

# CARACTERIZACIÓN DE ÁREAS DE PELIGROSIDAD POR INUNDACIÓN EN EL TRAMO FINAL DE LA CUENCA DEL RÍO PUDIO (SEVILLA)

Álvaro LAMA SÁNCHEZ (1), César BORJA BARRERA (2), Fernando DÍAZ DEL OLMO (2)

(1) A.T. Clave. C/ Progreso, 5. 41013-Sevilla. [alama978@hotmail.com](mailto:alama978@hotmail.com)

(2) Dpto. Geografía Física y A.G.R. (Universidad de Sevilla). C/ María de Padilla s/n. 41001-Sevilla. [cesarborja@us.es](mailto:cesarborja@us.es); [delolmo@us.es](mailto:delolmo@us.es)

## 1. ANTECEDENTES

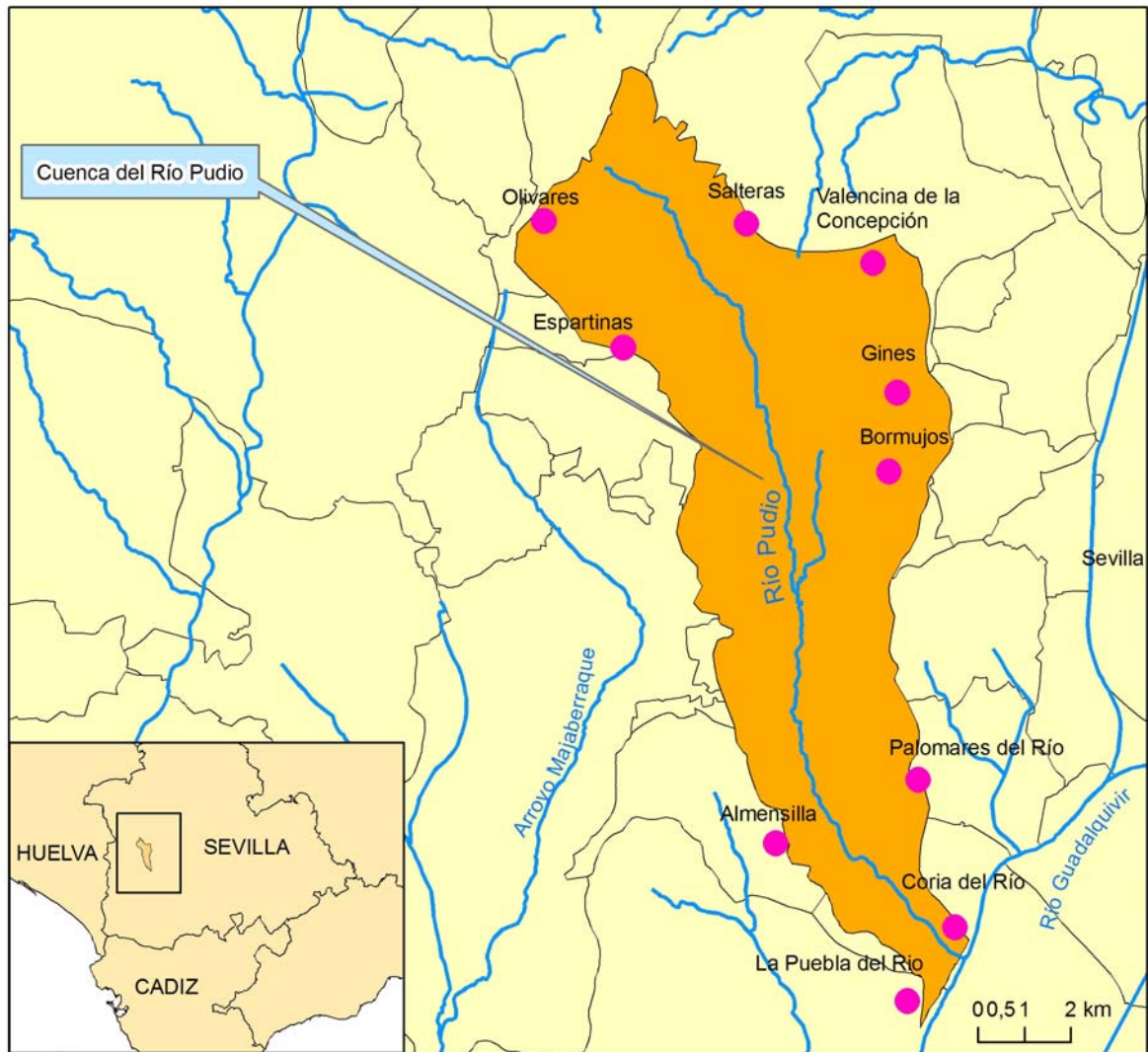
La cuenca del río Pudio, al igual que la casi totalidad del área metropolitana de Sevilla, ha experimentado en las últimas décadas profundos cambios que han terminado por transformar un paisaje tradicionalmente dedicado al cultivo de olivo y vid, en un mosaico de espacios urbanizados en los que se suceden las construcciones residenciales, los polígonos industriales y las infraestructuras viarias. Este fenómeno de urbanización creciente ha propiciado la aparición de numerosos problemas de riesgo de diversa índole, siendo los relacionados con la inestabilidad de ladera y las inundaciones los más evidentes.

En el caso del tramo final de la cuenca del río Pudio son los problemas de inundación los que tradicionalmente han supuesto un factor limitante al crecimiento del caserío del municipio de Coria del Río. Los constantes y recurrentes episodios de crecida que anegaban la totalidad de la llanura de inundación en este tramo final de desembocadura han condicionado históricamente la ocupación de este ámbito por un uso agrícola e industrial de tipo marginal (ladrilleras). Las sucesivas rectificaciones y canalizaciones del cauce, así como, la construcción de algunas barreras transversales en la cuenca (carretera SE-649 y autovía SE-660), que han ejercido la función de represa de contención frente a las crecidas, han posibilitado el avance de las construcciones de uso residencial hasta el mismo borde del cauce, generando un importante aumento de la peligrosidad por inundación en esta zona.

## 2. ÁREA DE ESTUDIO Y OBJETIVOS

La cuenca del río Pudio se localiza en el curso bajo del Guadalquivir drenando la mayor parte del sector nororiental de la plataforma de El Aljarafe (Sevilla) (Fig. 1). Con una superficie de 82 km<sup>2</sup> aproximadamente presenta un dispositivo alargado en dirección NNW-SSE alcanzando una longitud máxima de unos 21 km, mientras que su anchura es variable entre los 7 km en la parte alta de la cuenca y los 2 km en su tramo final. Su cauce principal presenta un carácter bastante lineal siendo escasos y de corto recorrido los tributarios reconocidos, ubicándose prácticamente todos ellos en su curso medio.

El objetivo principal del presente trabajo lo constituye la caracterización de la evolución hidrogeomorfológica del río Pudio en su tramo final en los últimos cincuenta años, así como el proceso de ocupación antrópica de la llanura aluvial llevada a cabo en el mismo período y sus implicaciones desde el punto de vista de los riesgos de inundación.



**Figura 1. Localización de la cuenca del Río Pudio.**

### 3. MATERIAL Y MÉTODO

Para ello, se han llevado a cabo tareas de gabinete en las que se ha analizado la bibliografía existente relacionada con el área de estudio, al tiempo que se ha revisado la cartografía histórica y recopilado material fotográfico antiguo y actual. La cartografía básica utilizada en el presente trabajo ha sido el Mapa Topográfico de Andalucía a escala 1:10.000 en versión *raster* publicada por el Instituto de Cartografía de Andalucía en 2003, así como las hojas 984 y 1002 del Mapa Topográfico Nacional publicadas por el Servicio Geográfico del Ejército. En formato digital se ha utilizado la Ortofoto Digital con resolución de 1 m, publicada en 2004, por la Consejería de Medio Ambiente en colaboración con la de Obras Públicas y la de Agricultura, en blanco y negro, y que toma como base la fotografía aérea a escala 1:20.000 del año 2002. Se ha procedido, igualmente, a la fotointerpretación de dos series de fotografías aéreas correspondientes, la primera de ellas, al año 1956, a escala aproximada 1:30.000 en blanco y negro, conocida como el “vuelo americano”. Y la segunda, al año 2002, con escala 1:20.000, en blanco y negro, editada por el Instituto de Cartografía de Andalucía. Del mismo modo, se han realizado numerosas sesiones de

campo destinadas a completar y validar la información obtenida a partir del análisis cartográfico y de fotointerpretación. Dicha información se ha incorporado a un sistema de información geográfica, lo que ha facilitado el manejo del importante volumen de datos generado. De cara a la definición de las áreas de peligrosidad por inundación se ha procedido, finalmente, a la determinación de diversos escenarios correspondientes con diferentes caudales de referencia para lo que se ha recurrido a la fórmula de Manning, al tiempo que se ha generado un modelo digital del terreno para el sector analizado.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Evolución hidro-geomorfológica y ocupación antrópica del tramo final de la cuenca del río Pudio**

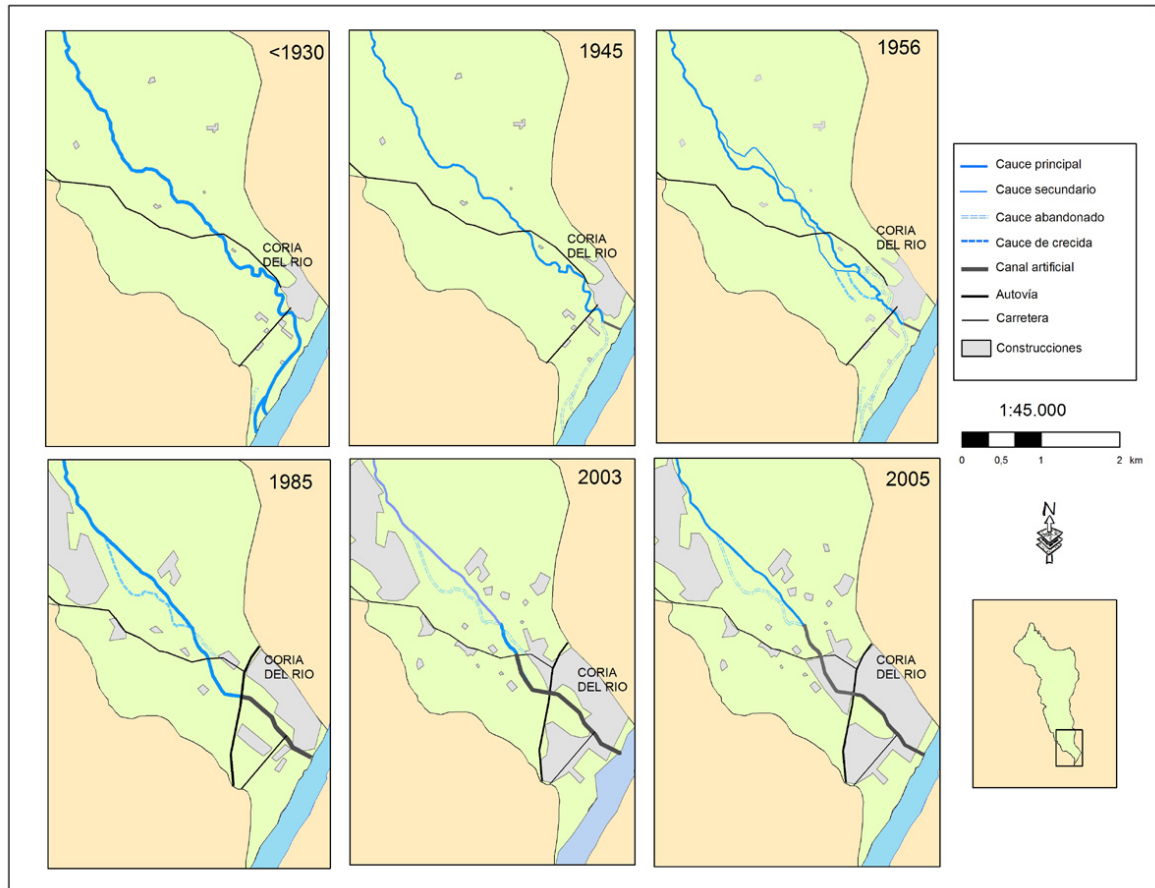
El tramo final de la cuenca del río Pudio está constituido por una llanura aluvial con una extensión cercana a los 5 km de longitud y una anchura variable en torno a 1 km. En este ámbito se han sucedido una serie de actuaciones antrópicas sobre la red de drenaje en los últimos sesenta años que han terminado por transformar un ámbito caracterizado por una dinámica natural de inundación, en la que se reconocía un complejo sistema de elementos hidrogeomorfológicos funcionales, en un sector completamente urbanizado ocupado por un desahogado proceso de expansión del caserío urbano de Coria del Río.

En la figura 2 se reconstruye el proceso de pérdida de funcionalidad hidrogeomorfológica del río Pudio y la progresión del fenómeno de ocupación antrópica favorecido por el mismo. El análisis de la fotografía aérea desde el año 1956 hasta la actualidad, así como el estudio de la cartografía histórica ha posibilitado, junto con la experiencia personal para las últimas décadas, establecer la secuenciación de los principales acontecimientos.

Hacia la década de los años treinta, la información proporcionada por la cartografía histórica, muestra un cauce meandrinoso y divagante, ligeramente desplazado hacia la margen izquierda de la llanura aluvial, que describe un giro casi en ángulo recto en su tramo final, colocándose el canal del Pudio en paralelo al río Guadalquivir, curso en el que termina por desembocar. Este tramo, que constituye un antiguo meandro abandonado del Guadalquivir (BAENA, 1993), era aprovechado en estos momentos por el río Pudio para desaguar. Se observa para este momento la presencia de algún cauce abandonado en este sector de la desembocadura, así como el desdoble del cauce principal justo en el contacto con el cauce receptor.

A partir de 1945 se realizan básicamente tres actuaciones principales de canalización artificial. La primera de ellas tuvo lugar en dicho año cuando se canalizó el sector de la desembocadura eliminando el tramo del cauce que discurría de forma paralela al Guadalquivir desde la localidad de Coria del Río en dirección a La Puebla del Río. Se construyó un canal artificial de unos 300 m aproximadamente de largo que eliminaba este codo dirigiendo las aguas directamente hacia el Guadalquivir, al tiempo que con los materiales extraídos se rellenó el cauce natural (SUÁREZ JAPÓN, 2000). La segunda gran actuación tiene lugar entre los años 1984 y 1986. En estos años se lleva a cabo la entubación del cauce del río Pudio mediante la construcción de un canal de hormigón de sección rectangular de 1,5 km aproximadamente de largo, que rápidamente quedaría inutilizado debido básicamente a los problemas que se generaban en la boca de entrada de

la entubación. Este sistema fue sustituido poco más tarde por la construcción de un canal a cielo abierto con una sección disimétrica con la misma longitud. Finalmente, la tercera de estas actuaciones concluyó a finales de 2003 al ampliarse el tramo canalizado desde la autovía SE-660 hasta la carretera comarcal SE-649 de Coria del Río a Almensilla, poco después se desarrolló en 2005 la continuación del mismo unos 300 m más, aguas arriba.



**Figura 2. Evolución de la red hidrográfica y expansión de las zonas construidas en el tramo final de la cuenca del río Pudio desde los años treinta hasta la actualidad.**

Al tiempo que se han realizado estas actuaciones directamente sobre el cauce se han llevado cabo otras de menor envergadura, pero con el mismo objetivo de reducir el efecto de las inundaciones en este sector de la cuenca del río Pudio. Básicamente han consistido en el recrecimiento en determinados puntos de la carretera de SE-649 tras las obras realizadas con motivo de la ampliación del tramo de canal en el año 2003 y el recrecimiento de la Autovía SE-660 que ha constituido, desde que se construyó una barrera transversal que impide el progreso de la inundación concentrándola aguas arriba de la misma.

Coetáneamente con estas actuaciones y al amparo de las mismas se inicia el proceso de expansión del caserío sobre la llanura aluvial del río Pudio, proceso que comienza con la construcción de la Venta Pepe en 1957 en la carretera de Coria del Río a Puebla del Río y que continua, a partir de los años 60, con el inicio de la construcción de la barriada Blanca Paloma y urbanización el Limonar, ambas en la margen derecha de la llanura aluvial en las

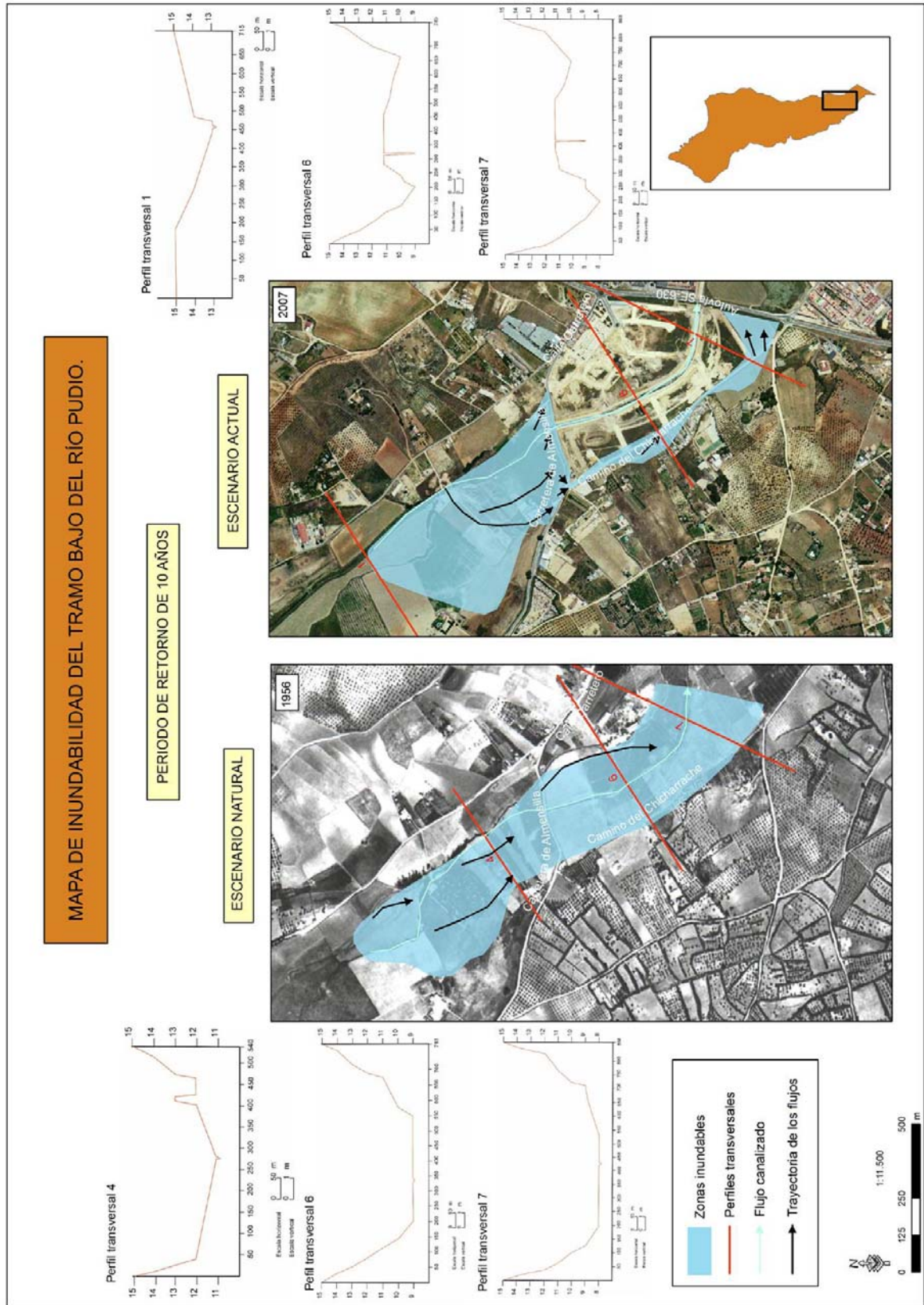
estribaciones de los relieves laterales confinantes. La zona del cauce y llanura aluvial se consideran como zona inundable desde 1967, manteniéndose dicha calificación en las Normas Subsidiarias del Planeamiento aprobadas en 1982. No será hasta 1988 cuando se apruebe la primera modificación parcial de dichas Normas, iniciándose un proceso de ocupación creciente de este sector (SUÁREZ JAPÓN, 1987 y 2000). Dicho proceso de ocupación culmina con la aprobación definitiva en 2003 de las últimas Normas Subsidiarias que declaran urbanizable toda la llanura aluvial del río Pudío hasta la carretera comarcal SE-649 Coria del Río a Almensilla.

#### **4.2. Identificación de áreas de peligrosidad por inundación**

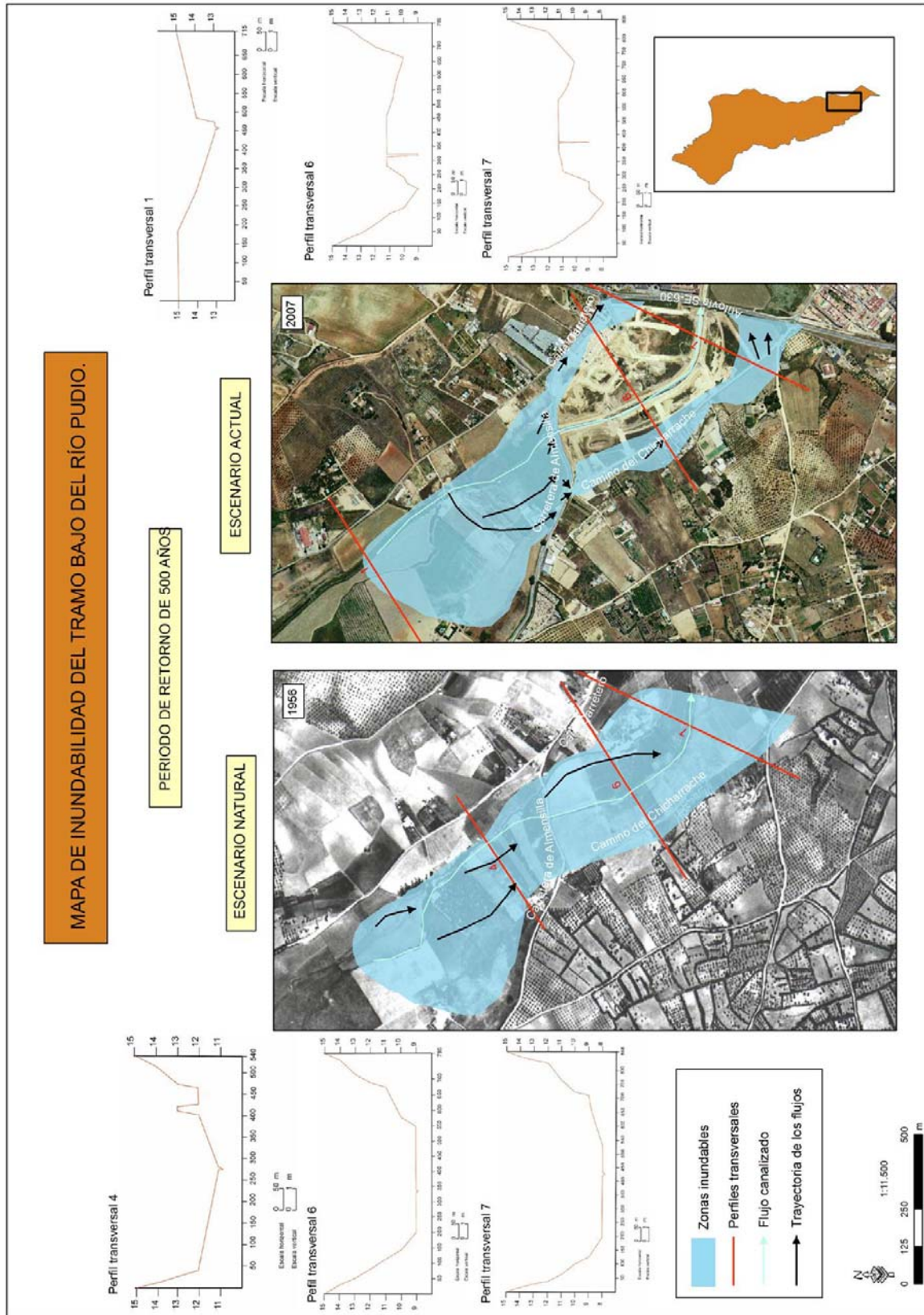
La progresiva ocupación del cauce y llanura aluvial del río Pudío realizadas al amparo de las actuaciones de canalización e interposición de barreras transversales, no ha eliminado el peligro de inundación en este ámbito sino que, básicamente, lo que se ha producido ha sido un desplazamiento de las zonas de mayor peligro aguas arriba y hacia otros lugares que antaño no estaban afectadas por este tipo de problemas.

A partir de la estimación de caudales máximos para períodos de retorno diferentes y del establecimiento del modelo digital del terreno para el ámbito de estudio analizado se determinan las zonas que en la actualidad pueden verse afectadas por la crecida de las aguas. En las figuras 3 y 4 se muestra la modelización realizada para dos escenarios diferenciados y opuestos: para un período de retorno de 10 años correspondiente a la crecida ordinaria y para un período de retorno de 500 años correspondiente a un evento extremo. En dichas figuras se muestra la situación actual y la que existía en el año 1956 antes de las grandes transformaciones ocurridas en este ámbito, al tiempo que se muestran diversos perfiles topográficos transversales de detalle que evidencian los cambios experimentados desde el punto de vista altimétrico debido a la presencia de importantes rellenos artificiales.

En la figura 3, correspondiente al período de retorno de 10 años y un caudal máximo estimado de  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  (LAMA, 2005), la situación en el año 1956 muestra, para el tramo fluvial analizado, una lámina de agua que se extendería por la casi totalidad de la llanura aluvial alcanzando la columna de agua una escasa potencia. Los perfiles transversales para este momento reflejan el diseño propio de un ámbito de llanura aluvial con un fondo plano amplio y márgenes confinantes con una mayor pendiente. Por su parte, la imagen correspondiente al momento actual presenta un dispositivo bastante diferente. En primer lugar, aguas arriba de la carretera comarcal de Coria del Río a Almensilla (SE-649) se produce una acumulación de agua mayor que la que se producía en el año 1956 debido, por una parte, al efecto barrera que ejerce la propia carretera y, por otra, a la acumulación de importantes rellenos artificiales en el lado aguas abajo de la misma. En estas condiciones el agua acumulada aguas arriba de la carretera tiene como única salida el derrame a través del denominado “camino del Chicharrache” que se dispone en la margen derecha de la llanura aluvial hasta encontrar la siguiente barrera que constituye la Autovía SE 660. Los perfiles transversales levantados para este momento evidencian como los rellenos depositados en la zona central de la llanura aluvial favorecerán el desarrollo de esta dirección de flujo de la crecida.



**Figura 3. Mapa de inundabilidad del tramo bajo del río Pudio para un periodo de retorno de 10 años y en un escenario natural y actual.**



**Figura 4. Mapa de inundabilidad del tramo bajo del río Pudio para un periodo de retorno de 500 años y en un escenario natural y actual.**

En la figura 4, correspondiente al período de retorno de 500 años y un caudal máximo estimado de 497 m<sup>3</sup>/s (LAMA, 2005), la situación es algo diferente a la comentada con anterioridad. Si bien en extensión la lámina de agua no es muy superior a la estimada para otros períodos de retorno, la potencia de la columna de agua si lo es, alcanzando cotas que, sobre todo, para la situación actual hará que zonas que con anterioridad no habían estado afectadas por las crecidas del río Pudío ahora lo estén.

La imagen correspondiente al año 1956 no difiere en mucho de la comentada en la figura 3. Por su parte, la correspondiente al momento actual muestra como además del derrame correspondiente a la margen derecha de la llanura aluvial (Camino del Chicharrache) ahora entra en funcionamiento el correspondiente a la C/ Carretero, en la margen izquierda que, como consecuencia de los rellenos llevados a cabo en la zona central de la llanura aluvial, ha quedado en una cota topográfica inferior. Este ámbito tradicionalmente había estado fuera del área de influencia de las riadas del río Pudío hasta el relleno y posterior urbanización de este sector de la llanura aluvial.

## 5. CONCLUSIONES

La dinámica geomorfológica natural del río Pudío en el sector analizado es prácticamente inexistente debido a la fuerte presión antrópica ejercida sobre el mismo en forma de rectificaciones del cauce, canalizaciones, construcción de barreras transversales, ocupación urbana, etc. Fruto de estas actuaciones se conforma una llanura aluvial totalmente desarticulada y que ha perdido por completo su función original de amortiguamiento de las crecidas, además de la creación de un cauce completamente artificial a base de sucesivas rectificaciones y canalizaciones actualmente desconectadas de la misma.

Por su parte, las obras de canalización del cauce y el recrecimiento de las motas transversales que suponen las distintas carreteras y autovías que se disponen perpendicularmente a la cuenca y de la propia llanura aluvial no han eliminado el peligro de inundación en este sector del río Pudío. En todo caso, lo que han producido es un desplazamiento del mismo aguas arriba y hacia otros lugares que antes no se inundaban (márgenes de la llanura aluvial). Para episodios de precipitaciones extremas, el riesgo no ha sido eliminado sino más bien al contrario se ha producido una amplificación del mismo puesto que al haberse construido toda la llanura aluvial al amparo de estas obras de contención, en el momento que éstas sean superadas el riesgo de inundación y de afección a zonas urbanas será mucho mayor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAENA, R. (1993): Evolución cuaternaria (3 m.a.) de la Depresión del medio-bajo Guadalquivir y sus márgenes (Córdoba y Sevilla). Geomorfología, aluvionamientos, formaciones superficiales y secuencia paleolítica. Tesis doctoral, Universidad de Sevilla: Inédito, 589 págs.

LAMA SÁNCHEZ, A. (2005): Caracterización del riesgo de inundación en la cuenca del río Pudío (El Aljarafe, Sevilla). Dinámica hidrogeomorfológica y ocupación antrópica. Tesis de Maestría, Universidad Internacional de Andalucía. Inédito, 117 págs.



SUÁREZ JAPÓN, J.M. (1987): Coria del Río. Aproximación a su realidad geohistórica. Ayuntamiento de Coria del Río. Sevilla: 253 págs.

SUÁREZ JAPÓN, J.M. (2000): Guadalquivir por Coria. Estudios geohistóricos. Puerto de Sevilla-Diputación de Sevilla. Sevilla: 184 págs.