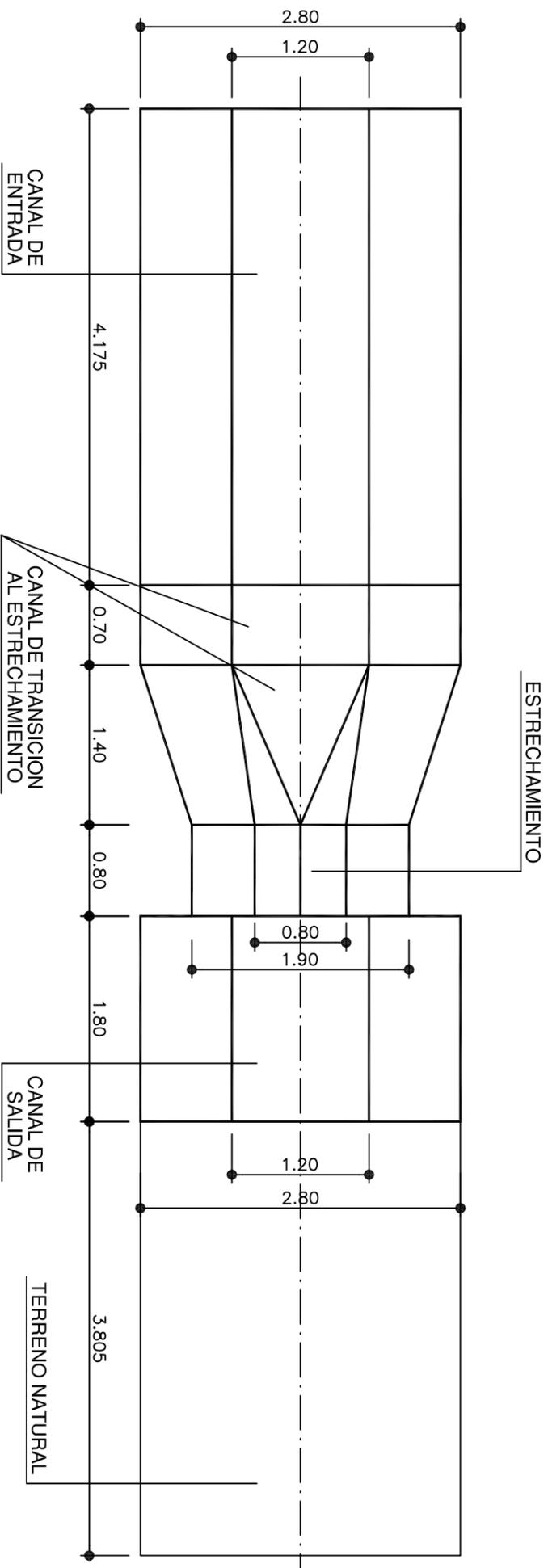
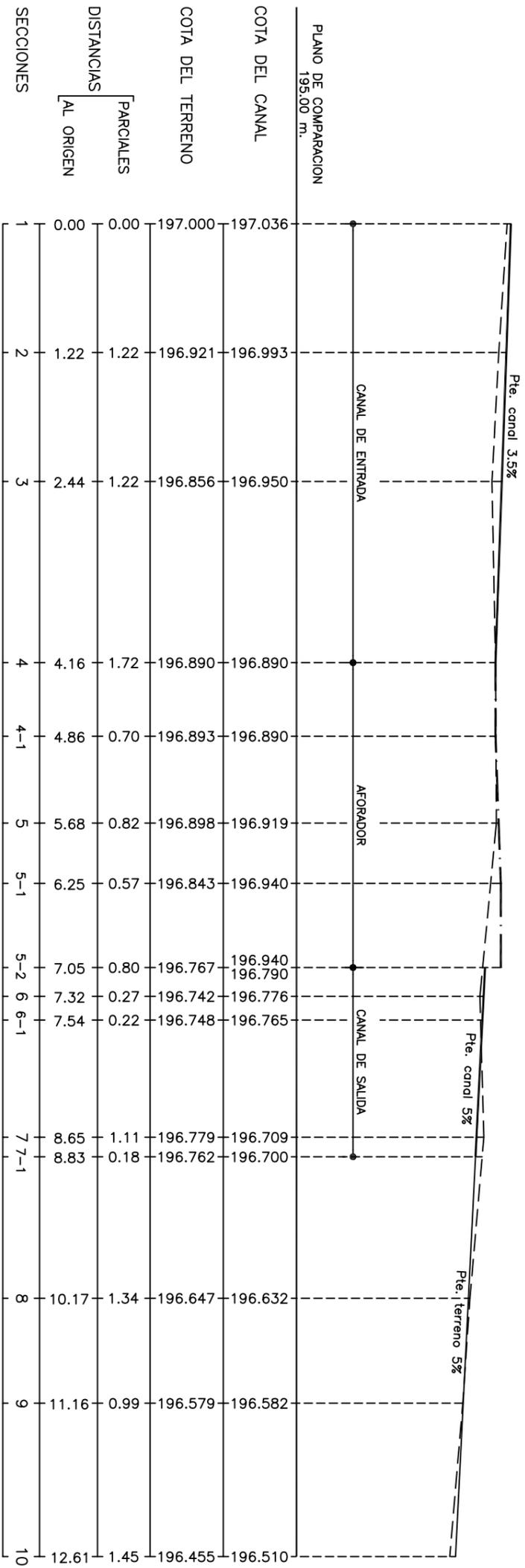
SECCIONES TRANSVERSALES DEL CANAL

PLANO Nº 5

# PERFIL LONGITUDINAL DEL LECHO DEL CANAL Y DEL AFORADOR

ESCALA VERTICAL Y HORIZONTAL 1:50

- CANAL
- - - AFORADOR
- · - · - TERRENO ACTUAL
- TERRENO MODIFICADO



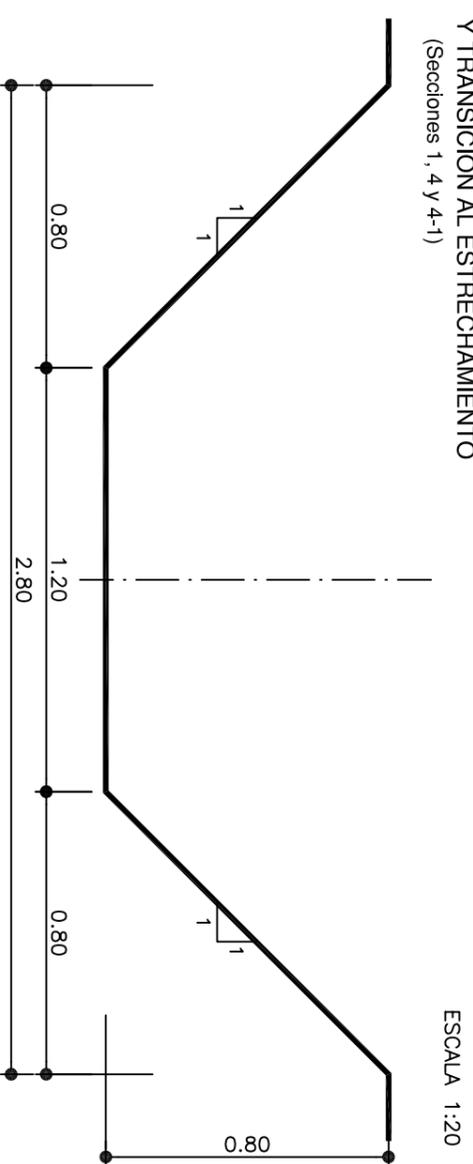
## PLANTA DEL CANAL Y DEL AFORADOR

ESCALA 1:50

CONSTRUCCIÓN DE AFORADOR DE CHAPA GALVANIZADA Y CANAL DE HORMIGÓN PARA MEDICIÓN DE CAUDALES EN LA MICROCUENCA DE PUENTE GENIL (CÓRDOBA)

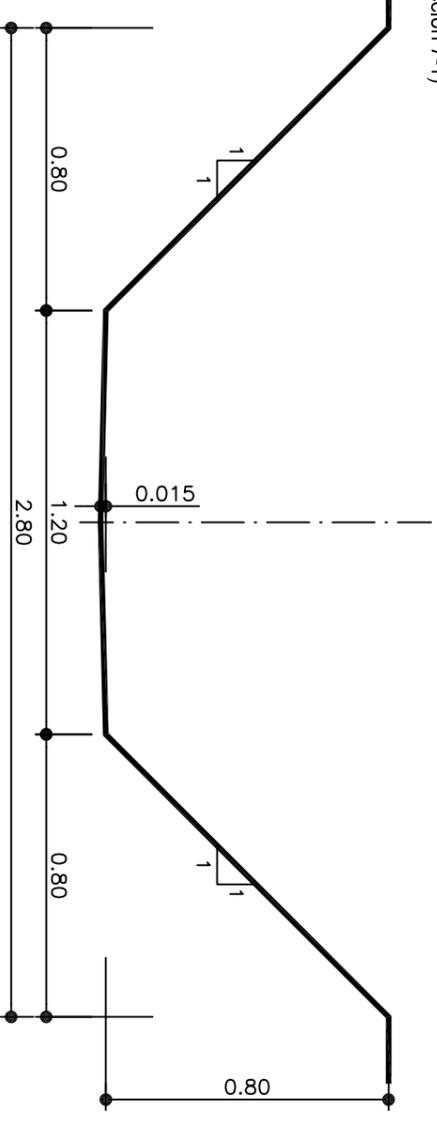
PERFIL Y PLANTA DEL CANAL Y AFORADOR

SECCION TRANSVERSAL DEL CANAL DE ENTRADA  
Y TRANSICION AL ESTRECHAMIENTO  
(Secciones 1, 4 y 4-1)



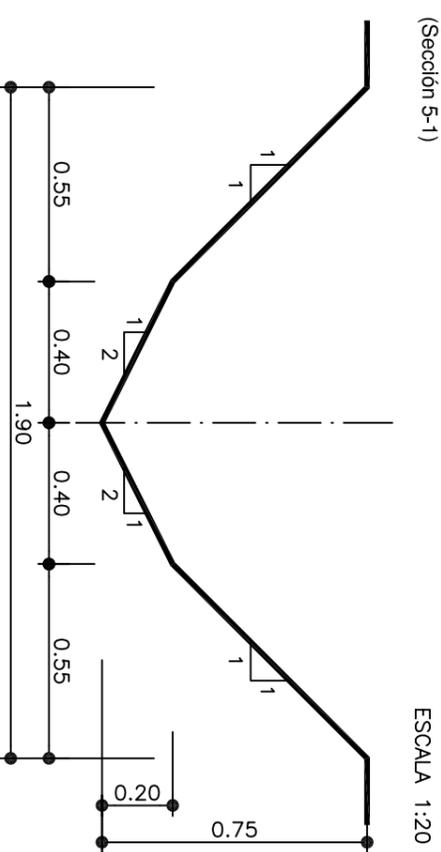
ESCALA 1:20

SECCION TRANSVERSAL DEL CANAL DE SALIDA  
(Sección 7-1)



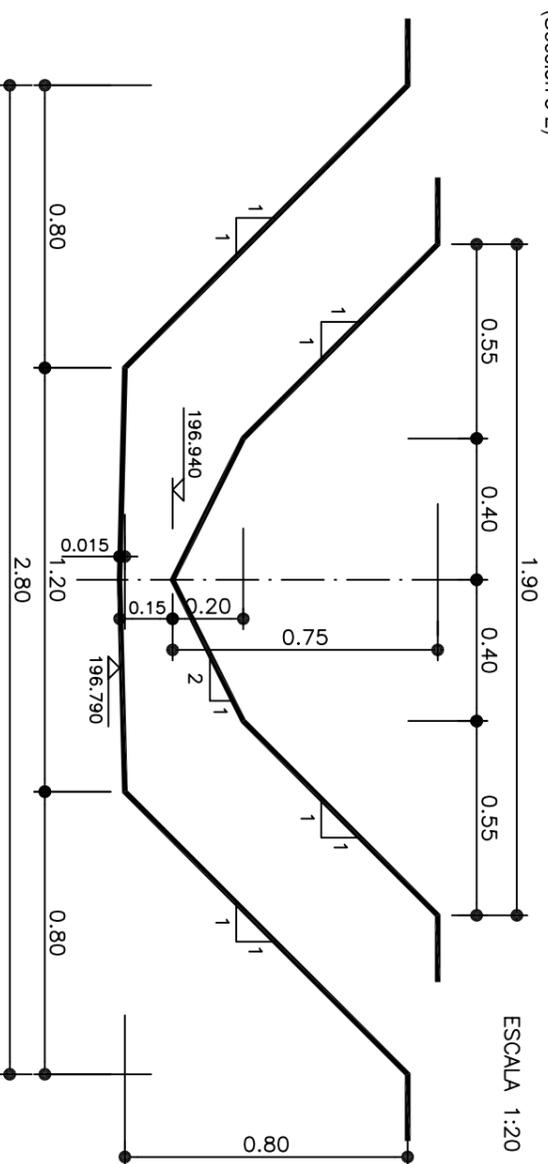
ESCALA 1:20

SECCION TRANSVERSAL DEL ESTRECHAMIENTO  
(Sección 5-1)



ESCALA 1:20

SECCION TRANSVERSAL DEL ESTRECHAMIENTO  
Y DEL CANAL DE SALIDA  
(Sección 5-2)



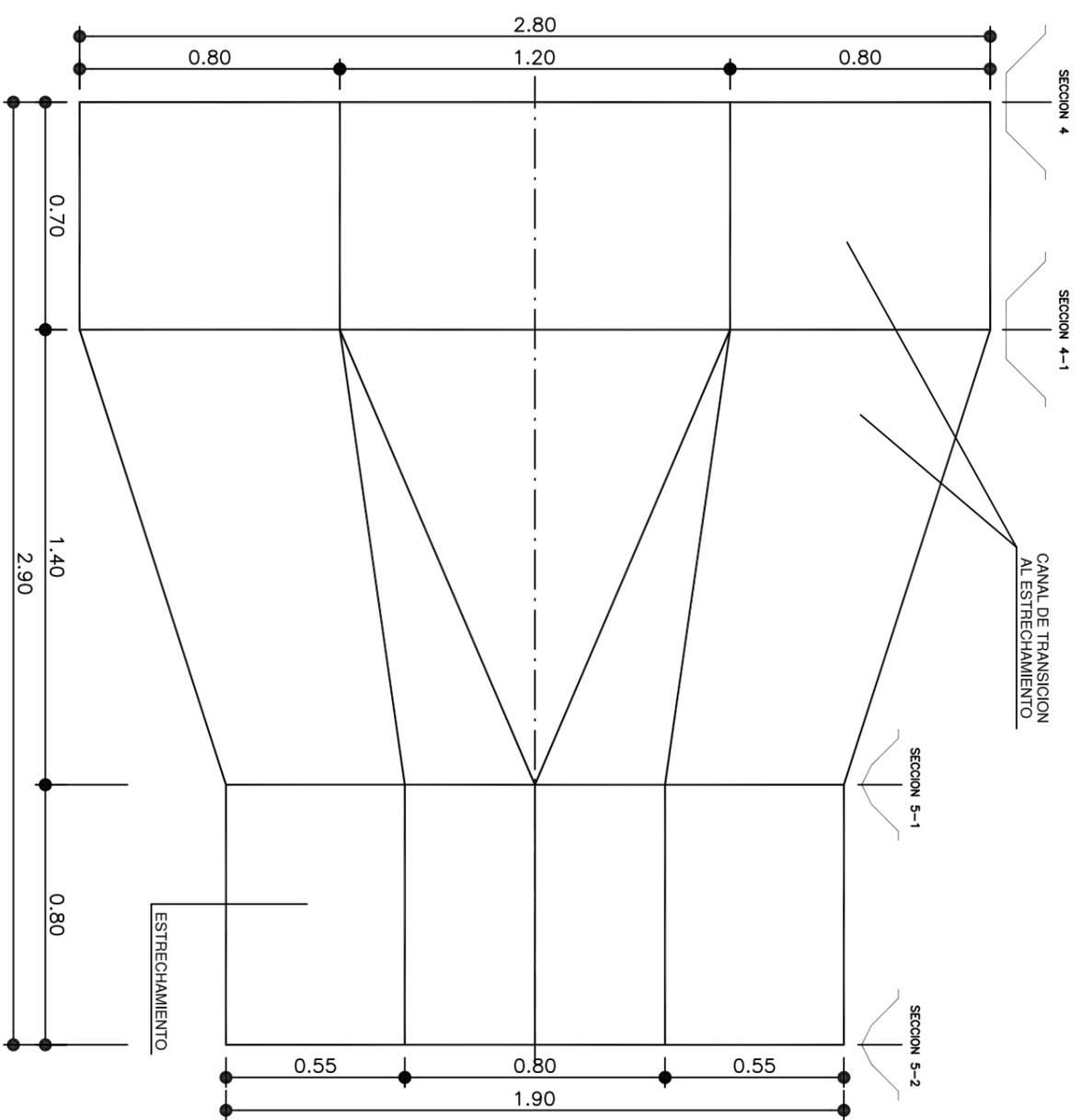
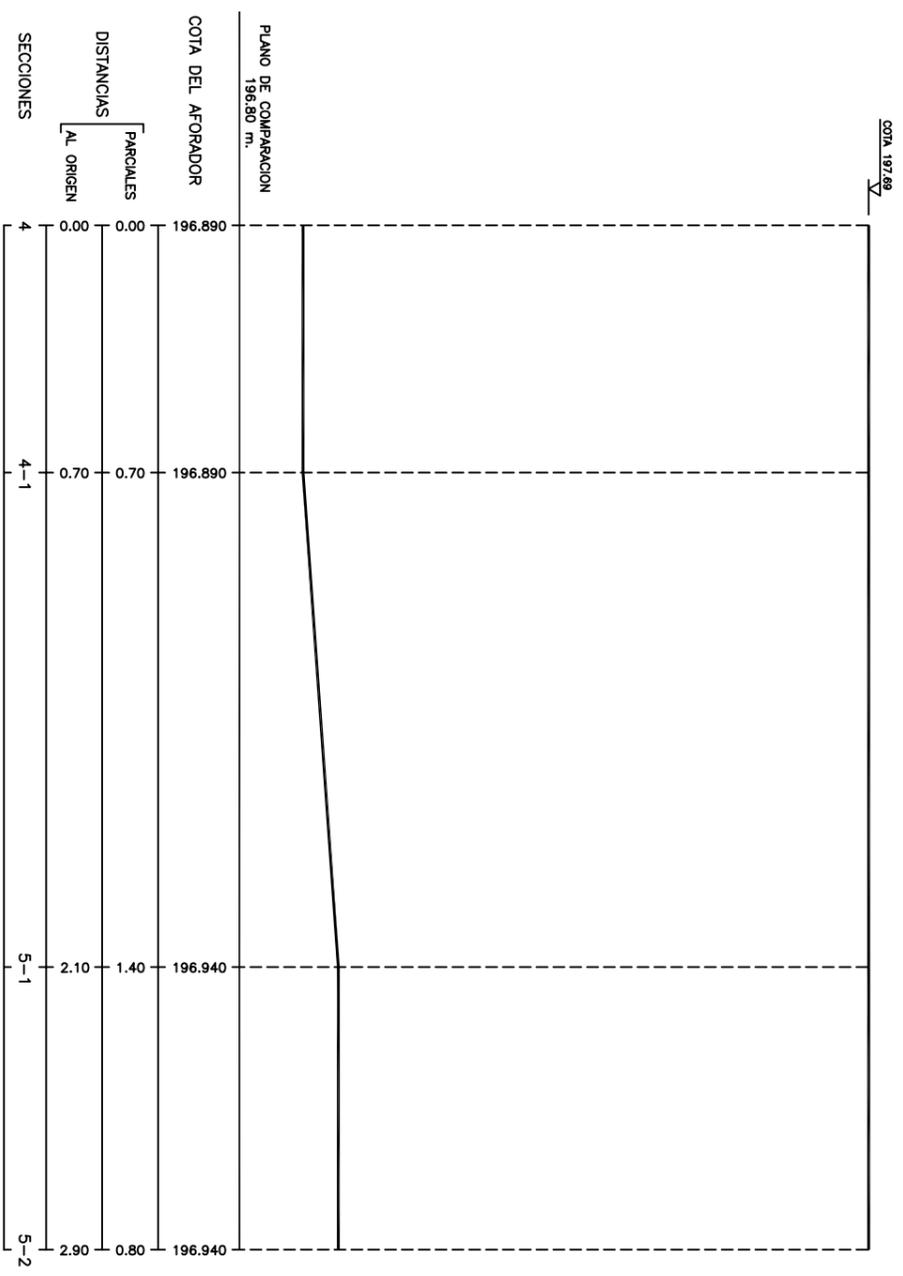
ESCALA 1:20

CONSTRUCCIÓN DE AFORADOR DE CHAPA GALVANIZADA Y CANAL DE  
HORMIGÓN PARA MEDICIÓN DE CAUDALES EN LA MICROCUENCA  
DE PUENTE GENIL (CÓRDOBA)

SECCIONES TRANSVERSALES DEL CANAL

PLANO Nº 7

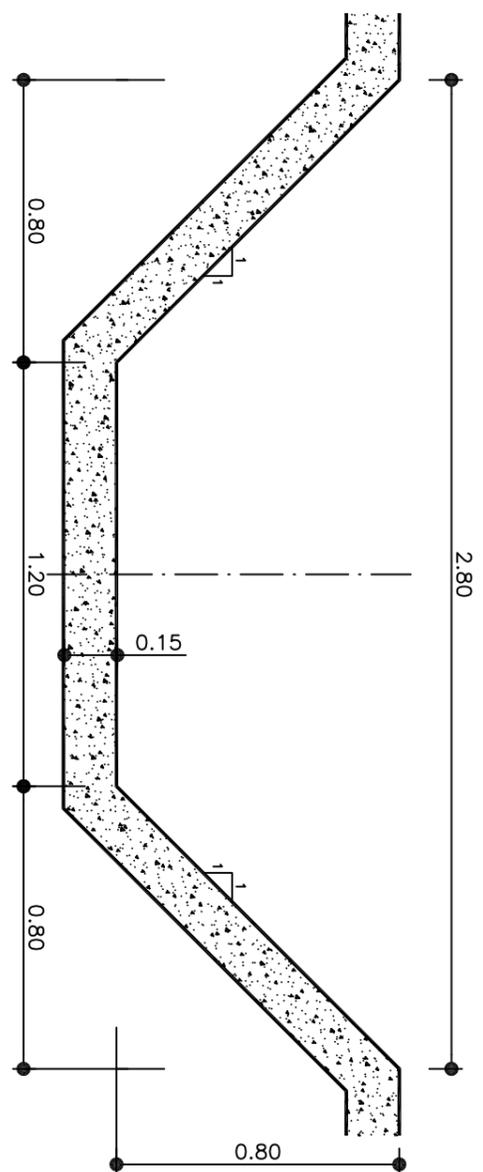
**PERFIL LONGITUDINAL**  
 ESCALA V: 1:10  
 ESCALA H: 1:20



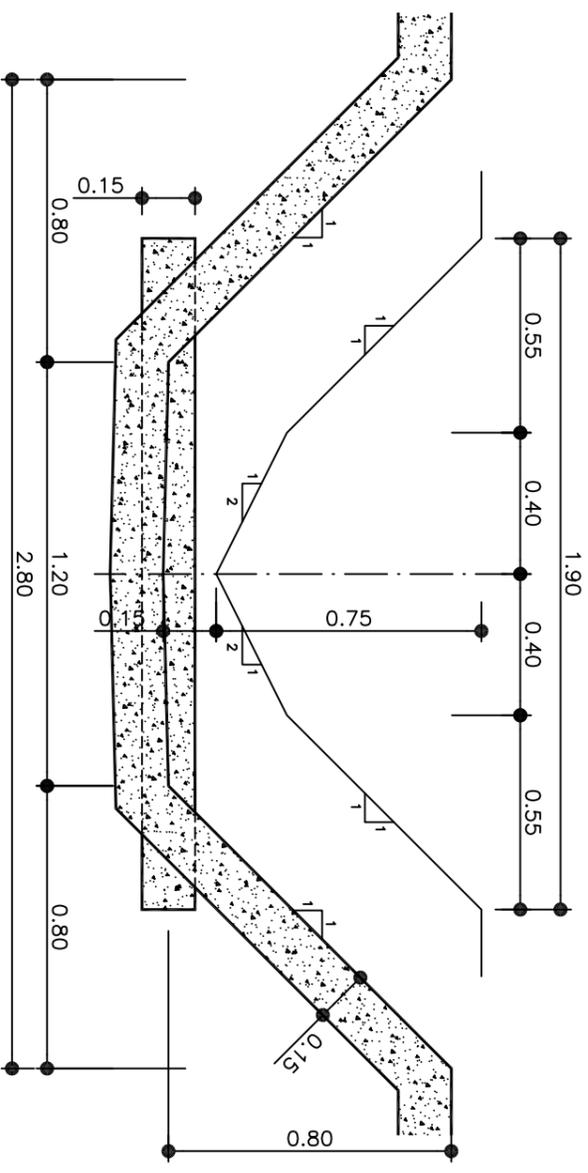
**PLANTA DEL AFORADOR**  
 ESCALA 1:20

CONSTRUCCIÓN DE AFORADOR DE CHAPA GALVANIZADA Y CANAL DE HORMIGÓN PARA MEDICIÓN DE CAUDALES EN LA MICROCUENCA DE PUENTE GENIL (CÓRDOBA)

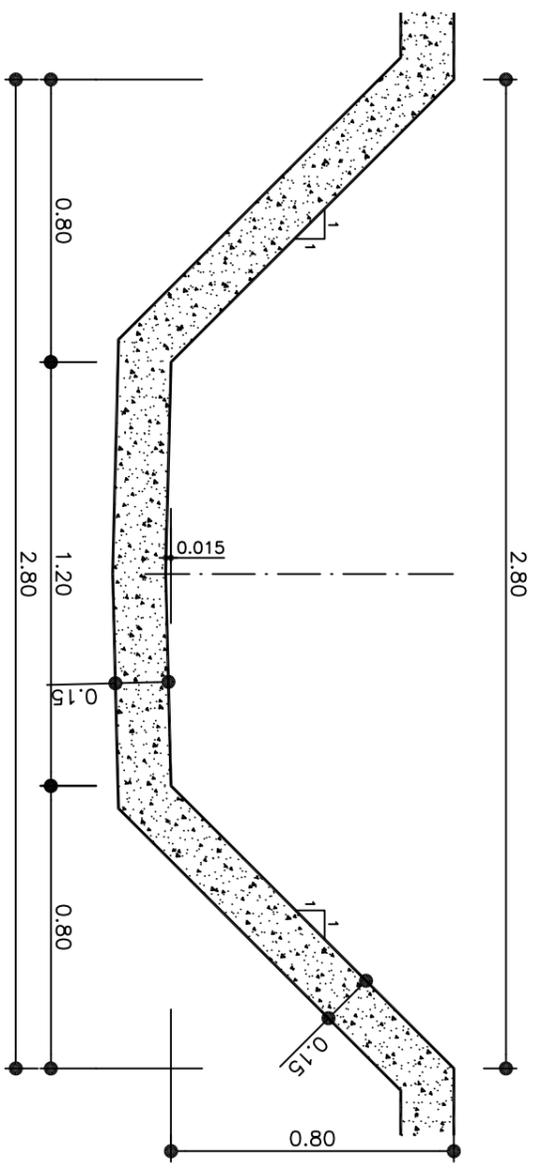
SECCION TRANSVERSAL DEL CANAL DE ENTRADA



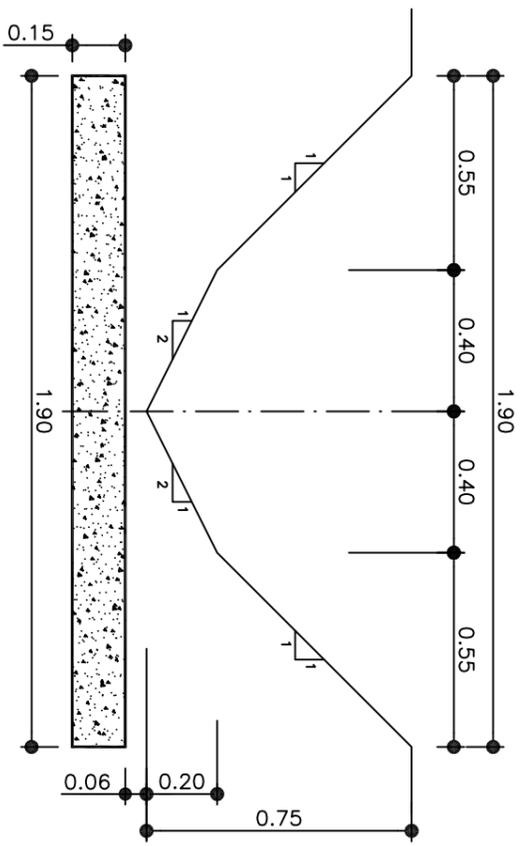
SECCION TRANSVERSAL DEL ESTRECHAMIENTO Y DEL CANAL DE SALIDA



SECCION TRANSVERSAL DEL CANAL DE SALIDA



SECCION TRANSVERSAL DEL ESTRECHAMIENTO



CONSTRUCCIÓN DE AFORADOR DE CHAPA GALVANIZADA Y CANAL DE  
HORMIGÓN PARA MEDICIÓN DE CAUDALES EN LA MICROCUENCA  
DE PUENTE GENIL (CÓRDOBA)

SECCIONES CONSTRUCTIVAS

PLANONº 9

ESCALA 1:20

## **ANEJO 7**

Curvas de gasto y ficheros de salida de los programas para el dimensionamiento de dos aforadores para la medida de caudal.

## ÍNDICE

<b>Salida del programa Winflume para el dimensionamiento de un aforador trapezoidal simple para la salida de la cuenca de Setenil.</b>	<b>302</b>
<b>Curva de gasto del aforador de caudal de Setenil (Tabla 7.1.)</b>	<b>304</b>
<b>Hoja de cálculo para el dimensionamiento de un aforador compuesto trapezoidal-triangular para la salida de la cuenca de Puente Genil.</b>	<b>305</b>
<b>Curva de gasto del aforador de caudal de Puente Genil (Tabla 7.2.)</b>	<b>306</b>

En este anejo se muestran los ficheros de salida del programa Winflume para el cálculo de un aforador de caudal de sección simple trapezoidal en Setenil. En él aparecen las dimensiones y las comprobaciones de diseño (resguardo, número de Froude, medidas de caudal mínimo y máximo, etc,) y la curva de gasto correspondiente. A continuación, se muestra la hoja de cálculo donde aparecen los valores del dimensionamiento, un esquema de las comprobaciones y la curva de gasto del aforador de sección compuesta trapezoidal-triangular del aforador de Puente Genil.

User: Modelo 4 WinFlume32 - Version 1.05.0022  
C:\Archivos de programa\WinFlume\Candidato4.Flm - Revision 6  
Modelo4  
Printed: 04/03/2004 12:50:35 p.m.  
FLUME DATA REPORT

**GENERAL DATA ON FLUME**

Type of structure: Stationary Crest  
Type of lining: Concrete - rough  
Roughness height of flume: 0.001500 m

**BOTTOM PROFILE DATA**

Length per section: Approach section, La = 1.500 m  
Converging transition, Lb = 0.810 m  
Control section, L = 1.300 m  
Diverging transition, Ld = 0.000 m

Vertical dimensions: Upstream channel depth = 1.000 m  
Height of sill, p1 = 0.000 m  
Bed drop = 0.400 m  
Diverging transition = Abrupt Expansion

**-- APPROACH SECTION DATA --**

Section shape = SIMPLE TRAPEZOID  
Bottom width = 0.720 m  
Side slopes = 1.00:1

**-- CONTROL SECTION DATA --**

Section shape = SIMPLE TRAPEZOID  
Bottom width = 0.360 m  
Side slopes = 1.18:1

**-- TAILWATER SECTION DATA --**

Section shape = SIMPLE TRAPEZOID  
Bottom width = 0.720 m  
Side slopes = 1.00:1

User: Modelo 4 WinFlume32 - Version 1.05.0022  
 C:\Archivos de programa\WinFlume\Candidato4.Flm - Revision 6  
 Modelo4  
 Printed: 04/03/2004 12:50:12 p.m.

SUMMARY EVALUATION OF FLUME DESIGN

Design is acceptable.

EVALUATION OF FLUME DESIGN FOR EACH DESIGN REQUIREMENT

Ok. Froude number at Qmax = 0.483 Maximum allowed = 0.500  
 Ok. Freeboard at Qmax = 0.476 m Minimum allowed = 0.052 m  
 Ok. Tailwater at Qmax = 0.519 m Maximum allowed = 0.867 m  
 Submergence Protection at Qmax = 0.348 m  
 Ok. Tailwater at Qmin = 0.075 m Maximum allowed = 0.463 m  
 Submergence Protection at Qmin = 0.389 m  
 Ok. Head at Qmax = 0.524 m Minimum for accuracy = 0.237 m  
 Expected discharge measurement error at Qmax = ±2.48 %  
 Ok. Head at Qmin = 0.092 m Minimum for accuracy = 0.086 m  
 Expected discharge measurement error at Qmin = ±7.56 %

ADVICE, WARNINGS, AND ERROR MESSAGES

WARNINGS AT MAXIMUM DISCHARGE:

- For width-contracted flumes, L/W >= 2 is recommended for throat section.

CONTROL SECTION DATA

Section shape = SIMPLE TRAPEZOID  
 Bottom width = 0.360 m  
 Side slopes = 1.18:1  
 Sill Height, p1 = 0.000 m

DESIGN CRITERIA

Structure Type: Stationary Crest  
 Freeboard design criterion: Freeboard >= 10% of upstream sill-referenced head  
 Allowable discharge measurement errors for a single measurement:  
 At minimum discharge: ±8 %  
 At maximum discharge: ±4 %  
 Head detection method: Staff gage, Fr < 0.1  
 Expected measurement error = ±0.004000 m  
 Design discharges and associated tailwater levels:  
 Minimum discharge = 0.020 cu. m/s Minimum tailwater depth = 0.075 m  
 Maximum discharge = 0.600 cu. m/s Maximum tailwater depth = 0.519 m  
 Bed drop at structure site = 0.400 m  
 Tailwater calculation method: Manning's equation using n and S  
 Manning's n = 0.015  
 Hydraulic gradient = 0.001000 m/m

Tabla 7.1. Curva de gasto según el aforador de Setenil

Medida y1 (m)	Aforador Q (m3/s)	Medida y1 (m)	Aforador Q (m3/s)	Medida y1 (m)	Aforador Q (m3/s)
0.100	0.033	0.457	0.471	0.814	1.461
0.107	0.037	0.464	0.485	0.821	1.488
0.114	0.041	0.471	0.499	0.829	1.514
0.121	0.045	0.479	0.513	0.836	1.541
0.129	0.050	0.486	0.528	0.843	1.568
0.136	0.055	0.493	0.543	0.850	1.596
0.143	0.060	0.500	0.558	0.857	1.623
0.150	0.065	0.507	0.573	0.864	1.651
0.157	0.070	0.514	0.589	0.871	1.680
0.164	0.076	0.521	0.605	fuera de intervalo	1.708
0.171	0.081	0.529	0.621	fuera de intervalo	1.737
0.179	0.087	0.536	0.637	fuera de intervalo	1.766
0.186	0.093	0.543	0.653	fuera de intervalo	1.796
0.193	0.100	0.550	0.670	fuera de intervalo	1.825
0.200	0.106	0.557	0.687	fuera de intervalo	1.855
0.207	0.113	0.564	0.704	fuera de intervalo	1.885
0.214	0.120	0.571	0.722	fuera de intervalo	1.916
0.221	0.127	0.579	0.739	fuera de intervalo	1.947
0.229	0.134	0.586	0.757	fuera de intervalo	1.978
0.236	0.141	0.593	0.775	fuera de intervalo	2.009
0.243	0.149	0.600	0.794	fuera de intervalo	2.041
0.250	0.157	0.607	0.812	fuera de intervalo	2.073
0.257	0.165	0.614	0.831	fuera de intervalo	2.105
0.264	0.173	0.621	0.850	fuera de intervalo	2.138
0.271	0.181	0.629	0.869	fuera de intervalo	2.171
0.279	0.190	0.636	0.889	fuera de intervalo	2.204
0.286	0.199	0.643	0.909	fuera de intervalo	2.238
0.293	0.208	0.650	0.929	0.907	2.603
0.300	0.217	0.657	0.949	0.914	2.643
0.307	0.226	0.664	0.970	0.921	2.683
0.314	0.236	0.671	0.991	0.929	2.723
0.321	0.246	0.679	1.012	0.936	2.763
0.329	0.256	0.686	1.033	0.943	2.804
0.336	0.266	0.693	1.055	0.950	2.845
0.343	0.276	0.700	1.076	0.957	2.887
0.350	0.287	0.707	1.099	0.964	2.928
0.357	0.298	0.714	1.121	0.971	2.970
0.364	0.309	0.721	1.143	0.979	3.013
0.371	0.320	0.729	1.166	0.986	3.056
0.379	0.331	0.736	1.189	0.993	3.099
0.386	0.343	0.743	1.213		
0.393	0.355	0.750	1.236		
0.400	0.367	0.757	1.260		
0.407	0.379	0.764	1.285		
0.414	0.391	0.771	1.309		
0.421	0.404	0.779	1.334		
0.429	0.417	0.786	1.359		
0.436	0.430	0.793	1.384		
0.443	0.443	0.800	1.409		
0.450	0.457	0.807	1.435		

Canal de aproximación  
(trapezoidal):

Canal de salida  
(trapezoidal):

$b_1$  (m)= 1.2  
 $z_1$ = 1  
 $d$  (m)= 0.8  
 $S_o$ = 0.035  
 $n$ = 0.015

$b_2$  (m)= 1.2  
 $z_2$ = 1  
 $d_2$  (m)= 0.8  
 $S_o$ = 0.1  
 $n$ = 0

Error permisible en el caudal máximo:  $X_{Q_{max}}$  (%)= 10  
Error permisible en el caudal mínimo:  $X_{Q_{min}}$  (%)= 15  
 $dh_1$  (m)= 0.003  
Intervalos de caudales:  $Q_{max}$  (m<sup>3</sup>/s)= 0.500  
 $Q_{min}$  (m<sup>3</sup>/s)= 0.006

- 1) ¿ $h_{max}$  aforador >  $h_{max}$  mínimo? **SI**
- ¿ $h_{min}$  aforador >  $h_{min}$  mínimo? **SI**
- 2) ¿cabe  $Q_{max}$  en el intervalo fiable? **SI**
- 3) ¿cabe  $Q_{max}$  en el estrechamiento? **SI**
- 4) ¿es el flujo modular para  $Q_{max}$ ? **SI**
- ¿es el flujo modular para  $Q_{min}$ ? **SI**
- 5) ¿se respeta el calado máximo? **SI**
- 6) ¿cabe el calado en el cauce? **SI**
- 7) ¿estará el agua tranquila? **SI**

Tipo de sección de control  
(Trapezoidal=1, Compuesta=2): 2

Perfil longitudinal del aforador:

Trapezoidal:

Compuesta:

$z_c$ = 1  
 $b_c$  (m)= 0.8

$z_t$ = 2  
 $y_t$ = 0.2  
 $z_1$ = 1

$p_1$  (m)= 0.05  $L_a$  (m)= 0.7  
 $dp$  (m)= 0.1  $L_b$  (m)= 1.4  
 $p_2$  (m)= 0.15  $L$  (m)= 0.8  
 $L_d$  (m)= 0  
 $L_e$  (m)= 1.8

La adecuado  
Lb adecuado  
L adecuado

La (m) recomendada: 0.2  
Lb (m) recomendada: 1.4

$u$ = 2.4

$L$  aforador (m)= 2.9  
 $L$  canal (m)= 5.8

Caida disponible (m)= 0.10

$H_{1max}/L$ = 0.700  
 $H_{1min}/L$ = 0.079

$Fr_1$ = 0.222

$X_{h1max}$  (%)= 4.1      Min  $h_{1max}$  para medida precisa (m): 0.073       $h_{max}$  (m)= 0.549       $Q_{max}$ (m<sup>3</sup>/s)= **0.501**       $y_{2max}$  (m)= 0.118       $H_{1max}$  (m)= 0.560       $dH_{1max}$  (m)= 0.193  
 $X_{h2min}$  (%)= 6.2      Min  $h_{1min}$  para medida precisa (m): 0.048       $h_{min}$  (m)= 0.063       $Q_{min}$ (m<sup>3</sup>/s)= **0.002**       $y_{2min}$  (m)= 0.005       $H_{1min}$  (m)= 0.063       $dH_{1min}$  (m)= 0.011  
 $y_{1max max}$  (m)= 0.131

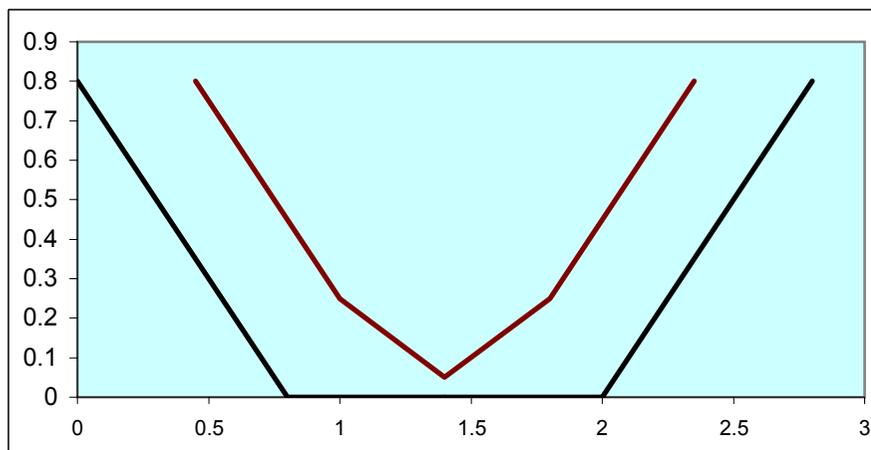
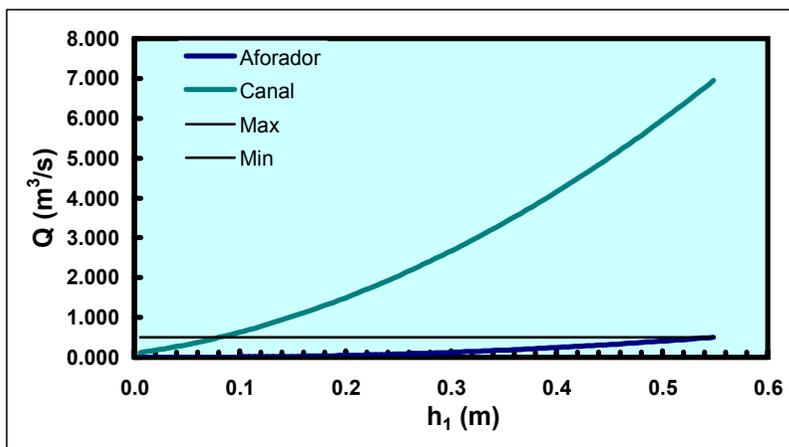


Tabla 7.2. Curva de gasto según el diseño del aforador de Puente Genil

Medida y1 (m)	Aforador Q (m3/s)	Medida y1 (m)	Aforador Q (m3/s)
0.5986	0.50105	0.3700	0.14469
0.1129	0.00238	0.3757	0.15091
0.0557	0.00000	0.3814	0.15726
0.0614	0.00003	0.3871	0.16373
0.0671	0.00008	0.3929	0.17035
0.0729	0.00017	0.3986	0.17709
0.0786	0.00031	0.4043	0.18397
0.0843	0.00050	0.4100	0.19097
0.0900	0.00074	0.4157	0.19812
0.0957	0.00105	0.4214	0.20540
0.1014	0.00142	0.4271	0.21281
0.1071	0.00186	0.4329	0.22036
0.1129	0.00238	0.4386	0.22804
0.1186	0.00297	0.4443	0.23586
0.1243	0.00364	0.4500	0.24382
0.1300	0.00439	0.4557	0.25192
0.1357	0.00523	0.4614	0.26015
0.1414	0.00615	0.4671	0.26853
0.1471	0.00717	0.4729	0.27704
0.1529	0.00829	0.4786	0.28570
0.1586	0.00951	0.4843	0.29448
0.1643	0.01082	0.4900	0.30342
0.1700	0.01225	0.4957	0.31250
0.1757	0.01378	0.5014	0.32173
0.1814	0.01542	0.5071	0.33109
0.1871	0.01717	0.5129	0.34061
0.1929	0.01905	0.5186	0.35026
0.1986	0.02104	0.5243	0.36007
0.2043	0.02315	0.5300	0.37002
0.2100	0.02538	0.5357	0.38011
0.2157	0.02774	0.5414	0.39036
0.2214	0.03024	0.5471	0.40075
0.2271	0.03286	0.5529	0.41129
0.2329	0.03562	0.5586	0.42198
0.2386	0.03851	0.5643	0.43282
0.2443	0.04154	0.5700	0.44381
0.2500	0.04472	0.5757	0.45495
0.2557	0.04803	0.5814	0.46625
0.2614	0.05150	0.5871	0.47769
0.2671	0.05511	0.5929	0.48929
0.2729	0.05888	0.5986	0.50105
0.2786	0.06280		
0.2843	0.06688		
0.2900	0.07111		
0.2957	0.07551		
0.3014	0.08006		
0.3071	0.08475		
0.3129	0.08957		
0.3186	0.09451		
0.3243	0.09957		
0.3300	0.10476		
0.3357	0.11008		
0.3414	0.11553		
0.3471	0.12110		
0.3529	0.12680		
0.3586	0.13263		
0.3643	0.13859		

y1: calado (m) medido por el sensor de ultrasonidos

Q: caudal (m3/s) según la curva de gasto

## **ANEJO 8**

Representación de los hietogramas de lluvia bruta e hidrogramas de escorrentía con valores de concentración de sedimentos de los eventos observados en las cuencas de estudio.

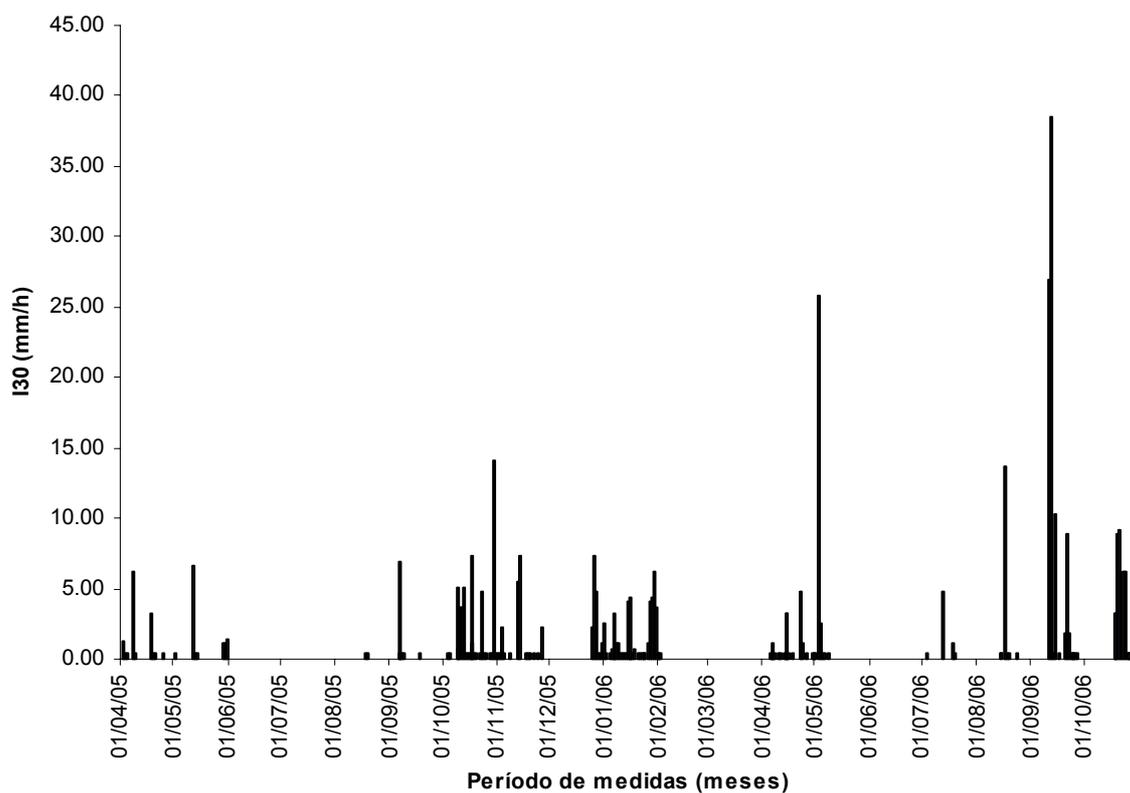
## ÍNDICE DE FIGURAS.

<b>Figura 8.1.</b> <i>Distribución diaria de la <math>I_{30}</math> (mm/h) durante el periodo de medidas en la micorcuenca de Setenil.</i>	311
<b>Figura 8.2.</b> <i>Distribución diaria de la <math>I_{30}</math> (mm/h) durante el periodo de medidas en la micorcuenca de Puente Genil.</i>	311
<b>Figura 8.3.</b> <i>Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía (en azul) con valores de concentración de sedimentos (en rojo) medidos el 13 de octubre de 2005 a la salida de la micorcuenca de Setenil.</i>	312
<b>Figura 8.4.</b> <i>Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía (m<sup>3</sup>/s) medidos el 30 de octubre de 2005 a la salida de la micorcuenca de Setenil.</i>	312
<b>Figura 8.5.</b> <i>Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía medidos el 14 de noviembre de 2005 a la salida de la micorcuenca de Setenil.</i>	312
<b>Figura 8.6.</b> <i>Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía medidos el 16 de enero de 2006 a la salida de la micorcuenca de Setenil.</i>	312
<b>Figura 8.7.</b> <i>Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía (en azul) con valores de concentración de sedimentos (en azul) medidos durante el 27 y 28 de enero de 2006 a la salida de la micorcuenca de Setenil.</i>	313
<b>Figura 8.8.</b> <i>Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía (en azul) con los valores de concentración de sedimentos (en rojo) medidos el 3 de mayo de 2006 a la salida de la micorcuenca de Setenil.</i>	313
<b>Figura 8.9.</b> <i>Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía medidos durante el 3-4 de mayo de de 2006 en Setenil.</i>	313
<b>Figura 8.10.</b> <i>Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía medidos durante el 4 de mayo de de 2006 en Setenil.</i>	314
<b>Figura 8.11.</b> <i>Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía medidos durante el 12 de septiembre de 2006 en Setenil.</i>	314
<b>Figura 8.12.</b> <i>Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía (en azul) con valores de concentración de sedimentos medidos durante el 21 de octubre de 2006 en Setenil.</i>	314
<b>Figura 8.13.</b> <i>Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía medidos durante el 14 de septiembre de 2006 en Setenil.</i>	314
<b>Figura 8.14.</b> <i>Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía (en azul) con valores de concentración de sedimentos medidos durante el 23 de octubre de 2006 en Setenil.</i>	315
<b>Figura 8.15.</b> <i>Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía (en azul) con valores de concentración de sedimentos medidos durante el 24 de octubre de 2006 en Setenil.</i>	315
<b>Figura 8.16.</b> <i>Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía (en azul) con valores de concentración de sedimentos medidos el 10 de octubre de 2005 en Puente Genil.</i>	315
<b>Figura 8.17.</b> <i>Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía medidos en Puente Genil durante el 11 de octubre de 2005.</i>	316
<b>Figura 8.18.</b> <i>Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía medidos en Puente Genil durante el 12 de octubre de 2005.</i>	316
<b>Figura 8.19.</b> <i>Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía medidos en Puente Genil durante el 14 de noviembre de 2005.</i>	316
<b>Figura 8.20.</b> <i>Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos (rojo) del evento medido en Puente Genil el 3 de diciembre de 2005.</i>	317
<b>Figura 8.21.</b> <i>Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos (rojo) del evento medido en Puente Genil el 27 -28 de enero de 2006.</i>	317

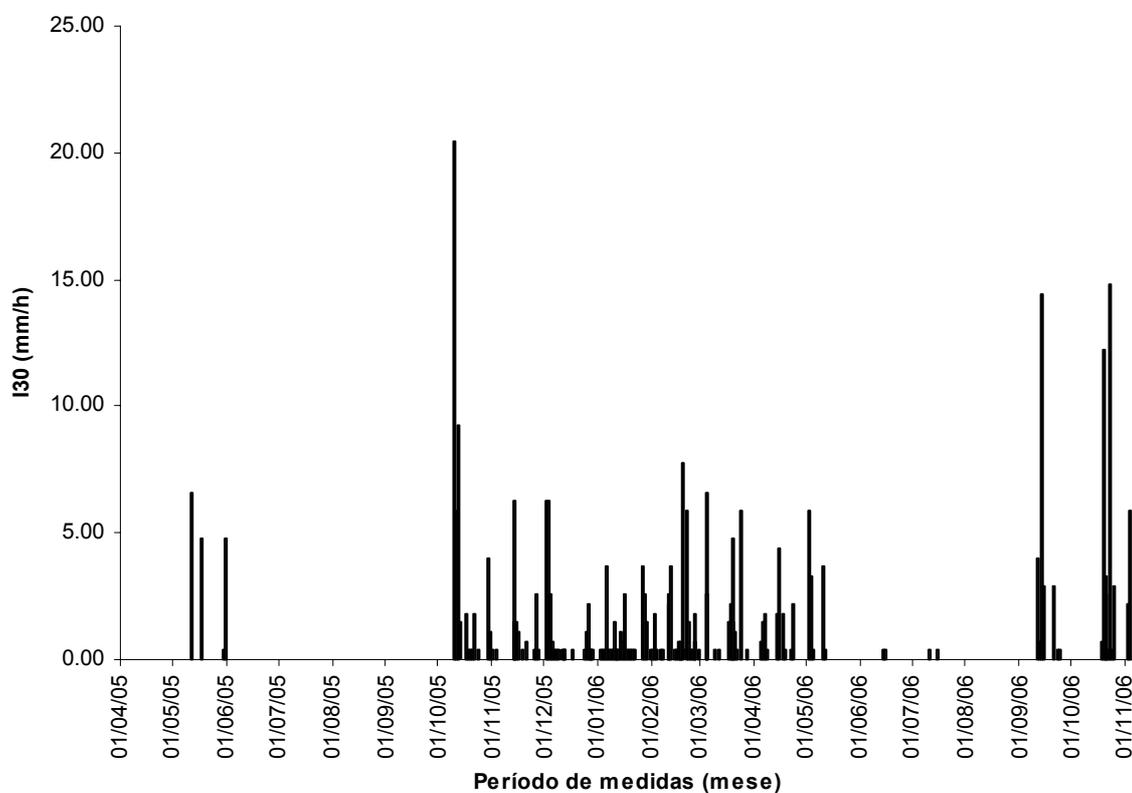
- Figura 8.22.** *Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos (rojo) del evento medido en Puente Genil el 19 de febrero de 2006.* 317
- Figura 8.23.** *Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) del evento medido en Puente Genil durante el evento del 4-5 de marzo de 2006.* 317
- Figura 8.24.** *Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía del evento medido en Puente Genil durante el evento del 20 de marzo de 2006.* 318
- Figura 8.25.** *Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía ( en azul) con valores de concentración de sedimentos (en rojo) del evento medido en Puente Genil el 15 de abril de 2006.* 318
- Figura 8.26.** *Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía con valores de concentración de sedimentos medido en Puente Genil el 3 de mayo de 2006.* 318
- Figura 8.27.** *Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía con valores de concentración de sedimentos medido en Puente Genil el 4 de mayo de 2006.* 318
- Figura 8.28.** *Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos (rojo) del evento medido en Puente Genil el 12 de septiembre de 2006.* 319
- Figura 8.29.** *Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos (rojo) del evento medido en Puente Genil el 19 de octubre de 2006.* 319
- Figura 8.30.** *Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos (rojo) del evento medido en Puente Genil el 23 de octubre de 2006.* 319
- Figura 8.31.** *Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos (rojo) del evento medido en Puente Genil el 3 de noviembre de 2006.* 319

En este apartado se muestra en primer lugar la distribución a los largo del período de medida de los valores de intensidad máxima de 30 minutos. A continuación, aparecen las representaciones de los eventos observados en las micorcuenas de Setenil y en Puente Genil de acuerdo a las Tablas 2.20 y 2.23: histogramas de lluvia bruta de 10 minutos, hidrogramas de esorrentía y valores de concentración de sedimentos (donde ha sido posible el registro de muestras).

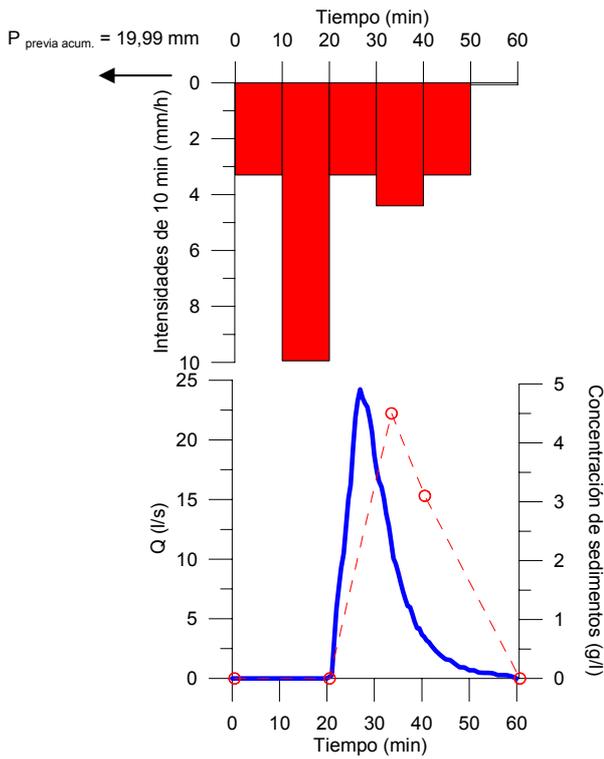
Se han excluido los eventos extremadamente pequeños por los valores de caudal o demasiado reducidos en el tiempo.



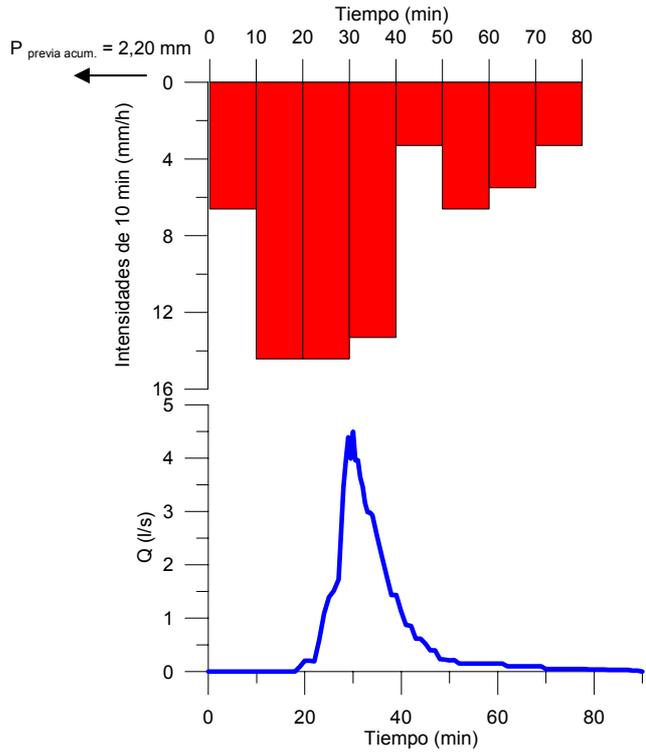
**Figura 8.1.** Distribución diaria de la  $I_{30}$  (mm/h) durante el período de medidas en la microrcuencia de Setenil.



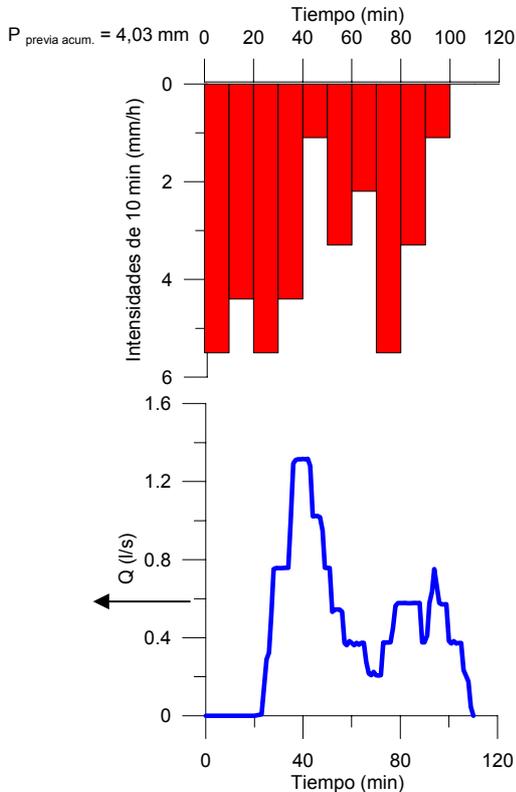
**Figura 8.2.** Distribución diaria de la  $I_{30}$  (mm/h) durante el período de medidas en la microrcuencia de Puente Genil.



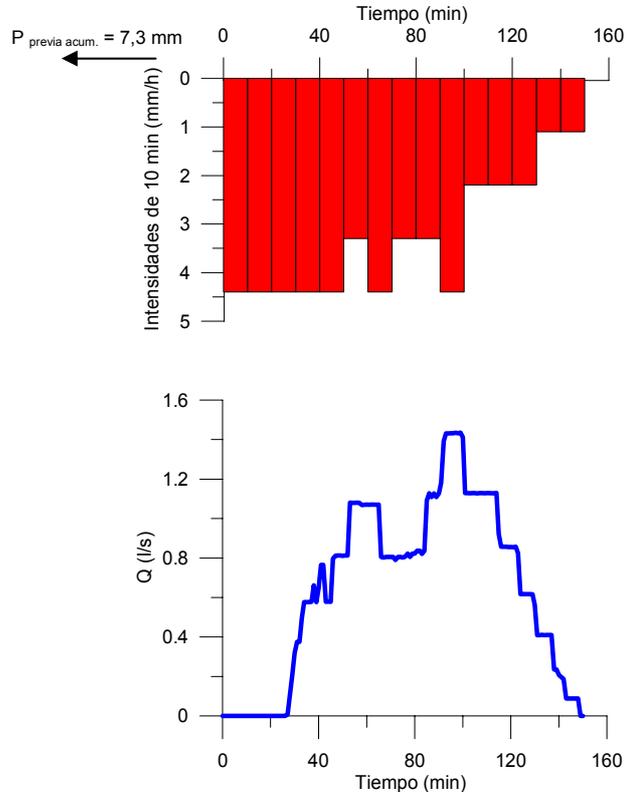
**Figura 8.3.** Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía (en azul) con valores de concentración de sedimentos (en rojo) medidos el 13 de octubre de 2005 a la salida de la micorcuena de Setenil



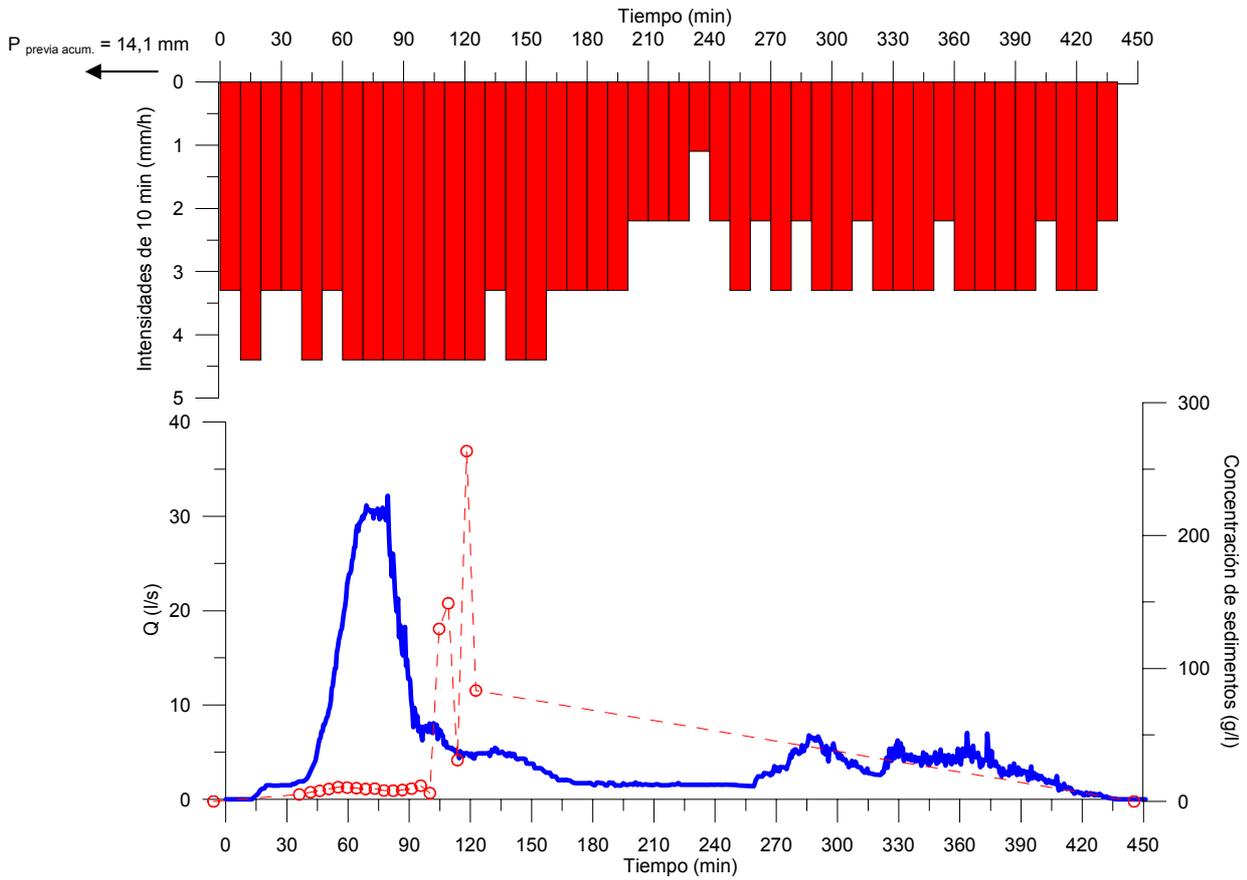
**Figura 8.4.** Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía (m3/s) medidos el 30 de octubre de 2005 a la salida de la micorcuena de Setenil.



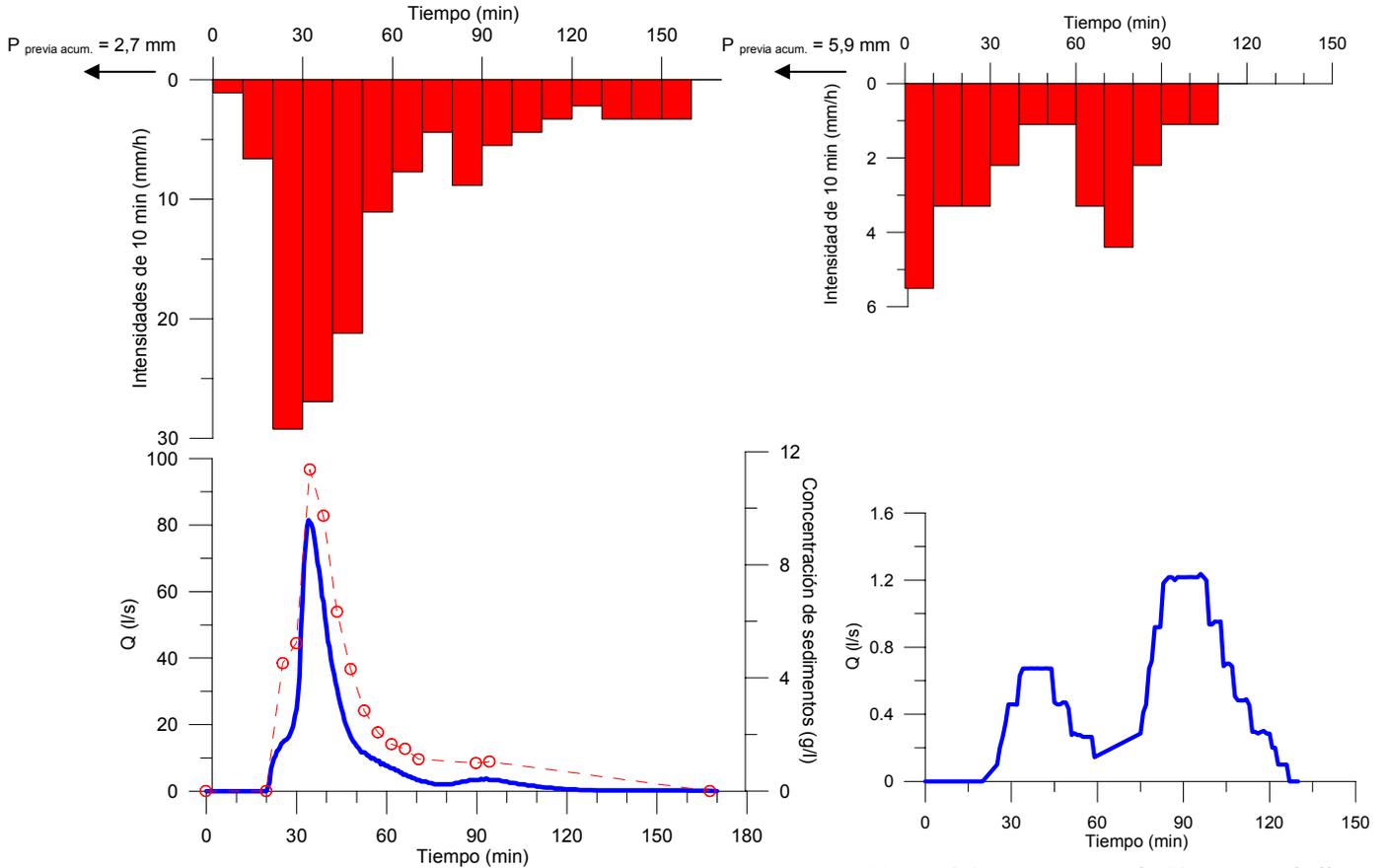
**Figura 8.5.** Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía medidos el 14 de noviembre de 2005 a la salida de la micorcuena de Setenil.



**Figura 8.6.** Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía medidos el 16 de enero de 2006 a la salida de la micorcuena de Setenil.

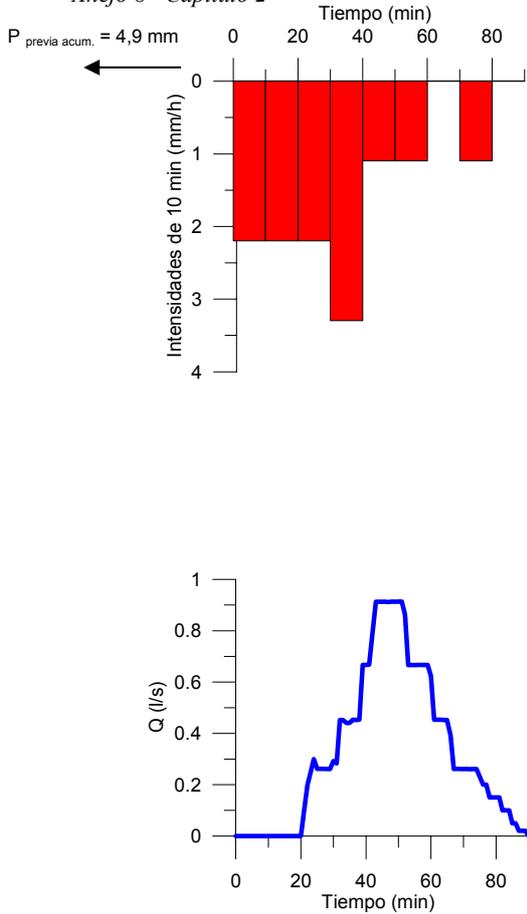


**Figura 8.7.** Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía (en azul) con valores de concentración de sedimentos (en azul) medidos durante el 27 y 28 de enero de 2006 a la salida de la micorcuenca de Setenil.

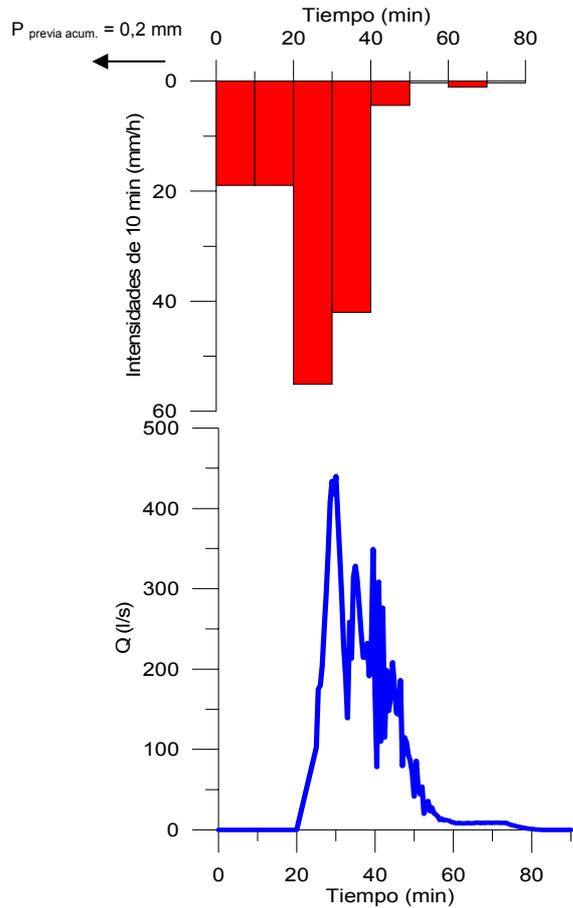


**Figura 8.8.** Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía (en azul) con los valores de concentración de sedimentos (en rojo) medidos el 3 de mayo de 2006 a la salida de la micorcuenca de Setenil.

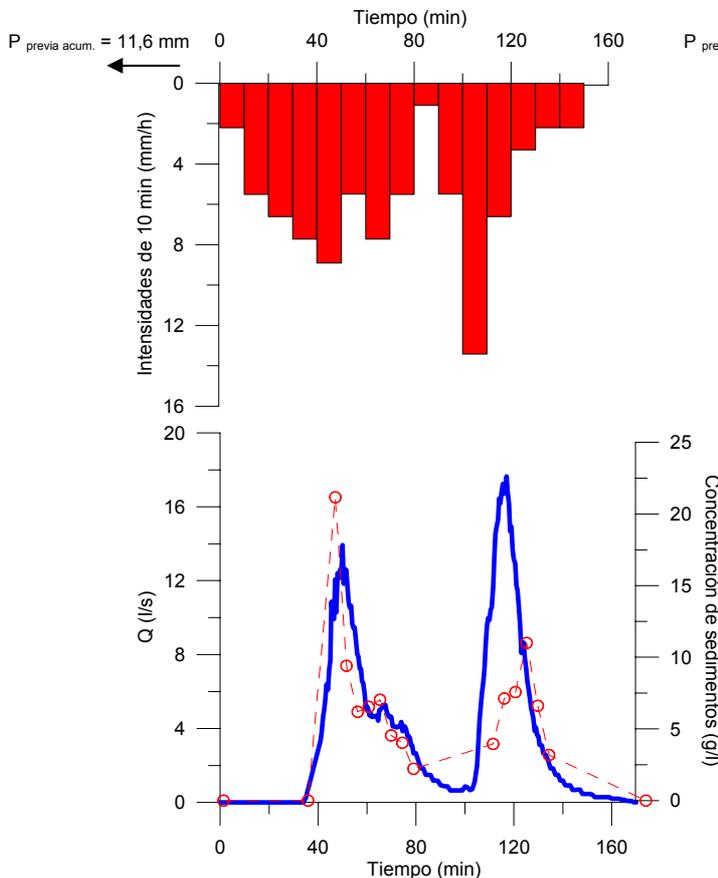
**Figura 8.9.** Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía medidos durante el 3-4 de mayo de de 2006 en Setenil.



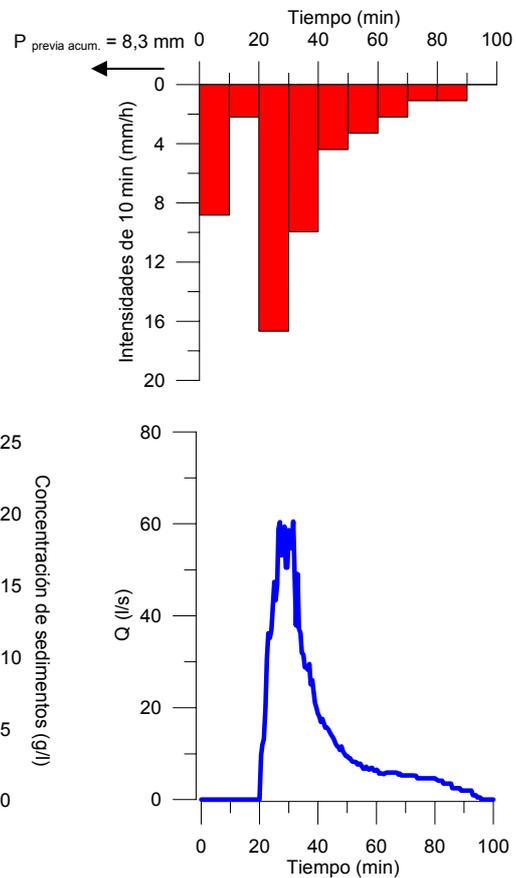
**Figura 8.10.** Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía medidos durante el 4 de mayo de de 2006 en Setenil.



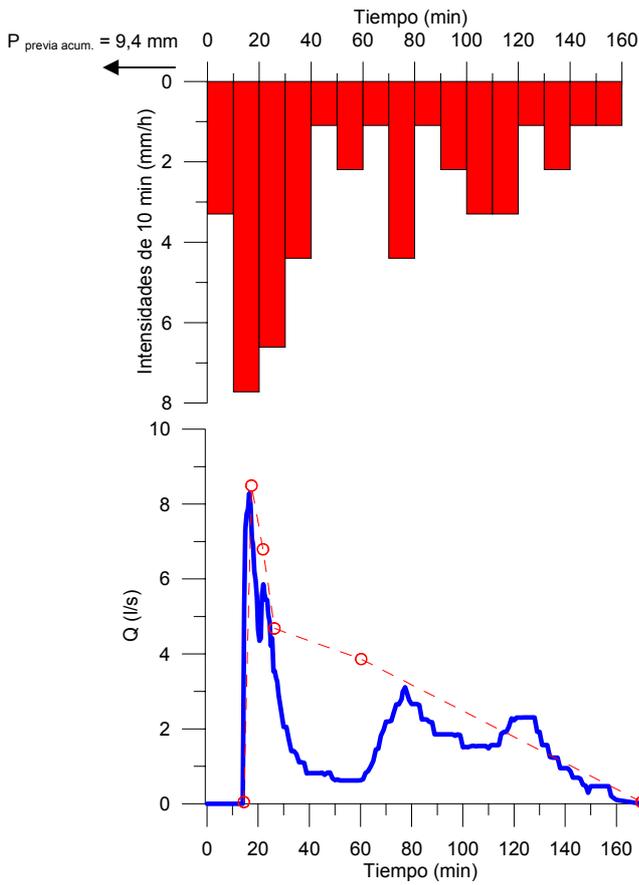
**Figura 8.11.** Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía medidos durante el 12 de septiembre de 2006 en Setenil.



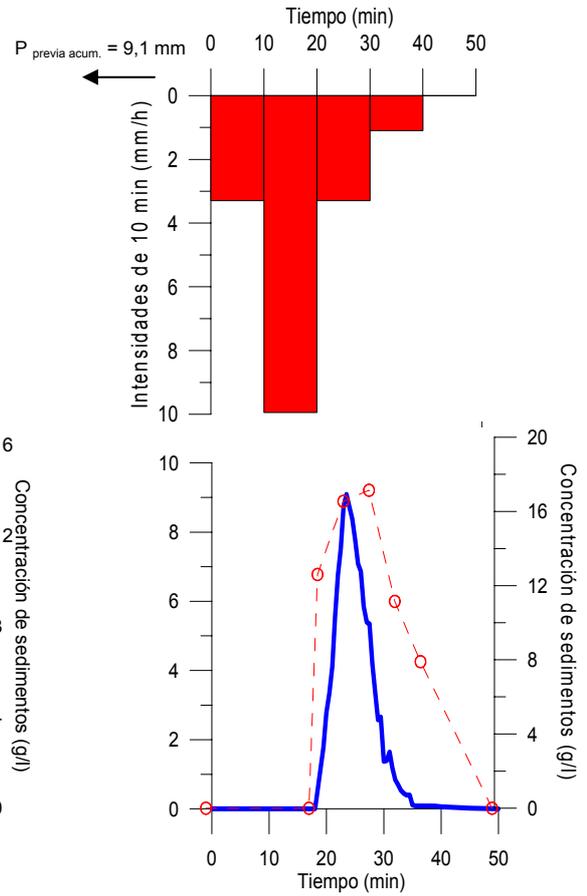
**Figura 8.12.** Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía (en azul) con valores de concentración de sedimentos medidos durante el 21 de octubre de 2006 en Setenil.



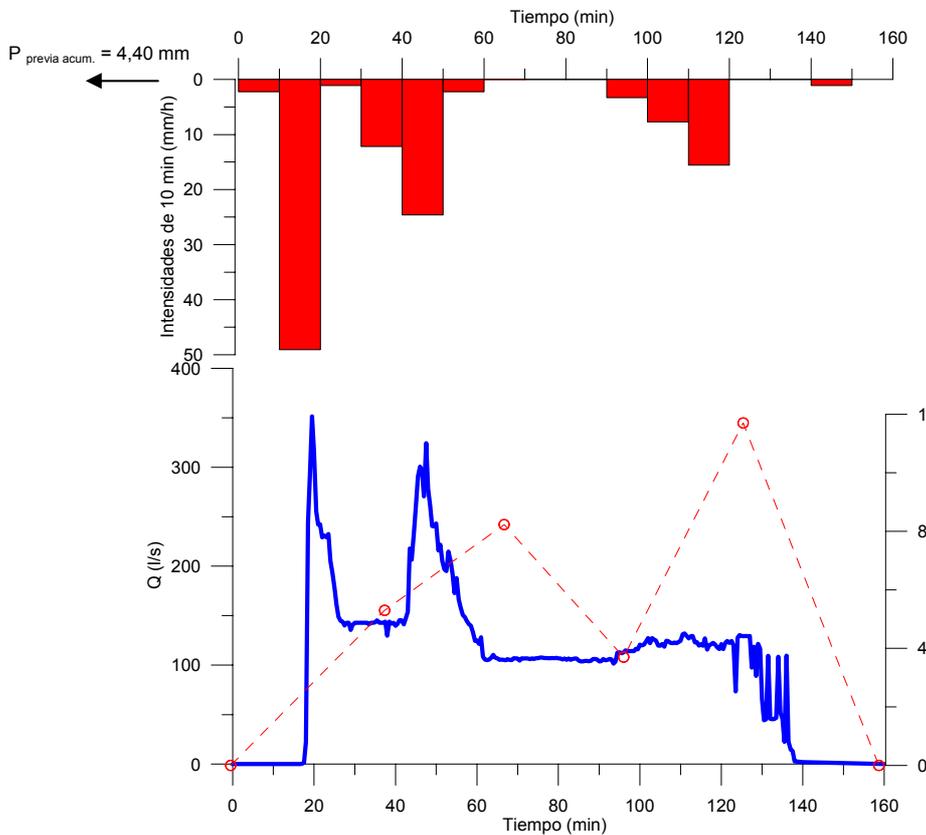
**Figura 8.13.** Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía medidos durante el 14 de septiembre de 2006 en Setenil.



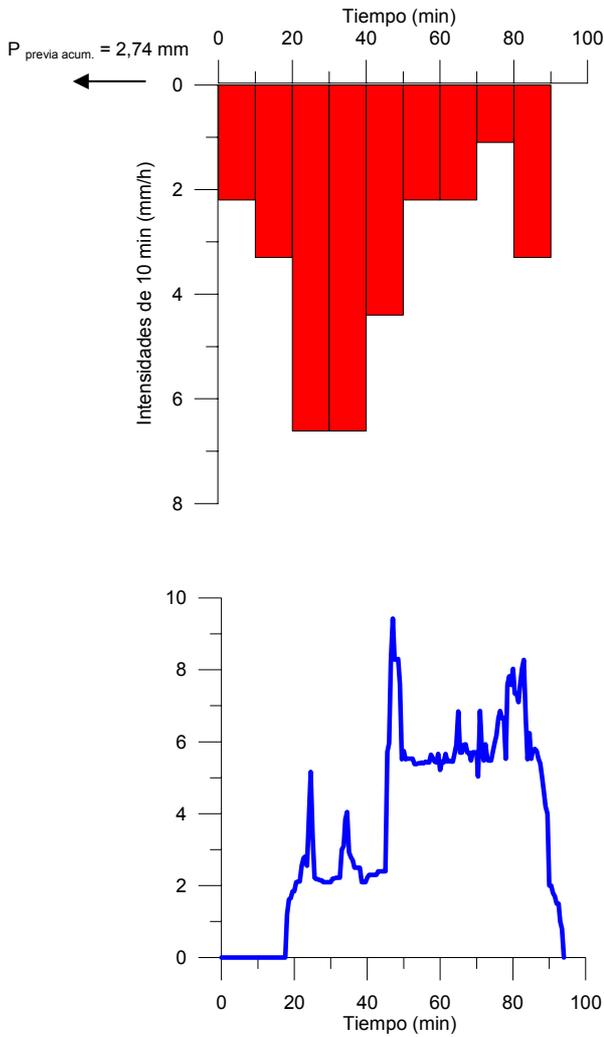
**Figura 8.14.** Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía (en azul) con valores de concentración de sedimentos medidos durante el 23 de octubre de 2006 en Setenil



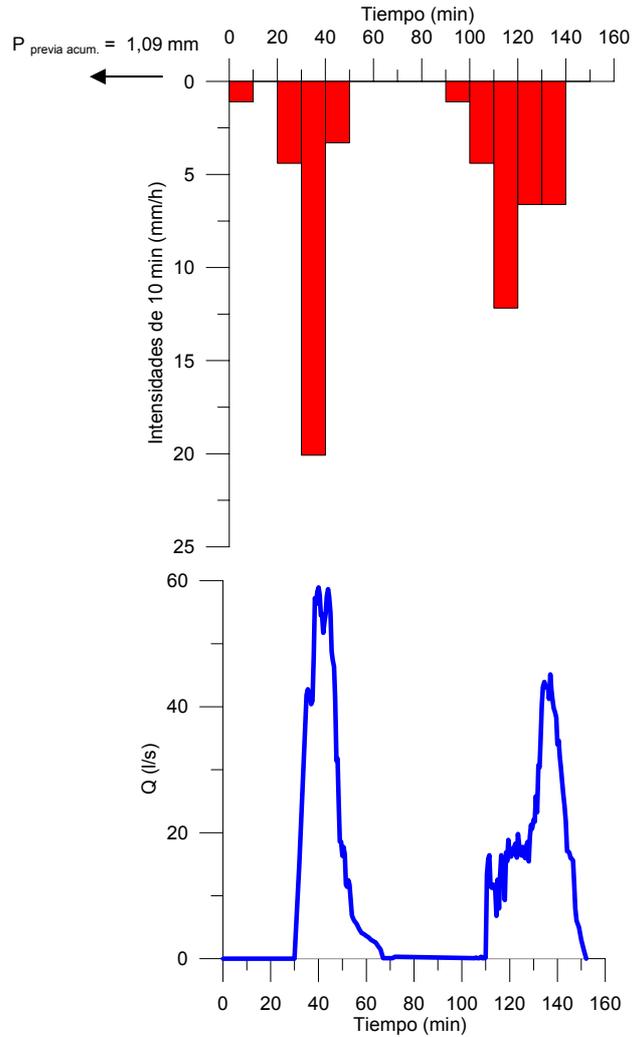
**Figura 8.15.** Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía (en azul) con valores de concentración de sedimentos medidos durante el 24 de octubre de 2006 en Setenil



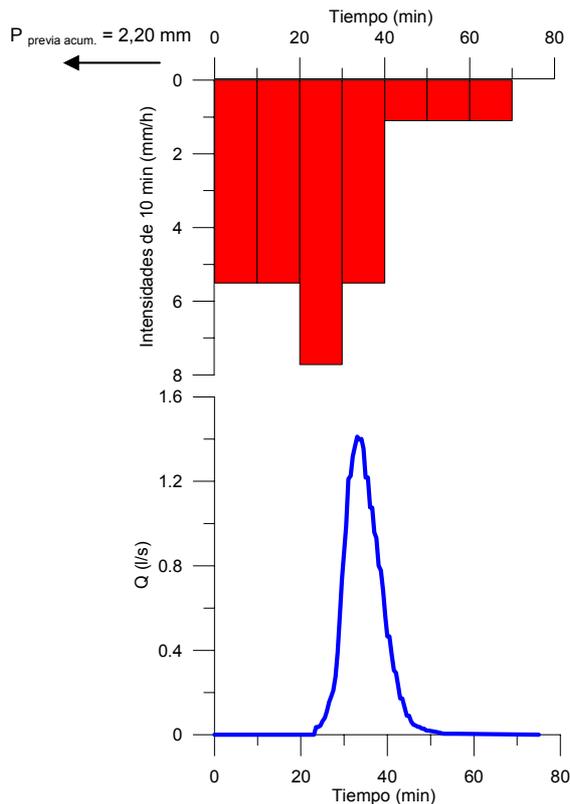
**Figura 8.16.** Hietograma de 10 minutos de lluvia bruta e hidrograma de escorrentía (en azul) con valores de concentración de sedimentos medidos el 10 de octubre de 2005 en Puente Genil.



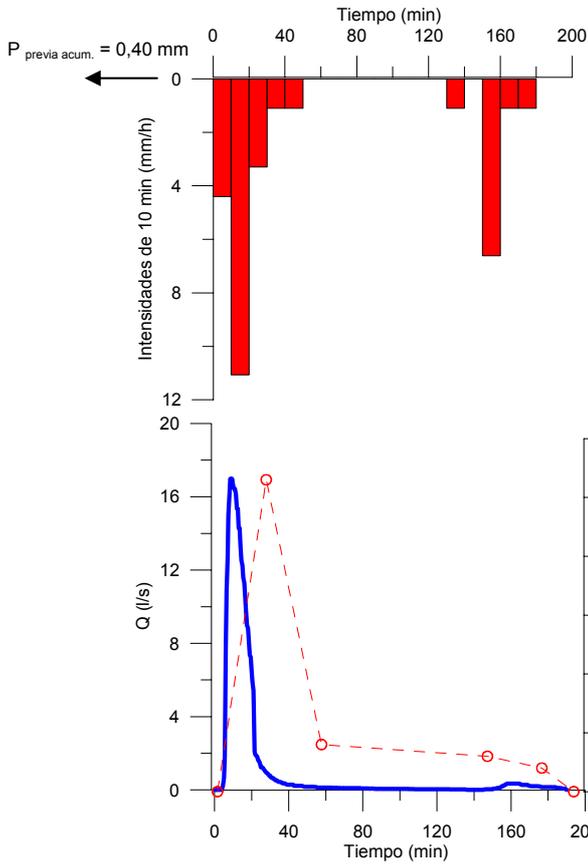
**Figura 8.17.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía medidos en Puente Genil durante el 11 de octubre de 2005.



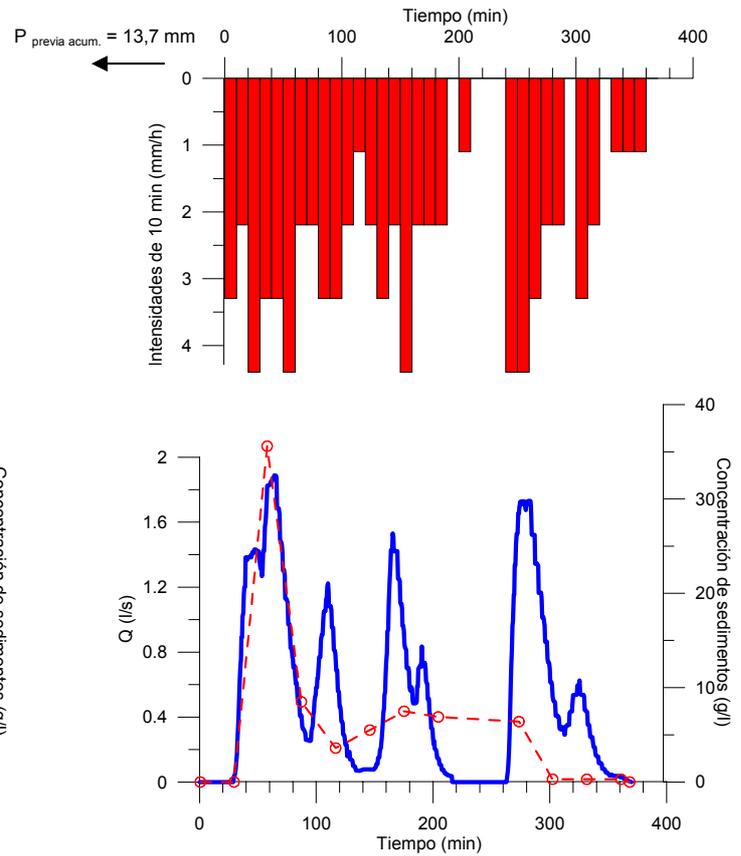
**Figura 8.18.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía medidos en Puente Genil durante el 12 de octubre de 2005.



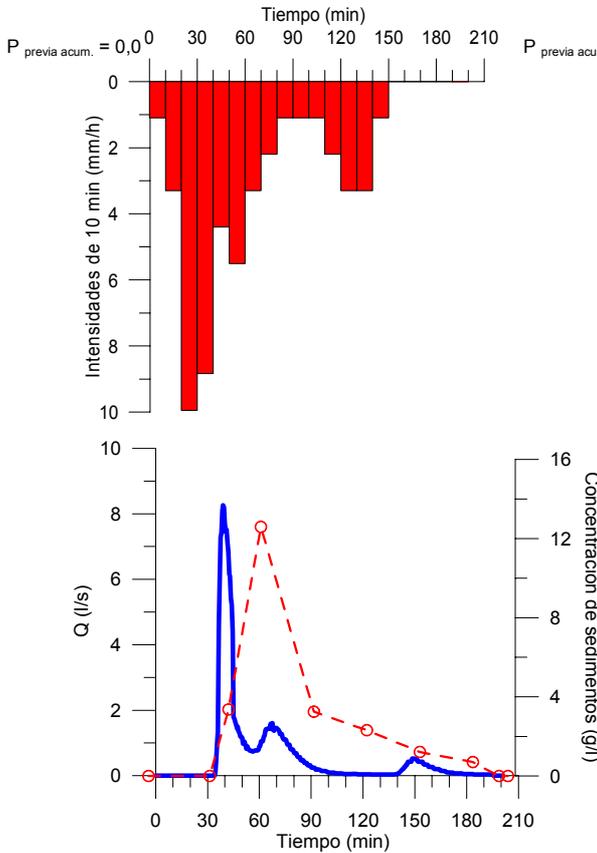
**Figura 8.19.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía medidos en Puente Genil durante el 14 de noviembre de 2005.



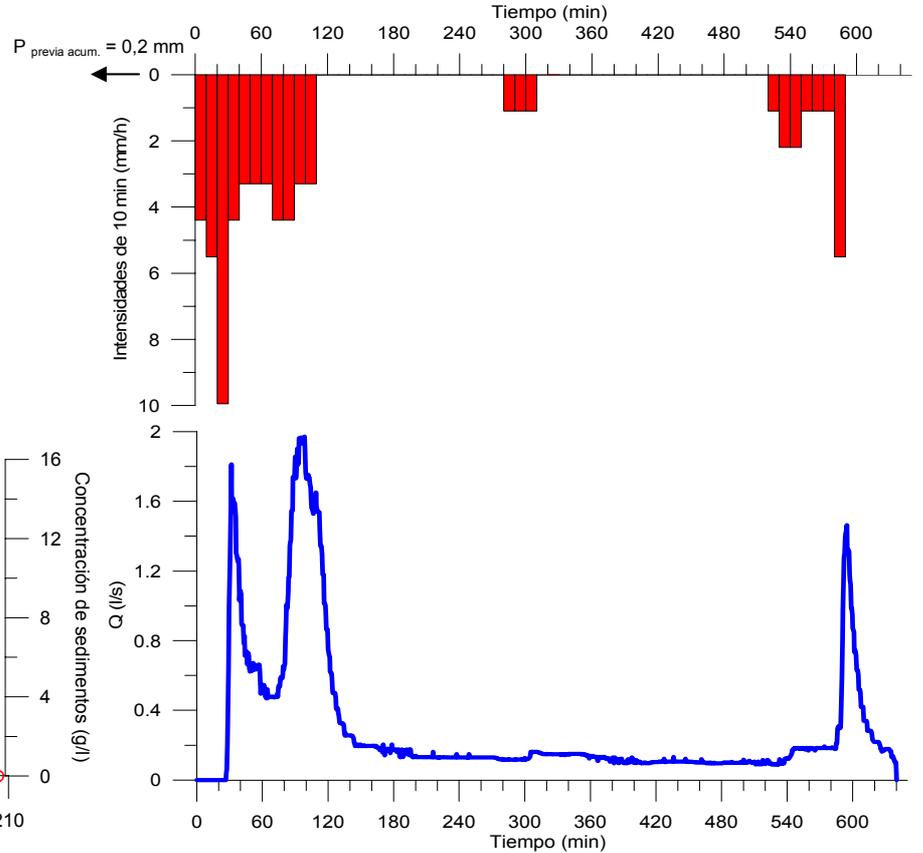
**Figura 8.20.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos (rojo) del evento medido en Puente Genil el 3 de diciembre de 2005.



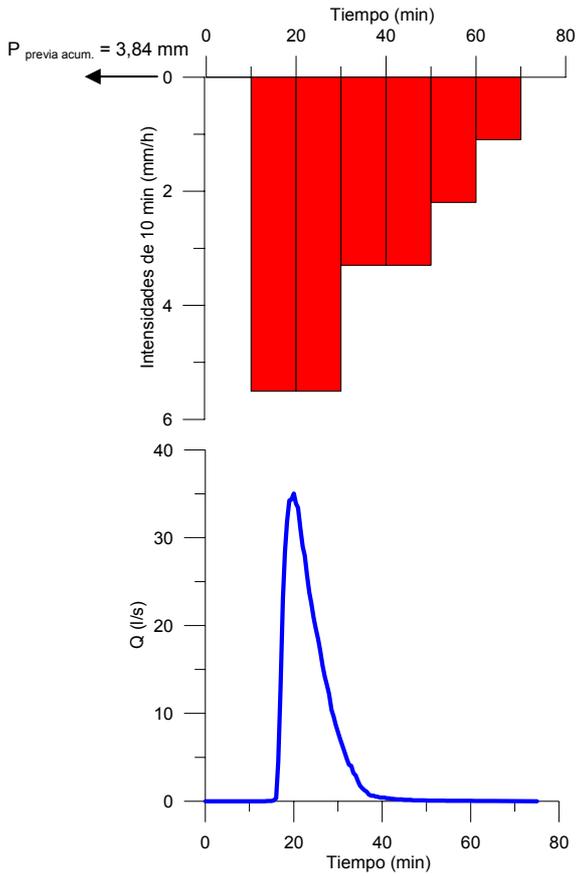
**Figura 8.21.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos (rojo) del evento medido en Puente Genil el 27 -28 de enero de 2006.



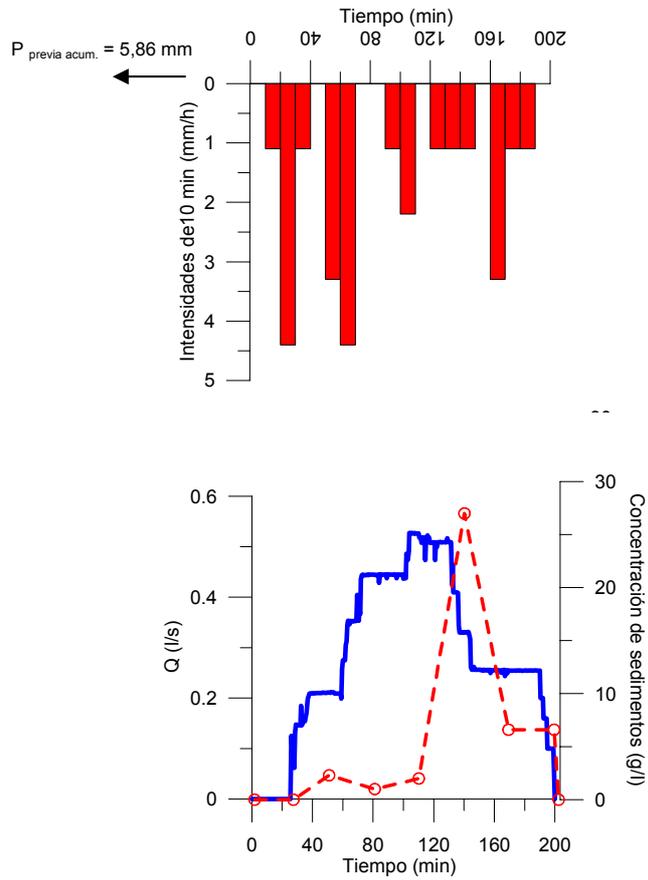
**Figura 8.22.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos (rojo) del evento medido en Puente Genil el 19 de febrero de 2006.



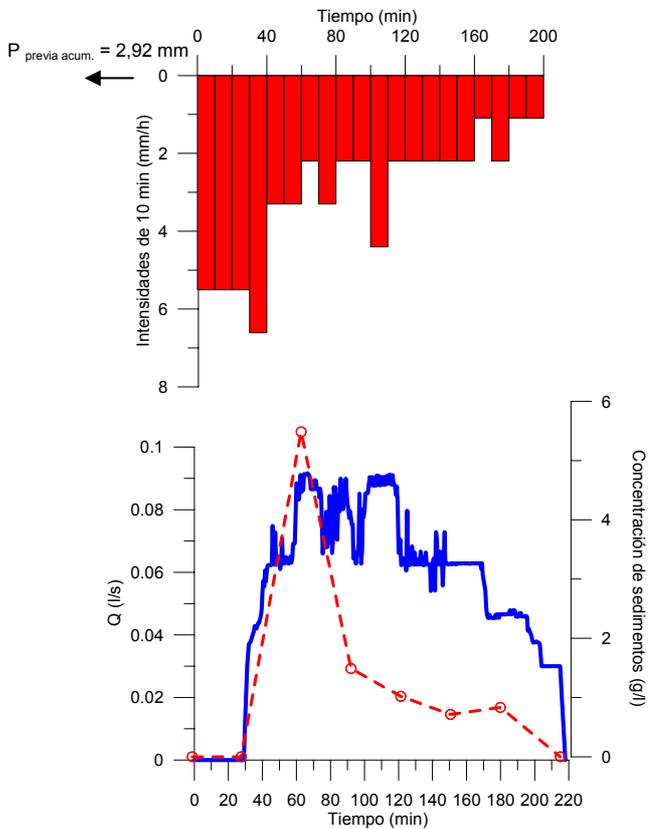
**Figura 8.23.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) del evento medido en Puente Genil durante el evento del 4-5 de marzo de 2006.



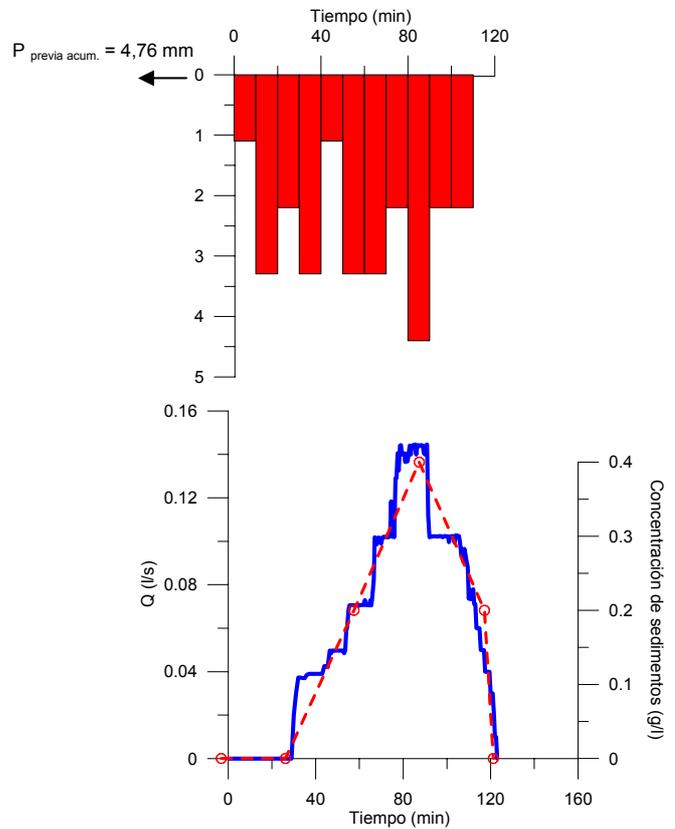
**Figura 8.24.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía del evento medido en Puente Genil durante el evento del 20 de marzo de 2006.



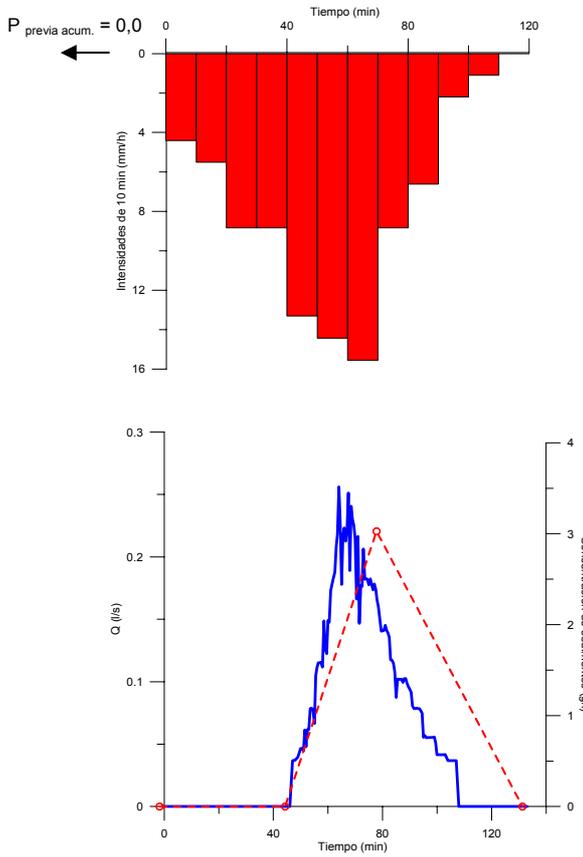
**Figura 8.25.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (en azul) con valores de concentración de sedimentos (en rojo) del evento medido en Puente Genil el 15 de abril de 2006.



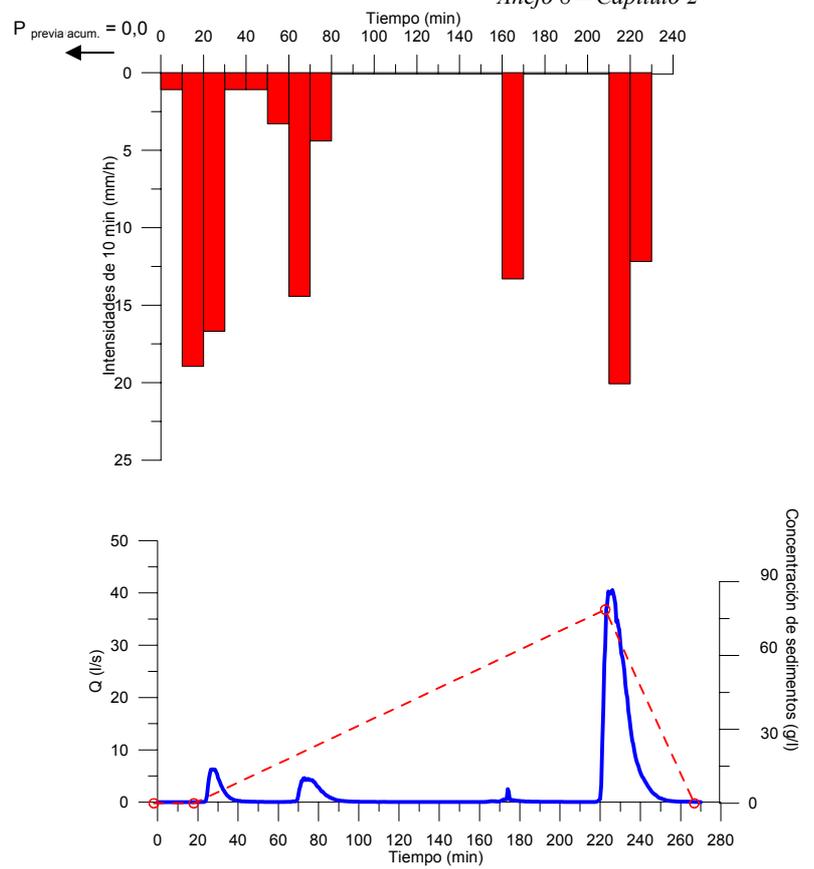
**Figura 8.26.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía con valores de concentración de sedimentos medido en Puente Genil el 3 de mayo de 2006.



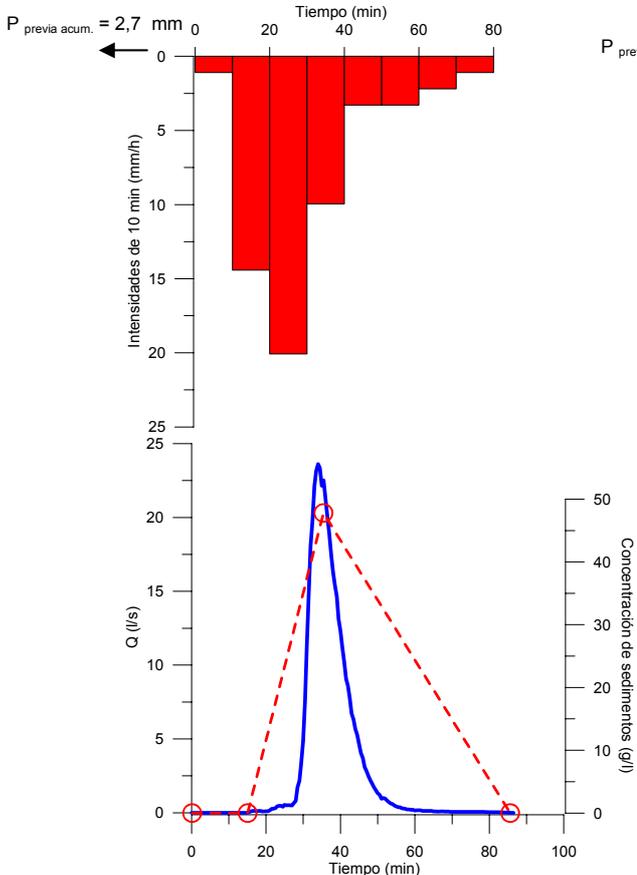
**Figura 8.27.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía con valores de concentración de sedimentos medido en Puente Genil el 4 de mayo de 2006.



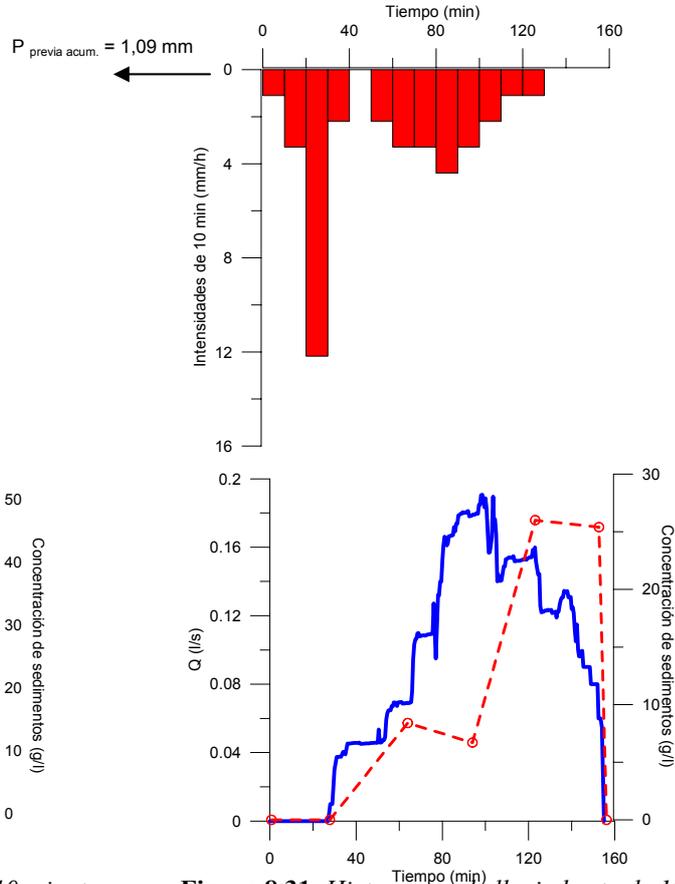
**Figura 8.28.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos (rojo) del evento medido en Puente Genil el 12 de septiembre de 2006.



**Figura 8.29.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos (rojo) del evento medido en Puente Genil el 19 de octubre de 2006.



**Figura 8.30.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos (rojo) del evento medido en Puente Genil el 23 de octubre de 2006.



**Figura 8.31.** Hietograma de lluvia bruta de 10 minutos e hidrograma de escorrentía (azul) con los valores de concentración de sedimentos (rojo) del evento medido en Puente Genil el 3 de noviembre de 2006.

## **ANEJO 9**

Ficheros de entrada y ficheros de salida con los valores de escorrentía, caudales punta y descarga de sedimentos del programa AnnAGNPS.

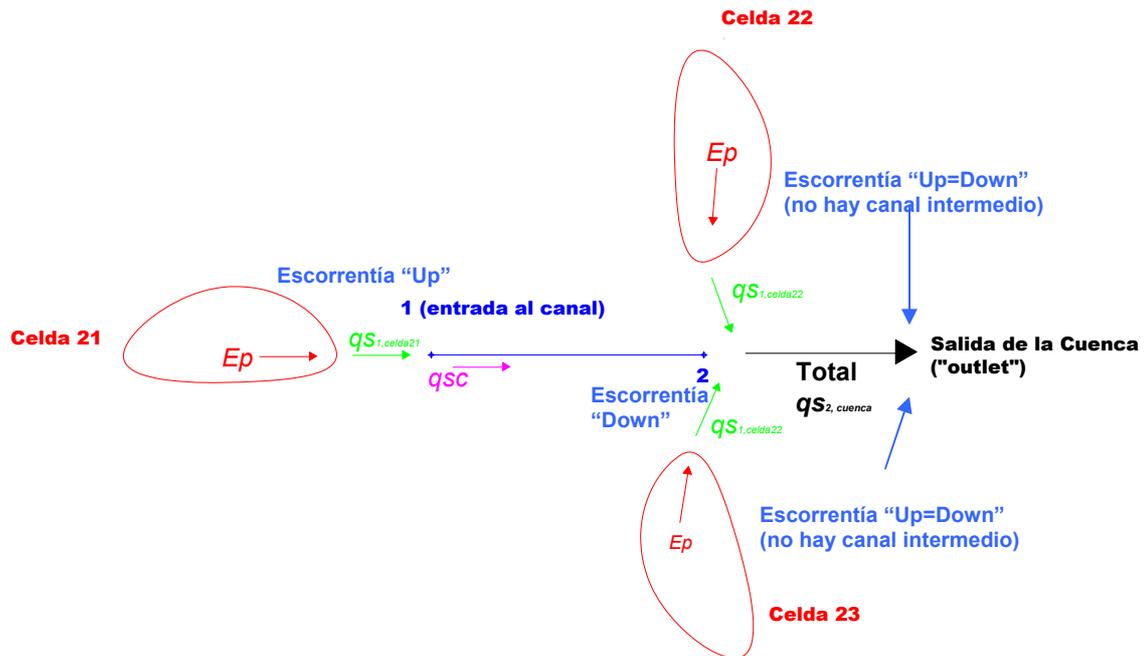
## ÍNDICE

<b>Fichero de entrada para el programa AnnAGNPS correspondiente a la microcuenca de Setenil derivado de la calibración y aplicado para la validación.</b>	<b>322</b>
<i>Resultados de la calibración en Setenil I: Escorrentía</i>	325
<i>Resultados de la validación en Setenil I: Escorrentía</i>	327
<i>Resultados de la calibración en Setenil II: Caudal punta</i>	328
<i>Resultados de la validación en Setenil II: Caudal punta</i>	329
<i>Resultados de la calibración en Setenil III : Descarga de sedimentos</i>	330
<i>Resultados de la validación en Setenil III : Descarga de sedimentos</i>	337
<b>Fichero de entrada para el programa AnnAGNPS correspondiente a la microcuenca de Puente Genil derivado de la calibración y aplicado para la validación.</b>	<b>341</b>
<i>Resultados de la calibración en Puente Genil I: Escorrentía</i>	344
<i>Resultados de la validación en Puente Genil I: Escorrentía</i>	346
<i>Resultados de la calibración en Setenil II: Caudal punta</i>	347
<i>Resultados de la validación en Setenil II : Caudal punta</i>	348
<i>Resultados de la calibración en Setenil III : Descarga de sedimentos</i>	349
<i>Resultados de la validación en Setenil III : Descarga de sedimentos</i>	353

En el siguiente apartado se presentan en primer lugar, los ficheros de entradas y los ficheros de salida correspondientes a escorrentía (runoff), caudales punta (discharge peak) y descarga de sedimentos (sediment load) por eventos derivados de la calibración del modelo AnnAGNPS en las cuencas de Puente Genil y Setenil.

Para cada uno de los casos, el encabezamiento de página indica las variables, el lugar y el año correspondiente al que se refiere el resultado del fichero.

Para terminar y con la intención de ayudar a la interpretación de los ficheros la Figura 9.1., muestra un esquema de la circulación de agua y sedimentos que el modelo considera en la cuenca.



**Figura 8.1.** Esquema de la circulación de agua y sedimentos en las cuencas de estudio.

De esta manera, en cada una de las celdas (cell) en que el algoritmo topográfico divide la cuenca, tan sólo en las celdas de cabecera o celdas primarias (celda 21), la escorrentía es dirigida al canal cuya entrada se denomina 1 y cuya salida 2. Las otras dos vierten directamente a la salida o outlet (Ver Capítulo 3.2.).

En el caso de la descarga de sedimentos, el esquema muestra como el sedimento producido en la celda 21 ( $E_p$ , erosión potencial) se descarga a la entrada del canal ( $q_{s1}$ ) donde es sometido a un algoritmo de transporte, es decir, se compara con la capacidad de transporte del canal y se dirige hasta la salida donde se une a las descargas de las celdas 22 y 23, obteniéndose ( $q_{s2}$ ). De esta manera, el algoritmo de transporte únicamente se aplica sobre la carga de sedimentos de la celda 21, mientras que el sedimento arrastrado por la escorrentía desde las otras dos celdas se vierte a la salida de la cuenca directamente.

*Fichero de entrada para el programa AnnAGNPS correspondiente a la microcuenca de Setenil derivado de la calibración y aplicado para la validación.*

```

AnnAGNPS: Version 3.2          1          1          1          1

WATERSHED DATA:
SETENIL
Cuenca de olivar en mínimo laboreo
Provincia de Cádiz                                36.64    -5.84

Simulation Period Data:
  1  1  1 12 31  1          9  1548.62  15.54  145          1
      N          Y          0
      EI PCT:    5.88    11.85    14.07    21.95    26.09    27.18
                29.70    32.22    33.93    35.24    35.99    36.61
                37.     37.     37.09    39.29    41.02    45.91
                51.80    56.35    80.08    86.27    92.11    100.

Cell Data:
21      521a  cropland 2          3
      0.05670  330.0  0.90800          0  1.14          790.0
      0.07909  58.0          0.005  0.075
      0.02455  50.00  0.05406  50.00
22      521b  cropland 2          1  1.74          778.0
      0.10763  279.0  1.78700          0.25
      0.09407  104.0          0.25  0.15
      0.05085  50.00  0.07234  50.00
23      521c  cropland 2          1  4.09          781.0
      0.11000  344.0  1.93500          0.075
      0.10157  283.0          0.25  0.15
      0.04114  50.00  0.09510  50.00

Field Data:
cropland cropland olivo crop          1
                    5.          1.          5.          1

Field Management Data:
olivo croplabor1          12
olivo cropcultivo
olivo croprulo
olivo cropriego1
olivo cropriego2
olivo cropriego3
olivo cropriego4
olivo cropriego5
olivo cropriego6
olivo cropfito2
olivo cropferti
olivo cropreco

Operations Data:
labor1      1  1  1          12          2
      C1
cultivo     1 20  1          cultivador
      C2          barley
                    cultivo
rulo        4  1  1          cobre
      C3
riego1      9  1  1          rulo
      C4
riego2      9  9  1          riego
      C4
riego3      9 10  1          riego
      C4
riego4      9 11  1          riego
      C4
riego5      9 12  1          riego
      C4
riego6      9 13  1          riego
      C4
fito2       9 15  1          riego
      C4

```

*Archivo de entrada para el programa AnnAGNPS correspondiente a la microcuencia de Setenil derivado de la calibración y aplicado para la validación.*

```

                                atomizador
                                cobre
ferti      10  1  1
           C5

                                tractor
reco       11  1  1
           C6

                                reco

Operations Reference Data:
cultivador      2  1  1  1  1      7
                20.0    200.0      1.    100.    2.0

atomizador      1  1  1  1  1

cultivo         7  1  1  1  1

rulo            2  1  1  1  1      15.0
                6.0    150.0      70.0    15.0

riego          1  1  1  1  1

tractor        2  1  1  1  1      10.0
                2.0    10.0      80.0    6.0

reco           6  2  1  1  1      10.0
                1.5    5.0      60.0    2.0

Fertilizer Application Data:
NPK            NPK      160.    0.N      1

Pesticide Application Data:
cobre          cobre    0.006    0.N      1
                1.    0.

Reach Data:
1              OutLet    1      776.3  0.08623  0.04
                0.0      0.5    0.25    0.150

2              1          322.0    776.3  0.08623

Reach Nutrient Half-life:

Irrigation Application Data:
riego1        12      8.    2.    0.8    4.
              0.4
riego2        12      8.    2.    0.8    4.
              0.4
riego3        12      8.    2.    0.8    4.
              0.4
riego4        12      8.    2.    0.8    4.
              0.4
riego5        12      8.    2.    0.8    4.
              0.4
riego6        12      8.    2.    0.8    4.
              0.4

Crop Data:
barley        500.    9.9    0.28    0.28    .75
              500.    1000.  3000.  1N N    kg    1.
              80.    50.    0.2    0.5    50.    50.
              0.3    0.6    0.9    1.
              0.7    0.2    0.1    0.
              0.62  0.2    0.18  0.
              500.    0.35  0.
              500.    0.35  0.
              500.    0.35  0.
              100.    1.    2.
              100.    1.    2.
              100.    1.    2.
              100.    1.    2.

```

*Fichero de entrada para el programa AnnAGNPS correspondiente a la microcuencia de Setenil derivado de la calibración y aplicado para la validación.*

```

4000.      1.      2.
4000.      1.      2.
4000.      1.     10.
50000.     1.      9.
5000.      1.      9.
2000.      1.      9.
1000.      1.      9.
1000.      1.      9.
1000.      1.      9.
1000.      1.      9.
1000.      1.      9.
1000.      1.      9.
10000.     1.      9.
10000.     1.      9.
1000.      1.      9.
0.          0.      0.
0.          0.      0.

Fertilizer Reference Data:      1
NPK          1.          1.      0.
          0.44          0.9      0.1      0.      3

Non-Crop Data:      1
rangeland      olivar_laboreado
          20.          0.          0.5      0.1

Pesticide Reference Data:      1
cobre          0.5      0.5      30.      15.
          0.8

Runoff Curve Number Data:      6
C1          55.  70.  71.  89.
C2          58.  59.  60.  88.
C3          40.  44.  45.  80.
C4          60.  70.  94.  95.
C5          70.  75.  84.  90.
C6          60.  70.  79.  90.

Soil Data:      3      6
521c      C          0.040      0.23      7.          2.65
Luvisol          Franca
          100.      1.664      0.155      0.167      0.678          0.33
          0.10      50.6      0.153      0.070N
          7.9      0.14      500.      5.      500.      500.      3
          1000.      1.682      0.168      0.120      0.712      0.133      0.356
          0.15      25.28      0.141      0.071N
          7.9      0.16      50.      0.5      250.      250.      3
521b      C          0.040      0.23      7.          2.65
Luvisol          Franca
          100.      1.651      0.155      0.167      0.678          0.33
          0.10      50.21      0.147      0.063N
          7.9      0.14      500.      5.      500.      500.      3
          1000.      1.681      0.168      0.120      0.712      0.133      0.356
          0.15      25.74      0.152      0.067N
          7.9      0.16      50.      0.5      250.      250.      3
521a      C          0.040      0.23      7.          2.65
Luvisol          Franca
          100.      1.692      0.155      0.167      0.678          0.33
          0.10      50.15      0.146      0.074N
          7.9      0.14      500.      5.      500.      500.      3
          1000.      1.715      0.168      0.120      0.712      0.133      0.356
          0.15      25.95      0.146      0.073N
          7.9      0.16      50.      0.5      250.      250.      3

Output Options Data:      TTT      T      T      TT      TT      TTT      TT
*.csv
*.dpp
*.npt      T      T      T      TTTT
*.sim      T      T      TTT      TT      T      TTT      T
1st*.txt          TTTTTTTTTTTTTTTTTT
2nd*.txt          TTTTTTTTTTTTTTTTTT
1st mn/mx          .1          .1          .1
2nd mn/mx
Cell ID          321          22          23

Reach ID          21          2

End Data:

```

Resultados de la calibración en Setenil I: Escorrentía

Run Date: 11/26/2006

AnnAGNPS v3.20.a.14

Run Time: 21:13:22

**SETENIL**

**Cuenca de olivar bajo mínimo laboreo**

**Provincia de Cádiz**

Long: 36.6400 Lat: -5.8400

Corresponding sediment events were requested.

\*\*\*\*\* EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] \*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 10/13/2005 Runoff at Outlet: 0.273 [mm]

Cell ID	Drainage Area [ha]	WATER		PER UNIT AREA		[mm]	
		Up	Down	Up	Down	1	2 - OUTLET -
21	1.14	0.253	0.253	0.253	0.253	0.253	0.253
22	1.74	0.224	0.224		0.224	0.224	0.224
23	4.09	0.300	0.300		0.300	0.300	0.300
Grand Totals		0.273	0.273	0.253	0.273	0.273	0.273
Area [ha]		6.97	6.97	1.14	6.97	6.97	6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] \*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 11/14/2005 Runoff at Outlet: 0.105 [mm]

Cell ID	Drainage Area [ha]	WATER		PER UNIT AREA		[mm]	
		Up	Down	Up	Down	1	2 - OUTLET -
21	1.14	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119
22	1.74	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000
23	4.09	0.145	0.145		0.145	0.145	0.145
Grand Totals		0.105	0.105	0.119	0.105	0.105	0.105
Area [ha]		6.97	6.97	1.14	6.97	6.97	6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] \*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 01/28/2006 Runoff at Outlet: 2.017 [mm]

Cell ID	Drainage Area [ha]	WATER		PER UNIT AREA		[mm]	
		Up	Down	Up	Down	1	2 - OUTLET -
21	1.14	1.970	1.970	1.970	1.970	1.970	1.970
22	1.74	1.695	1.695		1.695	1.695	1.695
23	4.09	2.168	2.168		2.168	2.168	2.168
Grand Totals		2.017	2.017	1.970	2.017	2.017	2.017
Area [ha]		6.97	6.97	1.14	6.97	6.97	6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] \*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 01/30/2006 Runoff at Outlet: 0.172 [mm]

Cell ID	Drainage Area [ha]	WATER		PER UNIT AREA		[mm]	
		Up	Down	Up	Down	1	2 - OUTLET -
21	1.14	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
22	1.74	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000
23	4.09	0.244	0.244		0.244	0.244	0.244
Grand Totals		0.172	0.172	0.180	0.172	0.172	0.172
Area [ha]		6.97	6.97	1.14	6.97	6.97	6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] \*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 02/19/2006 Runoff at Outlet: 0.501 [mm]

Cell ID	Drainage Area [ha]	WATER		PER UNIT AREA		[mm]	
		Up	Down	Up	Down	1	2 - OUTLET -
21	1.14	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524
22	1.74	0.308	0.308		0.308	0.308	0.308
23	4.09	0.576	0.576		0.576	0.576	0.576
Grand Totals		0.501	0.501	0.524	0.501	0.501	0.501
Area [ha]		6.97	6.97	1.14	6.97	6.97	6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] \*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 02/25/2006 Runoff at Outlet: 0.262 [mm]

Cell ID	Drainage Area [ha]	WATER		PER UNIT AREA		[mm]	
		Up	Down	Up	Down	1	2 - OUTLET -
21	1.14	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270
22	1.74	0.122	0.122		0.122	0.122	0.122
23	4.09	0.320	0.320		0.320	0.320	0.320
Grand Totals		0.262	0.262	0.270	0.262	0.262	0.262
Area [ha]		6.97	6.97	1.14	6.97	6.97	6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] \*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 03/04/2006 Runoff at Outlet: 0.304 [mm]

Cell ID	Drainage Area [ha]	WATER		PER UNIT AREA		[mm]	
		Up	Down	Up	Down	1	2 - OUTLET -
21	1.14	0.316	0.316	0.316	0.316	0.316	0.316
22	1.74	0.149	0.149		0.149	0.149	0.149
23	4.09	0.366	0.366		0.366	0.366	0.366

Resultados de la calibración en Setenil I: Escorrentía

Grand Totals	0.304	0.304	0.316	0.304	0.304
Area [ha]	6.97	6.97	6.97	1.14	6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] \*\*\*\*\*  
 Runoff Event Date: 03/17/2006 Runoff at Outlet: 0.243 [mm]

Cell	Drainage	WATER		PER UNIT AREA	[mm]	
--- ID ---	Area	1		---	2	- OUTLET -
	[ha]	Up	Down	Up	Down	
21	1.14	0.260	0.260	0.260	0.260	0.260
22	1.74	0.113	0.113		0.113	0.113
23	4.09	0.294	0.294		0.294	0.294
Grand Totals		0.243	0.243	0.260	0.243	0.243
Area [ha]	6.97	6.97	6.97	1.14	6.97	6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] \*\*\*\*\*  
 Runoff Event Date: 03/19/2006 Runoff at Outlet: 0.637 [mm]

Cell	Drainage	WATER		PER UNIT AREA	[mm]	
--- ID ---	Area	1		---	2	- OUTLET -
	[ha]	Up	Down	Up	Down	
21	1.14	0.654	0.654	0.654	0.654	0.654
22	1.74	0.381	0.381		0.381	0.381
23	4.09	0.742	0.742		0.742	0.742
Grand Totals		0.637	0.637	0.654	0.637	0.637
Area [ha]	6.97	6.97	6.97	1.14	6.97	6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] \*\*\*\*\*  
 Runoff Event Date: 03/20/2006 Runoff at Outlet: 0.128 [mm]

Cell	Drainage	WATER		PER UNIT AREA	[mm]	
--- ID ---	Area	1		---	2	- OUTLET -
	[ha]	Up	Down	Up	Down	
21	1.14	0.145	0.145	0.145	0.145	0.145
22	1.74	0.000	0.000		0.000	0.000
23	4.09	0.178	0.178		0.178	0.178
Grand Totals		0.128	0.128	0.145	0.128	0.128
Area [ha]	6.97	6.97	6.97	1.14	6.97	6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] \*\*\*\*\*  
 Runoff Event Date: 03/21/2006 Runoff at Outlet: 8.922 [mm]

Cell	Drainage	WATER		PER UNIT AREA	[mm]	
--- ID ---	Area	1		---	2	- OUTLET -
	[ha]	Up	Down	Up	Down	
21	1.14	9.021	9.021	9.021	9.021	9.021
22	1.74	7.640	7.640		7.640	7.640
23	4.09	9.440	9.440		9.440	9.440
Grand Totals		8.922	8.922	9.021	8.922	8.922
Area [ha]	6.97	6.97	6.97	1.14	6.97	6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] \*\*\*\*\*  
 Runoff Event Date: 05/03/2006 Runoff at Outlet: 1.206 [mm]

Cell	Drainage	WATER		PER UNIT AREA	[mm]	
--- ID ---	Area	1		---	2	- OUTLET -
	[ha]	Up	Down	Up	Down	
21	1.14	1.201	1.201	1.201	1.201	1.201
22	1.74	0.750	0.750		0.750	0.750
23	4.09	1.401	1.401		1.401	1.401
Grand Totals		1.206	1.206	1.201	1.206	1.206
Area [ha]	6.97	6.97	6.97	1.14	6.97	6.97

Resultados de la validación en Setenil I: Escorrentía

Run Date: 11/26/2006

AnnAGNPS v3.20.a.14

Run Time: 21:13:22

**SETENIL**

**Cuenca de olivar bajo mínimo laboreo**

**Provincia de Cádiz**

Long: 36.6400 Lat: -5.8400

Corresponding sediment events were requested.

```
***** EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] *****
Runoff Event Date: 09/11/2006 Runoff at Outlet: 1.630 [mm]
Cell Drainage ----- WATER PER UNIT AREA [mm] -----
--- ID --- Area ----- 1 ----- 2 ----- - OUTLET -
      [ha]  Up      Down      Up      Down
21      1.14      1.614      1.614      1.614      1.614
22      1.74      1.727      1.727      1.727      1.727
23      4.09      1.593      1.593      1.593      1.593
      Grand Totals      1.630      1.630      1.614      1.630      1.630
Area [ha]      6.97      6.97      6.97      1.14      6.97      6.97
```

```
***** EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] *****
Runoff Event Date: 09/12/2006 Runoff at Outlet: 4.628 [mm]
Cell Drainage ----- WATER PER UNIT AREA [mm] -----
--- ID --- Area ----- 1 ----- 2 ----- - OUTLET -
      [ha]  Up      Down      Up      Down
21      1.14      4.556      4.556      4.556      4.556
22      1.74      4.653      4.653      4.653      4.653
23      4.09      4.638      4.638      4.638      4.638
      Grand Totals      4.628      4.628      4.556      4.628      4.628
Area [ha]      6.97      6.97      6.97      1.14      6.97      6.97
```

```
***** EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] *****
Runoff Event Date: 09/14/2006 Runoff at Outlet: 2.979 [mm]
Cell Drainage ----- WATER PER UNIT AREA [mm] -----
--- ID --- Area ----- 1 ----- 2 ----- - OUTLET -
      [ha]  Up      Down      Up      Down
21      1.14      2.908      2.908      2.908      2.908
22      1.74      2.933      2.933      2.933      2.933
23      4.09      3.018      3.018      3.018      3.018
      Grand Totals      2.979      2.979      2.908      2.979      2.979
Area [ha]      6.97      6.97      6.97      1.14      6.97      6.97
```

```
***** EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] *****
Runoff Event Date: 10/21/2006 Runoff at Outlet: 0.523 [mm]
Cell Drainage ----- WATER PER UNIT AREA [mm] -----
--- ID --- Area ----- 1 ----- 2 ----- - OUTLET -
      [ha]  Up      Down      Up      Down
21      1.14      0.496      0.496      0.496      0.496
22      1.74      0.478      0.478      0.478      0.478
23      4.09      0.550      0.550      0.550      0.550
      Grand Totals      0.523      0.523      0.496      0.523      0.523
Area [ha]      6.97      6.97      6.97      1.14      6.97      6.97
```

```
***** EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] *****
Runoff Event Date: 10/23/2006 Runoff at Outlet: 0.243 [mm]
Cell Drainage ----- WATER PER UNIT AREA [mm] -----
--- ID --- Area ----- 1 ----- 2 ----- - OUTLET -
      [ha]  Up      Down      Up      Down
21      1.14      0.215      0.215      0.215      0.215
22      1.74      0.150      0.150      0.150      0.150
23      4.09      0.290      0.290      0.290      0.290
      Grand Totals      0.243      0.243      0.215      0.243      0.243
Area [ha]      6.97      6.97      6.97      1.14      6.97      6.97
```

```
***** EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] *****
Runoff Event Date: 10/24/2006 Runoff at Outlet: 0.164 [mm]
Cell Drainage ----- WATER PER UNIT AREA [mm] -----
--- ID --- Area ----- 1 ----- 2 ----- - OUTLET -
      [ha]  Up      Down      Up      Down
21      1.14      0.162      0.162      0.162      0.162
22      1.74      0.000      0.000      0.000      0.000
23      4.09      0.234      0.234      0.234      0.234
      Grand Totals      0.164      0.164      0.162      0.164      0.164
Area [ha]      6.97      6.97      6.97      1.14      6.97      6.97
```

Run Date: 11/26/2006

AnnAGNPS v3.20.a.14

Run Time: 21:13:22

**SETENIL****Cuenca de olivar bajo mínimo laboreo****Provincia de Cádiz**

Long: 36.6400 Lat: -5.8400

Corresponding sediment events were requested.

Runoff Event Date: 10/13/2005

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.001	0.001	1
2	0.14900860E-03	0.001	2

Runoff Event Date: 11/14/2005

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.14997669E-03	0.14997669E-03	1
2	0.24558263E-04	0.14997669E-03	2

Runoff Event Date: 01/28/2006

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.054	0.054	1
2	0.010	0.054	2

Runoff Event Date: 01/30/2006

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.002	0.002	1
2	0.22576422E-03	0.002	2

Runoff Event Date: 02/19/2006

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.008	0.008	1
2	0.002	0.008	2

Runoff Event Date: 02/25/2006

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.003	0.003	1
2	0.60086971E-03	0.003	2

Runoff Event Date: 03/04/2006

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.004	0.004	1
2	0.84952026E-03	0.004	2

Runoff Event Date: 03/17/2006

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.003	0.003	1
2	0.55267842E-03	0.003	2

Runoff Event Date: 03/19/2006

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.014	0.014	1
2	0.003	0.014	2

Runoff Event Date: 03/20/2006

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.001	0.001	1
2	0.23713776E-03	0.001	2

Runoff Event Date: 03/21/2006

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.321	0.321	1
2	0.060	0.321	2

Runoff Event Date: 05/03/2006

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.020	0.020	1
2	0.004	0.020	2

**Nota:** No se registraron datos desde el 30 de enero hasta principios de abril, por lo que no se incluyen los eventos de estas fechas en la calibración.

Resultados de la validación en Setenil II: Caudal punta

Run Date: 11/26/2006

AnnAGNPS v3.20.a.14

Run Time: 21:13:22

**SETENIL**

**Cuenca de olivar bajo mínimo laboreo**

**Provincia de Cádiz**

Long: 36.6400 Lat: -5.8400

Corresponding sediment events were requested.

Runoff Event Date: 09/11/2006

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.047	0.047	1
2	0.009	0.047	2

Runoff Event Date: 09/12/2006

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.157	0.157	1
2	0.029	0.157	2

Runoff Event Date: 09/14/2006

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.097	0.097	1
2	0.018	0.097	2

Runoff Event Date: 10/21/2006

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.006	0.006	1
2	0.95561944E-03	0.006	2

Runoff Event Date: 10/23/2006

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.001	0.001	1
2	0.20458415E-03	0.001	2

Runoff Event Date: 10/24/2006

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.001	0.001	1
2	0.12494312E-03	0.001	2

Resultados de la calibración en Setenil III: Descargas de sedimentos

Run Date: 11/26/2006

AnnAGNPS v3.20.a.14

Run Time: 21:13:22

**SETENIL**

**Cuenca de olivar bajo mínimo laboreo**

**Provincia de Cádiz**

Long: 36.6400 Lat: -5.8400

Corresponding sediment events were requested.

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]  
\*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 10/13/2005

Cell ID	Drainage Area [ha]	Class	SEDIMENT [Mg]				OUTLET
			1		2		
			Up	Down	Up	Down	
21	1.14	Clay	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		Silt	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		Sand	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
22	1.74	Clay	0.004	0.004		0.004	0.004
		Silt	0.004	0.004		0.004	0.004
		Sand	0.016	0.016		0.016	0.016
		SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		Subtotal	0.024	0.024		0.024	0.024
23	4.09	Clay	0.008	0.008		0.008	0.008
		Silt	0.006	0.006		0.006	0.006
		Sand	0.010	0.010		0.010	0.010
		SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		Subtotal	0.024	0.024		0.024	0.024
Bed & Bank		Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Reach Totals		Clay	0.014	0.014	0.001	0.014	0.014
		Silt	0.010	0.010	0.001	0.010	0.010
		Sand	0.028	0.028	0.002	0.028	0.028
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Grand Totals	0.051	0.051	0.004	0.051	0.051
Area [ha]	6.97		6.97	6.97	1.14	6.97	6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]  
\*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 11/14/2005

Cell ID	Drainage Area [ha]	Class	SEDIMENT [Mg]				OUTLET
			1		2		
			Up	Down	Up	Down	
21	1.14	Clay	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		Silt	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		Sand	0.001	0.001	0.003	0.001	0.001
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.003	0.003	0.004	0.003	0.003
22	1.74	Clay	0.000	0.000		0.000	0.000
		Silt	0.000	0.000		0.000	0.000
		Sand	0.000	0.000		0.000	0.000
		SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		Subtotal	0.000	0.000		0.000	0.000
23	4.09	Clay	0.005	0.005		0.005	0.005
		Silt	0.004	0.004		0.004	0.004
		Sand	0.021	0.021		0.021	0.021
		SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		Subtotal	0.030	0.030		0.030	0.030
Bed & Bank		Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Resultados de la calibración en Setenil III: Descargas de sedimentos

	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Reach Totals	Clay	0.006	0.006	0.001	0.006	0.006
	Silt	0.005	0.005	0.001	0.005	0.005
	Sand	0.022	0.022	0.003	0.022	0.022
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Grand Totals	0.033	0.033	0.004	0.033	0.033
Area [ha]	6.97	6.97	6.97	1.14	6.97	6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]

Runoff Event Date: 01/28/2006

Cell ID	Drainage Area [ha]	Class	SEDIMENT [Mg]				OUTLET
			1		2		
			Up	Down	Up	Down	
21	1.14	Clay	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096
		Silt	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059
		Sand	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.192	0.192	0.192	0.192	0.192
22	1.74	Clay	0.281	0.281		0.281	0.281
		Silt	0.167	0.167		0.167	0.167
		Sand	0.057	0.057		0.057	0.057
		SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		Subtotal	0.505	0.505		0.505	0.505
23	4.09	Clay	0.768	0.768		0.768	0.768
		Silt	0.513	0.513		0.513	0.513
		Sand	0.603	0.603		0.603	0.603
		SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		Subtotal	1.883	1.883		1.883	1.883
Bed & Bank		Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Reach Totals		Clay	1.145	1.145	0.096	1.145	1.145
		Silt	0.739	0.739	0.059	0.739	0.739
		Sand	0.697	0.697	0.037	0.697	0.697
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Grand Totals	2.580	2.580	0.192	2.580	2.580
Area [ha]	6.97		6.97	6.97	1.14	6.97	6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]

Runoff Event Date: 01/30/2006

Cell ID	Drainage Area [ha]	Class	SEDIMENT [Mg]				OUTLET
			1		2		
			Up	Down	Up	Down	
21	1.14	Clay	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017
		Silt	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011
		Sand	0.005	0.005	0.011	0.005	0.005
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.033	0.033	0.040	0.033	0.033
22	1.74	Clay	0.000	0.000		0.000	0.000
		Silt	0.000	0.000		0.000	0.000
		Sand	0.000	0.000		0.000	0.000
		SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		Subtotal	0.000	0.000		0.000	0.000
23	4.09	Clay	0.128	0.128		0.128	0.128
		Silt	0.079	0.079		0.079	0.079
		Sand	0.048	0.048		0.048	0.048
		SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000

331 Nota: No se registraron datos desde el 30 de enero hasta primeros de abril, por lo que no se incluyen los eventos de estas fechas en la calibración.

Resultados de la calibración en Setenil III: Descargas de sedimentos

	LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
	Subtotal	0.255	0.255		0.255	0.255
Bed & Bank	Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Reach Totals	Clay	0.145	0.145	0.017	0.145	0.145
	Silt	0.090	0.090	0.011	0.090	0.090
	Sand	0.053	0.053	0.011	0.053	0.053
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Grand Totals	0.288	0.288	0.040	0.288	0.288
Area [ha]	6.97	6.97	6.97	1.14	6.97	6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]  
\*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 02/19/2006

Cell --- ID ---	Drainage Area [ha]	Class	SEDIMENT [Mg]				- OUTLET -
			1		2		
			Up	Down	Up	Down	
21	1.14	Clay	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043
		Silt	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
		Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.067	0.067	0.067	0.067	0.067
22	1.74	Clay	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129
		Silt	0.073	0.073	0.073	0.073	0.073
		Sand	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.204	0.204	0.204	0.204	0.204
23	4.09	Clay	0.339	0.339	0.339	0.339	0.339
		Silt	0.206	0.206	0.206	0.206	0.206
		Sand	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.653	0.653	0.653	0.653	0.653
Bed & Bank		Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Reach Totals		Clay	0.510	0.510	0.043	0.510	0.510
		Silt	0.304	0.304	0.024	0.304	0.304
		Sand	0.111	0.111	0.000	0.111	0.111
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Grand Totals	0.924	0.924	0.067	0.924	0.924
Area [ha]	6.97		6.97	6.97	1.14	6.97	6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]  
\*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 02/25/2006

Cell --- ID ---	Drainage Area [ha]	Class	SEDIMENT [Mg]				- OUTLET -
			1		2		
			Up	Down	Up	Down	
21	1.14	Clay	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027
		Silt	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
		Sand	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043
22	1.74	Clay	0.094	0.094	0.094	0.094	0.094
		Silt	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
		Sand	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Resultados de la calibración en Setenil III: Descargas de sedimentos

	Subtotal	0.282	0.282	0.282	0.282
23	4.09 Clay	0.211	0.211	0.211	0.211
	Silt	0.127	0.127	0.127	0.127
	Sand	0.060	0.060	0.060	0.060
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000
	Subtotal	0.398	0.398	0.398	0.398
Bed & Bank	Clay	0.000	0.000	0.000	0.000
	Silt	0.000	0.000	0.000	0.000
	Sand	0.000	0.000	0.000	0.000
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000
	Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000
Reach Totals	Clay	0.331	0.331	0.027	0.331
	Silt	0.211	0.211	0.015	0.211
	Sand	0.181	0.181	0.001	0.181
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000
	Grand Totals	0.723	0.723	0.043	0.723
Area [ha]	6.97	6.97	6.97	1.14	6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]

Runoff Event Date: 03/04/2006

Cell ID	Drainage Area [ha]	Class	1		2		OUTLET
			Up	Down	Up	Down	
21	1.14	Clay	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031
		Silt	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017
		Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048
22	1.74	Clay	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101
		Silt	0.067	0.067	0.067	0.067	0.067
		Sand	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.242	0.242	0.242	0.242	0.242
23	4.09	Clay	0.242	0.242	0.242	0.242	0.242
		Silt	0.145	0.145	0.145	0.145	0.145
		Sand	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.452	0.452	0.452	0.452	0.452
Bed & Bank		Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Reach Totals		Clay	0.373	0.373	0.031	0.373	0.373
		Silt	0.229	0.229	0.017	0.229	0.229
		Sand	0.140	0.140	0.000	0.140	0.140
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Grand Totals	0.742	0.742	0.048	0.742	0.742
Area [ha]	6.97		6.97	6.97	1.14	6.97	6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]

Runoff Event Date: 03/17/2006

Cell ID	Drainage Area [ha]	Class	1		2		OUTLET
			Up	Down	Up	Down	
21	1.14	Clay	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034
		Silt	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
		Sand	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

333 Nota: No se registraron datos desde el 30 de enero hasta primeros de abril, por lo que no se incluyen los eventos de estas fechas en la calibración.

Resultados de la calibración en Setenil III: Descargas de sedimentos

	Subtotal	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056
22	1.74 Clay	0.136	0.136		0.136	0.136
	Silt	0.114	0.114		0.114	0.114
	Sand	0.441	0.441		0.441	0.441
	SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
	Subtotal	0.692	0.692		0.692	0.692
23	4.09 Clay	0.270	0.270		0.270	0.270
	Silt	0.164	0.164		0.164	0.164
	Sand	0.082	0.082		0.082	0.082
	SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
	Subtotal	0.517	0.517		0.517	0.517
Bed & Bank	Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Reach Totals	Clay	0.441	0.441	0.034	0.441	0.441
	Silt	0.298	0.298	0.020	0.298	0.298
	Sand	0.526	0.526	0.002	0.526	0.526
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Grand Totals	1.264	1.264	0.056	1.264	1.264
Area [ha]	6.97	6.97	6.97	1.14	6.97	6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]

\*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 03/19/2006

Cell --- ID ---	Drainage Area Class [ha]	SEDIMENT [Mg]				- OUTLET -
		1		2		
		Up	Down	Up	Down	
21	1.14 Clay	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036
	Silt	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021
	Sand	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Subtotal	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063
22	1.74 Clay	0.101	0.101		0.101	0.101
	Silt	0.055	0.055		0.055	0.055
	Sand	0.000	0.000		0.000	0.000
	SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
	Subtotal	0.156	0.156		0.156	0.156
23	4.09 Clay	0.288	0.288		0.288	0.288
	Silt	0.184	0.184		0.184	0.184
	Sand	0.156	0.156		0.156	0.156
	SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
	Subtotal	0.628	0.628		0.628	0.628
Bed & Bank	Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Reach Totals	Clay	0.425	0.425	0.036	0.425	0.425
	Silt	0.260	0.260	0.021	0.260	0.260
	Sand	0.161	0.161	0.006	0.161	0.161
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Grand Totals	0.846	0.846	0.063	0.846	0.846
Area [ha]	6.97	6.97	6.97	1.14	6.97	6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]

\*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 03/20/2006

Cell --- ID ---	Drainage Area Class	SEDIMENT [Mg]				- OUTLET -
		1		2		

Resultados de la calibración en Setenil III: Descargas de sedimentos

	[ha]		Up	Down	Up	Down	
21	1.14	Clay	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
		Silt	0.009	0.009	0.010	0.009	0.009
		Sand	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.029	0.029	0.030	0.029	0.029
22	1.74	Clay	0.000	0.000		0.000	0.000
		Silt	0.000	0.000		0.000	0.000
		Sand	0.000	0.000		0.000	0.000
		SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		Subtotal	0.000	0.000		0.000	0.000
23	4.09	Clay	0.123	0.123		0.123	0.123
		Silt	0.076	0.076		0.076	0.076
		Sand	0.045	0.045		0.045	0.045
		SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		Subtotal	0.244	0.244		0.244	0.244
Bed & Bank		Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Reach Totals		Clay	0.139	0.139	0.016	0.139	0.139
		Silt	0.085	0.085	0.010	0.085	0.085
		Sand	0.048	0.048	0.004	0.048	0.048
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Grand Totals	0.273	0.273	0.030	0.273	0.273
Area [ha]	6.97		6.97	6.97	1.14	6.97	6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]  
\*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 03/21/2006

Cell ID	Drainage Area [ha]	Class	SEDIMENT [Mg]				OUTLET
			1 Up	1 Down	2 Up	2 Down	
21	1.14	Clay	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239
		Silt	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172
		Sand	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.694	0.694	0.694	0.694	0.694
22	1.74	Clay	0.702	0.702		0.702	0.702
		Silt	0.488	0.488		0.488	0.488
		Sand	0.705	0.705		0.705	0.705
		SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		Subtotal	1.895	1.895		1.895	1.895
23	4.09	Clay	1.917	1.917		1.917	1.917
		Silt	1.466	1.466		1.466	1.466
		Sand	2.966	2.966		2.966	2.966
		SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		Subtotal	6.349	6.349		6.349	6.349
Bed & Bank		Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Reach Totals		Clay	2.857	2.857	0.239	2.857	2.857
		Silt	2.126	2.126	0.172	2.126	2.126
		Sand	3.955	3.955	0.283	3.955	3.955
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Grand Totals	8.938	8.938	0.694	8.938	8.938

Resultados de la calibración en Setenil III: Descargas de sedimentos

Area [ha]	6.97	6.97	6.97	1.14	6.97	6.97
***** EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]						
*****						
Runoff Event Date: 05/03/2006						
Cell	Drainage	-----		SEDIMENT [Mg]	-----	
--- ID ---	Area Class	1		2	- OUTLET -	
	[ha]	Up	Down	Up	Down	
21	1.14 Clay	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027
	Silt	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
	Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Subtotal	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042
22	1.74 Clay	0.081	0.081		0.081	0.081
	Silt	0.047	0.047		0.047	0.047
	Sand	0.004	0.004		0.004	0.004
	SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
	Subtotal	0.132	0.132		0.132	0.132
23	4.09 Clay	0.214	0.214		0.214	0.214
	Silt	0.130	0.130		0.130	0.130
	Sand	0.065	0.065		0.065	0.065
	SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
	Subtotal	0.408	0.408		0.408	0.408
Bed & Bank	Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Reach Totals	Clay	0.322	0.322	0.027	0.322	0.322
	Silt	0.191	0.191	0.015	0.191	0.191
	Sand	0.069	0.069	0.000	0.069	0.069
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Grand Totals	0.582	0.582	0.042	0.582	0.582
Area [ha]	6.97	6.97	6.97	1.14	6.97	6.97

Resultados de la validación en Setenil III: Descargas de sedimentos

Run Date: 11/26/2006

AnnAGNPS v3.20.a.14

Run Time: 21:13:22

**SETENIL**

**Cuenca de olivar bajo mínimo laboreo**

**Provincia de Cádiz**

Long: 36.6400 Lat: -5.8400

Corresponding sediment events were requested.

Runoff Event Date: 09/11/2006

Cell --- ID ---	Drainage Area Class [ha]	SEDIMENT [Mg]					
		1		2		- OUTLET -	
		Up	Down	Up	Down		
21	1.14 Clay	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	
	Silt	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	
	Sand	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Subtotal	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	
22	1.74 Clay	0.012	0.012		0.012	0.012	
	Silt	0.008	0.008		0.008	0.008	
	Sand	0.006	0.006		0.006	0.006	
	SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
	Subtotal	0.026	0.026		0.026	0.026	
23	4.09 Clay	0.032	0.032		0.032	0.032	
	Silt	0.022	0.022		0.022	0.022	
	Sand	0.029	0.029		0.029	0.029	
	SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
	Subtotal	0.083	0.083		0.083	0.083	
Bed & Bank	Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Reach Totals	Clay	0.049	0.049	0.004	0.049	0.049	
	Silt	0.032	0.032	0.003	0.032	0.032	
	Sand	0.037	0.037	0.002	0.037	0.037	
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Grand Totals	0.118	0.118	0.009	0.118	0.118	
Area [ha]	6.97	6.97	6.97	1.14	6.97	6.97	

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]

\*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 09/12/2006

Cell --- ID ---	Drainage Area Class [ha]	SEDIMENT [Mg]					
		1		2		- OUTLET -	
		Up	Down	Up	Down		
21	1.14 Clay	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	
	Silt	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	
	Sand	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Subtotal	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	
22	1.74 Clay	0.022	0.022		0.022	0.022	
	Silt	0.015	0.015		0.015	0.015	
	Sand	0.019	0.019		0.019	0.019	
	SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
	Subtotal	0.056	0.056		0.056	0.056	
23	4.09 Clay	0.059	0.059		0.059	0.059	
	Silt	0.043	0.043		0.043	0.043	
	Sand	0.076	0.076		0.076	0.076	
	SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
	Subtotal	0.178	0.178		0.178	0.178	
Bed & Bank	Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

Resultados de la validación en Setenil III: Descargas de sedimentos

Reach Totals	Clay	0.088	0.088	0.007	0.088	0.088
	Silt	0.063	0.063	0.005	0.063	0.063
	Sand	0.102	0.102	0.007	0.102	0.102
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Grand Totals	0.253	0.253	0.019	0.253	0.253

Area [ha]      6.97                  6.97                  6.97                  1.14                  6.97                  6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]

\*\*\*\*\*  
Runoff Event Date: 09/14/2006

Cell --- ID ---	Drainage Area Class [ha]	SEDIMENT [Mg]					- OUTLET -
		1		2			
		Up	Down	Up	Down		
21	1.14 Clay	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	
	Silt	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	
	Sand	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Subtotal		0.011	0.011	0.011	0.011	0.011
22	1.74 Clay	0.013	0.013		0.013	0.013	
	Silt	0.009	0.009		0.009	0.009	
	Sand	0.010	0.010		0.010	0.010	
	SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
	Subtotal		0.031	0.031		0.031	0.031
23	4.09 Clay	0.035	0.035		0.035	0.035	
	Silt	0.025	0.025		0.025	0.025	
	Sand	0.042	0.042		0.042	0.042	
	SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
	Subtotal		0.101	0.101		0.101	0.101
Bed & Bank	Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Subtotal		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Reach Totals	Clay	0.052	0.052	0.004	0.052	0.052	
	Silt	0.036	0.036	0.003	0.036	0.036	
	Sand	0.055	0.055	0.004	0.055	0.055	
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Grand Totals		0.143	0.143	0.011	0.143	0.143

Area [ha]      6.97                  6.97                  6.97                  1.14                  6.97                  6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]

\*\*\*\*\*  
Runoff Event Date: 10/21/2006

Cell --- ID ---	Drainage Area Class [ha]	SEDIMENT [Mg]					- OUTLET -
		1		2			
		Up	Down	Up	Down		
21	1.14 Clay	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	
	Silt	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
	Sand	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Subtotal		0.019	0.019	0.019	0.019	0.019
22	1.74 Clay	0.033	0.033		0.033	0.033	
	Silt	0.019	0.019		0.019	0.019	
	Sand	0.004	0.004		0.004	0.004	
	SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
	Subtotal		0.055	0.055		0.055	0.055
23	4.09 Clay	0.085	0.085		0.085	0.085	
	Silt	0.052	0.052		0.052	0.052	
	Sand	0.030	0.030		0.030	0.030	
	SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
	Subtotal		0.168	0.168		0.168	0.168

Resultados de la validación en Setenil III: Descargas de sedimentos

Bed & Bank	Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Reach Totals	Clay	0.129	0.129	0.011	0.129	0.129
	Silt	0.078	0.078	0.006	0.078	0.078
	Sand	0.035	0.035	0.001	0.035	0.035
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Grand Totals	0.242	0.242	0.019	0.242	0.242
Area [ha]	6.97	6.97	6.97	1.14	6.97	6.97

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]

\*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 10/23/2006

Cell ID	Drainage Area [ha]	Class	SEDIMENT [Mg]					
			1		2		- OUTLET -	
			Up	Down	Up	Down		
21	1.14	Clay	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	
		Silt	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	
		Sand	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Subtotal	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	
22	1.74	Clay	0.019	0.019		0.019	0.019	
		Silt	0.017	0.017		0.017	0.017	
		Sand	0.080	0.080		0.080	0.080	
		SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
		LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
		Subtotal	0.116	0.116		0.116	0.116	
23	4.09	Clay	0.039	0.039		0.039	0.039	
		Silt	0.025	0.025		0.025	0.025	
		Sand	0.026	0.026		0.026	0.026	
		SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
		LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
		Subtotal	0.090	0.090		0.090	0.090	
Bed & Bank	Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Reach Totals	Clay	0.063	0.063	0.005	0.063	0.063		
	Silt	0.046	0.046	0.003	0.046	0.046		
	Sand	0.110	0.110	0.004	0.110	0.110		
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	Grand Totals	0.219	0.219	0.013	0.219	0.219		
Area [ha]	6.97	6.97	6.97	1.14	6.97	6.97		

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]

\*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 10/24/2006

Cell ID	Drainage Area [ha]	Class	SEDIMENT [Mg]					
			1		2		- OUTLET -	
			Up	Down	Up	Down		
21	1.14	Clay	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	
		Silt	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	
		Sand	0.003	0.003	0.004	0.003	0.003	
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Subtotal	0.009	0.009	0.010	0.009	0.009	
22	1.74	Clay	0.000	0.000		0.000	0.000	
		Silt	0.000	0.000		0.000	0.000	
		Sand	0.000	0.000		0.000	0.000	
		SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
		LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
		Subtotal	0.000	0.000		0.000	0.000	
23	4.09	Clay	0.026	0.026		0.026	0.026	

*Resultados de la validación en Setenil III: Descargas de sedimentos*

	Silt	0.017	0.017		0.017	0.017
	Sand	0.020	0.020		0.020	0.020
	SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
	Subtotal	0.063	0.063		0.063	0.063
Bed & Bank	Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Reach Totals	Clay	0.030	0.030	0.004	0.030	0.030
	Silt	0.020	0.020	0.002	0.020	0.020
	Sand	0.023	0.023	0.004	0.023	0.023
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Grand Totals	0.072	0.072	0.010	0.072	0.072
Area [ha]	6.97	6.97	6.97	1.14	6.97	6.97

Fichero de entrada para el programa AnnAGNPS correspondiente a la microcuenca de Puente Genil derivado de la calibración y aplicado para la validación

AnnAGNPS: Version 3.2

1 1

WATERSHED DATA:

**Puente Genil**

**Cuenca bajo no laboreo con cubiertas espontánea**

**Provincia de Córdoba**

37.41 -4.83

Simulation Period Data:

1	12001	12	312001	3	1240.	10.40	145	1
	ON		Y		0			Curve A
	EI	PCT:		4.0	8.7	11.3	12.6	20.1
				24.2	26.6	28.5	32.0	33.5
				36.0	36.0	36.0	36.7	40.8
				49.4	55.7	75.1	82.4	90.6
								100.

Cell Data:

21	13a	cropland	2		0	1.17		237.0
		0.11288	1.0	0.64800			0.02	
		0.09562	243.0					
		0.06726	50.00	0.12139	50.00			
22	13b	cropland	2		1	1.15		229.0
		0.18015	226.0	1.08600			0.02	
		0.25620	27.0					
		0.13937	50.00	0.20824	50.00			
23	13c	cropland	2		1	3.94		242.0
		0.15316	14.0	0.92900			0.02	
		0.11819	237.0					
		0.05899	50.00	0.12421	50.00			

Field Data:

cropland	cropland	olivo	crop		1			
			1.		0.	0.	1.	1

Field Management Data:

					10
olivo	cropcultivo				
olivo	cropfertiliza1				
olivo	cropfertiliza3				
olivo	cropriego1				
olivo	cropriego2				
olivo	cropriego3				
olivo	cropsanitario2				
olivo	croplaboreo1				
olivo	croprecoleccion				
olivo	cropfertiliza2				

Operations Data:

					11	3
fertilizai	1	1	1			
	C1					
	NPK			abonadora		
			cobre			
cultivo	1	10	1	barley		
	C1					
				cultivo		
fertiliza1	2	28	1			
	C2					
	NPK			abonadora		
fertiliza3	4	1	1			
	C3					
	NPK			abonadora		
riego1	6	1	1			
	C4					
			riego	riego		
riego2	7	1	1			
	C4					
			riego	riego		
riego3	8	1	1			
	C4					
			riego	riego		
sanitario2	10	1	1			
	C5					
				pulverizador		
				flazasulfu		
laboreo1	10	15	1			
	C6					
				disco		
				flazasulfu		
recoleccion	11	15	1			



Fichero de entrada para el programa AnnAGNPS correspondiente a la microcuenca de Puente Genil derivado de la calibración y aplicado para la validación

	0.	0.	0.			
	0.	0.	0.			
	0.	0.	0.			
	0.	0.	0.			
	0.5	0.	0.			
	3000.	0.	1.2			
	0.	0.	0.			

Fertilizer Reference Data: 1

NPK			0.08	0.		
	0.05	0.15	0.10	0.15		

Pesticide Reference Data: 2

flazasulfu			0.7	0.5	120.	120.
	0.50					
cobre			0.5	0.5	30.	15.
	0.8					

Runoff Curve Number Data: 7

C1			30.	92.	93.	94.
C2			59.	89.	95.	96.
C3			43.	86.	90.	92.
C4			50.	86.	90.	95.
C5			43.	98.	99.	100.
C6			43.	92.	94.	95.
C7			43.	92.	95.	95.

Soil Data: 3 6

13a	B	0.05	0.23	7.	600.	2.65	
Regosolcalcico				Franco-arenoso			
	100.	1.6	0.092	0.187	0.721	0.	
	0.45	44.	0.17	0.06N			
	8.8	0.015	50.	5.	500.	500.	3
	700.	1.6	0.049	0.343	0.608	0.244	0.1
	0.2	51.0	0.17	0.06N			
	8.9	0.127	50.	0.5	250.	250.	3
13b	B	0.04	0.23	7.	600.	2.65	
Regosolcalcico				Franco-arenoso			
	100.	1.7	0.122	0.215	0.663	0.	
	0.45	38.	0.17	0.06N			
	8.8	0.016	50.	5.	500.	500.	3
	700.	1.7	0.049	0.343	0.608	0.244	0.1
	0.2	167.0	0.17	0.06N			
	8.9	0.127	50.	0.5	250.	250.	3
13c	B	0.04	0.23	7.	600.	2.65	
Regosolcalcico				Franco-arenoso			
	100.	1.6	0.095	0.185	0.720	0.	
	0.51	79.	0.17	0.06N			
	8.8	0.018	50.	5.	500.	500.	3
	700.	1.6	0.049	0.343	0.608	0.244	0.1
	0.2	79.0	0.17	0.06N			
	8.9	0.127	50.	0.5	250.	250.	3

TILE DRAIN DATA: 1

0

Output Options Data: TTTTTT T T T TT TTTTTT TTT TTTT

*.csv							
*.dpp							
*.npt							
*.sim	TTT	TTT	TTTTTTT	TTT			
1st*.txt					TTTTTTTTTTTTTTTTT		
2nd*.txt			TTTTTTTTTTTTTTTTT				
1st mn/mx				.1			
2nd mn/mx							
Cell ID	321	22	23				
Reach ID	21	2					

End Data:

AnnAGNPS: Version 3.2

1 1

WATERSHED DATA:

**Puente Genil**

**Cuenca bajo no laboreo con cubiertas espontánea**

**Provincia de Córdoba**

37.41 -4.83

\*\*\*\*\* EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] \*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 10/10/2005 Runoff at Outlet: 14.839 [mm]

Cell ID	Drainage Area [ha]	WATER PER UNIT AREA [mm]		PER UNIT AREA [mm]		OUTLET
		1	2	1	2	
		Up	Down	Up	Down	
21	1.17	14.837	14.837	14.837	14.837	14.837
22	1.15	14.842	14.842	14.842	14.842	14.842
23	3.94	14.839	14.839	14.839	14.839	14.839
	Grand Totals	14.839	14.839	14.837	14.839	14.839
	Area [ha]	6.26	6.26	1.17	6.26	6.26

\*\*\*\*\* EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] \*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 10/11/2005 Runoff at Outlet: 3.217 [mm]

Cell ID	Drainage Area [ha]	WATER PER UNIT AREA [mm]		PER UNIT AREA [mm]		OUTLET
		1	2	1	2	
		Up	Down	Up	Down	
21	1.17	3.216	3.216	3.216	3.216	3.216
22	1.15	3.217	3.217	3.217	3.217	3.217
23	3.94	3.217	3.217	3.217	3.217	3.217
	Grand Totals	3.217	3.217	3.216	3.217	3.217
	Area [ha]	6.26	6.26	1.17	6.26	6.26

\*\*\*\*\* EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] \*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 10/12/2005 Runoff at Outlet: 6.501 [mm]

Cell ID	Drainage Area [ha]	WATER PER UNIT AREA [mm]		PER UNIT AREA [mm]		OUTLET
		1	2	1	2	
		Up	Down	Up	Down	
21	1.17	6.500	6.500	6.500	6.500	6.500
22	1.15	6.501	6.501	6.501	6.501	6.501
23	3.94	6.501	6.501	6.501	6.501	6.501
	Grand Totals	6.501	6.501	6.500	6.501	6.501
	Area [ha]	6.26	6.26	1.17	6.26	6.26

\*\*\*\*\* EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] \*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 12/02/2005 Runoff at Outlet: 0.185 [mm]

Cell ID	Drainage Area [ha]	WATER PER UNIT AREA [mm]		PER UNIT AREA [mm]		OUTLET
		1	2	1	2	
		Up	Down	Up	Down	
21	1.17	0.183	0.183	0.183	0.183	0.183
22	1.15	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187
23	3.94	0.185	0.185	0.185	0.185	0.185
	Grand Totals	0.185	0.185	0.183	0.185	0.185
	Area [ha]	6.26	6.26	1.17	6.26	6.26

\*\*\*\*\* EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] \*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 01/27/2006 Runoff at Outlet: 0.635 [mm]

Cell ID	Drainage Area [ha]	WATER PER UNIT AREA [mm]		PER UNIT AREA [mm]		OUTLET
		1	2	1	2	
		Up	Down	Up	Down	
21	1.17	0.632	0.632	0.632	0.632	0.632
22	1.15	0.620	0.620	0.620	0.620	0.620
23	3.94	0.641	0.641	0.641	0.641	0.641
	Grand Totals	0.635	0.635	0.632	0.635	0.635
	Area [ha]	6.26	6.26	1.17	6.26	6.26

\*\*\*\*\* EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] \*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 03/04/2006 Runoff at Outlet: 0.346 [mm]

Cell ID	Drainage Area [ha]	WATER PER UNIT AREA [mm]		PER UNIT AREA [mm]		OUTLET
		1	2	1	2	
		Up	Down	Up	Down	
21	1.17	0.385	0.385	0.385	0.385	0.385
22	1.15	0.208	0.208	0.208	0.208	0.208
23	3.94	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375
	Grand Totals	0.346	0.346	0.385	0.346	0.346
	Area [ha]	6.26	6.26	1.17	6.26	6.26

\*\*\*\*\* EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] \*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 03/20/2006 Runoff at Outlet: 0.207 [mm]

Cell ID	Drainage Area [ha]	WATER PER UNIT AREA [mm]		PER UNIT AREA [mm]		OUTLET
		1	2	1	2	
		Up	Down	Up	Down	

*Resultados de la calibración en Puente Genil I: Escorrentía*

21	1.17	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227
22	1.15	0.132	0.132		0.132	0.132
23	3.94	0.224	0.224		0.224	0.224
	Grand Totals	0.207	0.207	0.227	0.207	0.207
Area [ha]	6.26	6.26	6.26	1.17	6.26	6.26

AnnAGNPS: Version 3.2

1 1

WATERSHED DATA:

**Puente Genil**

**Cuenca bajo no laboreo con cubiertas espontánea**

**Provincia de Córdoba**

37.41 -4.83

\*\*\*\*\* EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] \*\*\*\*\*  
 Runoff Event Date: 10/19/2006 Runoff at Outlet: 0.878 [mm]

Cell ID	Drainage Area [ha]	WATER PER UNIT AREA [mm]		WATER PER UNIT AREA [mm]		OUTLET
		1	2	1	2	
		Up	Down	Up	Down	
21	1.17	0.878	0.878	0.878	0.878	0.878
22	1.15	0.878	0.878		0.878	0.878
23	3.94	0.878	0.878		0.878	0.878
Grand Totals		0.878	0.878	0.878	0.878	0.878
Area [ha]		6.26	6.26	1.17	6.26	6.26

\*\*\*\*\* EVENT FILE: WATER LOADING [Unit Area] \*\*\*\*\*  
 Runoff Event Date: 10/23/2006 Runoff at Outlet: 0.288 [mm]

Cell ID	Drainage Area [ha]	WATER PER UNIT AREA [mm]		WATER PER UNIT AREA [mm]		OUTLET
		1	2	1	2	
		Up	Down	Up	Down	
21	1.17	0.287	0.287	0.287	0.287	0.287
22	1.15	0.288	0.288		0.288	0.288
23	3.94	0.288	0.288		0.288	0.288
Grand Totals		0.288	0.288	0.287	0.288	0.288
Area [ha]		6.26	6.26	1.17	6.26	6.26

Resultados de la calibración en Puente Genil II: Caudal punta

AnnAGNPS: Version 3.2 1 1

WATERSHED DATA:

**Puente Genil**

**Cuenca bajo no laboreo con cubiertas espontánea**

**Provincia de Córdoba**

37.41 -4.83

Runoff Event Date: 10/10/2005

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.376	0.376	1
2	0.074	0.376	2

Runoff Event Date: 10/11/2005

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.080	0.080	1
2	0.016	0.080	2

Runoff Event Date: 10/12/2005

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.165	0.165	1
2	0.033	0.165	2

Runoff Event Date: 11/14/2005

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.85086853E-04	0.85086853E-04	1
2	0.15752121E-04	0.85086853E-04	2

Runoff Event Date: 12/02/2005

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.33392585E-03	0.33392585E-03	1
2	0.61950785E-04	0.33392585E-03	2

Runoff Event Date: 01/27/2006

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.001	0.001	1
2	0.23422070E-03	0.001	2

Runoff Event Date: 03/04/2006

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.001	0.001	1
2	0.32508472E-03	0.001	2

Runoff Event Date: 03/20/2006

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.39317203E-03	0.39317203E-03	1
2	0.80572565E-04	0.39317203E-03	2

Runoff Event Date: 05/03/2006

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.22979561E-03	0.22979561E-03	1
2	0.43487162E-04	0.22979561E-03	2

AnnAGNPS: Version 3.2 1 1

WATERSHED DATA:

**Puente Genil**

**Cuenca bajo no laboreo con cubiertas espontánea**

**Provincia de Córdoba**

37.41 -4.83

Runoff Event Date: 10/19/2006

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.004	0.004	1
2	0.86973043E-03	0.004	2

Runoff Event Date: 10/23/2006

---- Peak Discharges (csm) ---

Reach ID	Upstream	Downstream	Reach ID
1	0.54667058E-03	0.54667058E-03	1
2	0.10202693E-03	0.54667058E-03	2

Resultados de la calibración en Puente Genil III: Descarga de sedimentos

AnnAGNPS: Version 3.2

1 1

WATERSHED DATA:

**Puente Genil**

**Cuenca bajo no laboreo con cubiertas espontánea**

**Provincia de Córdoba**

37.41 -4.83

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]

\*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 10/10/2005

Cell ID	Drainage Area [ha]	Class	SEDIMENT [Mg]				- OUTLET -
			1		2		
			Up	Down	Up	Down	
21	1.17	Clay	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052
		Silt	0.204	0.204	0.204	0.204	0.204
		Sand	0.386	0.386	0.386	0.386	0.386
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.643	0.643	0.643	0.643	0.643
22	1.15	Clay	0.086	0.086	0.086	0.086	0.086
		Silt	0.284	0.284	0.284	0.284	0.284
		Sand	0.551	0.551	0.551	0.551	0.551
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920
23	3.94	Clay	0.208	0.208	0.208	0.208	0.208
		Silt	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785
		Sand	1.529	1.529	1.529	1.529	1.529
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	2.521	2.521	2.521	2.521	2.521
Bed & Bank		Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Reach Totals		Clay	0.346	0.346	0.052	0.346	0.346
		Silt	1.273	1.273	0.204	1.273	1.273
		Sand	2.466	2.466	0.386	2.466	2.466
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Grand Totals	4.085	4.085	0.643	4.085	4.085
Area [ha]	6.26		6.26	6.26	1.17	6.26	6.26

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]

\*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 10/11/2005

Cell ID	Drainage Area [ha]	Class	SEDIMENT [Mg]				- OUTLET -
			1		2		
			Up	Down	Up	Down	
21	1.17	Clay	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
		Silt	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
		Sand	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.073	0.073	0.073	0.073	0.073
22	1.15	Clay	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
		Silt	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033
		Sand	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.105	0.105	0.105	0.105	0.105
23	3.94	Clay	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
		Silt	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091
		Sand	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.287	0.287	0.287	0.287	0.287

Resultados de la calibración en Puente Genil III: Descarga de sedimentos

Bed & Bank	Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Reach Totals	Clay	0.040	0.040	0.006	0.040	0.040
	Silt	0.147	0.147	0.024	0.147	0.147
	Sand	0.278	0.278	0.043	0.278	0.278
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Grand Totals	0.465	0.465	0.073	0.465	0.465
Area [ha]	6.26	6.26	6.26	1.17	6.26	6.26

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]

\*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 10/12/2005

Cell --- ID ---	Drainage Area Class [ha]	SEDIMENT [Mg]					
		1		2		- OUTLET -	
		Up	Down	Up	Down		
21	1.17 Clay	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	
	Silt	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	
	Sand	0.093	0.093	0.093	0.093	0.093	
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Subtotal	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	
22	1.15 Clay	0.021	0.021		0.021	0.021	
	Silt	0.069	0.069		0.069	0.069	
	Sand	0.133	0.133		0.133	0.133	
	SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
	Subtotal	0.222	0.222		0.222	0.222	
23	3.94 Clay	0.050	0.050		0.050	0.050	
	Silt	0.190	0.190		0.190	0.190	
	Sand	0.367	0.367		0.367	0.367	
	SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
	Subtotal	0.607	0.607		0.607	0.607	
Bed & Bank	Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Reach Totals	Clay	0.083	0.083	0.013	0.083	0.083	
	Silt	0.308	0.308	0.049	0.308	0.308	
	Sand	0.592	0.592	0.093	0.592	0.592	
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Grand Totals	0.983	0.983	0.155	0.983	0.983	
Area [ha]	6.26	6.26	6.26	1.17	6.26	6.26	

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]

\*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 12/02/2005

Cell --- ID ---	Drainage Area Class [ha]	SEDIMENT [Mg]					
		1		2		- OUTLET -	
		Up	Down	Up	Down		
21	1.17 Clay	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	
	Silt	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
	Sand	0.004	0.004	0.015	0.004	0.004	
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Subtotal	0.011	0.011	0.023	0.011	0.011	
22	1.15 Clay	0.003	0.003		0.003	0.003	
	Silt	0.008	0.008		0.008	0.008	
	Sand	0.019	0.019		0.019	0.019	
	SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000	
	LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000	

Resultados de la calibración en Puente Genil III: Descarga de sedimentos

	Subtotal	0.030	0.030		0.030	0.030
23	3.94 Clay	0.006	0.006		0.006	0.006
	Silt	0.023	0.023		0.023	0.023
	Sand	0.058	0.058		0.058	0.058
	SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
	Subtotal	0.087	0.087		0.087	0.087
Bed & Bank	Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Reach Totals	Clay	0.010	0.010	0.002	0.010	0.010
	Silt	0.037	0.037	0.006	0.037	0.037
	Sand	0.081	0.081	0.015	0.081	0.081
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Grand Totals	0.128	0.128	0.023	0.128	0.128
Area [ha]	6.26	6.26	6.26	1.17	6.26	6.26

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]  
\*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 01/27/2006

Cell ID	Drainage Area [ha]	Class	SEDIMENT [Mg]					
			1		2		- OUTLET -	
			Up	Down	Up	Down		
21	1.17	Clay	0.006	0.006	0.006	0.006		0.006
		Silt	0.021	0.021	0.021	0.021		0.021
		Sand	0.021	0.021	0.052	0.021		0.021
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
		Subtotal	0.048	0.048	0.078	0.048		0.048
22	1.15	Clay	0.009	0.009		0.009		0.009
		Silt	0.029	0.029		0.029		0.029
		Sand	0.066	0.066		0.066		0.066
		SmAg	0.000	0.000		0.000		0.000
		LgAg	0.000	0.000		0.000		0.000
		Subtotal	0.103	0.103		0.103		0.103
23	3.94	Clay	0.022	0.022		0.022		0.022
		Silt	0.080	0.080		0.080		0.080
		Sand	0.200	0.200		0.200		0.200
		SmAg	0.000	0.000		0.000		0.000
		LgAg	0.000	0.000		0.000		0.000
		Subtotal	0.302	0.302		0.302		0.302
Bed & Bank		Clay	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
		Silt	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
		Sand	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
		Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
Reach Totals		Clay	0.036	0.036	0.006	0.036		0.036
		Silt	0.130	0.130	0.021	0.130		0.130
		Sand	0.287	0.287	0.052	0.287		0.287
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
		Grand Totals	0.453	0.453	0.078	0.453		0.453
Area [ha]	6.26		6.26	6.26	1.17	6.26		6.26

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]  
\*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 03/04/2006

Cell ID	Drainage Area [ha]	Class	SEDIMENT [Mg]					
			1		2		- OUTLET -	
			Up	Down	Up	Down		
21	1.17	Clay	0.003	0.003	0.003	0.003		0.003
		Silt	0.011	0.011	0.011	0.011		0.011
		Sand	0.015	0.015	0.023	0.015		0.015

Resultados de la calibración en Puente Genil III: Descarga de sedimentos

		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.029	0.029	0.037	0.029	0.029
22	1.15	Clay	0.005	0.005		0.005	0.005
		Silt	0.016	0.016		0.016	0.016
		Sand	0.036	0.036		0.036	0.036
		SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		Subtotal	0.056	0.056		0.056	0.056
23	3.94	Clay	0.012	0.012		0.012	0.012
		Silt	0.043	0.043		0.043	0.043
		Sand	0.093	0.093		0.093	0.093
		SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		Subtotal	0.147	0.147		0.147	0.147
Bed & Bank		Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Reach Totals		Clay	0.019	0.019	0.003	0.019	0.019
		Silt	0.070	0.070	0.011	0.070	0.070
		Sand	0.143	0.143	0.023	0.143	0.143
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Grand Totals	0.232	0.232	0.037	0.232	0.232
Area [ha]	6.26		6.26	6.26	1.17	6.26	6.26

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]

\*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 03/20/2006

Cell --- ID ---	Drainage Area Class [ha]	SEDIMENT [Mg]					
		1		2		- OUTLET -	
		Up	Down	Up	Down		
21	1.17 Clay	0.004	0.004	0.004	0.004		0.004
	Silt	0.014	0.014	0.016	0.014		0.014
	Sand	0.005	0.005	0.041	0.005		0.005
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
	Subtotal	0.024	0.024	0.062	0.024		0.024
22	1.15 Clay	0.007	0.007		0.007		0.007
	Silt	0.023	0.023		0.023		0.023
	Sand	0.052	0.052		0.052		0.052
	SmAg	0.000	0.000		0.000		0.000
	LgAg	0.000	0.000		0.000		0.000
	Subtotal	0.082	0.082		0.082		0.082
23	3.94 Clay	0.017	0.017		0.017		0.017
	Silt	0.063	0.063		0.063		0.063
	Sand	0.158	0.158		0.158		0.158
	SmAg	0.000	0.000		0.000		0.000
	LgAg	0.000	0.000		0.000		0.000
	Subtotal	0.239	0.239		0.239		0.239
Bed & Bank	Clay	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
	Silt	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
	Sand	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
	Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
Reach Totals	Clay	0.029	0.029	0.004	0.029		0.029
	Silt	0.100	0.100	0.016	0.100		0.100
	Sand	0.215	0.215	0.041	0.215		0.215
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
	Grand Totals	0.344	0.344	0.062	0.344		0.344
Area [ha]	6.26		6.26	6.26	1.17		6.26

Resultados de la calibración en Puente Genil III: Descarga de sedimentos

AnnAGNPS: Version 3.2

1 1

WATERSHED DATA:

**Puente Genil**

**Cuenca bajo no laboreo con cubiertas espontánea**

**Provincia de Córdoba**

37.41 -4.83

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]

\*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 10/19/2006

Cell ID	Drainage Area [ha]	Class	1		2		- OUTLET -
			Up	Down	Up	Down	
21	1.17	Clay	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017
		Silt	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065
		Sand	0.047	0.047	0.132	0.047	0.047
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.129	0.129	0.214	0.129	0.129
22	1.15	Clay	0.027	0.027		0.027	0.027
		Silt	0.091	0.091		0.091	0.091
		Sand	0.183	0.183		0.183	0.183
		SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		Subtotal	0.301	0.301		0.301	0.301
23	3.94	Clay	0.067	0.067		0.067	0.067
		Silt	0.252	0.252		0.252	0.252
		Sand	0.519	0.519		0.519	0.519
		SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		Subtotal	0.837	0.837		0.837	0.837
Bed & Bank		Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Reach Totals		Clay	0.111	0.111	0.017	0.111	0.111
		Silt	0.408	0.408	0.065	0.408	0.408
		Sand	0.748	0.748	0.132	0.748	0.748
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Grand Totals	1.267	1.267	0.214	1.267	1.267
Area [ha]	6.26	6.26	6.26	1.17	6.26	6.26	

\*\*\*\*\* EVENT FILE: SEDIMENT LOADING [Mass]

\*\*\*\*\*

Runoff Event Date: 10/23/2006

Cell ID	Drainage Area [ha]	Class	1		2		- OUTLET -
			Up	Down	Up	Down	
21	1.17	Clay	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
		Silt	0.019	0.019	0.026	0.019	0.019
		Sand	0.007	0.007	0.065	0.007	0.007
		SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Subtotal	0.033	0.033	0.098	0.033	0.033
22	1.15	Clay	0.011	0.011		0.011	0.011
		Silt	0.036	0.036		0.036	0.036
		Sand	0.082	0.082		0.082	0.082
		SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		Subtotal	0.129	0.129		0.129	0.129
23	3.94	Clay	0.027	0.027		0.027	0.027
		Silt	0.100	0.100		0.100	0.100
		Sand	0.251	0.251		0.251	0.251
		SmAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		LgAg	0.000	0.000		0.000	0.000
		Subtotal	0.379	0.379		0.379	0.379

*Resultados de la calibración en Puente Genil III: Descarga de sedimentos*

Bed & Bank	Clay	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Silt	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Sand	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Subtotal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Reach Totals	Clay	0.045	0.045	0.007	0.045	0.045
	Silt	0.156	0.156	0.026	0.156	0.156
	Sand	0.341	0.341	0.065	0.341	0.341
	SmAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	LgAg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Grand Totals	0.541	0.541	0.098	0.541	0.541
Area [ha]	6.26	6.26	6.26	1.17	6.26	6.26