

# LUCHA CONTRA LAS CRECIDAS DEL EBRO EN LA RIBERA DE NAVARRA

ALFREDO OLLERO OJEDA



## 1. Introducción

El curso medio del río Ebro, desde Logroño hasta 70 kms. aguas abajo de Zaragoza, se caracteriza por una llanura de inundación de gran anchura (2 a 5 km.) sobre la cual discurre un cauce divagante que describe meandros. Este cauce ha variado su recorrido de forma espectacular en muchos lugares y en múltiples ocasiones, a raíz de cada una de las crecidas del río. Uno de los tramos con mayores variaciones es el que se extiende desde Rincón de Soto a Cortes, destacando dentro del mismo, como sector de máximo interés, el que discurre entre la confluencia del río Aragón (Milagro) y Murillo de las Limas. A partir del trabajo con varios vuelos de fotografías aéreas desde 1927 hasta 1986, se han seleccionado los puntos más dinámicos y se ha analizado su evolución mediante una cartografía detallada del cauce y de la llanura de inundación.

Dentro del estudio de este espacio natural dinámico, constituido por el sistema cauce-riberas del Ebro, uno de los temas clave es el referente a las crecidas registradas. Dichas avenidas han sido estudiadas para comprobar cuál es su trascendencia en los cambios registrados y qué serie de mecanismos tanto naturales como construidos por el hombre han sido necesarios para frenar la fuerza de las aguas. La lucha contra las avenidas del Ebro constituye un buen eje para la investigación, permitiéndonos analizar las distintas interacciones e interdependencias entre los distintos elementos y factores.

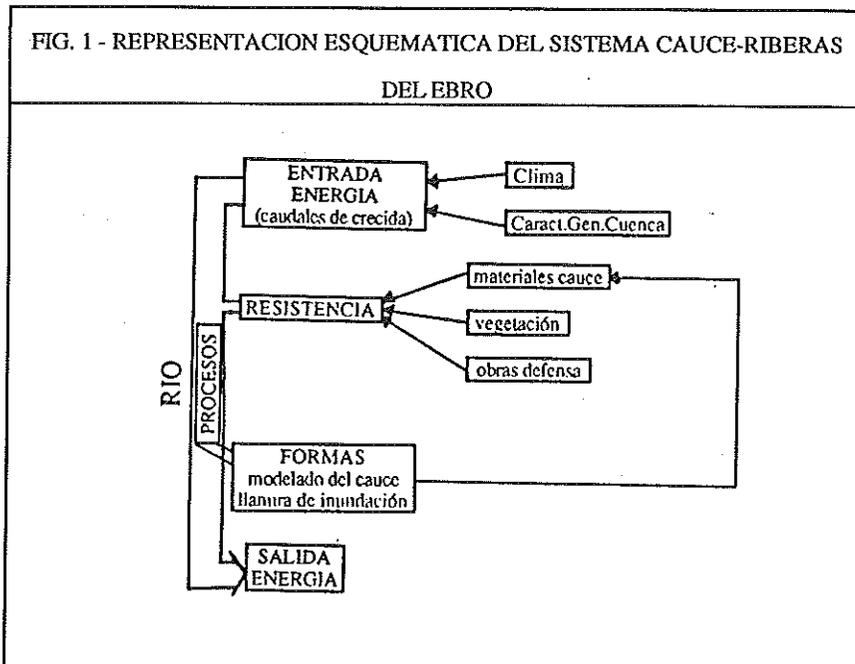
## 2. El funcionamiento del sistema

Podemos entender el espacio ribereño como un sistema abierto (fig. 1) en el que el factor hidrológico, más concretamente los caudales de crecida, constituye la entrada de energía. Frente a esta entrada se instalan los factores de resistencia, que son los propios materiales de cauce y orillas, la vegetación de ribera y las obras de contención realizadas por el hombre.

De la lucha entre el elemento activo y los de resistencia resulta una serie de procesos que, influenciados por la pendiente del valle, generan unas formas en el cauce y en la llanura de inundación (desarrollo de sinuosidades, cortas, abandono de meandros, brazos ciegos...), formas que se convertirán en factores en la siguiente avenida del río. El resultado es un espacio natural en evolución constante en el que todos los elementos que intervienen presentan variaciones en el espacio y en el tiempo.

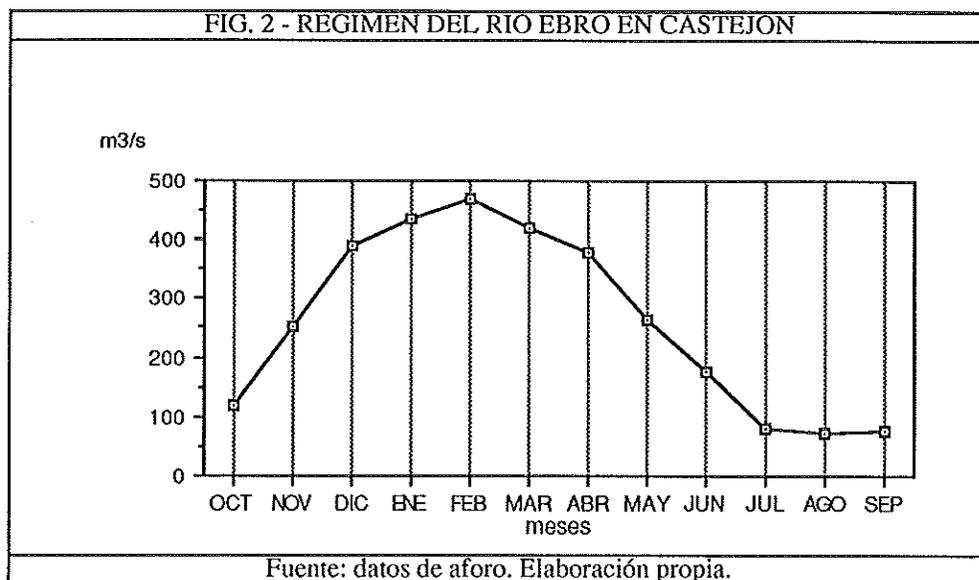
Se ha comprobado, a partir de los datos correspondientes al aforo de Castejón, que en el área de estudio son las crecidas cuyo máximo instantáneo supera los 2.000 m<sup>3</sup>/s las que dan lugar a desbordamientos generalizados, responsables de los cambios en la llanura de inundación. Dichas avenidas presentan una periodicidad prácticamente anual.

Son los sotos ribereños los que han jugado tradicionalmente un importante papel de estabilización de las orillas al oponer su rugosidad a la fuerza de la corriente. En momento de avenida este papel ha resultado fundamental, impidiendo el arrastre de materiales, reteniendo limos que enriquecen los suelos de la llanura de inundación y favoreciendo una sedimentación diferencial básica para el propio desarrollo de las distintas formaciones vegetales.



### 3. El elemento hidrológico: Las crecidas

El elemento hidrológico es fundamental en la dinámica fluvial, representando, como hemos visto, la entrada de energía en el sistema. La actividad de los ríos como agente de modelado es continua y variada en función de múltiples factores. El volumen de agua es el más importante de todos ellos, ya que condiciona los procesos de erosión, transporte y sedimentación. La morfología de la llanura de inundación es resultado principalmente de la acción modeladora de los caudales de crecida, cuya fuerza permite introducir en un breve período de tiempo cambios notables en el paisaje. Por ello, se ha realizado un estudio exhaustivo a partir de los datos diarios de la estación de aforo de Castejón, la única existente en el Ebro en el área de estudio. Se han trabajado los datos diarios de dicha estación, facilitados por la Confederación Hidrográfica del Ebro, para la serie completa 1948-1986.



El río Ebro en Castejón presenta un régimen pluvionival, con caudal máximo en febrero (figura 2), siendo fundamental la influencia de los temporales lluviosos de la zona cantábrica, aunque es ya patente la intervención de la fusión nival primaveral pirenaica, aportada por los ríos Arga y Aragón. A partir de Castejón y hasta Zaragoza, el Ebro no recibe afluentes importantes, de manera que la importante evapotranspiración estival y las derivaciones de caudal (Canal de Tauste, Canal Imperial de Aragón) provocan que en la capital aragonesa el caudal sea, generalmente, inferior al de Castejón.

A la hora de evaluar en qué medida la hidrología interviene en los cambios producidos en el cauce y en la llanura aluvial, no cabe duda de que son los caudales de crecida, y especialmente los de crecidas extraordinarias, los responsables de los accidentes más destacados (exageración, corta y abandono de meandros, desplazamiento de barras de grava...).

En primer lugar se ha llegado a la conclusión de que toda crecida del Ebro que ha alcanzado y superado los 2.000 metros cúbicos por segundo en el aforo de Castejón ha producido desbordamientos más o menos generalizados en toda la Ribera tudelana. Aunque en la importancia de las crecidas inciden otros muchos factores además del volumen de caudal, hemos destacado éste para iniciar el trabajo. El siguiente paso consiste en analizar las distintas crecidas que han superado el valor 2.000 m<sup>3</sup>/s en el período de estudio 1948-1986 (cuadro 1). En 38 años se han registrado 34 crecidas por encima de dicho umbral, casi una por año. Las avenidas extraordinarias son las reseñadas en negrita, contando con una periodicidad aproximadamente quinquenal.

Las crecidas del Ebro destacan, por tanto, por su elevada frecuencia. También se caracterizan por la diversidad de su origen. Las de invierno, cantábricas o pirenaico-cantábricas, han sido siempre las más fuertes para toda la cuenca, respondiendo a situaciones meteorológicas del Noroeste de carácter húmedo. Las primaverales suelen ser crecidas generalizadas en las que se combinan las fuertes precipitaciones y la fusión nival. Las de finales de verano y otoño, mediterráneas, se despliegan sobre la cuenca baja del Ebro, no afectando a la Ribera tudelana.

Su modo de evolución también es característico, de manera que el adecuado escalonamiento de afluentes favorece que las concentraciones puntuales de caudal no sean excesivas. Un buen ejemplo de ello, trascendental para la Ribera, es el hecho de que las crecidas procedentes del Arga-Aragón llegan generalmente un día antes que las que vienen del alto Ebro, y al no coincidir las dos puntas las consecuencias no son tan graves.

Las riadas de antaño eran más frecuentes y más graves; casi todos los años los habitantes ribereños estaban amenazados de inundación. Las obras de regulación en cabecera han permitido la disminución del número de crecidas ordinarias, pero sigue existiendo el riesgo de la existencia de crecidas extraordinarias, ya que siempre puede producirse una conjunción de fenómenos meteorológicos adversos que rebase todas las previsiones, de ahí la permanente preocupación por estos temas en los ámbitos ribereños y en la propia Administración, con la constante lucha por defender las orillas.

### **Crecidas históricas**

Si rastreamos en la obra de los historiadores podemos encontrar numerosas referencias sobre riadas del Ebro, fundamentalmente en la zona de Zaragoza. La lista sería larguísima, pero podemos destacar la avenida de 16-17 de febrero de 1643, que alcanzó 5,275 metros en el puente de Tudela, siendo también muy violenta en la zona de Zaragoza, donde llegó el día 18. La crecida de octubre de 1787 fue gravísima desde el Ezka (enormes daños en la roncalesa villa de Urzainki) hasta el Ebro, destacando las inundaciones del Aragón en Sangüesa.

Es posible que la avenida más importante de la historia en el Ebro medio haya sido la de los días 10 al 13 de enero de 1871, con 5,3 m. en la escala del Bocal. Se debió a lluvias muy persistentes que aceleraron la fusión de la nieve en la montaña cantábrica y pirenaica. En Zaragoza las aguas superaron en metro y medio la señal de la riada más alta registrada hasta entonces. Toda la llanura de inundación quedó anegada y las aguas afectaron incluso a los núcleos urbanos, con numerosas víctimas.

CUADRO 1 - CRECIDAS QUE HAN SUPERADO LOS 2000 m <sup>3</sup> /s (1948-1986)			
Fecha máximo	Caudal(m <sup>3</sup> /s)	Máximo instantáneo(m <sup>3</sup> /s)	Orden
<b>3 FEBRERO 1952</b>	<b>3006</b>	<b>3140</b>	<b>6</b>
13 ABRIL 1952	2075	2390	17
16 OCTUBRE 1953	1987	2276	23
12 FEBRERO 1954	2179	2310	20
<b>28 MAYO 1956</b>	<b>2496</b>	<b>2960</b>	<b>8</b>
17 MARZO 1958	2108	2280	22
25 DICIEMBRE 1958	2210	2450	16
<b>14 DICIEMBRE 1959</b>	<b>2626</b>	<b>2810</b>	<b>9</b>
28 ENERO 1960	2170	2220	25
30 OCTUBRE 1960	1825	2040	30
<b>31 DICIEMBRE 1960</b>	<b>4177</b>	<b>4950</b>	<b>1</b>
<b>14 NOVIEMBRE 1961</b>	<b>2700</b>	<b>3200</b>	<b>5</b>
18 DICIEMBRE 1962	1950	2120	26
22 ENERO 1965	2476	2771	11
12 DICIEMBRE 1965	2437	2622	14
<b>10 NOVIEMBRE 1966</b>	<b>3583</b>	<b>4050</b>	<b>2</b>
27 DICIEMBRE 1967	1830	2025	33
<b>4 ENERO 1968</b>	<b>2945</b>	<b>3012</b>	<b>7</b>
18 MARZO 1969	1734	2024	34
29 ABRIL 1969	1868	2024	32
8 DICIEMBRE 1969	2097	2388	18
11 ENERO 1970	1820	2276	24
27 FEBRERO 1973	1928	2097	27
20 ABRIL 1975	2076	2309	21
15 JUNIO 1977	2458	2628	13
27 ENERO 1978	2245	2500	15
<b>3 FEBRERO 1978</b>	<b>3236</b>	<b>3375</b>	<b>3</b>
5 MARZO 1978	2055	2350	19
14 ENERO 1979	2594	2770	10
6 FEBRERO 1979	1957	2074	28
21 NOVIEMBRE 1979	1939	2056	29
<b>21 DICIEMBRE 1980</b>	<b>2858</b>	<b>3250</b>	<b>4</b>
17 ENERO 1981	2521	2675	12
26 DICIEMBRE 1982	2010	2035	31

Fuente: Datos de aforo. Elaboración propia.

Los primeros datos relativamente fiables del aforo de Castejón nos indican la lista de los caudales máximos alcanzados en cada año con información. Los volúmenes son bastante importantes, notándose al respecto la falta de obras de regulación en cabecera. Estos datos nos dan una idea de la importancia que debieron tener las crecidas en la dinámica del río con anterioridad a las obras humanas de nuestro siglo. El carácter invernal de estas avenidas es, por otro lado, evidente:

12 de marzo de 1888 .....	3.760 m <sup>3</sup> /s
17 de febrero de 1889 .....	3.800 m <sup>3</sup> /s
24 de enero de 1891 .....	3.250 m <sup>3</sup> /s
5 de enero de 1892 .....	3.790 m <sup>3</sup> /s
22 de enero de 1895 .....	3.112 m <sup>3</sup> /s
17 de noviembre de 1906 .....	3.030 m <sup>3</sup> /s

En la consulta de las obras de defensa hemos encontrado un expediente respecto a unas obras en el Campo de Traslapiente, en Tudela, que quedaron inundadas por una riada excepcional entre el 29 de agosto y el 8 de septiembre de 1902. El ingeniero Pérez de Laborda informa de cómo dichos trabajos continuaron siendo muy accidentados, ya que hubo otra avenida el 9 de octubre de 1902 y en el invierno siguiente aumentaron los desperfectos en la obra, a causa de una crecida que comenzó el 22 de noviembre y duró hasta fin de año, alcanzando el máximo nivel los días 7 y 8 de diciembre de 1903. Por si fuera poco, el 20 de enero de 1904 tuvo lugar la mayor avenida desde el comienzo de los trabajos, alcanzándose en Castejón el nivel de 5,6 m. En las proximidades de Tudela se inundó el Soto hasta la carretera de Pamplona.

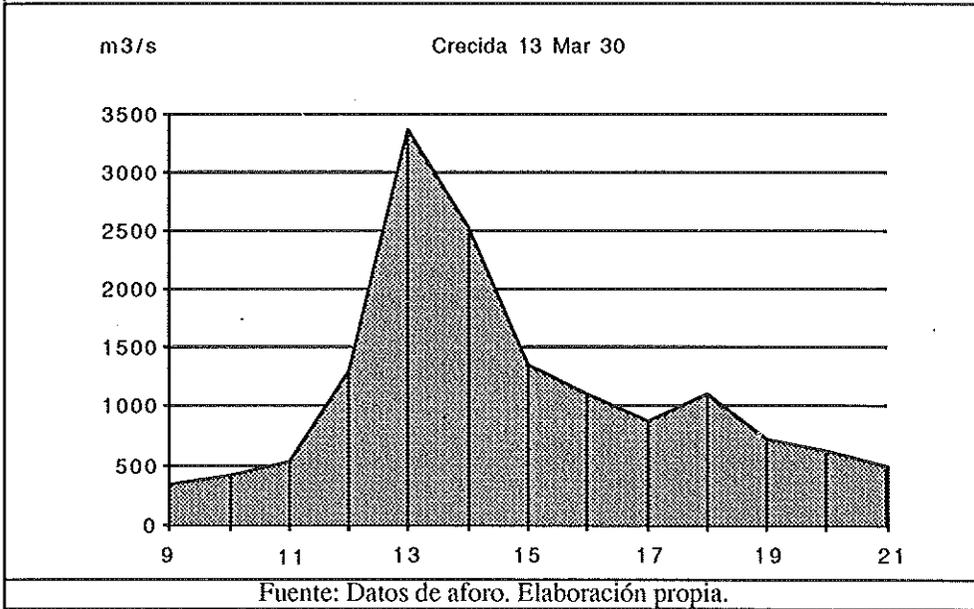
Ya en época reciente, contamos con datos diarios como para poder analizar más detenidamente las crecidas más destacadas de nuestro siglo. Se ha realizado un hidrograma de cada una de ellas, representando la fecha en abscisas y el valor del caudal en ordenadas, que nos permite observar la evolución de los caudales y los días de duración de cada una de ellas. Se han seleccionado las de mayor caudal y daños más importantes.

#### *Crecida de marzo de 1930*

En torno al día 9 se produjeron lluvias generalizadas en toda la cuenca aguas arriba de Zaragoza, destacando las tormentas en la zona de Belorado-Ezcaray y las elevadísimas precipitaciones de toda la provincia de Alava. En el hidrograma se observa la velocidad con que se alcanzó la punta, de manera que el día 13 saltó la alerta al alcanzarse en Castejón los 3,10 m. de altura en la escala, lo cual supuso un máximo de 3.380 m<sup>3</sup>. El día 14 se hablaba ya de la riada como la mayor de los últimos 25 años. A los aguaceros se unió el deshielo de las sierras vascas y riojanas, a causa de la subida de las temperaturas. La inundación llegó al máximo en Zaragoza a última hora del día 14, perdiéndose todas las cosechas de mejanas y sotos.

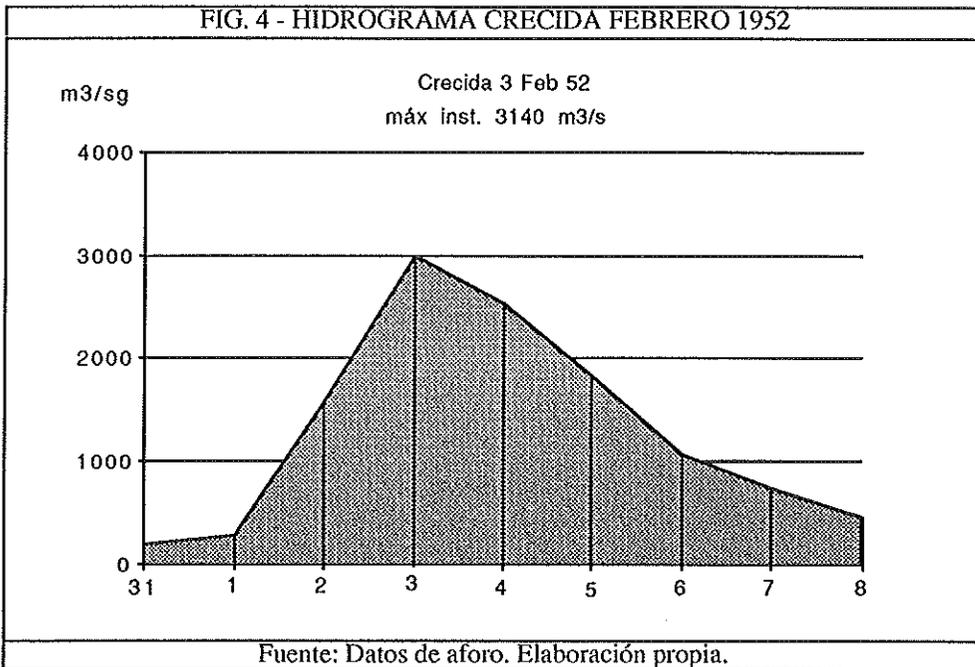
En el Bocal las aguas alcanzan todavía 6,20 m. el día 15. Bajaban grandes árboles, y barqueros y almadieros se dedicaban a labores de protección.

FIG. 3 - HIDROGRAMA CRECIDA MARZO 1930



Crecida de febrero de 1952

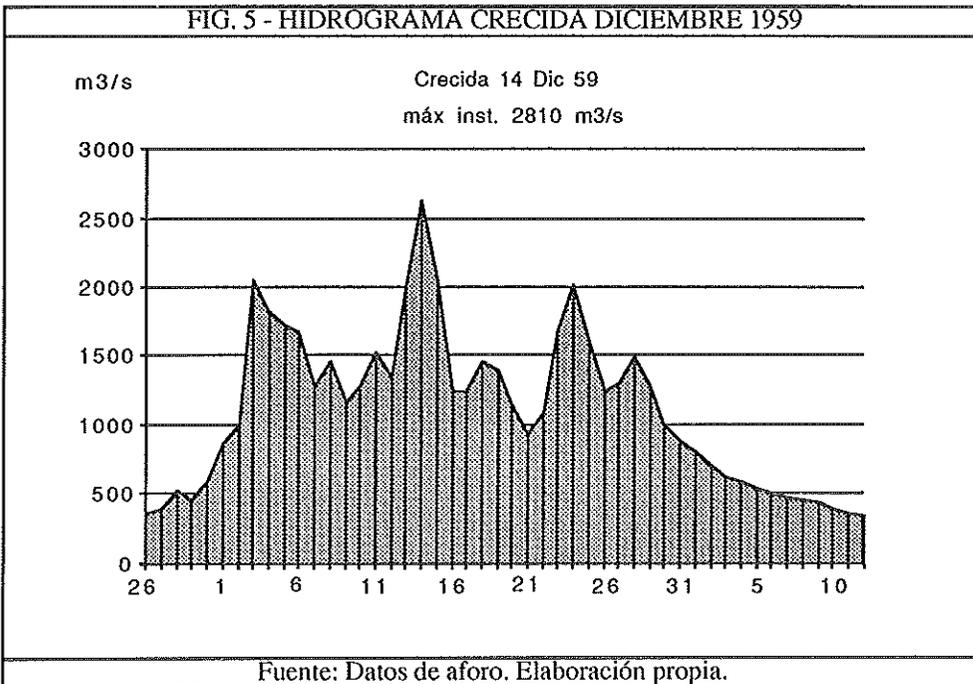
FIG. 4 - HIDROGRAMA CRECIDA FEBRERO 1952



La lluvia responsable procedió de los Pirineos Occidentales (cuenca del Aragón). Un frente lluvioso procedente del Oeste-Noroeste produjo precipitaciones de elevada intensidad durante 4 días, que fueron de nieve en los macizos montañosos. En varias estaciones pluviométricas de la cuenca alta del Ebro se superaron los 250 mm. de precipitación en estos 4 días. Con la suavización de las temperaturas y el mantenimiento de la lluvia, fundió la nieve de la montaña media navarra y alavesa, con importantes caudales en Arakil, Arga e Irati.

El día 2 de febrero llegó la primera onda de la avenida del Arga-Aragón a Castejón, y el día 3 la onda principal de dicha cuenca coincidió con la primera punta del Ebro. A continuación aún se desarrollaron puntas menores hasta el día 6. Los caudales máximos registrados en el curso del Ebro fueron los siguientes: 3.140 m<sup>3</sup>/s en Castejón, 3.260 m<sup>3</sup> en Zaragoza, con una duración de 6 días, y 3.490 m<sup>3</sup> en Tortosa.

*Crecida de diciembre de 1959*



Es un buen ejemplo de crecida compleja, destacando por la longitud del fenómeno, que abarcó todo el mes.

— Del 1 al 3 de diciembre es una crecida cantábrica por el paso de una borrasca desde el Noroeste, acompañado de gota fría en altitud. El máximo de Castejón se registra el día 3.

— Del 9 al 11 la crecida viene principalmente del Aragón, a raíz de nuevas perturbaciones. Coincide otra con crecida pirenaica de aguas abajo, lo cual incide en

Tortosa, donde se alcanzan los 3.000 m<sup>3</sup>/s. El día 14 marca el máximo instantáneo en Castejón, con 2.810 m<sup>3</sup>/s.

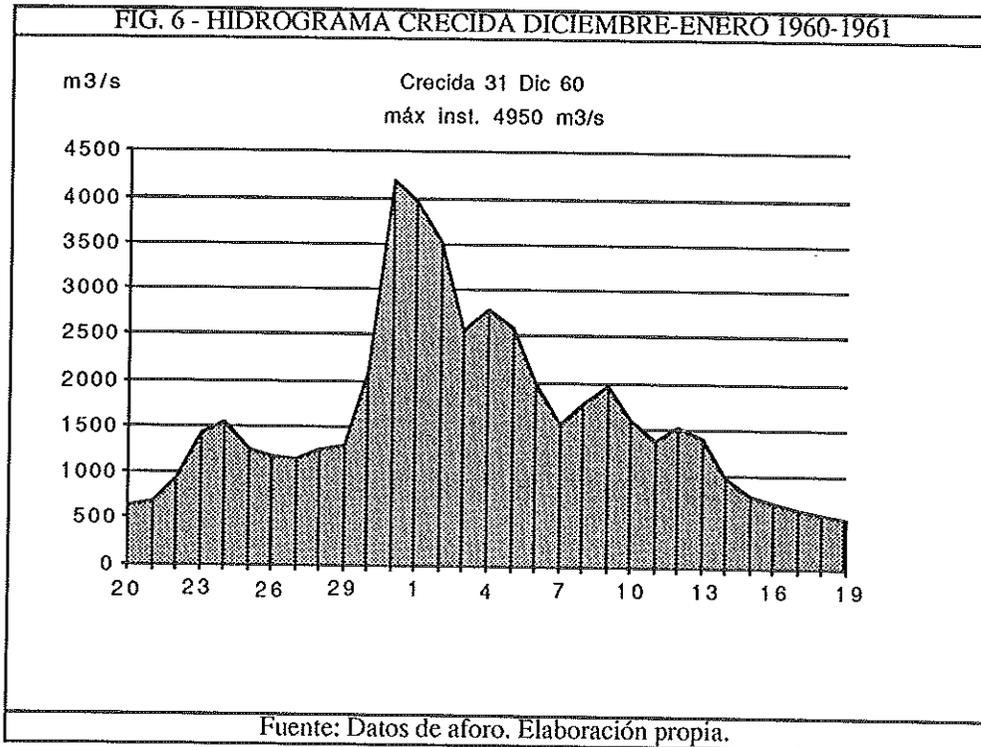
— Nueva borrasca, del 12 al 18 de diciembre, con vientos del Noroeste, originándose una nueva crecida cantábrica, que alcanza su máximo en Castejón el día 24. Aún habrá una nueva onda más modesta el día 28.

De acuerdo con el informe del ingeniero don Gregorio Chóliz Andériz, la riada sobrepasó en un 50% a las máximas del siglo. Inundó unas 4.360 Has. de tierras de regadío en los siete pueblos más afectados: Azagra, Milagro, Calahorra, San Adrián, Alcanadre, Alfaro y Rincón de Soto. Se produjeron cortes peligrosos en los diques de tierra, relleno y múltiples roturas en acequias, e inutilización total de algunas Has. con pérdidas de remolacha, espárragos y verduras. El total de daños, según las Cámaras Sindicales Agrarias de Navarra y Logroño, ascendió a unos 24,7 millones de pesetas.

#### *Crecida de diciembre 1960 - enero 1961*

Fue la más importante del siglo, marcando el récord del aforo de Castejón. Se trata de una crecida general en la que el río Aragón fue el principal protagonista.

El flujo del Oeste fue bloqueado por el anticiclón continental en Europa occidental, de manera que los frentes penetraron por el Noroeste. Las lluvias resultantes fueron poco intensas pero prolongadas. Ejercieron un gran efecto debido a la saturación del suelo y al hecho de que los caudales previos de todos los afluentes hasta Aragón y Cidacos ya eran altos, en un año, el de 1960, de elevada pluviosidad.



Del estudio del limnigrama se desprende que la onda procedente del alto Ebro llegó sólo 12 horas después de la del Aragón. DAVY (1975) evalúa entre 1.000 y 1.500 los  $m^3/s$  que procedieron del alto Ebro en Mendavia, 350  $m^3/s$  los aportados por el Ega, 50  $m^3/s$  por el Cidacos y de 3.000 a 3.400  $m^3/s$  por el Arga-Aragón. Parece, por otra parte, que el recién creado embalse de Yesa ejerció una importantísima labor de contención. A tres episodios sucesivos correspondieron tres puntas de crecida los días 30 de diciembre, 1 y 3 de enero. La riada, que marcó su máximo instantáneo el último día de 1960 (4.950  $m^3/s$ ), duró 8 días en Castejón, con cierto aumento el día 4 de enero a raíz del último episodio lluvioso.

Las fuertes inundaciones registradas en toda la zona de Alfaro-Tudela favorecieron la suavización de la avenida aguas abajo, de manera que en Zaragoza no se sobrepasaron los 4.130  $m^3/s$  (el 2 de enero a las 17 horas).

El ingeniero don Gregorio Chóliz redactó un informe de los posibles daños, si bien hay que leerlo con precauciones, ya que observó el río todavía en aguas altas. Los mayores desbordamientos tuvieron lugar aguas abajo de la desembocadura del Aragón, especialmente en Tudela y Cabanillas, que no habían sufrido apenas la riada de diciembre de 1959. Aguas arriba, los términos de Azagra, Rincón de Soto y Milagro también fueron afectados a causa de la avenida del Ega.

En Rincón, que contaba con unas defensas muy sólidas, la invasión fue mínima y en cola, por lo que los daños fueron escasos. En Milagro se encontraba sin cerrar la brecha principal generada en diciembre de 1959 y en período de realización las defensas construidas por los propietarios, con lo que se produce una nueva corta en la Dehesa de San Juan con pérdida de casi 500 Has. En el término de Alfaro, salvo Granjafría, que aguantó, hubo graves consecuencias.

En Tudela se alcanzó el piso del puente y se inundó la Mejana rompiéndose en varios puntos el dique de contención de la misma. También se describe una rotura de unos 40 m. en el dique de Traslapunte, con inundación total de dicho regadío, además de dos roturas en el dique marginal que protege el regadío Mosquera, aguas abajo de la capital de la Ribera.

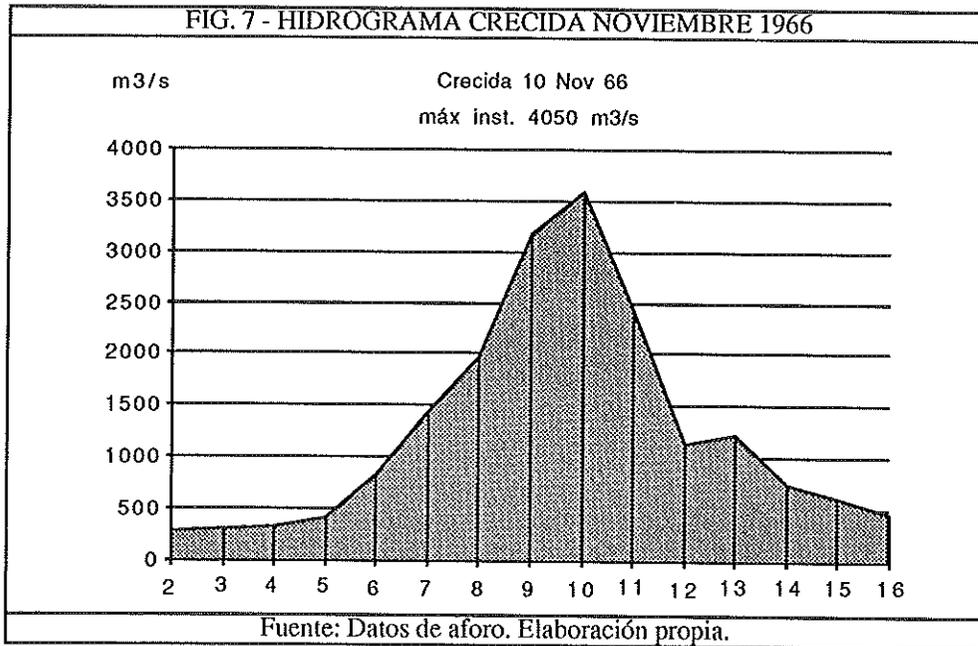
En Cabanillas se produjo un socavón con rotura del cajero derecho del Canal de Tauste a pocos metros de la orilla del Ebro y otra rotura similar aguas abajo. Los habitantes hubieron de reparar, aún en aguas altas, todo el dique de tierra que se prolonga entre la presa del Canal de Tauste y la de Pignatelli.

Esta descripción de los daños más importantes no recoge otros muchos efectos menores acontecidos sobre la llanura de inundación, completamente anegada en muchos lugares. La violencia de esta crecida provocó en los organismos competentes un planteamiento urgente de medidas. En febrero de 1961 se reunían los gobernadores civiles de todas las provincias ribereñas para sentar las bases de un plan conjunto de prevención y defensa. Esta es, en cierto modo, la fecha clave de inicio para la construcción indiscriminada, por parte de Ayuntamientos, Sindicatos de Riegos y hasta particulares, de espigones, escolleras, muros, motas...

*Crecida de noviembre de 1966*

Fue una de las más graves en la Ribera tudelana, la segunda más voluminosa de la serie 1948-1986 y posiblemente la más importante del siglo en el río Aragón.

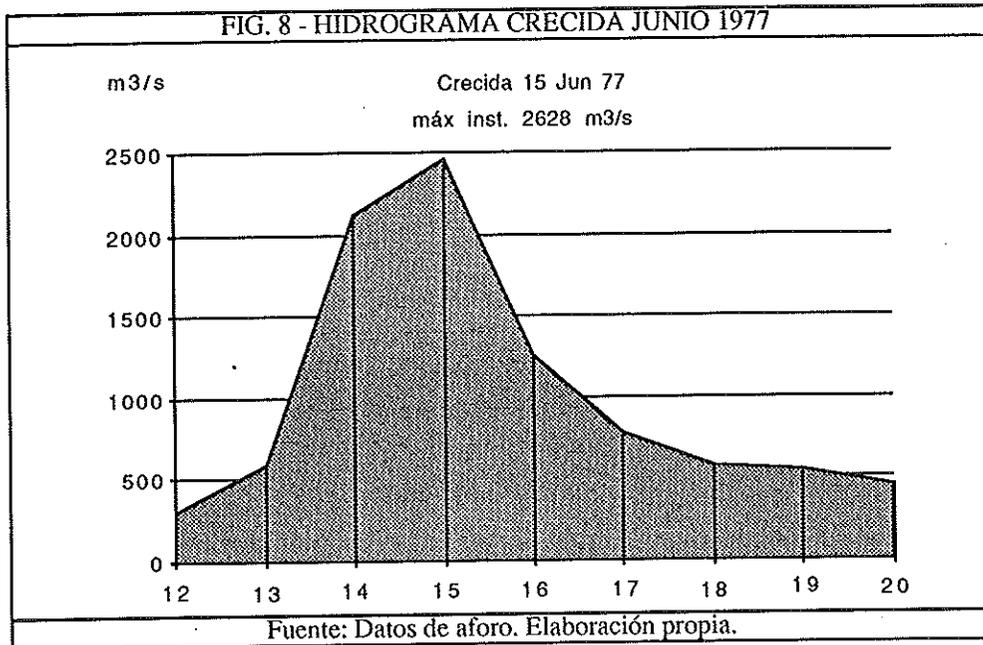
Se produjo en el tránsito de un flujo del Noroeste a otro del Sur con persistencia de una gota fría en altitud. Las lluvias fueron casi continuas del 1 al 10 de noviembre sobre toda la cintura montañosa de la cuenca, con fusión nival al final. Este origen favoreció un aumento progresivo de caudal pero no violento, con lo que las consecuencias fueron menores que en otras ocasiones pese al altísimo valor del volumen alcanzado. La forma de la curva muestra la llegada previa de los caudales pirenaicos un día antes del registro del máximo instantáneo.



*Crecida de junio de 1977*

Esta crecida de volúmenes no muy exagerados, que destaca principalmente por ser la más tardía en cuanto a la época del año de todas las registradas, ejerció daños importantes en obras de infraestructura hidráulica y defensa. En 1978 el ingeniero don Teófilo Gorriochu redactó un "Proyecto de acondicionamiento de cauces afectados por las inundaciones de primavera de 1977 en Navarra". Los daños catastróficos de esta crecida llevaron al planteamiento de realizar entre Logroño y Alfaro una limpieza y dragado del cauce. La Ribera navarra fue declarada zona catastrófica.

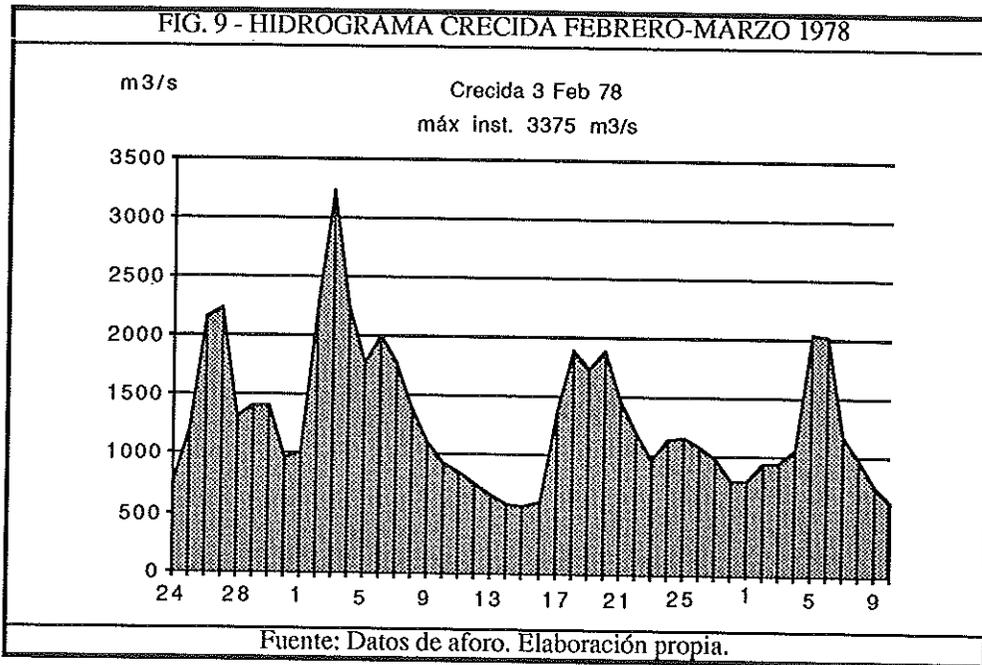
La Dirección General de Obras Hidráulicas aprobó el 4 de febrero de 1978 el inicio de estudios para defender ambas márgenes, comenzando por un vuelo fotogramétrico.



#### *Crecida de enero-febrero-marzo de 1978*

Fue una avenida muy compleja, con varias fases de aguas altas, como demuestra el hidrograma. Se inicia con una crecida general que alcanza sus máximos los días 26 y 27 de enero. Tras el descenso, se produjo una excepcional riada, fundamentalmente procedente del Aragón, a raíz de una fase generalizada de fusión nival. El máximo instantáneo de 3.375 m<sup>3</sup>/s se alcanza el 3 de febrero. Una vez vueltas las aguas a su situación normal para esta época se iniciaron dos nuevas crecidas menores de carácter general (18-20 febrero y 5-6 marzo), en las que se combinan los efectos de las lluvias de la cuenca alta con procesos de fusión en el Pirineo Occidental. Esta sucesión de avenidas a lo largo de mes y medio produjo importantes daños en todo el ámbito ribereño. En Arguedas hubo daños en 360 Has. de superficie, en Buñuel 500 Has., 300 Has. en Cortes, 218 Has. en Fustiñana, 450 Has. en Tudela y 386 Has. en Valtierra.

La Dirección General de Obras Hidráulicas autorizó el 28 de julio de 1978 a la Confederación Hidrográfica del Ebro para el estudio y elaboración del Plan General de Defensa contra las avenidas del Ebro en su tramo medio (de Sobrón a Mequinzenza).



#### Conclusiones al estudio hidrológico.

Tras desarrollar el tema de las crecidas en el área de estudio se puede llegar a dos conclusiones principales.

1. El Ebro en la Ribera tudelana es muy susceptible a los desbordamientos debido a los siguientes factores:

— La conjunción de fenómenos meteorológicos (lluvias cantábricas y fusión nival del Pirineo occidental, principalmente).

— La falta de encajamiento del cauce.

— La confluencia de afluentes caudalosos, fundamentalmente el complejo Argaragón, principal responsable de más del 50% de las avenidas.

— La restricción del papel disipativo de la energía que ejercen los meandros, al influir en su trazado mediante obras de defensa parciales y descoordinadas.

— La ausencia de vegetación en algunos puntos.

2. Una vez analizadas las distintas riadas acontecidas, y en función de los datos recogidos sobre los desperfectos producidos en las obras de infraestructura, podemos destacar una serie de fenómenos que convierten a una crecida en especialmente peligrosa:

— Primeramente, como es lógico, el volumen de caudal: está claro que las riadas de mayor impacto han sido las que han superado los 3.000 m<sup>3</sup>/s, mientras las que no han alcanzado el valor 2.500 m<sup>3</sup>/s no han producido variaciones del cauce ni destrucciones salvo en sectores muy concretos.

— En segundo lugar, parecen más peligrosas las avenidas de lenta propagación y notable persistencia posterior de aguas altas que las que pasan con rapidez por el área de estudio.

— En relación con ello, un aspecto fundamental: resultan extremadamente activas de cara a transformaciones en el ámbito ribereño aquellas crecidas que se desarrollan inmediatamente a continuación, o tras un breve período de caudales más bajos, respecto de otra avenida importante.

#### **4. El papel de la vegetación de ribera**

Una vez analizado un elemento hidrológico activo en la creación de formas dentro del sistema, pasamos a tratar los dos elementos que ejercen la principal resistencia a la acción de las aguas en el sistema: la vegetación de ribera y las obras de defensa.

Los volúmenes de agua de crecida, al discurrir por este sector del valle sin encajamiento del cauce, llevarían a cabo una labor continua de formación de meandros, corta de los mismos, variaciones del curso, con posibles entrelazamientos de canales en algunos puntos, si los sedimentos de la llanura de inundación se encontrasen desnudos, carentes de cubierta vegetal. La vegetación ha fijado los materiales sedimentados por el río y ha contribuido durante todo el Cuaternario a crear el paisaje ribereño asentando los meandros, estabilizando las islas, reteniendo sedimentos en las crecidas para colonizarlos progresivamente. La intervención del hombre en el sistema ha modificado notablemente el espacio ribereño introduciendo otro factor de resistencia, las obras de defensa, que influyen en la corriente y en los sotos. El sistema ha ganado así en complejidad, siendo numerosas las relaciones entre los tres elementos principales (caudal, vegetación, obras de contención).

La vegetación juega hoy un papel menor en la dinámica fluvial, ya que los sotos son más reducidos y el hombre ha preferido ganar terreno aun teniendo que defenderlo con costosas obras de ingeniería. No obstante, sigue siendo un factor importante que explica muchos fenómenos locales.

Nos encontramos en el área de todo el curso del Ebro en la que quedan más sotos. Su valor ecológico es altísimo, ya que hoy ocupan muy poca superficie en relación con su área potencial, por lo que podemos calificarlos de bosque relicto en el que se conservan los ambientes naturales que caracterizaban a la mayor parte de la superficie de la llanura de inundación hasta hace unas décadas. Por otro lado, es imposible encontrar una variabilidad natural semejante en tan poco espacio. El brusco contraste, en esta zona árida, entre la vegetación ribereña y la exterior resalta, además, su personalidad.

Los sotos actuales son fiel reflejo de las sucesivas alternativas del sistema natural, desarrollándose tanto en función de la periodicidad de las crecidas, que condiciona la evolución cíclica de las formaciones, como por las propias características de la deposición de sedimentos. Cada nueva crecida alterará el equilibrio y obligará a la adaptación a las formaciones vegetales.

Entre sistema fluvial y vegetación de ribera existe un proceso continuo de acción y reacción que con el tiempo conduce a cambios en ambos elementos, sufriendo ajustes recíprocos (REGATO, 1988). La consecuencia de esta interrelación entre las comunida-

des vegetales y el sistema fluvial es que el río mantiene una mayor estabilidad dentro de su tendencia hacia el estado de equilibrio. Del mismo modo que podemos entender un sistema de meandros como una estructura disipativa de la energía de la corriente, los bosques de ribera colaboran disipando el exceso energético de las aguas de crecida, estabilizando las márgenes y, por tanto, conservando el trazado sinuoso.

En suma, el principal papel de los sotos radica en frenar la fuerza de los caudales de crecida e impedir el arrastre de los materiales de la orilla. El soto aumenta la rugosidad de la orilla y la superficie lamida por la corriente, genera turbulencias locales y provoca una sedimentación diferencial. El entramado de raíces ralentiza los fenómenos de erosión que el río tiende a realizar sobre sus propios sedimentos en los períodos de aguas altas. A ello contribuyen tanto el conjunto de especies arbóreas como las arbustivas y herbáceas.

Por otro lado, la vegetación ripícola actúa como filtro de los materiales transportados por las aguas, favoreciendo la sedimentación de los mismos y, de esta manera, el enriquecimiento de los suelos aluviales (MONTSERRAT, 1982). Los sistemas de enraizamientos de las plantas de ribera ejercen un gran papel en la consolidación y fijación de gravas, arenas y limos.

La vegetación, por su parte, aprovecha en lo posible los aportes de sedimentos que traen consigo las aguas del río para formar un sustrato cada vez más maduro y enriquecido donde con el tiempo se desarrollarán los bosques que constituyen las etapas finales de sucesión. En pocos meses, en el primer verano, han aparecido ya los rodales de las formaciones pioneras. En la zona de crecidas esporádicas se asienta un mayor número de especies, algunas de ellas perennes, que aprovechan la mayor estabilidad y la calidad del sustrato para emprender la sucesión. A pesar de su gran alteración, la gran capacidad de los sotos para pervivir y extenderse por su carácter pionero y su vitalidad ecológica, mantiene la posibilidad de que siempre persista algún reducto de saucedas de orla o alameda, a partir de los cuales podrán invadir nuevas áreas.

## **5. La intervención del hombre en el sistema natural**

La necesidad de seguridad, de ganar terreno para el regadío y aumentar la rentabilidad, por parte de los habitantes de la ribera, ha llevado a buscar sistemas de contención de mayores garantías que el natural. A partir de los años cincuenta asistimos a un proceso de antropización del espacio ribereño estimulado por la transformación del sistema agrario y posibilitado por la capacidad técnica, que se manifiesta en la deforestación de los sotos, el avance de los cultivos, las extracciones de gravas o el desarrollo de distintas obras de infraestructura. Pero las actividades antrópicas que más incidencia tienen en la dinámica fluvial son aquellas que se realizan directamente sobre el cauce y las orillas con el fin de reducir o eliminar las posibilidades de desbordamiento. Son obras de protección de márgenes y corrección de cauces que se han desarrollado al mismo ritmo que el creciente aprovechamiento de la llanura de inundación.

El proceso de antropización ha sido continuo hasta nuestros días, pero si nos centramos en las obras de defensa se han levantado en la Ribera tudelana principalmente en dos momentos muy claros. En primer lugar, a raíz de la importante crecida de diciembre 1960 - enero 1961, la de mayor caudal del siglo en Castejón (4.950 m<sup>3</sup>/s), cuyos

daños fueron cuantiosos, como hemos visto. Por otra parte, a finales de los años setenta encontramos las crecidas de junio de 1977 y enero-marzo de 1978, de graves consecuencias sobre las defensas existentes y sobre las áreas desprotegidas, lo cual llevó a la elaboración de planes de defensa más ambiciosos y coordinados, destacando el "Plan de Defensa contra la avenidas del Ebro en su tramo medio", trabajo de planificación realizado por la Confederación Hidrográfica del Ebro entre 1981 y 1982. En la actualidad, la práctica totalidad de las dos orillas se encuentran protegidas.

## 6. Obras de defensa

Se ha llevado a cabo un inventario de las obras de defensa realizadas a lo largo del presente siglo en el tramo del cauce del Ebro que se extiende entre Rincón de Soto y Novillas a lo largo de 71 kms. de cauce. Los distintos tipos son los que se reseñan a continuación.

### *Motas de tierra compactada*

Se trata de diques laterales que con reducida altura aumentan la capacidad del cauce al elevar su calado, en líneas generales, la obra de defensa más adecuada para un río de cauce ancho y pendiente longitudinal baja.

Las motas o diques del área de estudio, de perfil transversal trapezoidal, con alturas que oscilan entre los 1,5 y 4 metros y anchuras de coronación entre 2 y 5 metros (generalmente aprovechadas como camino), alcanzan grandes longitudes, viéndose reforzadas por escolleras en los tramos donde el impacto de las aguas es más fuerte (orillas cóncavas). Su resistencia es notable, presentando como mayor problema su estado de compactación, en ocasiones deficiente por el exceso de gravas empleadas en su construcción.

En el 57% de las obras inventariadas se proyecta o lleva a efecto la construcción de motas de tierra compactada, acompañadas generalmente de refuerzos de escollera. En noviembre de 1982 hemos contabilizado en el área de estudio un total de 86,67 kms. de diques de tierra, que significan el 76,6% de la longitud total de las obras de defensa existentes. En la actualidad, las dos orillas entre Rincón de Soto y Novillas se encuentran jalonadas en su práctica totalidad por estas motas.

### *Escolleras*

Obras de menor trascendencia ya que no impiden el desbordamiento, su papel principal es el de evitar la erosión progresiva de la margen donde se colocan.

Pueden ser naturales, de piedras calizas obtenidas en canteras próximas (Bardenas, Grávalos), o artificiales, de bloques de hormigón cúbicos de 1 m. de arista (en los últimos años se emplean los de 0,7 m.). Es un sistema resistente y fácilmente adaptable a la topografía de la orilla, si bien las avenidas pueden desparramar los bloques y crear con ello efectos opuestos a los que se trataba de evitar. Como precaución se suele colocar una coraza metálica superior que sujeta los bloques. La escollera suele emplearse como basamento de otras obras de contención, desarrollándose desde el propio fondo del lecho.

El escollerao se ha desarrollado como sistema de refuerzo en los puntos donde los diques alcanzaban la orilla. En 1982 hemos contabilizado 16 kms. de escollera en el área de estudio, lo cual supone el 14% de la longitud total de las defensas existentes. En el 55% de los proyectos inventariados se plantea la construcción de escolleras, y en el 80% de los mismos aparecen como protección auxiliar de una mota.

### *Muros de hormigón*

En puntos de especial riesgo, como algunas concavidades, se han levantado gruesos muros de hormigón insumergibles de varias pisos superpuestos. Es el sistema más potente de protección, como prueba el hecho de que es el empleado en la defensa de núcleos de población, tal como ocurre en el área de estudio con Tudela, la localidad más expuesta al embate directo de las aguas. Los muros elevan la cota del agua en las grandes avenidas, por lo que es preciso prolongarlos o adosarlos a una mota de tierra elevada. Para los ingenieros es la mejor solución, aunque cara y de consecuencias más graves en caso de ruptura. Suelen aparecer reforzados por detrás por grandes acumulaciones de tierra que ayudan a resistir la presión de las aguas.

En el área de estudio encontramos escasas obras de este tipo. Se plantea su construcción en sólo un 5% de los proyectos inventariados. En 1982 los cinco muros existentes en el área de estudio alcanzaban una longitud global de 2.355 metros, que supone el 2,1% de la longitud total de obras de defensa localizadas en el área de estudio. En concreto, se trata del muro que protege el paraje "Río de San Juan", en Milagro, en la orilla cóncava del meandro de Granjafría, el que defiende el casco urbano de Tudela aguas abajo del puente, otros dos prácticamente enfrentados inmediatamente aguas arriba de la presa de El Bocal y, por último, el que defiende a Buñuel en la zona de Mondelalcalde.

No hemos encontrado malecones sumergibles para fijar el cauce menor, más propios de cursos de montaña, aunque adecuados para las concavidades, al evitar el progresivo socavamiento en profundidad.

### *Espigones o malecones transversales*

Son numerosos en el área de estudio, siendo empleados para proteger concavidades. En los últimos años han dejado de proyectarse, de hecho no aparecen en ningún proyecto después de 1972, salvo los del término de Buñuel, que datan de 1977. Con longitudes de 25 a 50 metros, en todos los casos se han construido avanzando hacia el centro del río con una orientación inclinada hacia aguas arriba de 20 a 30 grados, con el fin de dividir las direcciones del flujo. Aparecen en grupos de 5 a 20 espigones, alejados entre sí de 20 a 50 metros. Han sido bastante afectados por las avenidas, observándose en bastante mal estado los que actualmente siguen en pie, razón por la cual ya no se construyen. El 10% de los proyectos inventariados se refieren a este tipo de obra. En conjunto, alcanzan una longitud de 3.500 metros, que significa el 3,1% de la longitud total de las obras de defensa en el área de estudio. En la actualidad quedan en pie los de la concavidad de Granjafría en el término de Milagro (en muy mal estado), los de protección del campo de Traslapiente aguas abajo de la presa Molinar, los de otra concavidad en el término de Ribaforada (paraje "La Mejanica") y los abundantes espigones de ambas márgenes en el término de Buñuel.

### *Gaviones*

Son cajas de tela metálica de alambre galvanizado que se rellenan con acarreo y cuyos huecos se colmatan con los materiales en suspensión, actuando como un cuerpo homogéneo. Escasos en las zonas de estudio, aparecen principalmente como refuerzo basal de algunos muros de hormigón, y en muchos casos van unidos a una coraza. Requieren de continuas reparaciones tras las avenidas, habiendo sido sustituidos en algunos casos, como el dique de Giraldeili en Castejón, por escolleras.

Observamos gaviones en el 10% de los proyectos inventariados. Los cuatro sectores actuales con gaviones alcanzan una longitud global de 3.320 metros, lo cual significa el 2,9% de la longitud total de las obras de defensa. Refuerzan a lo largo de 500 metros la mota del soto de La Dula, a la entrada de la dehesa de San Juan (Milagro, margen izquierda), protegen las orillas cóncavas de los meandros de Valtierra, así como la curva de Murillo de las Limas.

### *Dragados*

De la información consultada se deduce que los dragados son especialmente costosos desde el punto de vista económico. Han sido numerosas estas rectificaciones de margen, con excavaciones en zonas de grava para lograr mayor profundidad en el cauce. Se ha atribuido en varias ocasiones a la existencia de islas y playas de grava las nefastas consecuencias de las avenidas, por lo que se han proyectado dragados de amplias superficies e incluso destrucción de islas ya colonizadas por la vegetación. Los dragados realizados han sido acompañados de trabajos de desbrozado y desarbolado, de ahí los graves impactos ecológicos de este tipo de obras. Los materiales resultantes de los procesos de dragado han solido ser empleados en el refuerzo de las márgenes. En ocasiones han sido necesarios los dragados para el correcto asentamiento de diques y muros. Un 10% de los proyectos consultados plantean actuaciones de dragado. Se han realizado en el término de Rincón de Soto, entre el puente y el meandro de La Dula; en las Rozas, inmediatamente aguas arriba del puente del ferrocarril de Castejón; en el soto de La Barca de Arguedas y con mayor asiduidad aguas abajo de El Bocal. En el término de Buñuel los dragados son continuos, realizándose prácticamente todos los años a lo largo del último quinquenio.

### *Obras de reparación tras avenidas*

En los proyectos de reparación redactados a raíz de las crecidas observamos que las medidas más urgentes se refieren a tres puntos prioritarios:

- a) Cierre de cauces iniciados.
- b) Relleno de los socavones producidos en las motas.
- c) Reparación de roturas en canales, acequias, puentes...

### *Obras accesorias*

Las obras de defensa van acompañadas siempre de realizaciones dependientes, como sistemas de drenaje y desagüe, refuerzos traseros como rastrillos y recalces, así como habilitación de caminos de acceso. En ciertos tramos carentes de defensa, los agricultores intentan soluciones parciales y temporales que no suelen pasar de la

elevación de sucesivos caballones con el fin de retener progresivamente la fuerza de las aguas.

#### *Desviaciones de cauces y encauzamientos totales*

Desviaciones no han llegado a realizarse por lo muy elevado de su coste, además de sus numerosos problemas. Toda desviación provoca unas modificaciones de distancia y pendiente que, contrarias a la tendencia natural del río, acarrearán consecuencias en su comportamiento aguas abajo.

El encauzamiento realizado desde 1986 entre los puentes de Castejón incluye la corrección de un meandro. Significa la obra de mayor inversión realizada sobre el cauce del Ebro. Ha sido necesaria a causa de la mala ubicación del puente de la Autopista de Castejón, cuyos cimientos eran progresivamente amenazados por el avance de la orilla cóncava anterior.

#### *Obras de defensa en los distintos tramos de la Ribera tudelana*

El sector aguas arriba de la desembocadura del Aragón, correspondiente a los municipios de Rincón de Soto y Milagro, es el tramo con mayor densidad de obras de defensa, concretamente existen 2,37 kms. de obra por cada km. de cauce. Se da la circunstancia de que el límite de la llanura de inundación se encuentra alejado del cauce, y ha sido necesario proteger la huerta de forma continua en las dos márgenes. Los proyectos más antiguos son defensas para el regadío de Milagro, destacando dos zonas de especial preocupación por la facilidad con que el río realizaba cortas en los momentos de avenida: la Dehesa de San Juan y el paraje conocido por el significativo término de "El Galacho". Sobre estos puntos se han superpuesto las defensas, deterioradas y reformadas en varias ocasiones. Otro lugar problemático ha sido el meandro de Granjafría, de concavidad muy marcada.

En la actualidad, la práctica totalidad de las dos orillas entre el puente de Rincón y la desembocadura del Aragón se encuentran protegidas por motas de tierra, reforzadas en amplios sectores por escolleras y en lugares concretos por gaviones, espigones o muros de hormigón.

Por lo que respecta al sector entre la desembocadura del Aragón y el puente de la autopista de Castejón, su margen izquierda, protegida por una mota de tierra, ha sido tradicionalmente menos conflictiva que la derecha, donde los parajes Tobarco, Estajao y Las Rozas han requerido de continuas atenciones y reparaciones por parte del Ayuntamiento de Alfaro. Es en esta margen derecha donde se desarrollan una serie de escolleras que refuerzan las motas. Aguas abajo del puente del ferrocarril el cauce alcanza, en esta margen derecha, el límite de la llanura de inundación, con lo que no hay terreno que defender.

Entre el puente de la autopista de Castejón y Murillo de las Limas sigue siendo la margen izquierda la que cuenta con un espacio inundable muy extenso, habiéndose levantado un dique continuo que bordea las señales de los meandros abandonados y una segunda red de defensas (escolleras y gaviones que han requerido de continuas reparaciones) directamente adosadas a la margen del río, particularmente en las orillas cóncavas de los meandros. En la margen opuesta el escarpe que delimita las terrazas superiores frena directamente el avance del río. Este hecho, unido a la existencia de

extensos sotos a la salida de las concavidades, ha favorecido la estabilidad del cauce en todo el sector.

Entre Murillo de las Limas y Tudela es donde hemos encontrado los proyectos de defensa más antiguos. Sin duda la proximidad de la ciudad de Tudela ha llevado al cultivo de amplias zonas de terreno en las dos márgenes hasta las mismas orillas, las célebres mejanas de Santa Cruz y Traslapiente, de ahí que las obras de defensa sean también muy antiguas. Los proyectos consultados en este sector se refieren a obras de reparación de los diques tradicionales a raíz de crecidas como la de 1960-61. La dinámica fluvial se ha visto frenada por la longevidad de estos diques continuamente reparados y reforzados en los puntos-clave por escolleras, muros de hormigón o gaviones. Otro problema tradicional ha sido el dragado de los aterramientos producidos en las inmediaciones, aguas abajo, de la presa Molinar y el propio puente de Tudela.

Los proyectos más recientes se refieren al recrecimiento de los diques protectores de las mejanas, como el que actualmente ha llevado a cabo la Diputación Foral.

Similar carácter tradicional presentan las defensas del sector aguas abajo de Tudela hasta la toma del Canal Imperial de Aragón. Los escasos proyectos referidos a esta zona atienden principalmente al refuerzo o reparación de diques preexistentes. Es de destacar lo sensible a las crecidas que ha resultado ser la toma del canal de Tauste, requiriendo de diversos refuerzos. La razón estriba en que en su primer kilómetro de recorrido el canal discurre paralelo al Ebro con una distancia intermedia no superior a los 30 m. en un sector en el que el río describe una amplia sinuosidad, hallándose el canal en la margen cóncava de la misma. Los proyectos se han esforzado en evitar la destrucción del canal por la fuerza del río, teniendo en cuenta que en momentos de desbordamiento, el Ebro tendía, además, a cortar la curva del Bocal y lanzarse directamente contra la huerta y el propio pueblo de Cabanillas.

El sector correspondiente a los términos de Cabanillas, Fustiñana y Ribaforada es el de menor número de obras de defensa realizadas. No obstante, posteriormente a 1982 tenemos constancia de que la margen izquierda se ha defendido definitivamente.

El dinamismo del río no ha sido importante en este sector. Hemos inventariado varios proyectos de defensa pero algunos no han sido llevados a término, y en algunos puntos los agricultores han preferido soluciones parciales de bajo coste. El lugar más peligroso es la concavidad al Sur de Cabanillas.

Aguas abajo del límite entre los términos municipales de Ribaforada y Buñuel y hasta la muga con Aragón, el desarrollo de las obras es mucho mayor. Las defensas de Buñuel destacan por la proliferación de dragados y espigones, que junto con los diques de tierra han conseguido un efectivo control de la dinámica fluvial en un sector en el que los sotos son muy escasos y se cultiva hasta la misma orilla.

## **7. Impactos**

Los dragados, los largos diques longitudinales y los proyectos de encauzamiento se han desarrollado notablemente en la década de los ochenta, generando unos impactos sobre el paisaje ribereño mucho mayores que las obras parciales levantadas en las décadas anteriores. Solicitadas por los agricultores, resultan muy baratas para los beneficiarios, ya que el Estado aporta siempre la mayor parte de la inversión.

Los impactos de estas obras son numerosos; los más importantes observados en el área de estudio se reseñan a continuación.

#### *Sobre el cauce*

Son impactos fuertes, que afectan decisivamente a la dinámica, ya que se trata en la mayoría de los casos de corregir el cauce. Los dragados, las escolleras y los encauzamientos modifican los taludes naturales del río. En los casos de corta de meandros, no realizados en el área de estudio aunque sí en el río Aragón cerca de su desembocadura, se modifican también parámetros como la pendiente, la sección y la granulometría de los fondos, alterándose notablemente la dinámica fluvial.

En ocasiones, y el ejemplo del meandro de Giraldelli es evidente (mapa 1), la defensa de un sector de la concavidad de un meandro ha exagerado la dinámica de éste y su curvatura se ha desarrollado notablemente hacia el sector no protegido. El dique emplazado antes de 1977 en la mitad occidental de la orilla cóncava del meandro de Giraldelli ha provocado un avance de 180 metros en tan sólo 4 años (entre las fotografías aéreas de 1977 y 1981) del vértice del meandro hacia el Este (PELLICER y OLLERO, 1987), donde el antiguo soto había sido totalmente eliminado, quedando desprotegida toda la mitad oriental de la orilla cóncava. En la fotografía más reciente de 1986 el avance de la concavidad ha sido ya controlado con la construcción de un muro de hormigón.

La realización de obras parciales lleva consigo el peligro de modificar la fuerza del flujo y la forma del cauce, lo cual repercutirá irremediablemente aguas abajo, donde el río habrá de recuperar su tendencia natural. Ante toda obra de contención es necesario un detenido estudio del comportamiento del río y su posible reacción. De lo contrario, si las obras no se realizan en función del carácter del río, en los momentos de aguas altas las consecuencias pueden ser muy negativas. En informes referentes a daños de crecidas se describe cómo la mala ubicación de algunas defensas, o su rotura parcial en puntos de especial debilidad, han provocado penetraciones importantes en la llanura de inundación y cortas que han resultado graves.

#### *Sobre la vegetación*

La construcción de obras de defensa ha requerido en casi todos los casos de destrucción de amplias superficies de la vegetación espontánea que crecía en las orillas. De las obras específicas, son los dragados, realizados en la mayoría de los casos con maquinaria pesada, los que mayor daño han producido en las masas vegetales, destruyendo extensas superficies de desarrollo de árboles y arbustos. Se elimina el efecto positivo de éstos, su importante papel frente a las riadas, el microclima que generan y el sombreado que ejercen sobre el río impidiendo que el agua se recaliente en verano. Hay que contar también con el impacto ecológico, al encontramos en un ecosistema muy valioso por su carácter relicto.

Otro hecho importante, detectado singularmente en el Soto Alto de Valtierra, es la casi permanente inundación del bosque de ribera al encontrarse en la orilla opuesta y ligeramente aguas abajo de una obra de defensa. En este caso se trata de una escollera que relanza las aguas contra el citado soto, de manera que la vegetación pionera se ha convertido en madura, habiéndose desarrollado una saucedada de *Salix alba* que ya no

evoluciona hacia la alameda. El Soto Alto sufre mucho más fuertemente las avenidas, e incluso los momentos de aguas altas ordinarias.

### *Sobre la fauna*

Al eliminar los obstáculos naturales se reducen las turbulencias favorecedoras de la oxigenación del agua. Con las actuaciones sobre el cauce se alteran la capacidad de autodepuración del agua, la existencia de alimentos en suspensión, los lugares para la reproducción, abrigos y refugios.

### *Sobre el hombre*

A largo plazo el hombre es el mayor perjudicado por el deterioro de los espacios naturales de ribera, reliquias húmedas en el ámbito de la árida depresión del Ebro, lugares de recreo efectivos o potenciales, y por la mala calidad de las aguas afectadas por las citadas actuaciones, carentes de autodepuración, empleadas para consumo y riego.

## **8. Valoración**

Con la sustitución de la vegetación espontánea por las obras de contención a la hora de proteger las riberas no cabe duda de que se ha conseguido un aumento de la superficie cultivada y un incremento de la productividad, pero habría que preguntarse si dicho beneficio económico se compensa con las cuantiosas inversiones realizadas y justifica los enormes desequilibrios ecológicos generados.

Por otra parte, con las obras de defensa se han evitado las inundaciones generalizadas, pero se ha agravado la situación en los puntos desprotegidos, donde la fuerza de la corriente de avenida, encauzada por las obras de contención de aguas arriba, ha originado penetraciones importantes en la llanura de inundación, tal como ocurrió en la riada de junio de 1977. La consulta de los informes nos lleva a la conclusión de que la ruptura de una obra de defensa presenta consecuencias más graves en el desbordamiento que si dicha defensa no existiera.

Las obras de contención artificiales han alterado la tendencia natural de la corriente fluvial, de manera que el cauce no puede construir la curva ideal a la que tendería para compensar la energía sobrante. Encontramos así un canal meandriforme con discontinuidades, cuyas orillas cóncavas se encuentran constreñidas y dibujan curvas irregulares que muchas veces provocan el choque perpendicular de las aguas contra la defensa.

Un soto bien desarrollado puede ser una defensa más efectiva que las obras de contención artificiales, como se desprende de varios ejemplos, destacando el de la corta del meandro de la Dehesa de San Juan (Milagro), producida en varias crecidas allí donde la vegetación era más escasa, a pesar de la construcción de obras que eran continuamente destruidas sobre el mismo punto.

Por último, es preciso volver a advertir sobre el hecho de que existe el riesgo de que se produzca, tarde o temprano, una crecida extraordinaria del volumen de la del último día de 1960. La mayor parte de las obras de contención construidas no cuentan con capacidad suficiente para soportar dicho caudal, con lo cual las consecuencias pueden ser muy graves.

## 9. Alternativas

Atendiendo a la legislación vigente, sería prudente alcanzar un equilibrio entre los dos sistemas de protección de las orillas, el natural y el artificial. Es preciso respetar el desarrollo de los sotos en una franja lo suficientemente ancha desde la orilla, al menos 100 m., tanto por su valor ecológico como por su papel de primer obstáculo frente a la fuerza de la corriente. Separando dicha franja arbolada de los cultivos se puede completar el sistema de defensa con un dique-camino continuo. Salvando estos dos elementos de defensa, se plantearía la reducción o eliminación total de las otras obras de contención (dragados, escolleras, muros de hormigón, espigones), mucho más impactantes y menos efectivas por su carácter puntual, ya que solucionan el problema de un sector concreto, una concavidad, pero lo agravan en la orilla opuesta o aguas abajo.

En todo caso, es necesario para cualquier tipo de intervención en el cauce o en las orillas un estudio previo de impactos, algo que no se ha realizado hasta el momento. Planteamos la conveniencia de una ordenación del espacio ribereño que parta del conocimiento exhaustivo de la complejidad del sistema cauce-riberas, de la dinámica del mismo, de las interdependencias entre los distintos elementos, factores y procesos, y de la sensibilidad del sistema ante las intervenciones antrópicas.

### BIBLIOGRAFÍA

- AYERRA, E. (1989): *Los sotos de la Ribera tudelana*. Servicio de Medio Ambiente. Diputación Foral de Navarra (inédito).
- DAVY, L. (1975): *L'Ebre, étude hydrologique*. Thèse d'Etat, Univ. Paul Valéry, 2 vols. 800 pp., Montpellier.
- GARCIA-ANQUELA, J.A.; TENA, J.M. y MANDADO, J.A. (1984): *Las explotaciones de áridos como factor modificador de los cauces fluviales naturales*. Cuadernos de Investigación Geográfica. I Coloquio sobre procesos actuales en Geomorfología, Logroño, 83-89.
- MARTIN RANZ, M.C. y GARCIA RUIZ, J.M. (1984): *Los ríos de La Rioja. Introducción al estudio de su régimen*, I.E.R., 67 pp., Logroño.
- MONTSERRAT, P. (1982): Aspectos ecológicos relacionados con la dinámica de sotos y riberas. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 41, 9-10, Madrid.
- OLLERO OJEDA, A. (1989): Ecogeografía del meandro del Estajao (río Ebro, Alfaro, La Rioja), *Cuaternario y Geomorfología*, 2 (en prensa).
- OLLEDO OJEDA, A. (1989): *Estudio ecogeográfico de los meandros del Ebro en el sector Rincón de Soto-Novillas*. Memoria de Licenciatura (inédita). Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza, 454 pp.
- PELLICER CORELLANO, F. y OLLEDO OJEDA, A. (1987): Dinámica de los meandros del Ebro en la Rioja Baja (sector Alfaro-Arguedas). *Actas del X Congreso Nacional de Geografía*, 1, Zaragoza, 57-66.
- REGATO PAJARES, P. (1988): *Contribución al estudio de la flora y la vegetación del galacho de la Alfranca en relación con la evolución del sistema fluvial*. Diputación General de Aragón, Zaragoza, 188 pp.
- URSUA, M.C. y BASCONES, J.C. (1986): Flora de la Ribera tudelana. *Príncipe de Viana (Suplemento de Ciencias)*, 6, 41-100, Pamplona.

**E**bro ibaiaren ugaitzei buruzko ikerketa egin da Kastejoneko aforoan. Ur gainezka horien zergatiak ikertu ditugu, uholderik handienak sortu dituzten horiek nabarmenduz. Hori elementu aktiboa da, eta horrez gain, ibai ertzetako defentsa osatzen duten elementuak ikerketan sartu ditugu ere: hala naturalak (ugaraneko landaredia) nola gizonak egindakoak (urari eusteko obrak). Elementu bakoitzaren garrantzia adibide zehatzen bitartez taxutu egin da. Ibai ondoetako zuhaitzek eta sasiak ugaitzei aurre egin izan baldin badiete ere, azken hamarkadaotan espazioa antropizatu egin da. Izan ere, nekazariek babesa eta errentabilitatea behar izan dute, eta horrek urari eusteko obrak erakarri ditu. Hori dela-eta, erran daiteke, Ebro ibaia ia erabat ubidetuta dagoela eta horren ondorioz, murriztu egin da Ebroren berezko mugimendua. Hala eta guztiz ere, bada oraindik aparteko ugaitzik izateko arriskua, eta ikusi beharko da gaur egungo defentsabidea egokia den.

**A** study has been made of the rises of the river Ebro at Castejon, which seeks to ascertain the contributory factors and emphasizes those rises which have caused the most significant floods. In contrast with this active element, an analysis is also made of the role of the elements forming the defence of the river banks - both natural (riverside vegetation) and man-made (flood barriers) assessing the importance of each one in concrete examples. And if the struggle against the rises of the river was carried out solely by the riverside woodland and vegetation, in recent decades man has played an ever-increasing role. The need for security and profitability on the part of farmers has led to the development of flood barriers to the point of practically channelling the Ebro and restricting its natural pattern of movements. However, the threat of freak rises persists and the effectiveness of the system still remains to be proved.

**ALFREDO OLLERO OJEDA.**

Tudela, 1964. Licenciado en Filosofía y letras, sección Geografía. Forma parte del Grupo BORTIRI. Técnico en educación ambiental.