



DINÁMICA HIDROGEOMORFOLÓGICA E IMPACTO ANTRÓPICO EN LA CUENCA DEL ARROYO DEL PARTIDO (NW DEL PARQUE NACIONAL DE DOÑANA, HUELVA, ESPAÑA, EVALUACIÓN DE PROCESOS ACTUALES

Hydro-geomorphological dynamic and man induced processes in el Partido River (NW National Park of Doñana, Spain). Analysis of current processes

F. Borja¹, C. Borja², M. Fernández² & A. Lama³

1 Área de Geografía Física. Dpto. Historia II. Universidad de Huelva. Avda. de las Fuerzas Armadas, s/n. 21007 - Huelva. fborja@uhu.es

2 Departamento de Geografía Física y A.G.R. Universidad de Sevilla. C/María de Padilla, s/n. 41004 Sevilla. cesarborja@us.es

3 A.T. Clave. C/Progreso, 5. 41013 Sevilla

Resumen: Se estudia la dinámica hidrogeomorfológica y los efectos de la presión antrópica sobre los procesos actuales en la cuenca del arroyo del Partido, un pequeño colector mediterráneo que vierte sus aguas a las marismas del Guadalquivir (Parque Nacional de Doñana, Huelva, SW España). Este sistema fluvial se encuentra intensamente desnaturalizado, tanto estructural como funcionalmente, a causa de un intenso, variado y prolongado impacto humano sobre laderas y cauces. La entrada de material arenoso a las marismas de Doñana a través del arroyo del Partido es una de las principales preocupaciones para la conservación del Parque Nacional. La cuenca se ve afectada principalmente por impactos provenientes de los cambios de usos del suelo (eliminación de la cubierta vegetal originaria para la puesta en valor agrícola, sustitución de cultivos tradicionales por otros que conllevan técnicas de laboreo más agresivas, desmontes relacionados con el cultivo del eucalipto y la extracción de áridos, introducción de infraestructuras lineales poco permeables, etc.); mientras que los cauces, además de haber perdido la vegetación ribereña y estar intensamente ocupados, están siendo manejados inadecuadamente mediante la eliminación de los sedimentos de fondo, la destrucción de la morfología de las orillas y la desconexión entre el canal y la llanura aluvial (canalizaciones artificiales, rectificación mecánica de tramos, recrecimiento de orillas, vados, etc.). Todo lo cual ha hecho aumentar la capacidad erosiva del sistema fluvial durante las últimas décadas, habiéndose incrementado de manera alarmante los volúmenes de sedimentos depositados en las marismas del Guadalquivir.

Palabras clave: Procesos hidrogeomorfológicos, cambios de usos del suelo, manejo hidráulico, Doñana.



F. Borja, C. Borja, M. Fernández & A. Lama (2009). Dinámica hidrogeomorfológica e impacto antrópico en la cuenca del arroyo del Partido (NW del Parque Nacional de Doñana, Huelva, España). Evaluación de procesos actuales. *Rev. C. & G.*, 23 (3-4), 45-64.

Abstract: Actual hydrogeomorphological processes and human pressure are analyzed in el Partido River. This fluvial system has intensely destabilized following a severe, diverse and prolonged human impact on slopes and channels. The sandy material input to the wetlands of Doñana through this small Mediterranean river (located at Huelva Province, SW Spain) is one of the main concerns to conservation of the Doñana National Park. In the Partido watershed, impacts mainly come from the land use change: removal of native vegetation for agricultural activity, replacement of traditional crops by others who need more aggressive tillage techniques, clearance for the cultivation of eucalyptus and gravel mining, less permeable linear infrastructure, etc.; while the riparian zone, besides having lost native vegetation and be occupied in many ways, are being managed improperly by removing bottom sediment, destruction of morphology of banks and channel-floodplain disconnection (flumes, straightened tranches, artificial elevation of banks, etc.). This has led to increased erosive capacity of the fluvial system for lasts decades, so exorbitant increasing volumes of transported sediment to the Guadalquivir marshes.

Keywords: Hydrogeomorphological processes, land use change, hydraulic management, Doñana.

1. Introducción

La presente contribución recoge los resultados preliminares alcanzados en el seno de un proyecto de investigación aún en curso sobre el arroyo del Partido (Huelva, España)¹, un pequeño colector de la margen derecha de la cuenca baja del Guadalquivir cuyas aguas vierten directamente a las marismas del Parque Nacional de Doñana (Fig. 1). Los objetivos marcados por nuestro estudio se centran en la caracterización hidrogeomorfológica del citado sistema fluvial, como base para la elaboración de un diagnóstico acerca de su funcionamiento actual. Originariamente, el hecho que motiva la investigación sobre esta cuenca onubense es la formación de un cono aluvial de unos 4 millones de m³, el cual se proyecta hacia el interior de las marismas en las inmediaciones del santuario del Rocío. A partir de aquí se han desarrollado dos líneas de trabajo, una centrada preferentemente en la dinámica del propio cono aluvial y su relación con la canalización a la que se ve sometido el Partido en su tramo final desde principio de los ochenta (Sendra, *et al.*, 2002; Mintegui *et al.*, 2000 y 2004); y la otra volcada sobre el análisis de la dinámica y la evolución del conjunto de la cuenca (Borja y Gómez, 1999; Gómez, 2000; Gómez y Borja, 2000; Borja y Gómez, 2002), en la que se

contrastan la evolución reciente del arroyo del Partido con la secuencia general de aluvionamientos registrada por el resto de las cuencas vecinas (arroyo Marín, Cañada Mayor, arroyo del Portichuelo, Soto Grande, Soto Chico, etc.), así como con las series pluviométricas comarcales y con las principales transformaciones territoriales del entorno (Plan de regadío Almonte-Marisma, declaración de los Parques Nacional y Natural de Doñana, etc.).

El trabajo actual se plantea en dos planos de análisis complementarios: a escala general se evalúan los aspectos relacionados con la situación de las laderas de la *cuenca* vertiente en su conjunto; mientras que a escala de detalle se analizan los procesos que atañen expresamente al *cauce*, en tanto que sistema canal/orilla/llanura aluvial. Desde este enfoque se entiende que el canal fluvial, sus orillas y la llanura aluvial, junto con los depósitos asociados y la vegetación riparia, etc., constituyen un sistema fuertemente condicionado en su estructura y funcionamiento, además de por unas condiciones climáticas y litológicas, por el tipo y la intensidad de los usos que el ser humano desarrolla sobre el territorio (Fernández *et al.*, 2007; Fernández, en preparación). A partir de este acercamiento integral a la dinámica hidrogeomorfológica del sistema fluvial del Partido, se plantea el correspondiente diag-

¹ Proyecto: "Análisis de riesgos geomorfológicos y evaluación de procesos de erosión en la cuenca del arroyo de el Partido" (2005). Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

Incluido dentro del Proyecto General "Doñana 2005" (Ministerio de Medio Ambiente).

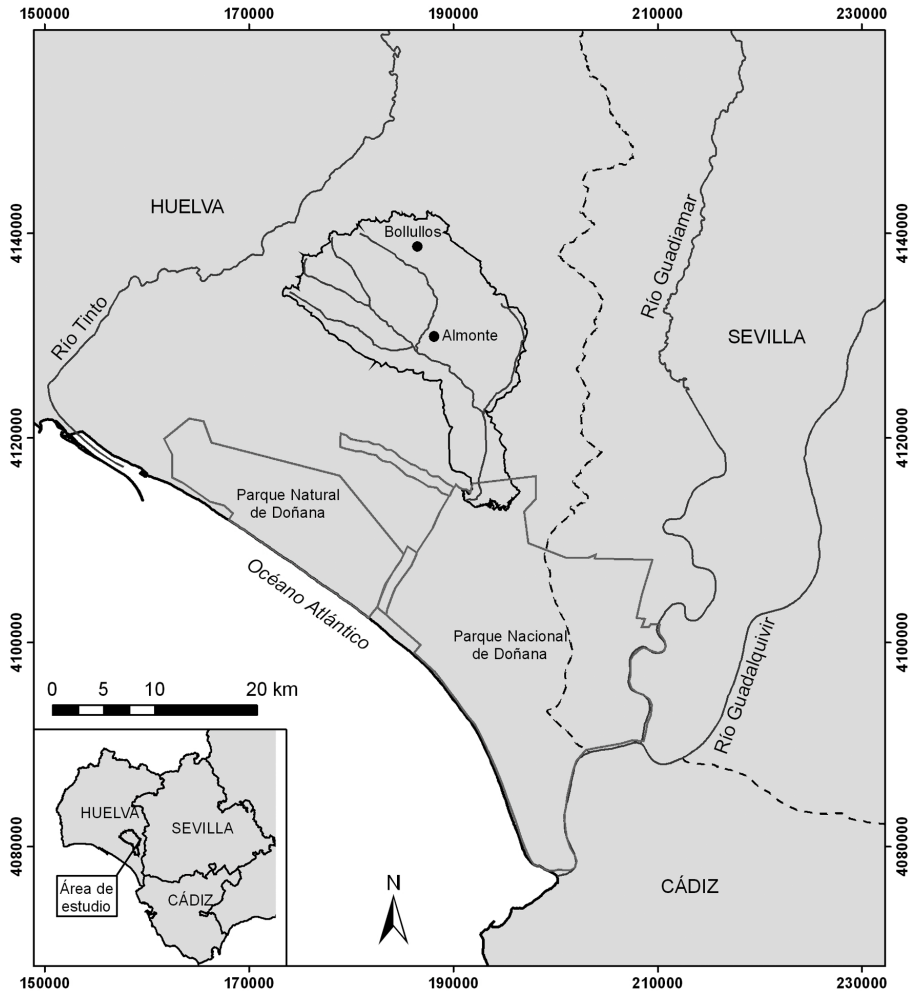


Figura 1. Localización de la cuenca del Partido en el suroeste de Andalucía. Relación con el Parque Nacional de Doñana.

Figure 1. Location of the Partido basin in south-western Andalusia, near of Doñana National Park.

nóstico acerca de sus actuales desajustes y se procede a la determinación de las causas que han conducido a la situación presente (Borja *et al.*, 2006; Borja *et al.*, 2008).

2. Marco conceptual y metodológico

Desde el punto de vista metodológico, la presente investigación comparte sus postulados generales con algunos procedimientos de valoración del estado funcional de los ecosistemas fluviales, en

concreto con los conocidos como el *Índice Hidrogeomorfológico* (Ollero *et al.*, 2008) o el *Proper Functioning Condition (PFC)* (Prichard *et al.*, 1993), propuesta metodológica del *Bureau of Land Management - U.S. Department of Interior* según la cual las riberas funcionan adecuadamente en términos hidrológicos, geomorfológicos y ecológicos cuando el modelado, los depósitos, los suelos y la masa vegetal contribuyen solidariamente, entre otros aspectos, a disipar la energía de las crecidas, a filtrar los flujos hídricos, a remozar las llanuras aluviales y a estabilizar las orillas; esto es:

cuando contribuyen a generar las condiciones de inundación que favorecen el desarrollo de la biodiversidad y el mantenimiento sostenible de los usos relacionados con los ecosistemas fluviales. No obstante, no se abordará aquí ningún tipo de aplicación de estos u otros métodos en esa línea concreta de la tipificación de la calidad ambiental de las zonas riparias (González y García, 2006), se tratará más bien de llevar los principios y conocimientos de la geomorfología fluvial al campo del diagnóstico territorial, lo que podría considerarse como un paso previo a la concreción de cualquiera de dichos métodos.

Con tal orientación, la primeras tareas llevadas a cabo han consistido en el análisis bibliográfico y documental de la producción científica existente acerca del área y el motivo de estudio, incluido el material cartográfico básico y temático, así como en la explotación de varias colecciones de fotografía aérea correspondientes a los últimos 50 años. El levantamiento de los datos en campo y el tratamiento sistemático de los mismos se ha realizado, por su parte, en base a la definición de una serie de *estaciones de muestreo*, las cuales se definen como puntos de caracterización hidrogeomorfológica y chequeo del estado de los principales componentes del sistema fluvial. Dichas estaciones fueron localizadas, tras un primer reconocimiento de la red principal de afluentes, en los puntos donde se detectaron cambios en el modelo hidrogeomorfológico y/o en relación con la incorporación o desaparición de algún elemento substantivo del mismo. En total son algo más de cincuenta las estaciones de muestreo utilizadas (Fig. 2), habiéndose recopilado en cada una de ellas información cualitativa referente tanto al *cauce* (análisis de detalle) como a la *cuenca* (análisis del contexto):

- *Análisis de detalle*: el trabajo a escala de detalle concierne a la caracterización del modelado y la dinámica fluvial a partir de la valoración de los principales elementos que componen el sistema canal/orilla/llanura aluvial, tomando en consideración tanto los componentes naturales como antrópicos en relación a las siguientes variables: tipo de formaciones superficiales y flujos asociados, modelado de orilla, modelado de la llanura aluvial, presencia y tipo de vegetación riparia, etc.

- *Análisis de contexto*: a escala de contexto se aborda la caracterización de la dinámica de las laderas y el impacto antrópico sobre las mismas, prestando especial atención a los aspectos relacionados no sólo con los diferentes procesos naturales propios de este tipo de medios (arroyada, muy especialmente), sino también con la presencia de factores antrópicos y su capacidad para interrumpir o amplificar la dinámica de los flujos. Desde este punto de vista se han barajado variables tales como: presencia y nivel de impacto de las infraestructuras, manejo de la cubierta vegetal –tanto agrícola (tipos y técnicas de cultivos, uso de *agroplásticos*, etc.), como forestal (destoconados, talas, sacas, etc.)–, existencia y nivel de impacto de plantas de extracción de áridos (evacuación de aguas, gestión de fase de abandono...), etc.

Finalmente, toda la información levantada a través de las estaciones de muestreo, así como la procedente de la fotointerpretación y el análisis cartográfico, ha sido procesada e implementada en un sistema de información geográfica al que se han asociado diferentes bases de datos. Ello no sólo sirve de apoyo a la interpretación y el diagnóstico general del estado y el funcionamiento actual de la cuenca, sino que además sirve como herramienta para una futura toma de decisiones en el caso de una posible actuación de restauración ecológica del sistema fluvial.

3. Área de estudio

La cuenca del Partido ocupa unas 30.000 hectáreas del tramo final de la Depresión Inferior del Guadalquivir, situándose en el extremo sureste de la provincia de Huelva. Su precipitación media anual se sitúa en torno a los 600 mm y su temperatura media anual ronda los 17°C, encuadrándose en el típico modelo de clima mediterráneo con influencia atlántica (máximo principal de lluvias al final del otoño) y fuerte estacionalidad (marcada sequía estival).

La delimitación de la divisoria de aguas y las subcuencas del arroyo del Partido (Fig. 3) se ha establecido a partir del Mapa Topográfico de

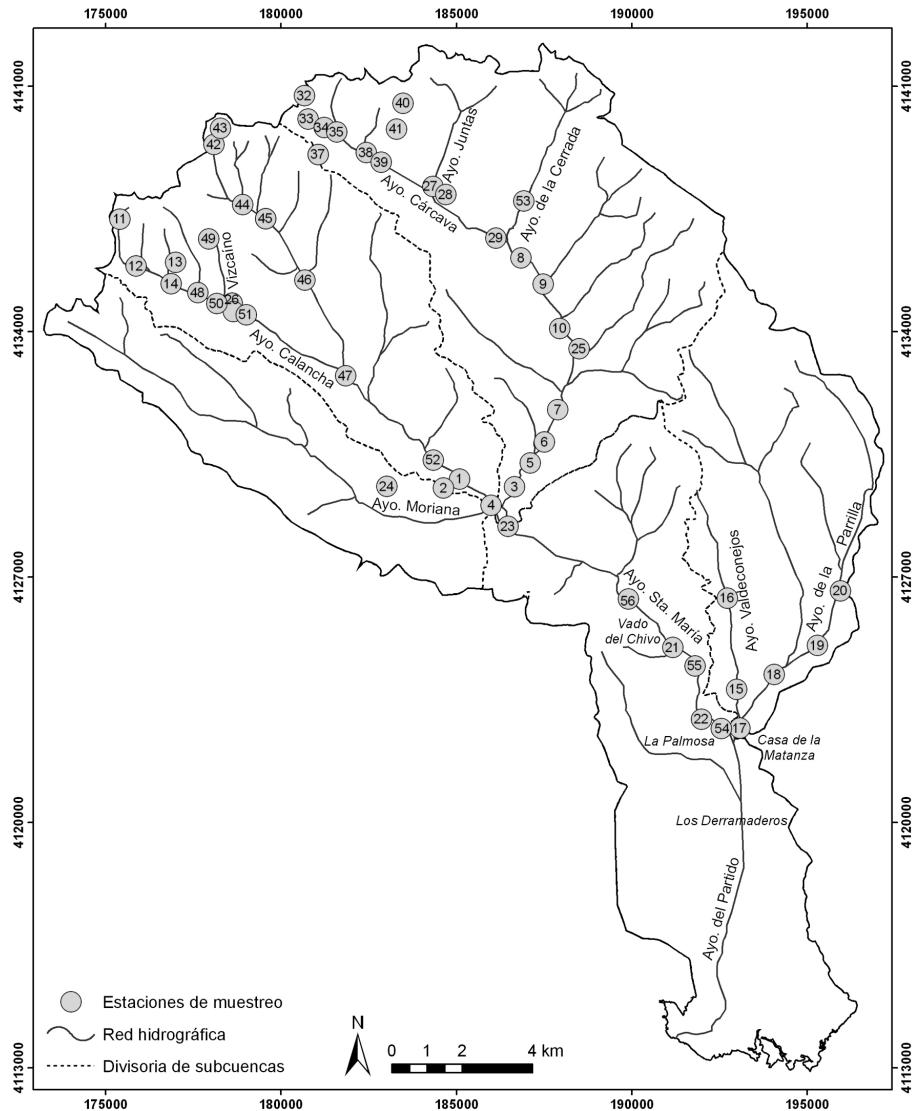


Figura 2. Localización de las estaciones de muestreo en el marco de la cuenca del Partido.
 Figure 2. Location of sampling points in the basin of Partido River.

Andalucía a escala 1:10.000, así como de la fotointerpretación de fotogramas aéreos correspondientes al vuelo del ICA² del año 2002 (soporte en blanco y negro a escala 1:20.000). En la demarcación general se ha incluido, como parte integrante de la cuenca del Partido, el espacio drenado por el arroyo de La Parrilla, a pesar de que actualmente, y como resultado de las actuaciones del *Proyecto Doñana 2005* (MIMA, 2001), estas dos unidades territoriales aparecen separadas físicamente desde 2006. Se revertirían así las obras mediante las que dichas cuencas quedaron unidas artificialmente a

yo de La Parrilla, a pesar de que actualmente, y como resultado de las actuaciones del *Proyecto Doñana 2005* (MIMA, 2001), estas dos unidades territoriales aparecen separadas físicamente desde 2006. Se revertirían así las obras mediante las que dichas cuencas quedaron unidas artificialmente a

² Instituto de Cartografía de Andalucía, organismo dependiente de la Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía.

principios de la década de los ochenta. Así pues, y dado que ambas cuencas estuvieron conectadas de manera forzada entre 1981 y finales de 2006, hemos decidido mantenerlas integradas en el área de estudio a fin de que nuestro análisis se corresponda lo más fielmente posible con la realidad física de este territorio fluvial durante las últimas décadas.

En lo que respecta al diseño hidrográfico de la red fluvial del Partido, ésta presenta un dispositivo de tipo subparalelo a dendrítico, tanto más ramifi-

cado cuanto más aguas arriba nos situamos en cada uno de los brazos principales. El tramo final de la cuenca (aguas abajo del conocido como puente de la Casa de la Matanza), no ha sido evaluado desde este punto de vista, pues desde 1981, con el desarrollo del denominado Plan Almonte-Marismas de puesta en valor agrícola de la zona, se encuentra canalizado de forma artificial hasta su conexión con las marismas, habiendo sufrido en los últimos años una nueva reordenación de su margen izquierda (*Proyecto Doñana 2005*), a fin de recuperar

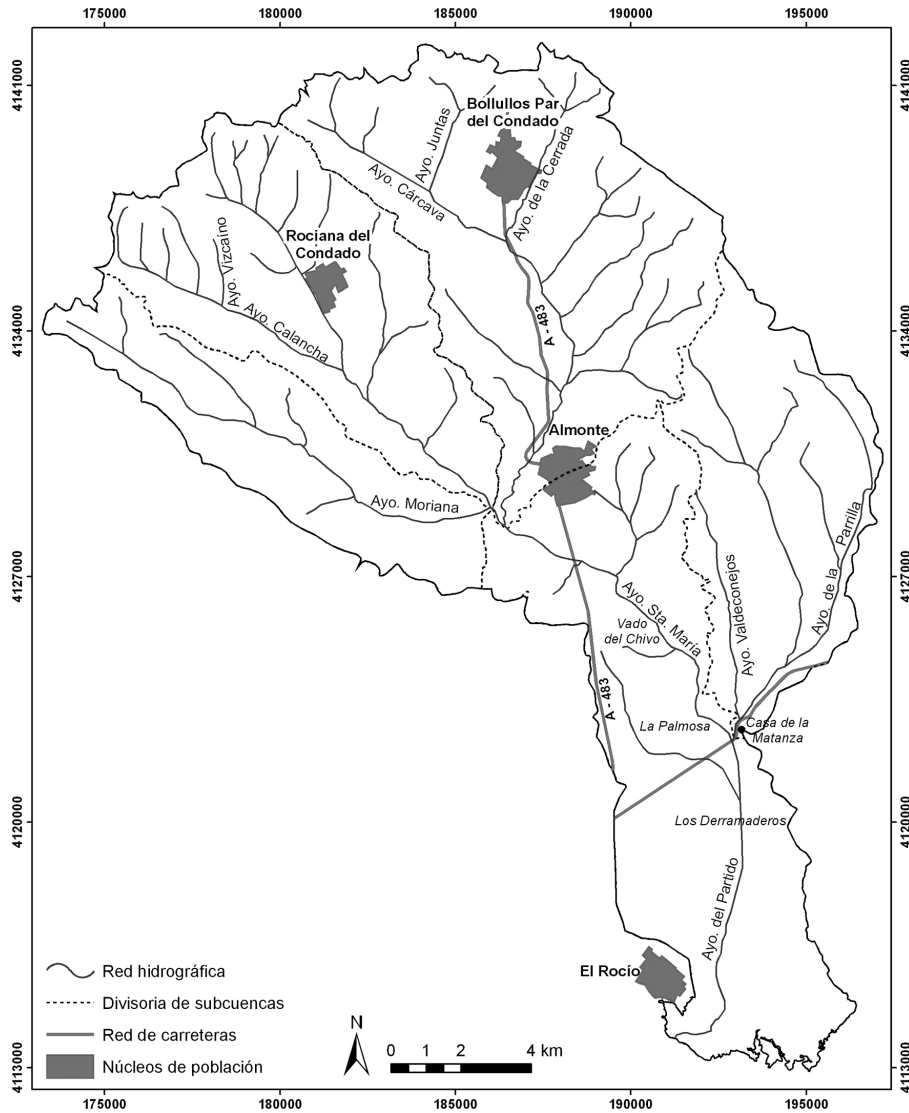


Figura 3. Subdivisión interna de la cuenca del Partido.
Figure 3. Internal subdivision of the Partido catchment.

parte del dispositivo en “*derramaderos*” con el que el cauce principal del Partido se abría sobre el Coto del Rey (sector norte del Parque Nacional de Doñana) previamente a dicha canalización (García y Marín, 2005).

Desde el punto de vista morfotopográfico la mayor parte de la cuenca se encuentra en el intervalo de 0-5% de desnivel. Se trata de un territorio caracterizado por la levedad de sus formas, mostrando un modelado de colinas de pendientes muy suaves en su tramo alto, donde se alcanzan los 160 m de altitud, mientras que la fisonomía del tramo bajo es prácticamente plana, enrasando con los 5 m ya en el contacto con las marismas del Guadalquivir. En buena parte se trata de un relieve condicionado por unas litologías de escasa consistencia, como son las correspondientes a las series detríticas de la fase terminal del Neógeno y el tránsito al periodo Cuaternario. Según el Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 (IGME, 1976), los materiales más abundantes son los limos arenosos calcáreos del Mioceno superior (*Limos Basales*), que ocupan la zona central de la cuenca, y en segundo término las *arenas y areniscas* del periodo Pliocuatrnario (*Arenas Basales*), que ocupan el sector centro-este de la misma. Por encima de estos materiales se disponen arenas y gravas pertenecientes al periodo Cuaternario, bien coronando los interfluvios, los más antiguos (¿glacis?), bien acomodándose como depósitos fluviales recientes en los ejes de los diferentes valles. Por su parte, la tipología y distribución de los suelos existente en la cuenca se ha obtenido a partir del *Mapa Geomorfoedáfico de Andalucía* a escala 1:400.000 (CMA³, 2005), habiéndose reconocido 4 categorías principales con una distribución muy ajustada al factor litológico. Los suelos desarrollados sobre la mayor parte de la cuenca son los correspondientes a los tipos *alfisol* y *entisol*, mientras que *histosoles* y *aridisoles* ocupan una mínima extensión, vinculándose exclusivamente al extremo sur de la misma.

Acerca de la caracterización de la evolución de los usos del suelo de la cuenca ya hemos publicado una primera valoración (Fernández *et al.*, 2007), como resultado del estudio realizado durante la pri-

mera fase del proyecto de referencia⁴. Dicho análisis se planteó para el periodo respectivo a la segunda mitad del pasado siglo, habiéndose llevado a cabo el análisis multitemporal a partir de las fuentes cartográficas y fotográficas disponibles para la zona, así como la elaboración de cartografías de usos pertenecientes a los años 1956, 1976, 1991 y 1999. El análisis comparado de esta última serie de mapas proporciona una idea cabal de la evolución que ha experimentado la utilización de este territorio por parte de ser humano. Al respecto de lo sucedido durante las últimas cinco décadas, aproximadamente, destacan los siguientes procesos de transformación: eliminación de la cubierta vegetal originaria y de plantaciones naturalizadas de coníferas para su puesta en valor agrícola y/o silvícola; sustitución de cultivos tradicionales por otros que se acompañan de técnicas de laboreo más agresivas; realización de desmontes relacionados con la implantación del eucalipto; y, finalmente, apertura y explotación de canteras de áridos en los interfluvios de los tramos altos de la cuenca. Actualmente trabajamos en el establecimiento de las causas que guían estos diferentes cambios, así como en el análisis de lo que ello ha supuesto en cuanto a pérdida de capital natural (Fernández, en preparación).

4. Resultados

Los resultados de la presente investigación se expresan a nivel de subcuencas (Fig. 3), habiendo incorporado la información relativa a la estructura y la dinámica hidrogeomorfológica del sistema, al tiempo que se ha prestado una especial atención a la acción antrópica sobre laderas y cauces, al haberse revelado como uno de los principales condicionantes de las disfunciones actuales del sistema fluvial.

4.1. Subcuenca del Arroyo Cárcava

El arroyo Cárcava muestra un dispositivo hidrográfico con un cauce de tipo monocal, con un trazado que va de lineal a levemente sinuoso en

3 Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

4 *Vid.* nota 1.

su tramo superior. Aguas abajo llega a conformar meandros que, aunque muy elementales y por regla general encajados en el sustrato, presentan ya ámbitos plenamente aluviales. Aguas abajo de la localidad de Bollullos Par del Condado, el Cárcava presenta un tramo de cauce rectificado de forma artificial, al igual que ocurre con alguno de sus tributarios por la margen izquierda en este sector (arroyo de la Cerrada). En el tramo final, desde dicha canalización hasta la confluencia con el arroyo Santa María, el cauce se expande y se encaja varios metros en el sustrato de limos-arenosos calcáreos del Mioceno superior, alcanzando anchuras que a veces superan los 100 m.

Con respecto al canal, en el tramo superior se presenta incidido en un sustrato areno-margoso, encontrándose en la actualidad sometido a un intenso proceso de azolvamiento por bancos de arena que, en algunos sectores, llegan a enrasar con la parte alta de las orillas. Aguas abajo la entrada de carga sedimentaria en el sistema se incrementa y los canales se muestran intensamente desarticulados. Desde el punto de vista morfo-sedimentario, el

modelado correspondiente al tránsito canal/orilla queda profundamente alterado, desapareciendo por completo en ocasiones. En el tramo comprendido entre el arroyo de las Juntas y la Autovía A-483 los canales aparecen igualmente colmatados e inmersos en una dinámica general de fenómenos de derrame que tienen como consecuencia la conformación de depósitos arenosos alojados fuera de los mismos. Entre ellos se distinguen, preferentemente, lóbulos de *floodout* y mantos de arena de llanura aluvial (*floodplain sand sheet*) (Fig. 4). Finalmente, el tramo inferior presenta un canal de tipo múltiple con una activa dinámica de meandros que se manifiesta en una traslación aguas abajo de los mismos y, en algunos casos, en procesos de extensión y rotación. Dicha dinámica de meandros es la responsable prioritaria del ensanchamiento del cauce por erosión en la base de las orillas, las cuales se presentan completamente verticalizadas. El lecho de este tramo bajo es de carácter arenoso y presenta abundantes barras tanto adosadas y centrales de tamaños variables, como asimismo de *point bar*.



Figura 4. Mantos de arena de sobrecanal (lóbulos de floodout y floodplain sand sheet.) en el tramo medio del arroyo Cárcava, aguas abajo de la localidad de Bollullos Par del Condado.

Figure 4. Floodout and floodplain sand sheet deposits of the Cárcava middle stretch, near Bollullos Par del Condado village.

Desde el punto de vista de la afección antrópica, sobre las vertientes de esta subcuenca destaca una intensa remoción del terreno provocada por la instalación de plantas de extracción de áridos y por los diversos desmontes llevados a cabo sobre la cubierta vegetal originaria. Esta última actuación se asocia con frecuencia al cultivo del eucalipto en los interfluvios de la cuenca alta, la cual cursa habitualmente bajo la siguiente secuencia: desmonte / nuevo uso / abandono / erosión. Dichas transformaciones conllevan una rápida reactivación de los procesos de arroyada, la concentración de flujos superficiales y el desarrollo de profundas cárcavas (Fig. 5).

En lo que respecta a las afecciones directas sobre el cauce, se reconocen asimismo sectores del canal de cuyos fondos se extrae el material arenoso que los colmata, el cual se utiliza luego para reforzar y recrecer artificialmente las orillas. En esta operación también se usan otros tipos de para-

petos como sacos terreros e, incluso, muros de obra. Habitualmente esta operación tiene como objetivo la protección de los labrantíos aledaños a los canales, ámbitos que se han vuelto cada vez más inundables merced al azolvamiento de aquellos, así como al incremento en sí de las escorrentías gracias, entre otros aspectos, al aumento de la impermeabilización de las laderas sobre las que se expanden los cultivos bajo plástico. Estas prácticas refuerzan aún más el deterioro de un Dominio Público Hidráulico (DHP), ya de por sí intensamente desnaturalizado no sólo a causa de su ocupación para uso agrícola, sino también como consecuencia de su compartimentación en recintos vallados para albergar ganado (“*corralitos*”), de la interposición de vados o desagües artificiales, de construcciones relacionadas con la captación de aguas, etc. Todo ello reduce drásticamente tanto la continuidad longitudinal del sistema, como la conectividad transversal entre los diferentes componentes del cauce.



Figura 5. Desarrollo de la arroyada concentrada como resultado de la actividad extractiva llevada a cabo en los interfluvios de la cuenca del arroyo Cárcava.

Figure 5. Gully progression induced by exportation of sandy mining.

4.2. Subcuenca del Arroyo Calancha

El cauce principal y los correspondientes a los colectores secundarios de la parte alta de este arroyo presentan un dispositivo de lineal a levemente sinuoso de tipo monocanal. Tanto uno como otros se presentan incididos en el sustrato areno-margoso y con lechos semicolmatados por depósitos de arena que, en algunos trechos alcanzan la parte alta de las orillas, lo que impide apreciar el modelado del canal y la caracterización del tránsito canal/orilla. Desde el punto de vista morfosedimentario la desarticulación del sistema fluvial es bastante intensa, alcanzando sus máximas cotas en el tramo que atraviesa la localidad de Rociana, donde el cauce aparece rectificado desde los años ochenta en una longitud aproximada de 1,5 km. Aguas abajo de este municipio el cauce sigue manteniendo su diseño monocanal incidido en el sustrato adquiriendo, no obstante, un dispositivo algo más sinuoso e insinuando áreas de inundación. Los canales aquí también presentan un alto grado de

colmatación, mostrando depósitos que llegan no sólo a enrasar con las orillas sino a desbordarlas, como demuestra la abundante presencia de acúmulos del tipo *floodplain sand sheet* y *floodout* compuestos a base de arenas y gravas finas. Asimismo, existen tramos del canal que han sido rectificadas con maquinaria y sus orillas recrecidas artificialmente, propiciando de este modo la aparición de un canal desconectado morfológicamente y funcionalmente de la llanura aluvial, o sea: completamente desestructurado en lo que a su continuidad longitudinal y transversal se refiere (Fig. 6).

Al igual que en el Cárcava, las áreas de cabecera de este otro brazo del Partido se encuentran alteradas por la existencia de varias instalaciones de extracción de áridos que generan una intensa remoción del terreno, así como por el desarrollo de un elevado número de desmontes de parcelas destinadas a uso forestal o de agricultura tradicional que han sido convertidas en áreas de cultivo intensivo bajo plástico (Fig. 7). Dichas transformaciones han dado lugar a la reactivación de la arroyada concen-



Figura 6. El recrecimiento artificial de las orillas en el arroyo Calancha provoca la desconexión del cauce con su llanura aluvial, quedando topográficamente por encima de ella.

Figure 6. The artificial regrowth of the banks in the stream disconnects Calancha channel with its floodplain, remaining topographically above it.

trada y a la aparición de zonas afectadas por intensos procesos de acarcavamiento. Se reconocen igualmente algunos sectores en los que se han recrecido de forma artificial las orillas con el sedimento arenoso procedente de la limpieza y rectificación del canal, o utilizando para ello material de obra, tocones de eucaliptos, paneles metálicos, etc. El ámbito de DPH también se presenta en esta cuenca altamente perturbado, como consecuencia de la ocupación antrópica del mismo con cultivos, vallados, construcciones, pasturaje, etc.

4.3. Subcuenca del Arroyo Colmenar

Desde la cabecera hasta aguas abajo de la confluencia con su afluente el arroyo Vizcaíno, el Colmenar presenta un cauce de trazado lineal a levemente sinuoso, con canal único encajado en el sustrato areno-margoso, así como con lechos semicolmatados por depósitos arenosos que en algunos sectores alcanzan la parte alta de las orillas. Por

debajo de este punto el cauce dibuja meandros regulares poco marcados, habilitando ámbitos de inundación con desarrollo de abundantes depósitos de sobrecanal (*floodplain sand sheet* y *floodout*) compuestos por arenas y gravas finas. Se reconocen igualmente tramos en los que se han llevado a cabo rectificaciones y recrecidos de orillas, lo cual ha terminado por desconectar el canal de su llanura aluvial tanto desde el punto de vista morfotopográfico como funcional. Por el contrario, el tramo bajo del Colmenar, desde la confluencia con el Calancha hasta la unión con el Cárcava, exhibe un cauce meandriforme con trechos de canal único que alternan con otros en los que se producen desdobles en dos o más ramales, así como grandes lóbulos arenosos coexistiendo con elementos morfo-sedimentarios del tipo llanura aluvial y alguna reducida representación de lo que podría constituir un escalón de terraza histórica. En la parte final, el cauce es bastante ancho y poco incidido, y por él divagan canales múltiples que trazan meandros bastante cerrados, a los que se asocian depósitos de *point bar*



Figura 7. La realización de desmontes para la implantación de cultivos bajo plástico ha proliferado en los últimos años en la cabecera del arroyo Calancha.

Figure 7. Clearing for the establishment of high technology crops has proliferated recently in the headwaters of the Calancha stream.

así como barras de canal centrales y laterales. Ya en las proximidades de la confluencia con el arroyo Moriana, las orillas del arroyo Colmenar adquieren un perfil más verticalizado salvando desniveles comprendidos entre 1 y 2 m.

Desde el punto de vista de la afección antrópica, las áreas de cabecera del Colmenar y, sobre todo, la de algunos de sus colectores por la margen izquierda, como es el caso del arroyo Vizcaíno (Fig. 8), constituyen áreas especialmente alteradas por la extracción de áridos, el desmonte relacionado con la explotación del eucalipto y la implantación de cultivos bajo plástico, que han requerido del empleo de maquinaria pesada para aplanar el terreno. Dicha afección trae como resultado una profunda alteración del sistema aluvial, cuya expresión más notable es el desarrollo generalizado de los sistemas de arroyada concentrada en laderas y la sobreabundancia de sedimentos en los canales.

4.4. Subcuenca del Arroyo Santa María

En este arroyo se distinguen dos tramos de características bien contrastadas. Desde la confluencia con el Moriana hasta el Vado del Chivo, el arroyo Santa María se caracteriza por la coexistencia de grandes lóbulos arenosos de sobrecañal y elementos morfosedimentarios conservados (llanura aluvial, terrazas históricas...), denotando un cierto mantenimiento de las constantes hidrogeomorfológicas de referencia, en contraposición con lo que ocurre por regla general aguas arriba. El cauce aquí es de tipo meandriforme con un canal que puede ser único o múltiple (dos o más brazos) según los sectores, y que también dibuja tornos de desigual radio de curvatura. En la parte final de este tramo se mantiene la dinámica de acumulación de depósitos de sobrecañal asociada a un cauce multicanal poco incidido en el sustrato que va expandiéndose e incidiéndose progresivamente, al



Figura 8. Planta de extracción áridos situada en la cabecera del arroyo Vizcaíno, margen izquierda del tramo alto del arroyo Colmenar.

Figure 8. Sandy mining plant located in the headwaters of Vizcaíno stream, at the left margin of the upper reaches of the Colmenar River.

tiempo que las orillas adquieren poco a poco una morfología tendente a la verticalidad.

Entre el Vado del Chivo y la confluencia con el arroyo de la Palmosa, más al sur, el Santa María hace ostensible un cauce netamente expandido con sectores en los que alcanza anchuras superiores a los 100 m. El trazado general es de carácter sinuoso a meandriforme con orillas muy verticales e incididas en el substrato que alcanzan los 4 m de altura en la parte final del tramo (Fig. 9). Dentro de él divagan múltiples canales los cuales se inciden directamente sobre el sustrato. El lecho presenta abundantes barras de arena, tanto adosadas y centrales como de *point bar*, con diferente cronología y grado de actividad según denota la cubierta vegetal y el desarrollo post-sedimentario de los diferentes acúmulos. Desde el punto de vista hidrológico este tramo se corresponde con el orden máximo identificado en la cuenca, pudiendo llegar a evacuar 340 m³/s en momentos de crecida (Mintegui, *et al.*, 2003). Este flujo genera un considerable

efecto erosivo en todo el tramo, puesto de manifiesto en el mencionado carácter expansivo de sus márgenes así como en la incisión sobre su fondo, lo que propicia el desplazamiento aguas abajo de una ingente cantidad de sedimentos arenosos.

El manejo antrópico en el tramo superior del Santa María se concreta bajo distintas fórmulas: en la existencia de numerosos vados que ejercen un efecto trampa, favoreciendo la acumulación de materiales aguas arriba de los mismos y la incisión de los canales aguas abajo; en la presencia de parcelaciones del cauce mediante alambradas transversales a su eje (los ya referidos "*corralitos*"); en la aparición de puntos de vertidos de residuos sólidos (escombreras); e, incluso, en la realización de represas artificiales construidas por los propietarios de las parcelas colindantes con el canal. Por su parte, en el tramo final, dicho manejo antrópico se plasma en actuaciones públicas de corrección hidrológica, relacionadas principalmente con el refuerzo y la protección de márgenes (escolleras, gaviones...).



Figura 9. Erosión lateral y encajamiento sobre el sustrato limo-arenoso del tramo final del arroyo Santa María.
 Figure 9. Side erosion on sandy-loam substratum in the final section of the Santa Maria River.

4.5. Subcuenca del Arroyo de Valdeconejos

El cauce del tramo alto del arroyo de Valdeconejos es de carácter lineal, monocal y incidido sobre el sustrato. En su seno se aprecian síntomas de una cierta erosión remontante que, conducida por procesos de carácter subsuperficial, afecta al techo de los depósitos arenosos del Plio-Pleistoceno con los que culmina la serie lito-estratigráfica en este sector de la cuenca (Fig. 10). Estos materiales arenosos están coronados por un perfil de alteración por debajo de cuyo frente aparecen facies menos permeables que las correspondientes

al resto de los horizontes suprayacentes. Ello introduce una importante discontinuidad en el perfil, como a 1 m por debajo de la topografía del terreno, a favor de la cual se articula el flujo subsuperficial responsable de la erosión remontante. Por su parte, en el tramo bajo del arroyo se organiza un dispositivo de cauce meandriforme, con canal encajado sobre el sustrato y orillas verticales, asimilándose así al modelo comentado para el caso anterior.

El impacto producido por el manejo forestal en esta subcuenca es el más significativo en comparación con cualquier otra afección antrópica. La corta del eucalipto, eliminado habitualmente por el



Figura 10. Resultado de la erosión subsuperficial en el arroyo de Valdeconejos. El nivel de arenas culminante es desalojado por flujos subsuperficiales asociados al muro limoso menos permeable.

Figure 10. Effects of backwards subsurface erosion in the Valdeconejos stream.

método de parcelas alternas, deja teselas del territorio sin cubierta vegetal durante un cierto tiempo. Ello amplifica los procesos erosivos ligados a la arroyada, generando sensibles desajustes en el sistema aluvial. Además, las tareas de saca, limpieza y acondicionamiento de las parcelas se llevan a cabo mediante la apertura de carriles para la maquinaria que siguen, habitualmente en el sentido de la pendiente, las hileras de la plantación. Este tipo de manejo provoca una tendencia a la concentración de la arroyada superficial, cuyos efectos se suman a los generados por la dinámica subsuperficial ya mencionada, reforzando así la capacidad remontrante de la erosión. Por su parte, aguas abajo, en el sector inmediatamente anterior a la confluencia del Valdeconejos con el Santa María, los efectos erosivos de la arroyada concentrada y el tránsito de la propia corriente principal se ven fortalecidos gracias a la incorporación al cauce de abundante material de plástico que, procedentes de los cultivos colindantes, ocasionan un efecto impermeabilizante de los lechos y una mayor aceleración de los flujos. La consecuencia inmediata es la incisión y el incremento de la zapa lateral que ensancha el canal del bajo Valdeconejos, asimilándolo, como hemos dicho, al modelo del ya mencionado arroyo Santa María.

4.6. Subcuenca del Arroyo de la Parrilla

Esta última subcuenca, la más oriental de toda el área de estudio, está drenada por un cauce monocal, levemente meandriforme e incidido sobre el sustrato areno-margoso en el tramo alto, presenta un canal colmatado en los tramos medios y de carácter expandido y orillas muy verticales y rectificadas artificialmente en el tramo bajo. En el lecho de los tramos medio y bajo abundan los acúmulos arenosos del tipo barras centrales y adosadas a las orillas, las cuales son de distinta cronología según se desprende de su distinto grado de fitoestabilidad. Puntualmente, la colmatación del canal ha podido dar lugar incluso a fenómenos de avulsión.

El manejo antrópico de esta cuenca es bastante intenso, concretándose tanto a través de actuaciones directas sobre el cauce (canalizaciones, rectificación mecánica de lechos, etc.), como mediante

deforestación y empleo de técnicas agrícolas (tratamientos químicos) con efecto impermeabilizante en las laderas. La principal de las actuaciones llevadas a cabo sobre el cauce tuvo lugar a principios de los años 80, cuando, como hemos con anterioridad, el arroyo de la Parrilla fue conectado mediante un canal artificial al arroyo Santa María cerca del puente de la Casa de la Matanza. Este hecho generó un cambio del nivel de base local que tuvo como resultado un importante reajuste del balance erosión-sedimentación en el tramo final de la Parrilla. En la actualidad esta situación se ha revertido con motivo de las actuaciones del proyecto Doñana 2005 (García y Marín, 2005), habiéndose recuperado su trazado natural en paralelo por el Este al arroyo del Partido hasta las marismas.

El manejo agrícola y forestal general de la cuenca ha introducido, por su parte, importantes factores desestabilizadores en el tramo medio-alto de esta subcuenca. Las actuaciones más perniciosas en este sentido han sido, de una parte, la utilización de productos con efecto impermeabilizante en el manejo de los cultivos arbóreos (olivar y frutales), que dificultan los procesos de infiltración y aumentan la escorrentía superficial; y, de otra, la tala y destoconado de grandes parcelas de eucaliptos, con el consiguiente incremento de la arroyada superficial, tanto laminar como, sobre todo, concentrada, que es la que realmente pone en circulación el importante volumen de sedimentos que arrastra este colector.

5. Síntesis y conclusiones

La caracterización hidrogeomorfológica general y el análisis de la afección humana sobre el conjunto de las subcuencas que conforman el arroyo del Partido permiten abordar un diagnóstico integral de este sistema fluvial y una modelización del mismo basado en la valoración conjunta de los desajustes que dicho sistema presenta a día de hoy, tanto a nivel estructural como funcional. Para ello se ha determinado una serie de *tramos* fluviales, los cuales se delimitan, independientemente de los arroyos a los que pertenezcan, en virtud de unas características hidrogeomorfológicas comunes y unas similares afecciones antrópicas (Fig. 11).

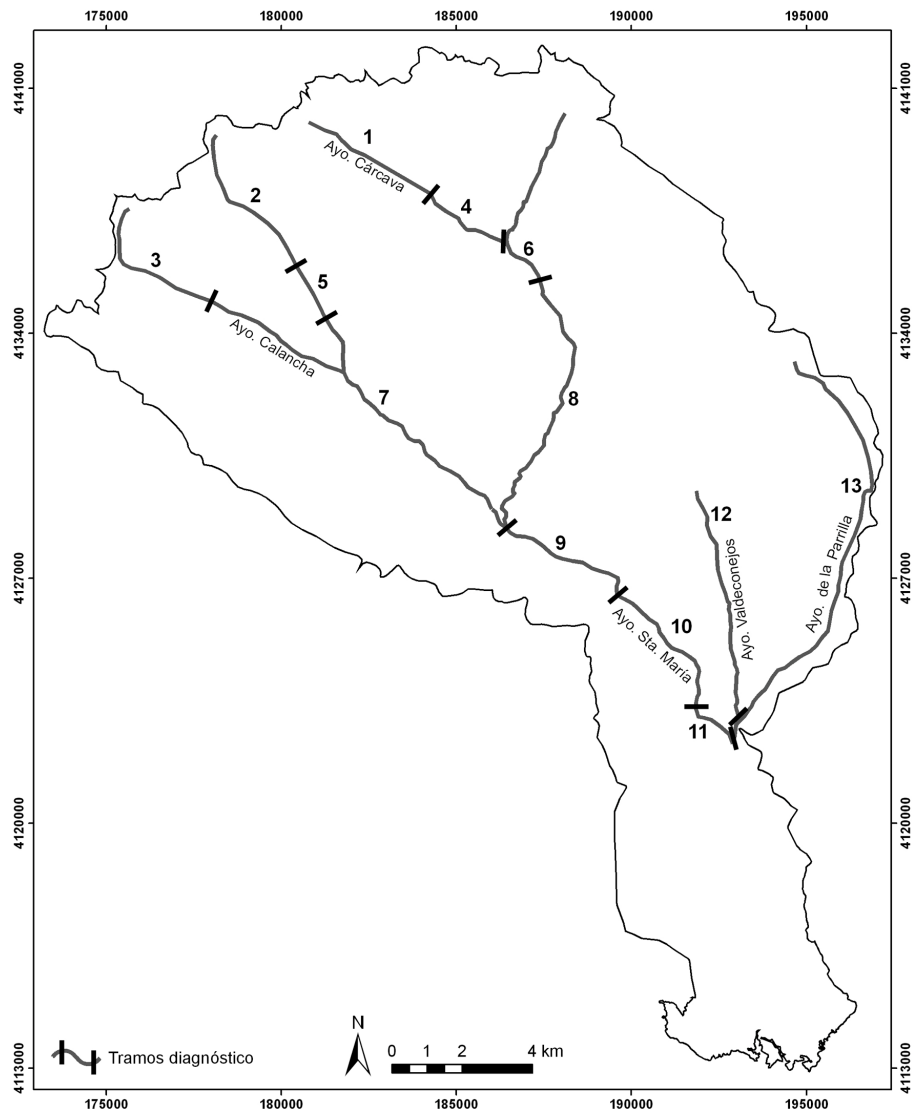


Figura 11. *Tramos-diagnóstico* identificados en la cuenca del Partido.
Figure 11. *Diagnostic-Stretch* identified in the basin of Partido River.

Según se aprecia en la tabla 1, la individualización y discriminación espacial de estos *tramos-diagnóstico* se realiza a partir del análisis combinado del estado actual de la organización y la dinámica de las riberas, por una parte (las características hidrogeomorfológicas relativas al diseño y naturalidad del cauce, al tazado del canal y al ajuste sedimentario, se han valorado en tanto que indicadores del estado de la estructura; y las relativas al

estado de naturalidad de las orillas, el balance edafo-sedimentario de las llanuras aluviales y la presencia y tipo de vegetación de ribera, en tanto que indicadores del funcionamiento del sistema), y del tipo y la intensidad de la incidencia humana sobre el sistema fluvial, por otra, ya se ejerza ésta a través de actuaciones directas sobre los cauces (invasión de áreas inundables, canalizaciones, rectificaciones, interposición de infraestructuras via-

rias, recrecido de orillas, etc.), o bien mediante el manejo del territorio drenado por cada uno de los tramos considerados (estado y gestión de la cubierta vegetal, desmontes y remoción de terrenos, extracciones de áridos, cambios de usos del suelo, prácticas agrícolas agresivas...).

Una lectura transversal de la tabla 1 permite apreciar cómo la incidencia de la actividad humana es tan variada como extensa y, además, cómo a cada conjunto de desajustes del sistema fluvial suele corresponderle un similar cuadro de afecciones. A partir de este diagnóstico general podemos establecer el siguiente patrón para el conjunto del sistema fluvial:

- Un curso alto (tramos 1, 2, y 3; Cárcava alto, Calancha alto y Colmenar alto, respectivamente) caracterizado por el desarrollo de cauces sinuosos de canal único, incididos sobre el substrato, sin llanura aluvial propiamente dicha y con escasos rodales conservados de vegetación de ribera, donde los canales se presentan prácticamente cegados por sedimentos de fondo, dándose casos de acumulación de materiales en régimen de sobrecañal. Los cauces de estos tramos altos se presentan intensamente ocupados por la actividad agrícola y en las laderas progresa una extensa red de regueros y cárcavas asociada a las áreas de desmonte donde proliferan (o proliferaron en su día) los eucaliptos, a las instalaciones de extracción de áridos y a la utilización de *agroplásticos* en parcelas previamente aterrazadas y/o terraplenadas. Con el agravante de que la adecuación realizada para este tipo de usos no ha tenido en cuenta, en muchos de los casos, el mantenimiento mínimo de los sistemas de drenaje o, en caso de haberlo contemplado (pasos de agua en relación con infraestructuras, por ejemplo), no ha sido calculado adecuadamente. Estas circunstancias han inducido un manejo hidráulico consistente sistemáticamente en la limpieza de los canales mediante tracción mecánica (eliminación de los sedimentos), en la rectificación de los mismos (pérdida del modelado), en la utilización del sobrante para recrecer las orillas (desnaturalización del cauce), así como en la sustitución de aquéllas por *muros* de sacos terreros, de fábrica, gaviones, etc., allí donde han ido

destruyéndose como consecuencia de la reactivación de los procesos erosivos. Todo ello ha hecho disminuir drásticamente la conexión longitudinal de estos tramos altos en relación al resto de la red fluvial, convirtiéndose en un sector que proporciona más sedimentos de los que el sistema puede procesar aguas abajo. En este modelo de curso alto habría que incluir también los sectores superiores de los tramos 13 (Valdeco-nejos) y 14 (La Parrilla), si bien éstos se verían afectados exclusivamente por la incidencia de los usos agroforestales y por un manejo centrado en la limpieza de los sedimentos que obturan los canales y en la rectificación de los mismos.

- Un curso medio (tramos 4, 7 y 9; Cárcava medio-alto, Calancha-Colmenar medio-bajo, Santa María medio, respectivamente), caracterizado por la presencia de cauces de trazado sinuoso y meandriforme, por el desarrollo incipiente de llanuras aluviales, pero sobre todo, por ser el ámbito donde se produce la sedimentación de una importante parte de la carga sólida transportada por los flujos desde las cabeceras, lo cual desnaturaliza por completo la red de canales. Abundan aquí todo tipo de depósitos de canal (barras de fondo, laterales y de meandro) y de sobrecañal (*floodplain sand sheet*) que han hecho desaparecer buena parte de las orillas y propiciado fenómenos puntuales de avulsión. El dominio público hidráulico de estos tramos registra una intensa ocupación, como corresponde a su inserción en una matriz agrícola como la que presenta la cuenca a esta altura, registrándose un desmantelamiento casi completo de la vegetación de ribera, la cual ha sido substituida por cañaverales, así como un recrecido de las orillas para protección de cultivos, unas abundantes canalizaciones artificiales, etc. Los tramos donde la afección antrópica sobre el cauce es más intensa también se reconocen en este curso medio del Partido. A este respecto destacan el tramo 5 (Calancha urbano), donde el cauce del arroyo Calancha se convierte en un canal artificial con el fondo de planchas de hormigón y las paredes también de obra y gaviones; así como el tramo 6 (Cárcava medio-bajo), situado al sur de la

Tabla 1. Caracterización general de los tramos-diagnóstico.
 Table 1. Basic characterization of diagnostic-stretches.

Tramo	Cauce	Canal	Depósitos	Orilla	Llanura aluvial	Vegetación de ribera	Afección antrópica
1 Cárcava alto	Trazado de lineal a levemente sinuoso	Monocanal, incidido en el substrato arenoso-margoso	Abundante carga sedimentaria de fondo, algunos depósitos de sobrecanal	Cubiertas por abundantes depósitos de arena	No existe	Escasos rodales de vegetación de ribera	Árido; desmontes, rectificación de canal; recrecido de orillas; construcción muros; ocupación agrícola y ganadera del DPH
2 Calancha alto	Trazado de lineal a levemente sinuoso	Monocanal, incidido en el substrato areno-margoso	Abundante carga sedimentaria de fondo, algunos depósitos de sobrecanal	Cubiertas por abundantes depósitos de arena	No existe	Muy escasos rodales de vegetación de ribera	Árido; desmontes; rectificación de canal; recrecido de orillas; construcción muros; ocupación agrícola y ganadera del DPH
3 Colmenar alto	Trazado de lineal a levemente sinuoso	Monocanal, incidido en el substrato areno-margoso	Abundante carga sedimentaria de fondo, algunos depósitos de sobrecanal	Cubiertas por abundantes depósitos de arena	No existe	Escasos rodales de vegetación de ribera	Árido; desmontes; rectificación de canal; recrecido de orillas; construcción muros; ocupación agrícola y ganadera del DPH
4 Cárcava medio-alto	Trazado lineal o levemente sinuoso	Monocanal incidido en el substrato areno-margoso	Depósitos de <i>floodout</i> y mantos de arena de llanura aluvial (<i>floodplain sand sheet</i>)	Manejadas antrópicamente	Llanura aluvial incipiente	Proliferación cañaverales	Rectificación tramos; peraltado de orillas; ocupación del DPH; vaciado excesivo de fondo del canal
5 Calancha urbano	Trazado lineal artificial	Monocanal artificial	No existen	Muros de hormigón y gaviones	No existe	Ruderales y cañaveral	Canal artificial; impermeabilización
6 Cárcava medio-bajo	Trazado lineal o sinuoso artificial	Monocanal con meandros pronunciados y con sector lineal artificial	Barras arenosas laterales y centrales en tramo no artificial	Artificiales muy verticales /escollera y muros de gaviones	No existe	Proliferación cañaverales	Canal artificial; rectificación y reconstrucción de tramos con meandros artificiales
7 Calancha-Colmenar medio-bajo	Trazado sinuoso	Monocanal con meandros regulares poco marcados	Abundante carga sedimentaria de fondo; depósitos de <i>floodout</i> y mantos de arena: <i>floodplain sand sheet</i>	Cubiertas por importantes depósitos de arena	Llanura aluvial incipiente	Vegetación casi inexistente	Rectificación tramo; recrecido de orillas; ocupación del DPH; relleno artificial de márgenes fluviales; vertidos
8 Cárcava bajo	Trazado expandido de lineal a levemente sinuoso	Multicanal meandriforme incidido en el substrato	Abundante carga sedimentaria; barras de <i>point bar</i> , laterales y centrales	Paredes verticales de gran altura	No existe	Vegetación casi inexistente	Ocupación del DPH
9 Santa María medio	Trazado meandriforme levemente expandido	Ancho y algo incidido, monocanal /multicanal con meandros	Barras arenosas laterales, centrales y especialmente de <i>point bar</i>	Tendientes a diseño vertical	Llanura aluvial y terraza histórica con algún paleocanal	Algunos rodales de vegetación de ribera	Vados; ocupación ganadera; represas; acumulación de material de vertedero
10 Santa María bajo	Trazado expandido de sinuoso a meandriforme	Multicanal de tipo meandriforme de tornos incididos en el substrato	Abundante carga sedimentaria; barras de <i>point bar</i> ; barras adosadas y centrales	Paredes verticales de gran altura	No existe	Vegetación casi inexistente	Actuaciones de protección de márgenes (escollera); vados
11 La Palmosa	Trazado expandido de sinuoso a meandriforme	Multicanal de tipo meandriforme incididos en la llanura aluvial	Abundante carga sedimentaria; desarrollo de numerosas barras de <i>point bar</i> ; barras	Paredes verticales de gran altura	Llanura aluvial desconectada del canal	Vegetación casi inexistente	Construcción de muros de contención de crecidas; actuaciones de protección de márgenes (escolleras)
12 Valdeconejos	Trazado lineal y meandriforme en el sector final	Monocanal incidido sobre el substrato	No se reconoce	Suaves en cabecera y más verticales en el sector final	No se reconoce	Eucaliptal	Manejo forestal intensivo con maquinaria pesada; vertedero; impermeabilización del canal por plásticos
13 La Parrilla	Trazado sinuoso a meandriforme en el sector alto y expandido en el sector final	Monocanal incidido en el substrato areno-margoso en el tramo alto y meandriforme en el tramo final	Abundante carga sedimentaria de fondo y desarrollo de barras adosadas y centrales; avulsión	Poco marcadas en cabecera y paredes verticales en el sector bajo	No se reconoce	Pinar Eucaliptal	Manejo forestal intensivo; técnicas agrícolas impermeabilizantes; limpieza de canales; rectificación de tramos; ocupación del DPH

localidad de Bollullos Par del Condado, donde se han reconstruido y rectificado varios trechos (escollera, muro de gaviones...). La resultante de todo este conjunto de circunstancias se transmite, lógicamente, aguas abajo, como asimismo ocurría con los tramos de cabecera respecto del curso medio. Y así puede comprobarse que, tras liberarse de una buena parte de la carga transportada desde los tramos altos, la corriente recupera cierta competencia y capacidad de arrastre, lo que se traduce en importantes efectos erosivos sobre las paredes de los cauces.

- Uno curso bajo (tramos 8, 10 y 11; Cárcava bajo, Santa María bajo y la Palmosa, respectivamente), caracterizado por el desarrollo de cauces de trazado sinuoso a meandriforme y modelados controlados por procesos activos de expansión lateral, así como por la presencia de canales incididos tanto sobre el substrato geológico como sobre sus propios depósitos aluviales. El desmantelamiento del sistema de conexión cauce/orillas/llanuras aluviales es casi total, apreciándose cómo las paredes verticales de varios metros de altura con las que los cauces enlazan con el valle retroceden de forma alarmante, desmantelando con ello pies de olivos, de pinos, etc. Esta situación de predominio de los procesos erosivos es extensible además a los trechos finales de los tramos 13 (Valdeconejos) y 14 (La Parrilla), los cuales reproducen a menor escala el patrón general que estamos poniendo de manifiesto para el conjunto de la cuenca. Este curso bajo del Partido concluye para nuestro trabajo a la altura del citado puente de la Casa de la Matanza, ya que, según se señaló al principio, a partir de aquí, y entre 1981 hasta 2006, las aguas de este arroyo viajaban canalizadas varios km hasta alcanzar las marismas del Parque Nacional de Doñana a la altura del Rocío. No obstante, no queremos dejar de subrayar la anomalía que introduce dicha canalización respecto de nuestro patrón. El hecho es que una vez que el Partido salía del trayecto que aquí hemos caracterizado como *curso bajo*, debería haberse asistido a una sedimentación de la sobrecarga arrancada del fondo y las paredes del cauce aguas arriba. Máxime si, como era el caso antes de 1981, a

partir de la Casa de la Matanza el cauce se bifurcaba en diversos ramales en la zona conocida como los *Derramaderos*. La canalización de estos flujos “derramados” hizo que la corriente, dotada ahora de mucha mayor competencia, prolongara dicha capacidad de erosión y transporte al trayecto canalizado artificialmente y trasladara los materiales procedentes del *curso bajo* y del propio fondo del canal hasta el interior de las marismas.

En conclusión, los resultados obtenidos por la presente investigación ponen de manifiesto, que las actuales disfunciones del sistema fluvial del Partido son la consecuencia de la combinación de tres factores, diferentes pero íntimamente relacionados entres sí, que se dan simultáneamente en el tiempo y que, en parte, se retroalimentan de manera negativa: por una parte, la importante transformación sufrida por la cuenca en relación con los usos del suelo y la tecnificación de las actividades agroforestales; por otra, la ocupación intensiva del cauce eliminando cualquier posibilidad de conectividad longitudinal y transversal; y, finalmente la inadecuada respuesta que, en forma de manejo hidráulico intuitivo y paliativo (acientífico), han ido dando tanto la administración como los particulares a los desajustes mostrados por el sistema fluvial durante las últimas décadas.

Agradecimientos

CHG-MIMA. Proyecto Doñana 2005; OAPN 036/2008; CGL2008-04000BTE; Contribución al IGCP Project 495.

Referencias Bibliográficas

- Borja, F. & Gómez, C. (1999). *Áreas de Influencia Aluvial* en el sector noroeste de las marismas del Parque Nacional de Doñana (1956-1993). En: *Actas del XVI Congreso Nacional de Geógrafos Españoles. El Territorio y su imagen* AGE. Dpto. de Geografía de la Universidad de Málaga, Vol. I, 37-47 pp.
- Borja, C., Borja, F., Lama, A. & Fernández, M. (2008). Dinámica hidrogeomorfológica y presión antrópica en pequeñas cuencas mediterráneas. El caso del arroyo El Partido (Huelva, SW España). En: *Trabajos de Geomorfología en España 2006-2008* (J. Benavente y J. Gracia, eds.). SEG-Universidad de Cádiz, Cádiz, 427-430 pp.

- Borja, F. & Gómez-Ponce, C. (2002). Cambios recientes de usos del suelo y respuestas morfohidrográficas en las cuencas menores y marismas del sector NW del Parque Nacional de Doñana. En: *Aportaciones de la Geomorfología de España en el inicio del Tercer Milenio* (A. Pérez González, J. Vegas y M.J. Machado, eds.), SEG-IGME, Serie Geología nº 1, Madrid, 31-36 pp.
- Borja, F., Borja, C., Lama, A. & Fernández, M. (2006). *Análisis de riesgos geomorfológicos y evaluación de procesos de erosión en la cuenca del arroyo del Partido, Huelva. Informe previo sobre el estado actual de la investigación*. Informe inédito. CHG-MIMA, Huelva, 82 pp.
- CMA (2005). *Mapa morfoedáfico de Andalucía a escala 1:400.000*. Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía), Sevilla.
- Fernández, M., Borja, F. & Borja, C. (2007). Análisis de la evolución de los usos del suelo en la cuenca del arroyo del Partido durante las últimas décadas. En: *La geografía en la frontera de los conocimientos*. AGE-UPO, Sevilla, 1-9.
- Fernández, M. (en preparación). *Evolución de los usos del suelo en la cuenca del arroyo del Partido. Análisis comparado de los últimos cincuenta años*. Tesis de Maestría. Universidad Internacional de Andalucía.
- Gómez, C. (2000). *Evolución reciente de las cuencas vertientes del sector N y NW de las marismas del Guadalquivir. Manejo antrópico y respuestas morfo-hidrográficas*. Tesis de Maestría (inéd.). Universidad Internacional de Andalucía. 155 pp.
- Gómez, C. y Borja, F. (2000). Alluvial influenced areas in the NW of marshlands of Doñana National Park. *Environmental changes during the Holocene. Fieldtrip Guide*. Comité Nacional de España - INQUA. Commission on the Holocene. 10-14 pp.
- García, F. & Marín, C. (2005). *Doñana. Agua y biosfera*. CHG-MIMA, Madrid, 353 pp.
- González, M. & García, D. (2006). Propuesta de caracterización jerárquica de los ríos españoles para su clasificación según la Directiva Marco del Agua. *Limnetica*, 25(3), 693-712.
- IGME (1976). *Mapa Geológico de España Serie Magna 1:50.000. Hoja 1001-Almonte*. IGME, Madrid.
- MIMA (2005). *Documento Marco para el desarrollo del Proyecto Doñana 2005. Regeneración hídrica de las cuencas y cauces vertientes a las marismas del Parque Nacional de Doñana*. MIMA, Madrid, 201 pp.
- Mintegui, J.A. & Robredo, J.C. (2000). Sedimentation cone formation in a gentle-slope torrential channel. Analysis of the El Partido stream in the Parque Nacional de Doñana area. *Quaderni di Idronomia Montana* 20, Special Issue: *Dynamics of Water and Sediments in Mountains Basins*, Lenzi M.A. (ed.), Editoriale Bios, Italia, 231-245 pp.
- Mintegui, J.A., Robredo, J.C. & Sendra, P.J. (2003). Avenidas torrenciales en el Arroyo del Partido y su incidencia en la marisma del Parque Nacional de Doñana. O.A.P.N., Madrid, 373 pp.
- Mintegui, J.A., Robredo, J.C. & Sendra, P.J. (2004). Development of sedimentation into the northern wetland of the Doñana National Park (Spain). *Proceedings of Fifth International Symposium on Eco-hydraulics*, IAHR-UPM, Madrid, Vol. 1, 274-280 pp.
- Ollero, A., Ballarín, D., Díaz, E., Mora, D., Sánchez, M., Acín, V., Echevarría, M.T., Granada, D., Ibisate, A., Sánchez, L. & Sánchez, N. (2008). IHG: un índice para la valoración hidrogeomorfológica de sistemas fluviales. *Limnetica*, 27(1), 171-187.
- Prichard, D., Barrett, H., Cagney, J., Clark, R., Fogg, J., Gebhart, K., Hansen, P.L., Mitchell, B. & Tippy, D. (1993). *Riparian area management. Process for assessing proper functioning conditions*. Bureau of Land Management Service Center, USA, Denver, 51 pp.
- Sendra, P. J., Mintegui, J. A. & Robredo, J.C. (2002). El arroyo del Partido: un torrente dormido, *MA Medioambiente*, 41, 52-57.