

IV Reunión de Geomorfología
Grandal d'Anglade, A. y Páges Valcarlos, J., Eds.
1996, Sociedad Española de Geomorfología
O Castro (A Coruña)

DINÁMICA DE MEANDROS Y RIESGOS HIDROGEOMORFOLÓGICOS EN ALCALÁ DE EBRO Y CABAÑAS DE EBRO (ZARAGOZA)

Ollero Ojeda, A.

Dpto. Geografía, Prehistoria y Arqueología. Universidad del País Vasco
c/ Marqués de Urquijo, s/n, 01006 VITORIA-GASTEIZ

RESUMEN

Alcalá de Ebro y Cabañas de Ebro constituyen los enclaves de máximo riesgo hidrogeomorfológico del curso medio del Ebro. Las dos localidades se ubican dentro de la llanura de inundación y en sendas orillas cóncavas de meandros pronunciados. Se analiza la dinámica reciente del cauce de meandros libres en este sector aguas arriba de Zaragoza, así como los riesgos derivados de dicha dinámica, que han requerido sucesivas actuaciones de defensa.

Palabras clave: río Ebro, dinámica fluvial, meandros, erosión, inundabilidad, riesgos, defensas

ABSTRACT

Alcalá de Ebro & Cabañas de Ebro are the most threatened places with hydrogeomorphological risk in the middle Ebro. Both towns are placed in the floodplain and on each concave bank of sharp meanders. The recent dynamics of the free meanders river bed upstream from Zaragoza is analysed, as well as the risks derived that dynamics, which have required several successive protection works.

Key words: Ebro river, fluvial processes, meanders, concave-bank erosion, floods, risks, protection works

INTRODUCCION Y AREA DE ESTUDIO

A unos 30 km aguas arriba de Zaragoza se instalan en la margen derecha del río Ebro las localidades de Alcalá de Ebro (310 habitantes en 1991) y Cabañas de Ebro (561 habitantes). Distantes 4 km entre sí, sus respectivos enclaves son muy similares. Ambas se localizan dentro de la llanura de inundación, sobre un nivel de terraza a apenas 3 m (inundable por tanto) sobre el cauce actual y en orilla cóncava de sendos meandros del Ebro. Esta ubicación y la dinámica a la que el cauce del Ebro ha asistido son responsables de que nos encontremos ante los dos puntos de mayor riesgo hidrogeomorfológico de todo el curso medio del Ebro. Este nivel de riesgo se basa, por un lado, en la inundabilidad con periodos de retorno cortos, y por otro, en la fuerza erosiva de la corriente, que incide directamente en las orillas sobre

las que se cimentan estas poblaciones. Sus habitantes han visto aproximarse el cauce hasta sus mismas casas y han sufrido inundaciones en cada crecida importante del Ebro, en alerta ante la posibilidad de que se produjeran desplomes y temiendo quedarse aislados. De hecho, Alcalá de Ebro ha quedado en varias ocasiones a lo largo de la historia aislado entre dos brazos del Ebro. Tradicionalmente se ha considerado que Cervantes ubicó aquí la Insula Barataria en la que gobernara Sancho Panza.

Ya detectamos el interés geomorfológico y el grado de riesgo de estos enclaves en estudios anteriores (OLLERO, 1996). El objetivo del presente trabajo es analizar la dinámica del cauce del Ebro en el tramo Alcalá-Cabañas para evaluar qué procesos han sido responsables de esta situación y en qué medida las obras de defensa llevadas a cabo en los dos núcleos están condicionando la actual dinámica del cauce.

Los cambios de trazado en cauces meandriformes, sus causas y consecuencias, han sido abundantemente tratados en la bibliografía internacional, pero no existen referencias recientes de trabajos que analicen el riesgo en poblaciones como consecuencia de la erosión lateral de un cauce. En nuestro país este tema no ha sido tratado por la bibliografía, en buena medida porque los casos son muy puntuales. Este hecho resalta el interés del ejemplo de Alcalá de Ebro y Cabañas de Ebro.

El río Ebro discurre por el centro de su Depresión describiendo, a lo largo de 346,5 km desde El Cortijo (Logroño) hasta la presa de Alforque (La Zaida), un cauce de meandros libres que divagan sobre una llanura de inundación cuya anchura media es de 3,23 km, alcanzando puntualmente los 6 km de anchura máxima. En ella habitan unas 150.000 personas. El índice de sinuosidad medio del cauce menor es de 1,505 (OLLERO, 1996).

Al discurrir sobre un valle amplio y de pendiente muy baja (una media del 0,67 por mil), la dinámica del cauce ha sido de gran intensidad a lo largo de la historia, reduciéndose hasta su mínima expresión a raíz del periodo 1945-1965 en el que se incrementa la regulación de la cuenca y se desarrollan numerosas defensas de margen que impiden la movilidad del cauce. Un nuevo periodo de avatares hidrológicos entre 1977 y 1981 llevó a completar el sistema defensivo, de manera que desde hace década y media, con todas las orillas cóncavas protegidas, no se ha asistido a ninguna manifestación significativa de cambios de trazado en el canal.

En la geomorfología de cauce y riberas destaca la abundancia de meandros abandonados sobre la llanura de inundación. Mientras las cortas de canal de crecida (*chute cut-off*) han sido muy frecuentes, las cortas de cuello (*neck cut-off*) han sido mucho más puntuales, y en muchos casos provocadas por el hombre. También abundan los brazos ciegos o apéndices inundados que se abren a la entrada de los vértices de numerosos meandros, principalmente en los que presentan una curvatura no regularizada. Suele tratarse inicialmente de brazos secundarios o canales de crecida que se ciegan desde aguas arriba.

El régimen del Ebro en el área de estudio es pluvio-nival con máximo en febrero (OLLERO, 1996). El caudal medio en la estación de aforo de Zaragoza es de 266,7 m³/s (serie 1950-85). La influencia pluvial oceánica produce los notables caudales invernales, además de la mayor frecuencia de crecidas en dicha estación. Entre las crecidas más importantes del siglo hay que destacar la de enero de 1961, con 4.950 m³/s en Castejón y 4.130 m³/s en Zaragoza, la de

marzo de 1930, con 3.380 m³/s no instantáneos en Castejón y 3.500 m³/s por Zaragoza y la de febrero de 1952, con 3.140 m³/s en Castejón y 3.260 m³/s en Zaragoza.

METODOLOGÍA

Este trabajo constituye una primera aproximación a un tramo del Ebro de máximo interés, en cuya dinámica pensamos profundizar en próximos trabajos. Para el estudio de la dinámica del cauce del Ebro en Alcalá y Cabañas nos hemos centrado en la fotointerpretación de los vuelos de 1927 (Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro) y 1957. Lamentablemente el vuelo de 1946 no ha podido ser obtenido a tiempo para la presente investigación. La situación actual se ha reconocido a partir de las fotografías aéreas más recientes disponibles (diciembre de 1990, a escala 1:10.000) y se ha comprobado con cartografía de detalle y trabajo de campo.

En los archivos de la Confederación Hidrográfica del Ebro se han consultado datos hidrológicos, informes sobre consecuencias de las crecidas y todos los proyectos y expedientes de las obras de defensa llevadas a cabo en los dos municipios afectados.

En próximas investigaciones esperamos avanzar en la consulta de cartografía antigua y hemerotecas. No hemos indagado hasta el momento sobre aspectos históricos del poblamiento de los dos núcleos tratados, aspecto de sumo interés ya que su situación ha debido causar numerosos problemas en el pasado. También está previsto realizar encuestas a la población para confirmar fechas y acontecimientos y tratar de evaluar la sensación social de riesgo.

RESULTADOS: ANALISIS DE LA DINAMICA Y DEFINICION DE RIESGOS

EL CASO DE ALCALÁ DE EBRO

Alcalá de Ebro se inserta en el tramo de máxima sinuosidad del Ebro medio, con un índice de 1,954. El cauce actual, con una pendiente del 0,35 por mil, discurre aproximadamente por el centro de la llanura de inundación. Hay un destacado desarrollo de las defensas. En la margen izquierda la huerta de Remolinos se encuentra cerrada frente a inundaciones de períodos de retorno cortos por dos diques consecutivos (figura 1). En la margen derecha, junto a defensas de margen de construcción actual, se encuentran las diversas actuaciones que pretenden la defensa del núcleo de Alcalá de Ebro.

Hasta Alcalá el cauce se desgaja en islas en cada entrada o salida de sinuosidad e incide en las márgenes cóncavas de Luceni, sólo parcialmente defendidas, en algunos casos con vertido de escombros. Entre Luceni y Alcalá es significativo, como se refleja en la figura 2, el avance de los vértices de meandro aguas abajo entre 1927 y 1957, mientras la tendencia desde esa última fecha ha sido al aumento de la amplitud de onda, con erosiones de entre 45 y 210 m en las orillas cóncavas. El viejo meandro de La Madraza (fig. 1), abandonado en el pasado siglo y ocupado en su arco por un carrizal todavía en 1946, se encontraba ya totalmente cultivado en 1957, quedando hoy tan sólo sus desniveles topográficos como prueba de un antiguo cauce. Su lóbulo se

encontraba enormemente desarrollado en relación con la estrechez de su cuello, punto en el que se produjo la corta.

Inmediatamente aguas arriba de Alcalá, el meandro de La Mejana constituye un punto de interés en el que el cauce ha variado su trazado considerablemente desde 1927. En aquella fecha el curso fluvial discurría a 630 m de distancia de Alcalá de Ebro describiendo un tren de meandros distinto al actual (fig. 2). En 1927 la sinuosidad era menor y el último vértice de meandro anterior a Alcalá se emplazaba 1 km aguas arriba de la misma, junto al camino-dique que la une con Luceni. A partir de ese punto el cauce se encaminaba recto al NE e iniciaba de nuevo sinuosidades hasta Remolinos.

En 1957 la situación ha cambiado por completo. La propia evolución y marcada migración aguas abajo de los meandros de Luceni es la que lleva a la última curva a chocar con el casco urbano de Alcalá, con el citado avance de 630 m que en el caso del vértice del meandro es un avance de exactamente un kilómetro.

Sin embargo en 1957 la corriente del Ebro queda todavía a unos pocos metros del pueblo. En la situación actual, confirmada en las fotografías de 1981 y 1990, se ve el cauce totalmente adosado a la localidad y el meandro ha migrado aguas abajo (en este caso ya al NE, para continuar con la familia de curvas que lleva a Remolinos) unos 145 m. Esta migración implica que la corriente del Ebro se encamina frontalmente contra el núcleo de Alcalá, que si en 1957 se encontraba a la salida de la orilla cóncava, ahora se encuentra a la entrada. Si no fuera por las obras de defensa realizadas para proteger el casco urbano, éste habría sido ya parcialmente derribado por el Ebro, ya que constituye un saliente sobre el cauce que rompe el diseño regular de la curva.

Las referencias que hemos obtenido en los archivos de Confederación indican que las avenidas de consecuencias más graves para el núcleo y la huerta de Alcalá han sido las de enero de 1871, cuando parece ser que únicamente quedaron 4 casas en pie, la de abril-mayo de 1888, la de marzo de 1930, la de febrero de 1952, la de enero de 1961 y más recientemente la de junio de 1977.

Según los informes consultados, el proceso de aproximación del cauce desde su situación de 1927 hasta su choque con Alcalá se produjo entre 1940 y 1952. Parece que fue la crecida de febrero de 1952 la que aceleró y concluyó el proceso de desplazamiento por erosión de margen cóncava, dejando aislados en el centro del cauce los castilletes del transbordador de transporte de sal que enlazaba las minas de Remolinos con la estación del ferrocarril de Pedrola. El proceso afectó también a la barca de paso que comunicaba Alcalá con Remolinos.

En septiembre de 1952 el alcalde solicitó a la Confederación con urgencia obras de defensa para evitar que prosiguiera la socavación de la orilla donde se instala la localidad. Se construyeron 4 espigones para desviar la corriente en el tramo de mayor erosión, de 700 m de longitud, entre la barca y el pueblo. La crecida de 1961 causó buena parte del desplazamiento del vértice de meandro descrito posterior a 1957, y provocó la necesidad de defender mayor longitud, por lo que se añadieron dos nuevos espigones. Son de hormigón, de 25 m de longitud y dos de altura, asentados sobre escollera artificial de bloques de 0,7 m de arista. Las obras se concluyeron en octubre de 1964.

En octubre de 1982, tras nuevos daños causados por las diversas crecidas del periodo 1977-1981, se levantó un muro de hormigón de 1,5 m de altura y 20 a 40 cm de anchura de coronación, alternando con dique de 4 m de anchura de coronación y 1,5 m de altura. Su longitud total es de 2.062 m, rodea la localidad por todos sus lados salvo el meridional, y enlaza con otras defensas aguas arriba y abajo. Esta obra se completó con un vertido de escollera natural y coraza metálica entre los espigones, todavía en buen estado, en los 460 m de margen de máximo riesgo. El muro-dique no ha sido rebasado en crecidas posteriores, estimándose que puede contener hasta una crecida de 4.500 m³.

La protección actual es total y efectiva. Ya no se produce erosión en la margen defendida y las últimas inundaciones sólo han producido algunos encharcamientos en el casco urbano a través del alcantarillado. Ahora bien, los espigones y muros que protegen la localidad son responsables de la imposibilidad del cultivo en todo el lóbulo situado enfrente (margen izquierda), en el que incluso las formaciones vegetales ribereñas maduras encuentran dificultades para prosperar. Se observa en el trazado actual del meandro (fig. 2) que el espolón de Alcalá estrecha la corriente en pleno vértice, mientras paralelamente se produce un ensanchamiento aguas arriba y aguas abajo, superando el canal de estiaje los 230 m de anchura.

LA FAMILIA DE MEANDROS ENTRE ALCALÁ Y REMOLINOS

Entre Alcalá de Ebro y Remolinos el Ebro describe un tren continuo y regular de meandros de pequeñas dimensiones pero de amplitudes bien desarrolladas y curvaturas correctamente diseñadas, en relación con la bajísima pendiente. El cauce ha abandonado su dirección habitual WNW-ESE para serpentear desde Alcalá de SW a NE. Ello se debe a la presencia del pequeño escarpe de terraza inundable en el que se asienta Alcalá, que constituye un freno en la margen derecha y desvía hacia la izquierda la familia de meandros. Entre Remolinos y Cabañas el cauce recupera su dirección normal.

Los límites de la llanura de inundación están constituidos en la margen izquierda por un escarpe terciario margo-yesífero a cuyo pie se suceden los conos de deyección, mientras en la derecha son difíciles de definir, por cuanto el enlace con la terraza no inundable se efectúa mediante una suave rampa, alcanzando el terreno inundable el borde septentrional de la localidad de Pedrola. La llanura de inundación llega a alcanzar una anchura máxima de 5,8 km. Remolinos ocupa un cono de deyección, situándose en el límite de la máxima inundación.

Tras las variaciones producidas entre 1927 y 1957 (fig. 2), los vértices de meandro sucesivos alcanzan una regularidad manifiesta desde 1957, no habiéndose registrado variaciones posteriores aun cuando sus orillas cóncavas no han sido defendidas. Esta situación de estabilidad parece relacionada con la incapacidad de la corriente para seguir erosionando las concavidades como consecuencia de la falta de una pendiente suficiente. En suma, el índice de ameandramiento es el máximo que se puede registrar con las condiciones estables que ofrecen los restantes elementos del sistema.

La familia de meandros va aumentando la amplitud de onda desde 921 m hasta 1.376 m, mientras los radios medios de curvatura son bastante similares, en torno a los 350 m. Destaca la aparición de islas en los puntos de

inflexión, en las que el denso cubrimiento vegetal es un síntoma más de estabilidad. En las márgenes se observan las huellas de meandros abandonados, siendo el más reciente el que corresponde a un brazo secundario-ciego en 1927, que con anterioridad debió de ser principal, implicando que el vértice de Remolinos se encontraba 600 m aguas arriba que en la actualidad

Pese a la estabilidad del tramo y la mínima potencia de la corriente por la baja pendiente, no podemos descartar variaciones en el futuro, teniendo en cuenta la ausencia de defensas de margen en este sector. Las consecuencias de las crecidas extraordinarias, tras cubrir completamente el cauce menor y desbordar con facilidad toda el área, son imprevisibles y pueden implicar variaciones de trazado. Una corta natural en alguno de estos meandros reduciría la sinuosidad, incrementaría la pendiente y reactivaría la dinámica.

Aguas abajo se reduce la sinuosidad hasta el irregular lóbulo de La Pulliguera, ya en las riberas de Cabañas. El meandro de La Pulliguera presenta una serie de vértices menores que han pronunciado sus curvaturas desde 1957, tratándose de un área inestable en la que los procesos de erosión son activos. En 1927 el meandro describía una curvatura más regular en la que se observaban distintas barras de grava no colonizadas por la vegetación. La pendiente del cauce es de sólo el 0,29 por mil. Precisamente esta inestabilidad en el fragmento de cauce anterior complica la situación de Cabañas de Ebro.

DINÁMICA, RIESGOS Y ACTUACIONES EN CABAÑAS DE EBRO

La curva en cuya concavidad se asienta la población, la cual avanza a modo de proa sobre el cauce con mayor penetración que Alcalá, se muestra enormemente irregular, presentando un radio de curvatura mínimo. Esta irregularidad se debe a las condiciones del trazado aguas arriba, pero sobre todo a la ubicación del pueblo y sus defensas en un punto en el que el cauce, si hubiera podido seguir su dinámica natural, habría avanzado considerablemente hasta regularizar un meandro más amplio. En consecuencia, nos hallamos ante un punto de máximo riesgo e interés en el que la interrelación cauce-pueblo defendido es enormemente compleja. El cauce amenaza al núcleo habitado, y lo ha hecho tradicionalmente, mientras el pueblo condiciona el trazado del cauce y le obliga a describir un recorrido irregular que altera el sistema en toda el área. Así, el cauce se ha visto obligado a ensancharse enormemente en plena curva, a inundar permanentemente el fragmento de soto situado frente al pueblo en la margen izquierda y a erosionar con fuerza, avanzando unos 320 m desde 1927, dicha margen originando un nuevo vértice que complica la morfología del lóbulo de La Pulliguera.

Las crecidas de enero de 1871 y enero de 1877 generaron enormes daños e inundaron el pueblo, siendo posiblemente las responsables de la instalación del cauce junto al núcleo habitado. En la crecida de marzo de 1930 se inundaron de nuevo las casas bajas y se temió una posible corta a partir de la propia concavidad en la que se asienta el pueblo, de manera que éste habría quedado aislado en la margen izquierda. La tendencia a la corta es frenada en la actualidad por los obstáculos consecutivos de los espigones, el muro de hormigón y la carretera de la estación.

A raíz de una solicitud del alcalde, la Confederación, en proyecto de 1931, propuso una serie de espigones cortos por considerarlos más económicos que

la escollera. Al parecer, no llegaron a realizarse, y en 1948, fecha de un nuevo proyecto, ya se habían desplomado algunos bloques del escarpe bajo los corrales del pueblo. El riesgo de socavación de la margen cóncava era continuo, necesitando especial atención la cimentación de las defensas del pueblo. Mientras en las grandes crecidas el único peligro era la humectación prolongada del escarpe, en aguas medias y pequeñas avenidas, a causa de la mayor velocidad de la corriente, la erosión era más efectiva.

En 1948 se proyectó una escollera artificial con dos espigones aguas arriba. Hubo otro proyecto modificado en 1961 con actualización de precios, ya que la longitud afectada había ascendido, ante la crecida de enero de 1961, a 900 m, lo cual implicó la proyección de tres nuevos espigones y 125 m más de escollera. Definitivamente se construyeron en 1963 cinco espigones de unos 50 m de longitud, acompañados de la escollera artificial, y aguas abajo de los mismos un revestimiento de enlosado a lo largo de 225 m.

Detrás de los espigones existía un antiguo muro de hormigón del que desconocemos su fecha de construcción. Este muro fue destruido en la crecida de enero de 1961, proyectándose uno nuevo de sección escalonada de hormigón en masa, cimentado en terreno firme y sobre escollera de bloques, rellenándose de grava la zona entre el trasdós del muro y el terreno natural para evitar que se llenase de agua procedente de lluvia. Los extremos se arraigaron lateralmente en el terreno mediante muros de cierre. Se concluyó en 1963.

En 1978, tras las crecidas de febrero y marzo, se rehizo el muro deteriorado y volvió a verse escollera artificial. Recientemente la obra ha sido prolongada aguas abajo para completar la defensa de todo el casco urbano.

Como en el caso de Alcalá no ha habido daños posteriores, si bien a través de filtraciones y alcantarillado se ha producido la inundación de las calles más bajas en las últimas crecidas de los inviernos de 1992 y 1993.

La ubicación del núcleo de población implica la imposibilidad del cauce para desarrollarse, con lo que los problemas de inundación en la margen opuesta son permanentes. La inundabilidad es igualmente más elevada que en condiciones naturales en toda la margen de Cabañas aguas abajo, como se ha observado en crecidas recientes.

ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE LOS RIESGOS HIDROGEOMORFOLÓGICOS

De acuerdo con la concepción de PANIZZA (1988), el riesgo ambiental es el resultado del producto de la peligrosidad ambiental por la vulnerabilidad territorial; es decir, en la práctica debe entenderse como la probabilidad de que las consecuencias socioeconómicas (vulnerabilidad territorial) de cierto fenómeno de peligrosidad (inestabilidad natural o inducida en mayor o menor medida por el hombre) superen un determinado umbral. En un estudio de riesgos, por tanto, hay que analizar las relaciones entre las distintas modalidades de peligrosidad ambiental y los factores de vulnerabilidad, que constituyen un complejo conjunto de población, infraestructuras, actividades económicas y organización social.

Similar concepción es la de ROWE (1977), que define al riesgo como el producto de la probabilidad de ocurrencia de un peligro por el valor del daño que origina. AYALA (1987) opta por una acepción más amplia del concepto,

emplea el término riesgo como sinónimo de peligrosidad y lo define como "todo proceso, situación o suceso natural, inducido o mixto que puede generar un daño económico o social para alguna comunidad..."

Los riesgos observados en Alcalá y Cabañas tienen en cuenta la peligrosidad intrínseca del fenómeno natural y la vulnerabilidad de unos asentamientos y unas actividades humanas. La erosión de las márgenes, fenómeno natural ligado a la propia dinámica de un río meandrizante, se convierte en factor de peligrosidad desde el momento en que las márgenes son vulnerables por la ubicación de núcleos de población, y Alcalá y Cabañas son los únicos núcleos de población asentados directamente en una margen cóncava del Ebro. El máximo grado de riesgo lo da en este caso la vulnerabilidad territorial, ya que la peligrosidad es más homogénea en todo el curso del Ebro medio: la erosión se produce en mayor o menor medida en todas las márgenes cóncavas y el desbordamiento afecta a amplias superficies.

Los riesgos hidrogeomorfológicos que se registran en el Ebro de meandros libres, así como en el caso concreto de Alcalá y Cabañas, son los siguientes:

- **Riesgos por inundabilidad.** Todo el curso de meandros libres es muy vulnerable a las crecidas a causa de la falta de encajamiento del cauce. La inundabilidad depende directamente de factores locales y no se registran variaciones espaciales marcadas. Es destacable la reducción de la punta de crecida aguas abajo como consecuencia de la laminación ejercida por el propio cauce (desbordamiento, ocupación de canales de crecida y brazos ciegos). La consecuencia es un aplanamiento del hidrograma, de manera que la crecida es progresivamente menos voluminosa aguas abajo, pero al mismo tiempo el proceso de aguas altas dura más tiempo. Con la progresiva regulación de la cuenca se ha asistido a una disminución del número de crecidas ordinarias, que han podido ser laminadas, pero pervive la probabilidad de fenómenos meteorológicos extremos que desborden cualquier previsión.
- **Riesgos por erosión de márgenes.** Todas las márgenes cóncavas del cauce divagante del Ebro resultan zonas con riesgo de erosión activa por parte de la corriente, erosión que es más importante a la entrada y a la salida de la curva, cuyo trazado tiende a migrar aguas abajo. El riesgo mayor en sinuosidades incipientes donde la pendiente del cauce es mayor y también en curvas irregulares. Este último es el caso de la curva de Cabañas, afectada por el saliente de la localidad, a modo de proa sobre el cauce. Donde las obras de contención se lo permiten, el cauce está tendiendo a regularizar la curva a costa de la margen cóncava y con riesgo de una corta a través de la convexa. A lo largo de todo el curso medio del Ebro crecidas distintas han iniciado cortas siempre en los mismos lugares aun cuando posteriormente dichas cortas no han prosperado.
- **Riesgos inducidos por actuaciones humanas** (defensas, infraestructuras, efectos de represamiento por puentes y azudes, etc.). La ubicación incorrecta de algunas obras de defensa ha generado problemas de erosión importantes en la margen opuesta o

inmediatamente aguas abajo (OLLERO y PELLICER, 1989). Tanto en Cabañas como en Alcalá las defensas que protegen sus cascos urbanos están produciendo sobreinundación en los sotos y huertas de la margen opuesta, así como irregularidades en el diseño de los meandros que alteran las condiciones de flujo.

CONCLUSIONES

Los casos analizados constituyen un interesante ejemplo de dinámica fluvial en el cauce de meandros libres del Ebro. En la presente investigación no nos hemos remontado más allá de 1927, pero este período reciente es suficiente para observar notables variaciones en el trazado del cauce, derivadas de activos procesos de erosión, sedimentación y migración de meandros, procesos excitados en las grandes crecidas del siglo. Los fenómenos hídricos con mayor repercusión en la dinámica del tramo han sido las crecidas de febrero de 1952 y enero de 1961.

Además del interés de la dinámica fluvial en sí misma, cabe destacar en el tramo estudiado la presencia de dos poblaciones expuestas directamente a dicha dinámica. A mediados de siglo han asistido al acercamiento del cauce hasta hacer peligrar su emplazamiento. La solución ha sido una serie de complejas y costosas obras de defensa que han sujetado el cauce en el mismo límite de los cascos urbanos. Estos se convierten desde ese momento en obstáculos para la corriente fluvial que, al no poder seguir su labor de zapa, modifica las líneas de flujo, sobreinunda los terrenos de las márgenes opuestas y activa su fuerza contra márgenes no defendidas. La dinámica está actualmente controlada pero existen posibilidades de corta en el tramo Alcalá de Ebro-Remolinos. En el ejemplo, por tanto, se combinan los riesgos por inundabilidad, por erosión de márgenes e inducidos por actuaciones humanas.

Alcalá y Cabañas constituyen dos ejemplos de actuaciones humanas sin planificación, sin conocimiento de la dinámica de un cauce divagante. Pobladas al menos desde la Edad Media, han pagado durante siglos su instalación dentro del cauce mayor del Ebro. Son ejemplos que no deben repetirse. Si seguimos incrementando la vulnerabilidad territorial en las llanuras de inundación habrá que seguir considerando la dinámica de los sistemas fluviales y sus crecidas como un riesgo. Por el contrario, cauces divagantes y caudales extraordinarios deberían ser respetados y valorados como sistemas naturales de máximo interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AYALA CARCEDO, F.J., 1987, Introducción a los riesgos geológicos, *I Curso de Riesgos Geológicos*, 3-19, IGME, Madrid.
- CHANG, H.H., 1986, River channel changes: adjustments of equilibrium, *Journal of Hydraulic Engineering*, 112-1, 43-55.
- ERVINE, D.A. & JASEM, H.K., 1989, Flood mechanisms in meandering channels with floodplain flow, *XXIII Congress I.A.H.R. Fluvial Hydraulics*, B, 449-456.
- HICKIN, E.J., 1983, River channel changes: retrospect and prospect, *Modern and ancient fluvial systems* (Collinson, J.D. & Lewin, J., Eds.), 61-83.
- HOOKE, J.M., 1979, An analysis of the processes of river bank erosion, *Journal of Hydrology*,

- 42, 39-62.
- HOOKE, J.M., 1984, Changes in river meanders: a review of techniques and results of analyses, *Progress in Physical Geography*, 8(4), 473-508.
- LEWIN, J., 1984, British meandering rivers: the human impact, In : *River Meandering: Proceedings of the Conference Rivers '83*, (Elliott C.M., Ed.), American Society of Civil Engineers, 362-369.
- MAIRE, G., 1979, Façonnement des berges, sinuosité et meandres: quelques aspects de dynamique fluviale de la Saulx marnaise, *Recherches géographiques à Strasbourg. Climatologie et Hydrologie dans la France de l'Est*, 4, 5-21.
- MATEU BELLÉS, J.F., 1990, Avenidas y riesgos de inundación en los sistemas fluviales mediterráneos de la Península Ibérica, *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 10, 45-86.
- OLLERO OJEDA, A., 1991, *Estudio ecogeográfico de los meandros del Ebro en el sector Rincón de Soto-Novillas*, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 334 p., Madrid.
- OLLERO OJEDA, A., 1993, Los elementos geomorfológicos del cauce en el Ebro de meandros libres y su colonización vegetal. *Geographicalia*, 30, 209-308.
- OLLERO OJEDA, A., 1996, *El curso medio del Ebro: geomorfología fluvial, ecogeografía y riesgos*, Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón (en prensa), Zaragoza.
- OLLERO OJEDA, A. y PELLICER CORELLANO, F., 1989, El impacto de las obras de defensa en las riberas del Ebro en su tramo medio, *XI Congreso Nacional de Geografía*, II, 412-422.
- OLLERO OJEDA, A. y PELLICER CORELLANO, F., 1991, Middle Ebro river channel and floodplain: geomorphology, recent changes, risks and management on a fluvial system of free meanders. In Sala, M.; Rubio, J.M. & García Ruiz, J.M. (Eds.): *Soil erosion studies in Spain*, Geoforma, 203-210, Logroño.
- PANIZZA, M., 1988, *Geomorfologia applicata. Metodi di applicazione alla pianificazione territoriale e alla valutazione d'impatto ambientale*, Nuova Italia Scientifica, 342 p., Roma.
- PETTS, G.E., MÖLLER, H. & ROUX, A.L., 1989, *Historical Change of Large Alluvial Rivers: Western Europe*, Wiley, 400 p., Chichester.
- ROWE, W.D., 1977, *An anatomy of risk*, Wiley, 488 p., New York.

Figura 1.- Localización del área de estudio: núcleos de población, cauce actual del Ebro y defensas.

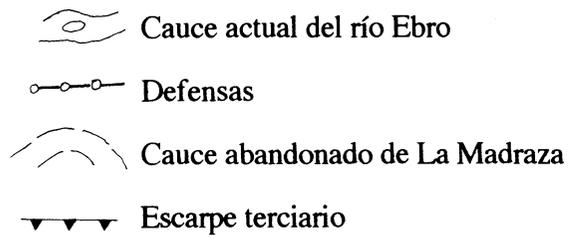
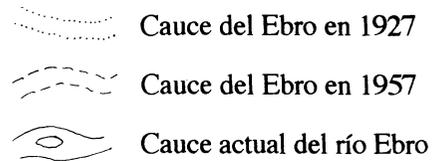


Figura 2.- Evolución reciente del trazado del cauce el Ebro en el tramo Luceni-Cabañas.



(Los cauces de 1927 y 1957 sólo se representan allí donde no coinciden con el cauce actual)

