

# Introducción al análisis de los riesgos de inundación en las riberas de las áreas estuarinas: El caso de las poblaciones adyacentes a la Ría de Huelva (SO España)

Introduction to the analysis of flood hazards on the margins of estuarine areas: The case of the towns adjacent to the Ría de Huelva (SW Spain).

J.A. Morales <sup>(1)</sup>, J.M. Pons <sup>(2)</sup> y M. Cantano <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ciencias Experimentales. Universidad de Huelva. Campus del Carmen, s/n. 21007 Huelva.

<sup>(2)</sup> Avalonia, Calidad y Medio Ambiente. Paseo Las Palmeras, 7. 21002 Huelva.

## ABSTRACT

Floods are natural events that occur in depressed areas. These phenomena can be related with extreme river discharges in fluvial valleys or with wave surges in coastal areas. In estuarine areas, both causes can coincide during stormy periods. The Ría de Huelva is the common estuary of Tinto and Odiel rivers, which are extremely irregular because of their pluvial character. The slatey-quartzitic character of the drainage area induces an immediate response of the fluvial flow to the rains. This estuary is submitted to a mesotidal regime, with a mean tidal range of 2.0 metres, but with extreme equinox high waters that can reach 1.7 metres over the mean tide level (74 cm. over the mean high waters). Meteorologic surges caused by low pressures and winds blowing from the south to the coast can increment the water level near to 1 m. over the tidal level.

Strong rains and meteorologic surges occur at same time during Atlantic storms. When these storm coincide with equinox high tides the towns located at the margins of the estuary are normally flooded.

Key words: geologic hazards, estuaries, floods, surges.

Geogaceta, 37 (2005), 243-246  
ISSN:0213683X

## Introducción

Las inundaciones son eventos naturales que tienen lugar de una forma puntual en las zonas deprimidas del terreno, bien en áreas fluviales o aluviales, donde se producen la mayoría de ellas, bien en áreas costeras. Las inundaciones fluviales y aluviales corresponden a una serie de fenómenos que ocurren durante los periodos de crecida fluvial y que tienen lugar como respuesta a fuertes precipitaciones, deshielo o actividades antrópicas. Las inundaciones costeras suelen corresponder a elevaciones súbitas del nivel del mar en relación con fenómenos meteorológicos de bajas presiones y fuertes vientos soplando hacia la costa, coincidiendo con un fenómeno conocido como mareas meteorológicas. En las áreas estuarinas ambos procesos convergen durante los periodos de bajas presiones sumándose ambos efectos.

Estas subidas del nivel de las aguas son de gran importancia respecto a las decisiones sobre la gestión del territorio, y aunque se conocen bien los fenómenos

que las provocan y las zonas de riesgos son fácilmente evaluables, son una de las catástrofes naturales que mayor número de víctimas producen en el mundo. Se ha calculado que en el siglo XX unas 3,2 millones de personas han muerto por este motivo, y sólo en el periodo 1950-1970 se perdieron más de 155 mil vidas en Asia y 10 mil en Europa, lo que es más de la mitad de los fallecidos por desastres naturales en el mundo en ese periodo (Cock, 1995). En España son un grave problema social y económico, sobre todo en la zona mediterránea y en la cornisa norte (Suárez y Regueiro, 1997). En la provincia de Huelva se han producido con regularidad y se vienen repitiendo en diferentes localidades (entre ellas la capital) con ciclos de alrededor de cinco años. En concreto, se han detectado, al menos 55 inundaciones que, a lo largo del siglo XX, han afectado a las localidades ribereñas de la Ría de Huelva (Fig. 1).

La fuerte contradicción que representa un buen conocimiento del fenómeno y un gran número de muertes se debe a que

los valles fluviales son, junto a las costas, los lugares más urbanizados del mundo por diferentes razones (Keller, 2001): a) Son suelos muy fértiles, b) tienen relieve suave, c) el suministro de agua está asegurado, d) los ríos y el mar son un medio de transporte y comunicación, e) constituyen una forma fácil de deshacerse de los residuos y f) son áreas de recreo altamente valoradas. Esta intensa urbanización no sólo representa un riesgo en sí misma, sino que además aumenta los problemas para el flujo de agua, incrementando las cotas alcanzadas por la misma y, por tanto, el área afectada y los daños producidos.

## Marco Hidrodinámico

En el caso de los ríos Tinto y Odiel, no existe una buena disponibilidad de datos de caudales, debido a la falta de limnógrafos en sus cursos bajos durante periodos considerables.

En los periodos donde hay datos se demuestra que las precipitaciones son el

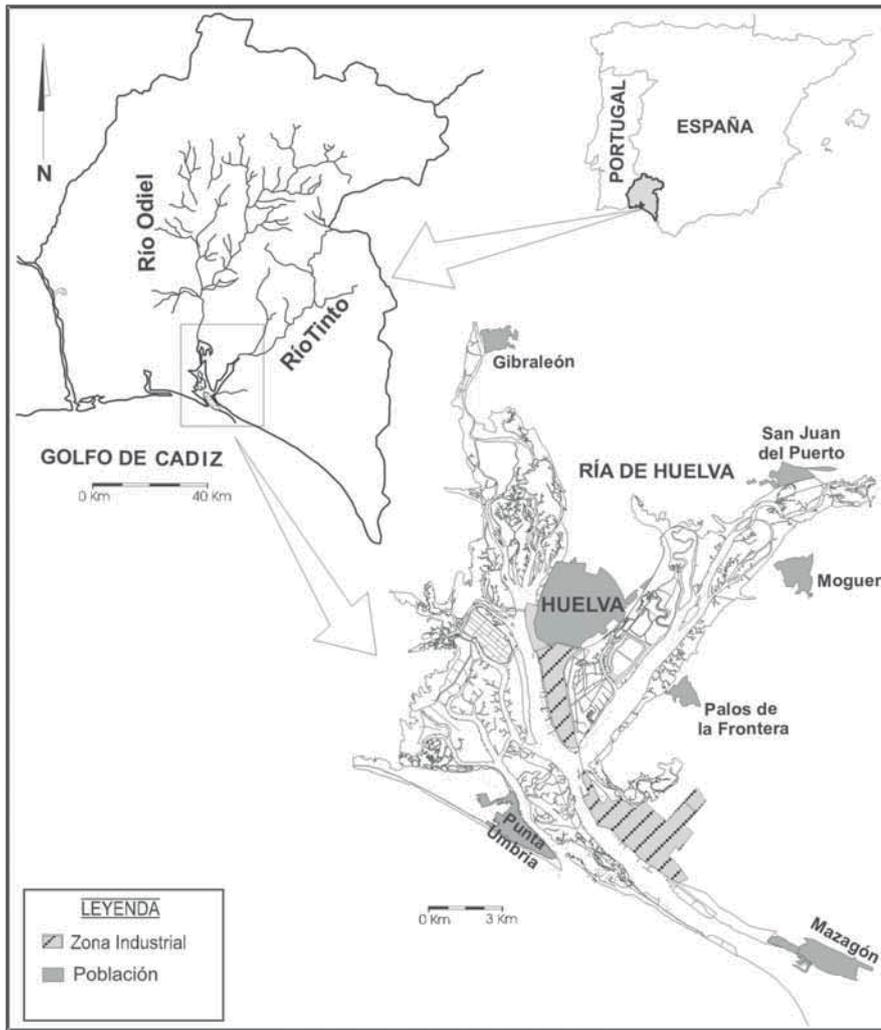


Fig.1.- Localización de la Ría de Huelva (Estuario de los ríos Odiel y Tinto) y de las localidades ribereñas.

Fig.1.- Location of the Ría de Huelva (Estuary of Odiel and Tinto Rivers) and their marginal towns.

origen principal de las avenidas en los ríos onubenses. Hay que tener en cuenta que en la provincia de Huelva los ríos son de trayecto corto y tienen un carácter eminentemente pluvial, es decir, existe en ellos una relación directa entre el caudal y las precipitaciones en su cuenca de drenaje (Fig. 2), con lo que las consideraciones a largo plazo han tenido que realizarse utilizando los datos meteorológicos.

Con los datos existentes, se observa además que los Ríos Tinto y Odiel son ríos con un caudal muy irregular (Carro, 2001; López-González, 2001), existiendo una importante variación estacional sumada a una acusada irregularidad interanual, por lo que los caudales medios (100,4 y 405,2 Hm<sup>3</sup>/año, respectivamente) no tienen un gran significado hidrológico. Por otra parte, el carácter pizarroso del terreno no permite la absorción de toda el agua precipitada y ésta

resbala por la superficie generando escorrentía superficial, que luego se concentra en la red de drenaje y aumenta el caudal de los ríos. Hay que tener en cuenta además que el desfase entre precipitación y subida del nivel fluvial es de pocas horas, debido a las pequeñas dimensiones de ambas cuencas de drenaje (1730 y 2300 Km<sup>2</sup> respectivamente), lo que dificulta la previsión.

Del lado marino, las mareas vivas equinocciales constituyen un momento puntual de elevación excepcional del nivel del agua en el estuario. A lo largo del año la posición relativa entre la Tierra, la Luna y el Sol genera ciclos mareales de diferente duración, entre los que destacan los de duración semestral (mareas de equinoccio y solsticio). En este caso los coeficientes mayores coinciden con las mareas vivas de equinoccio (Borrego, 1992), tanto en vera-

no (marea de Santiago) como en invierno y es entonces donde se alcanzan cotas mayores, pudiendo llegar en este estuario hasta 1,7 metros sobre el nivel medio del mar (74 cm. sobre las pleamares medias). En este caso se trata de un fenómeno muy predecible.

Otro momento de riesgo se produce durante las mareas meteorológicas (*surges*), que corresponden a momentos de sobre-elevación del nivel marino por causas atmosféricas. Se originan cuando coinciden en el tiempo bajas presiones y vientos fuertes soplando hacia la costa. El efecto de las bajas presiones es bien conocido y fácilmente evaluable, se estima que por cada mm. de presión que desciende el barómetro se eleva la superficie del mar 14 milímetros. La acción de los vientos es más difícil de evaluar porque no sólo depende de la velocidad del viento, sino de su duración y del *fetch*. Ambos fenómenos actúan en conjunción y se ha documentado que juntos pueden causar sobre-elevaciones de hasta un metro en la Costa de Huelva. El fenómeno de las mareas meteorológicas es especialmente peligroso si coincide con pleamares equinocciales. En este caso, hay que añadir, que las mareas meteorológicas suelen coincidir en el tiempo con los momentos de máxima precipitación, ya que ambos suelen asociarse al paso de frentes de bajas presiones sobre esta zona de la Península Ibérica.

**Inundaciones históricas en los márgenes del Tinto y el Odiel**

Debido a la confluencia de los procesos anteriores, las inundaciones son un fenómeno muy frecuente en la provincia de Huelva. Estos factores, unidos a la configuración del relieve en distintas localidades y a la influencia humana hacen que existan varios municipios ribereños (Gibraleón, Niebla, San Juan del Puerto, Moguer y Palos de la Frontera), además de la capital (Huelva), que poseen zonas de riesgo o lo son en su totalidad. Este hecho ha provocado que, en un estudio realizado sobre los archivos de prensa local se hayan identificado, al menos 55 periodos de inundación, que han afectado a uno o varios de estos municipios a lo largo del siglo XX, de los cuales 13 han estado directamente relacionados con la actividad fluvial, y 18 con la conjunción entre fenómenos fluviales, marinos y meteorológicos. De estas inundaciones, 28 han afectado directamente a la capital.

Se han producido inundaciones en los años 1904, 1912, 1919, 1926, 1927, 1945,

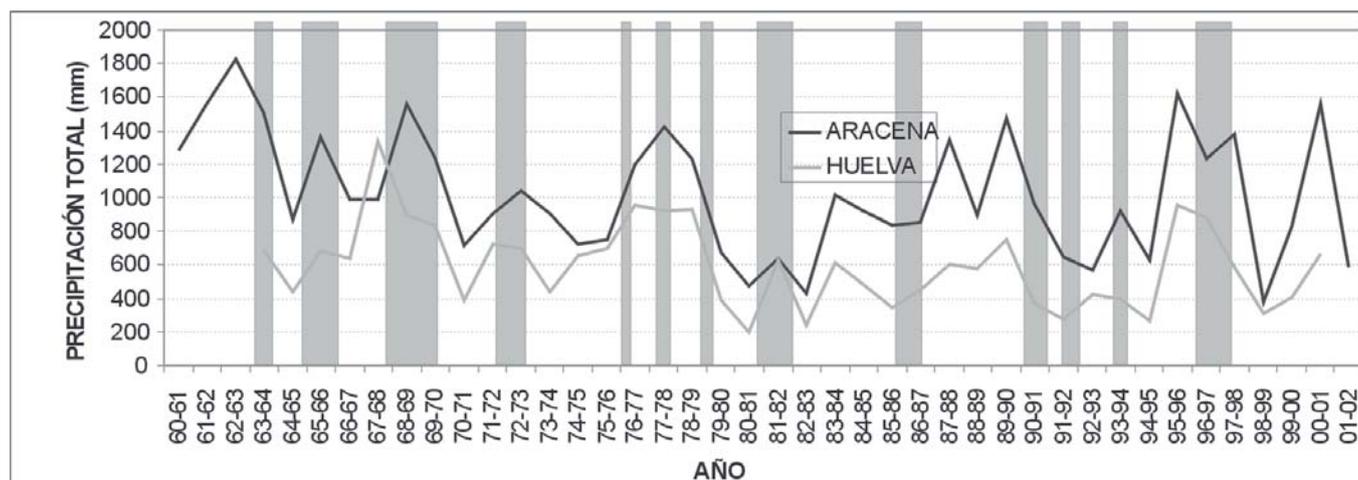


Fig. 2.- Curva de precipitación anual de las estaciones de Aracena y Huelva. Las bandas grises indican los periodos de ocurrencia del fenómeno de "El Niño".

Fig. 2.- Annual rain curve for the meteorologic stations of Aracena and Huelva. Grey bands indicate periods of "El Niño" events.

1948, 1957, 1962, 1968, 1970, 1972, 1977, 1982, 1983, 1987, 1988, 1996, 1998, 2000, 2003 y 2004, localizadas principalmente en los meses de Octubre a Febrero, siendo el mes de Noviembre el que concentra más casos de inundación. Registros similares han sido obtenidos en el curso bajo del Río Guadiana (Ortega y Garzón, 2003)

En el caso de Gibraleón, situado en la confluencia entre el río Odiel y su estuario, las crecidas del Odiel han afectado históricamente a la zona más baja del pueblo hasta la cota máxima de 5,63 metros alcanzada el 19 de Noviembre de 1989. Estas áreas fueron protegidas por un levee en 1990. En el caso de Niebla, en una situación similar respecto al río Tinto, ocurre algo muy parecido, aunque son menos las áreas urbanas afectadas debido a la configuración orográfica del pueblo y a que el régimen del río Tinto es menos caudaloso.

### Mecanismos de inundación

#### *Inundaciones ligadas a las crecidas fluviales de los ríos Tinto y Odiel*

En todos los casos de inundaciones fluviales en la provincia de Huelva es clara la relación entre los caudales fluviales y las precipitaciones, ya que existe una respuesta pluvial de los ríos y éstos llevan agua sólo cuando llueve. La figura 3 muestra la comparación de la curva de precipitaciones en la cuenca fluvial (estación de Aracena) entre Noviembre de 1995 y Enero de 1997 y la respuesta de los caudales fluviales del Odiel en Gibraleón.

En este caso se observa que el paralelismo de las curvas no es perfecto, por

ejemplo, las primeras lluvias del otoño de 1995 no tienen respuesta en los caudales del Odiel, sin embargo la explicación es clara: estas precipitaciones se producen después de un prolongado periodo de sequía y las primeras lluvias contribuyen a la recarga de los acuíferos y a la recuperación de los embalses, por lo que el agua no llega al cauce fluvial, cosa que si hace cuando los acuíferos se han recargado y los embalses están llenos. En ese caso las curvas se vuelven paralelas (Invierno de 1996 en Fig. 3).

A un mayor detalle, la curva de cotas instantáneas de la superficie del río (Fig. 4) nos muestra que la respuesta a las precipitaciones es casi instantánea, por ejemplo, a las fuertes precipitaciones del día 15 de Enero de 1996 en Aracena le sucede un incremento de altura de 3.8 metros

en la cota de agua del Odiel en Gibraleón (desde 0,92 m. hasta 4,72 m.) en tan solo 24 horas, manteniéndose estos caudales durante 6 horas antes de comenzar a disminuir, y entonces lo hacen lentamente.

Esta relación entre precipitaciones altas y fenómenos de inundación se hace patente si comparamos los picos en el registro de precipitaciones desde 1960 (Fig. 2) con las fechas de inundaciones expresadas en el apartado anterior.

#### *Inundaciones ligadas a mareas equinocciales y meteorológicas*

Durante el paso de borrascas atlánticas el descenso de la presión atmosférica, unido a los vientos de componente Sur, pueden elevar el nivel marino en la Costa de Huelva hasta un metro por encima de la pleamar correspondiente. La coinci-

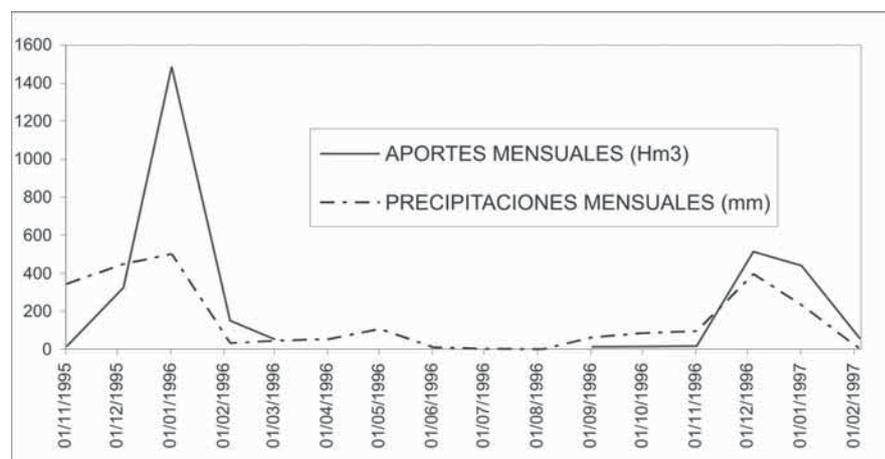


Fig. 3.- Relación entre las precipitaciones en la cuenca del Odiel y los aportes mensuales del río en Gibraleón durante 1996.

Fig. 3.- Relationships between rains in the Odiel drainage basin and monthly fluvial supports in Gibraleón during 1996.

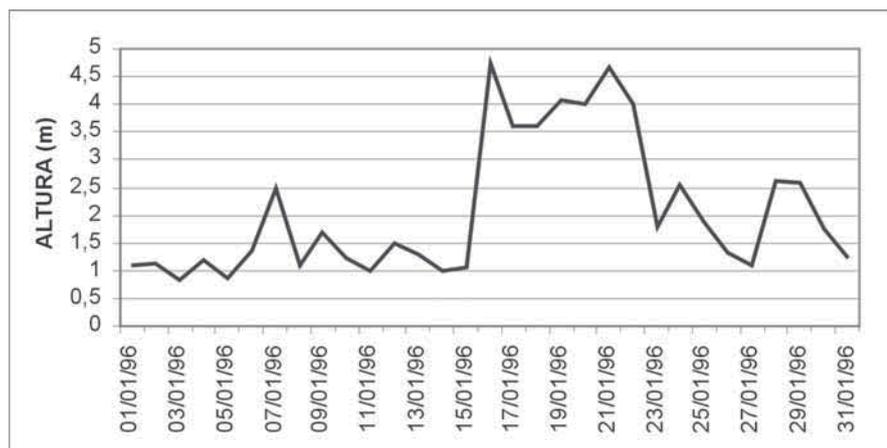


Fig. 4.- Curva de cotas alcanzadas por el agua en Gibrleón en Enero de 1996.

Fig. 4.- Curve of topographic water Heights in Gibrleón in January 1996.

dencia de mareas astronómicas con momentos de pleamares vivas produce elevaciones excepcionales del nivel marino, por ejemplo, el día 20 de Octubre de 2003 las condiciones astronómicas subieron el nivel del mar 0,69 metros por encima de una pleamar de coeficiente 108, llevando el nivel del agua hasta la cota de 2,5 m. por encima del nivel medio del mar sin la presencia de precipitaciones importantes. Esta ha sido la principal causa de las inundaciones en municipios como Punta Umbría o Mazagón (justo en la desembocadura del estuario, Fig. 1), de tal modo que en las zonas frontales las construcciones de primera línea han sido atacadas por el oleaje y en las zonas localizadas tras el sistema de dunas la red de alcantarillado no ha sido capaz de evacuar el agua de las precipitaciones, incluso en ocasiones se ha producido flujo inverso y las bocas del alcantarillado han empezado a manar agua que entra desde los efluentes marinos.

#### *Inundaciones fluvio-marinas*

Moguer, Palos de la Frontera, San Juan del Puerto y Huelva capital se encuentran

localizados en los márgenes de la Ría de Huelva (Fig. 1). Dado que los estuarios son sistemas de interacción entre el río y el mar, en estas localidades se unen las condiciones expresadas en las inundaciones fluviales y las inundaciones marinas. Por todo ello, estas localidades son especialmente vulnerables a las borrascas atlánticas, ya que durante las mismas convergen condiciones de bajas presiones, vientos de componente Sur y alto régimen de precipitaciones, lo que hace subir el nivel del agua y el caudal en los ríos; caudal que no puede ser evacuado al mantenerse más de 6 horas y coincidir con pleamares astronómicas produciendo sobre-elevaciones excepcionales en el sector central de los estuarios. Las condiciones son aún más extremas si estas borrascas coinciden con mareas de coeficiente alto y si las precipitaciones se mantienen durante más de un día, ya que el aumento de la escorrentía en las propias localidades coincide con la llegada del caudal fluvial correspondiente a las precipitaciones del día anterior en la cuenca de drenaje. Condiciones de coincidencia entre la llegada de borrascas atlánticas y mareas de coefi-

ciente superior a 80 han tenido lugar en, al menos, 12 ocasiones desde 1960.

Atendiendo a las causas de las inundaciones en los márgenes de este estuario, existe una clara relación de los fenómenos de inundación en cualquiera de sus versiones con el paso de borrascas Atlánticas sobre la Península Ibérica y este paso puede producirse más al Norte o más al Sur, de acuerdo con fenómenos globales. El grado de nubosidad en la atmósfera y la temperatura, también varían de acuerdo con fenómenos meteorológicos globales. En este punto, resulta patente que los fenómenos de inundación en la provincia de Huelva coinciden con años en los que la cantidad de precipitaciones anuales presentan valores por encima de la media (Fig. 2) y esta curva de variación de precipitaciones presenta una clara coincidencia con los años en los que tiene lugar el fenómeno de El Niño (bandas grises en la Fig. 2).

#### Referencias

- Borrego, J. (1992). *Sedimentología del Estuario del Río Odiel*. Tesis Doctoral, Univ. Sevilla, 350 p.
- Carro, B. M. (2002). *Sedimentación reciente en el estuario del río Tinto*. Tesis de Licenciatura, Univ. Huelva, 137 p.
- Cock, N. K. (1995). *Geohazards Natural and Human*. Prentice Hall. New York. 425 p.
- Keller, E. A. (2001). *Environmental Geology*. Prentice Hall. New York. 619 p.
- López-González, N. M. (2002). *Descripción e interpretación de las facies deposicionales en el sector interno del Estuario del río Odiel*. Tesis de Licenciatura, Univ. Huelva, 124 pp.
- Ortega, J.A. y Garzón, G. (2003). *PHE-FRA workshop*. Proceedings, 1, 33-38.
- Suárez, L. y Regueiro, M. (1997). *Guía ciudadana de los riesgos geológicos*. Memorias I.C.O.G. España. Madrid, 212 p.