

MIGUEL ARENILLAS PARRA*, CARMEN DIAZ-GUERRA JAEN**
y RAFAEL CORTES GIMENO***

* Escuela T.S. de Ingenieros de Caminos, C. y P. de Madrid.

** Geóloga. Ingeniería 75. S.A.

*** Escuela T.S. de Ingenieros de Caminos, C. y P. de Valencia.

EVOLUCION DEL TRAZADO DEL RIO OJA DURANTE EL CUATERNARIO

RESUMEN - RÉSUMÉ - ABSTRACT

Se analizan aquí las modificaciones experimentadas por el trazado del río Oja durante el Cuaternario a partir de la distribución, en planta y en alzado, de las terrazas depositadas por el río. Se constatan cuatro fases climáticas principales durante el Pleistoceno y hasta seis horizontes morfológicos.

* * *

Évolution du tracé de la rivière Oja pendant le Quaternaire.- On analyse ici les modifications expérimentées par la rivière Oja à partir de l'étude de la distribution, en plan et en hauteur, des terrasses qu'elle a déposées. On constate quatre phases climatiques principales pendant le Pleistocene et jusqu'à six horizons morphologiques.

* * *

Evolution of the Oja river course during the Quaternary.- The modifications experienced by the course of the Oja river during the Quaternary period are analyzed through the distribution of the terraces deposited by the river. Four main climatic phases and up to six morphological levels have been detected within the Pleistocenic deposits.

PALABRAS CLAVE: Oja, cuenca del Ebro, evolución fluvial, terrazas, Cuaternario.

MOTS CLÉ: Rivière Oja, bassin de l'Ebro, évolution fluviale, terrasses, Quaternaire.

KEY WORDS: Oja river, Ebro basin, fluvial evolution, terraces, Quaternary.

I. INTRODUCCION

Durante el Cuaternario el río Oja ha experimentado importantes modificaciones en su trazado, que han conducido a variaciones muy significativas de la parte baja de la cuenca. En este proceso han estado implicados el río Tirón —básicamente— y otros cauces menores, cuyas cuencas también se han ido reordenando a la par que la del Oja. El resultado final ha sido un giro de la traza general del río de unos 40° hacia el oeste y centro aproximado en el actual emplazamiento de Santurde, con pérdida de cuenca por el este y consiguiente ganancia hacia el norte, en detrimento de la del río Tirón.

Sobre estas variaciones de trazado del Oja y también de otros afluentes derechos del Ebro, como el Najerilla, el Iregua y el Cidacos, se han ocupado,

con mayor o menor profundidad, diversos autores (véase bibliografía) y se han propuesto distintas explicaciones. Por nuestra parte hemos tenido ocasión de abordar el tema al analizar con bastante detalle la disposición de los depósitos fluviales aportados por el Oja —y, en menor medida, por el Tirón— a lo largo del Cuaternario, con motivo de un estudio más amplio¹ realizado para la Confederación Hidrográfica del Ebro durante 1990. En ese trabajo se ha utilizado cartografía a escala 1:5.000 de una amplia zona, que corresponde a la actual cuenca del Oja y a parte del área que ha perdido hacia el este durante el Cuaternario: cuencas de los arroyos Zamaca y Valpierre (Fig. 1). Los espesores de las terrazas², que han facilitado el análisis de la distribución en altura de estos depósitos, se han obtenido de numerosos datos de sondeos, suministrados por la Confe-

¹ Ordenación del aprovechamiento integrado de bienes del Dominio Público Hidráulico del aluvial del río Oja. T.M de Ezcaray-Villalobar (La Rioja).

² Empleamos el término "terrazza" con criterio estrictamente morfológico: es decir, se aplica a cada uno de los elementos, o formas, que constituyen los distintos niveles de depósito y no a estos niveles.

deración del Ebro, y de la medición directa de los abundantes pozos y socavones abiertos en la zona, la mayor parte de los cuales alcanza el sustrato terciario (el “jalón”, en terminología local). El estudio de estos depósitos —ubicación, morfología y morfometría, superficies ocupadas, espesores, volúmenes, distribución en altura, pendientes, orientaciones— han permitido definir las distintas secuencias del proceso general de modificación de la cuenca del Oja a lo largo del Cuaternario.

II. LA CUENCA DEL RIO OJA

El río Oja tiene su origen en la sierra de la Demanda y es afluente derecho del Ebro a través del Tirón; se une con éste aguas abajo de Cihuri, muy cerca de su desembocadura en el colector ibérico, que se produce al norte de Haro. En la actualidad es conocido por dos nombres: el ya indicado de Oja, que es el más extendido, y el de Glera, que es el aplicado por los habitantes de las zonas media y baja de la cuenca, con un límite hacia el sur que puede estar entre Ojacastro y Ezcaray. Este último nombre (Glera deriva de *glarea*, es decir, cantorral) tiene su origen evidente en los amplios depósitos granulares que ocupan los sectores medio y bajo de la cuenca fluvial, claramente más extensos que los de otros afluentes del Ebro en este sector.

A lo largo de su curso el Oja atraviesa tres unidades geológicas bien diferenciadas: el Paleozoico de la Demanda, una franja de materiales mesozoicos situada al norte de esta sierra y los depósitos terciarios de la depresión del Ebro.

La sierra de la Demanda, en el extremo noroccidental de la Cordillera Ibérica, es un importante enclave de edad primaria, en el que adquieren gran desarrollo los depósitos cámbricos, aunque también aparecen afloramientos ordovícicos y precámbricos, así como algunas formaciones westfalienses de carácter molásico, que se sitúan en la zona más occidental del macizo.

En la zona correspondiente a la cuenca del Oja, el Paleozoico, especialmente tectonizado, se estructura en sucesivas escamas que cabalgan hacia el norte. Estos cabalgamientos se cierran por el sur de forma casi circular en torno al valle fluvial. En el núcleo de este cierre tectónico, el cauce del Oja se abre hacia la fosa del Ebro a favor de otra gran falla de dirección N10.

En Ezcaray, al norte de la sierra, aparece un estrecho cinturón mesozoico —también muy tectonizado—, que aflora entre dos frentes de cabalgamiento: el correspondiente al contacto con el Paleozoico de la Demanda y el que sirve de límite con el Terciario del Ebro. Estos materiales de cobertura están constituidos por conglomerados, areniscas y dolomías triásicas (facies Buntsandstein y Muschelkalk) y calizas y margas jurásicas.

Los depósitos terciarios presentan una facies

proximal, que aflora en las inmediaciones de la sierra, constituida por brechas y conglomerados de edad mio-pliocena, y otra distal, depositada durante el Mioceno y formada por conglomerados, areniscas y lutitas.

Las formaciones más recientes alcanzan su máximo desarrollo en la parte septentrional de la cuenca, con terrazas fluviales que ocupan extensas superficies y conos de deyección que se extienden en las desembocaduras de algunos de los barrancos que afluyen al Oja. A cotas más altas que las de todos estos depósitos aparecen niveles de cantos empastados en una matriz arcillosa, con fuertes pendientes y frecuentemente costrificados, que deben corresponder a la raña (Plioceno o Villafranquense).

III. LOS DEPOSITOS ALUVIALES DEL RIO OJA

Los depósitos aluviales que se conservan en la zona estudiada —actuales cuencas del río Oja y del arroyo Zamaca, principalmente— constituyen un extenso y potente sistema de terrazas, con algunas singularidades que conviene señalar. En primer lugar la disposición de estas terrazas es claramente asimétrica respecto de la traza actual del río: en la margen derecha aparecen seis niveles (con la distribución que se detalla más adelante), mientras que a la izquierda del cauce sólo están representados la terraza cuaternaria más baja (en una estrecha banda, que se prolonga, con algunas interrupciones, desde Ezcaray hasta más abajo de Castañares) y el nivel inmediato superior, que se conserva en las proximidades de la confluencia del Glera con el Tirón.

Por otro lado, la particular distribución de las terrazas de la margen derecha, con evidentes entrelazados de unos niveles con otros, indica el funcionamiento de cauces anastomosados en los distintos estadios del encajamiento fluvial. Es decir, durante la deposición de los diferentes niveles de terraza el sistema fluvial no parece que se haya acomodado a un cauce estable, sino que debió funcionar a modo de sucesivos abanicos aluviales, progresivamente desplazados hacia el oeste.

Este carácter se evidencia asimismo en la especial morfología que presentan las superficies de las terrazas, con fuertes pendientes longitudinales —es decir, según el valle— y con una tendencia casi general a formar convexidades bastante acusadas, lo que se puede observar especialmente en los niveles más modernos y, por tanto, menos modificados.

También la granulometría de las terrazas resulta significativa, pues es alto el porcentaje de materiales gruesos. Además, estas acumulaciones de gravas —mucho más caóticas en los niveles superiores— raramente presentan ordenación interna, aunque en las pocas zonas donde decrece el tamaño de los depósitos se observan algunas cicatrices ero-

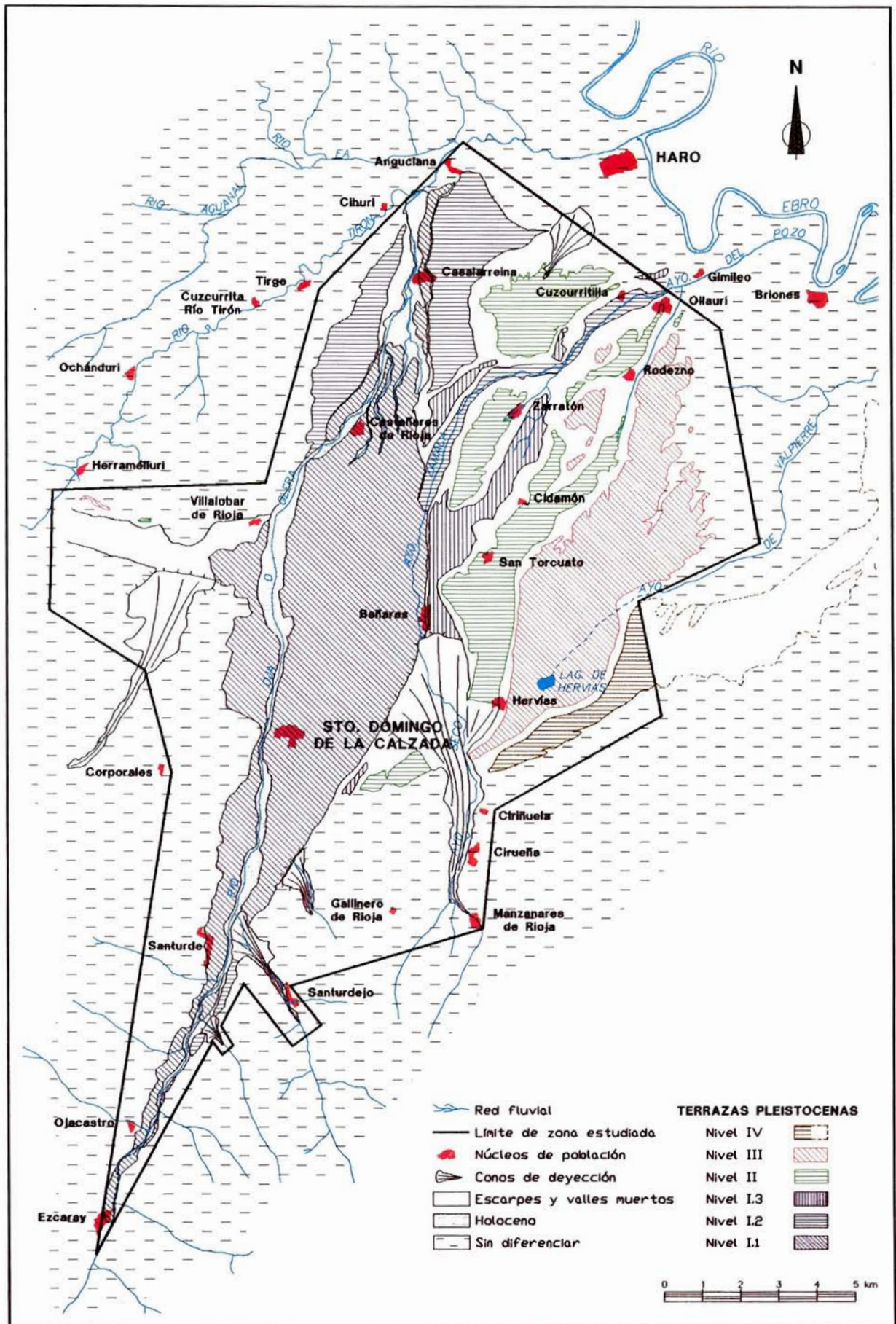


Fig. 1. Zona estudiada. Disposición de las terrazas del Oja.

sivas y secuencias de granoselección negativa, cuya disposición indica procesos sedimentarios propios de cursos anastomosados o, también, de abanicos aluviales.

En definitiva, un análisis morfológico de carácter general revela que los depósitos asociados al río Oja se acumularon bajo regímenes torrenciales o cuasi-torrenciales.

IV. ORGANIZACION Y DISTRIBUCION DE LAS TERRAZAS FLUVIALES

La zona que hemos reconocido en detalle (Fig. 1) pertenece en su mayor parte a la actual cuenca del Glera, desde Ezcaray hacia el Norte, aunque se han incluido en el estudio algunos sectores externos, como la cuenca del arroyo Zamaca (hasta Ollauri) y parte de la del Valpierre. En este amplio sector, de unos 240 km², se han podido identificar treinta y dos terrazas del Pleistoceno, de extensión muy variable, distribuidas en seis niveles claramente diferenciables en el campo. Ahora bien, los tres niveles más bajos y, por tanto, más modernos, en función del alto grado de imbricación que presentan, deben corresponder a distintas subfases de una etapa climática más amplia. De este modo cabe hablar de cuatro niveles pleistocenos generales, que se pueden ampliar a seis horizontes morfológicos, al considerar tres subniveles, claramente imbricados pero individualizables entre sí, en el nivel pleistoceno más moderno. Sobre ello volveremos más adelante.

Inmediatamente por encima de las terrazas más altas se han localizado otras manchas de pequeña extensión —a más de cien metros sobre el cauce actual— que por su situación y características pertenecen a la raña. El Holoceno y, en general, los sedimentos fluviales más recientes, están representados, entre Ezcaray y la desembocadura, por unos depósitos bastante limpios y en general de menores dimensiones que los de los otros niveles, actualmente casi esquilados por los extractores de áridos. Estos materiales rellenaban el cauce actual, que no es más que una ligera incisión en la terraza pleistocena más baja, con anchuras que varían desde pocos metros en la parte alta del tramo hasta más de cien en algunos sectores situados aguas abajo de Santo Domingo de la Calzada.

Los niveles pleistocenos tienen como características principales las que se indican a continuación.

Nivel I (subnivel 1). Es el de superficie más extensa y el que da lugar al mayor volumen de depósitos. Está representado por ocho terrazas, con fuertes convexidades y pendientes longitudinales medias del orden del 1,2%.

En la margen derecha se imbrica claramente con el subnivel inmediato superior (I.2) e, incluso, en algunas zonas (eskarpe de Bañares, por ejem-

plo), también con el siguiente (subnivel I.3). En la margen izquierda la imbricación entre los subniveles I.1 y I.2 es más dudosa, ya que el Terciario, aunque no aflora a lo largo del eskarpe, se encuentra a poca profundidad bajo los depósitos.

En general la potencia de todas las terrazas del nivel I.1 es bastante importante, con espesores medios entre ocho y doce metros. Además, en la terraza principal de la margen derecha, que es la mayor del Oja, destaca por su espesor una franja transversa al cauce actual (prolongación del corredor de Herramélluri, entre la cuesta de San Miguel, al Norte de Santo Domingo, y Villalobar de Rioja), donde los depósitos aluviales alcanzan los 20 m. de potencia, en coincidencia con la zona más ancha de la terraza. Todo esto determina que gran parte de los materiales de este nivel se encuentren por debajo de la cota del cauce actual, ya que la incisión de éste en los sedimentos que estamos analizando es muy reducida.

Nivel I (subnivel 2). Este segundo subnivel tiene su representación principal en las proximidades de la desembocadura del Oja, a ambos lados del cauce. Pertenecen también a esta secuencia el relleno del valle del arroyo Zamaca y dos pequeñas terrazas situadas aguas arriba de Santurde.

Los mayores espesores de estos depósitos son los correspondientes a la terraza principal de la margen derecha, donde, en las inmediaciones de Casalarreina, se superan los veinte metros de potencia, profundidad que puede explicar alguna de las últimas modificaciones experimentadas por el trazado del Oja. Por el contrario, la terraza de la margen izquierda presenta una potencia mucho menor, pues sólo en algunos sectores sobrepasa los diez metros de espesor. Todo ello parece indicar la existencia de un gran cono de deyección, cuyo eje se situaba al este del cauce actual. En cualquier caso, la pendiente longitudinal de estas dos terrazas es del orden del 1%, es decir, sólo algo más reducida que la del primer subnivel.

El valle del Zamaca representa, como se verá más adelante, un antiguo trazado del río Oja y forma en la actualidad una cuenca independiente.

Nivel I (subnivel 3). Está representado por cinco terrazas, cuyas superficies se distribuyen entre los quince y los veinte metros por encima del cauce actual, con pendientes que oscilan en torno al 1%. Su potencia media, aunque en alguna de las terrazas menores no supera los 3 m., puede estimarse en 7 m.

Este subnivel, imbricado parcialmente con los más bajos, se distancia claramente del inmediato superior (nivel II), según puede observarse en los escarpes que los separan, donde en muchos puntos aflora el Terciario.

Nivel II. Las siete terrazas que forman este segundo nivel pleistoceno culminan a una altura me-

dia sobre el cauce del orden de cuarenta y cinco metros, con potencias que oscilan entre dos y diez metros. En la mayor parte de estos depósitos es evidente la acción de cauces anastomosados durante el proceso de sedimentación.

Las dos terrazas más occidentales presentan determinados caracteres que las diferencian de las cinco restantes: fundamentalmente un mayor contenido en finos y una pendiente menor (0,7-0,8% frente al 1% de las terrazas orientales). Estas diferencias probablemente radican —según luego se verá— en el distinto origen de ambos grupos de sedimentos, ya que los más occidentales pueden corresponder a depósitos del Tirón y los más orientales al Oja, en una situación en la que ambos ríos circulaban muy próximos. También las curvas de nivel parecen indicar diferencias en la dirección de los aportes durante la sedimentación de ambos conjuntos, aunque este resultado puede también derivar de la propia dinámica del sistema anastomosado al que hemos hecho referencia.

Los depósitos de este nivel se presentan, en general, netamente diferenciados de los inmediatos superiores (nivel III), de los que suelen estar separados por afloramientos terciarios muy evidentes, con excepción de un tramo situado al norte de Hervías, en el que quizá exista una cierta imbricación.

Nivel III. Las seis terrazas de este importante episodio (el segundo en extensión dentro del área estudiada) conservan pendientes longitudinales del orden del 1%. Entre ellas destaca la que se prolonga desde el abanico de Hervías hasta las proximidades de Ollauri, cuya superficie se sitúa entre sesenta y cinco y setenta metros sobre el cauce actual.

Los materiales acumulados en estas seis terrazas constituyen, por su granulometría, el conjunto más irregular dentro del sistema general de terrazas del Glera. Aunque mayoritariamente forman importantes acumulaciones de gravas, hay también extensas zonas, de distribución aleatoria, en las que predominan las arenas, con cantidades, ocasionales pero apreciables, de arcillas y limos.

En la terraza principal el espesor de los materiales aumenta hacia el oeste, con valores medios de siete a ocho metros; no obstante, en la zona de la laguna de Hervías se superan los dieciocho metros. Este punto tiene un especial interés, pues puede explicar alguna de las variaciones más antiguas del trazado del río Oja. La laguna, situada un par de kilómetros al este de la población homónima y muy próxima al escarpe superior de la terraza, es una depresión de forma ovalada, seca en la actualidad, que ha constituido hasta tiempos muy recientes una depresión de carácter endorreico, con un efluente ocasional que desaguaría hacia el valle del arroyo Valpierre.

Nivel IV. El nivel pleistoceno más alto de los observados corresponde a una única terraza situada

al norte de Cirueña, que, al prolongarse fuera de la zona de estudio, no se ha cartografiado ni cuantificado en su totalidad. En cualquier caso, la orientación de esta terraza supone un trazado del Oja en este período claramente desviado hacia el este respecto de los episodios posteriores.

La potencia de los depósitos de esta terraza aumenta de SO a NE, alcanzando los quince metros en el límite de la zona cartografiada. Su pendiente es aproximadamente del 1%, con una altura sobre el cauce actual que puede calcularse en unos ochenta metros. Los cantos, fundamentalmente cuarcíticos, presentan señales de un transporte no muy acusado y estructura bastante caótica. Fuera de la zona estudiada, la terraza se prolonga en dirección a San Asensio, en las proximidades del Ebro.

V. LOS NIVELES DE TERRAZAS

Con el fin de comprobar y cuantificar las observaciones de campo y, por lo tanto, de verificar que los niveles de terraza observados se presentan claramente diferenciados y corresponden a distintos estadios evolutivos, se ha analizado la distribución en altura de todos estos depósitos aluviales del Oja, tomando como elemento de referencia el cauce actual.

En cada terraza se han definido perfiles transversales, es decir normales al flujo de las aguas durante el depósito, operación facilitada por la disposición de las curvas de nivel. La geometría de los perfiles se ha establecido a partir de los reconocimientos de campo, de los datos cartográficos y de la información obtenida de pozos y sondeos, que permiten, en la mayor parte de los casos, establecer las profundidades a las que aparece el sustrato terciario. Las cotas —superficiales y del sustrato— de los diferentes perfiles se han referido, en cada caso, al punto correspondiente del cauce actual, teniendo en cuenta para ello el giro experimentado por el río a lo largo del Cuaternario. La interpretación de este giro puede haber dado lugar a algún error de orden menor en lo que se refiere a la posición absoluta de los niveles más altos (III y IV especialmente), pues para los inferiores las modificaciones del trazado fluvial no son sustantivas a estos efectos. En cualquier caso, incluso en los niveles altos, esta eventual falta de precisión no resulta significativa para la distribución relativa de los depósitos de cada nivel, pues las referencias altitudinales se han determinado con criterios homogéneos en cada uno de ellos.

A partir de todas estas consideraciones y del tratamiento analítico de los datos indicados con el apoyo de un sencillo programa informático, se ha calculado la distribución altitudinal de los depósitos del Oja en la zona de estudio. El resultado es un histograma de superficies-alturas sobre el río, que se obtiene al sumar las superficies equivalentes (es

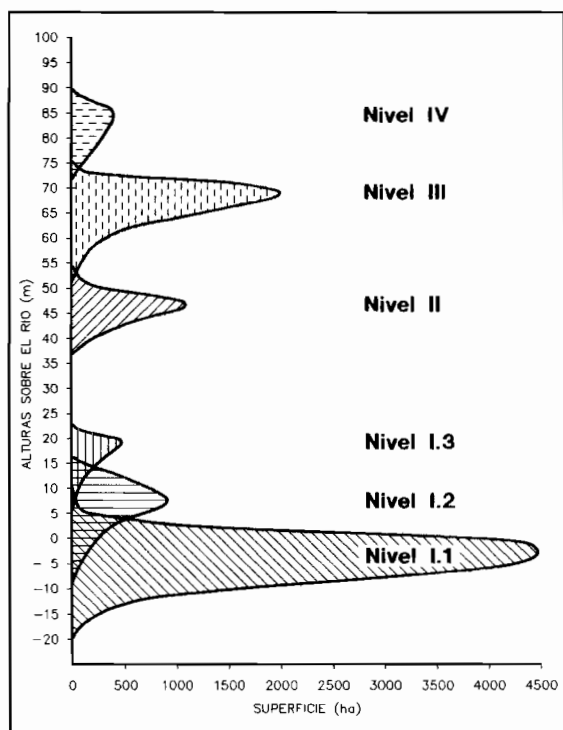


Fig. 2. Relación superficie/altura sobre el río de los niveles de terraza del Oja.

decir, de igual cota respecto del cauce) de las distintas terrazas (Fig. 2).

De este modo los niveles II, III y IV aparecen netamente diferenciados, mientras que los depósitos más bajos (subniveles 1 a 3 del nivel I) presentan importantes imbricaciones, índice de su pertenencia —muy probable— a un nivel general que los engloba. En el Cuadro I figuran las características superficiales y volumétricas de todos los niveles y subniveles considerados.

A alturas sobre el río claramente superiores a las correspondientes al nivel IV aparecen retazos de otros horizontes granulares de disposición caótica, fuertes pendientes (del orden del 3%) y morfología de abanicos aluviales, que, por sus características, pueden asignarse a la raña. En el otro extremo, los sedimentos holocenos rellenan —o rellenaban, según lo dicho— una caja muy poco incidida en el subnivel más moderno del nivel I, con superficies y volúmenes netamente menores que los de los otros niveles de terraza.

De acuerdo con esta disposición de los sedimentos granulares del Oja, se puede avanzar, incluso, una propuesta de cronología para los niveles pleistocenos. En este sentido, recurriendo a la terminología tradicional que se viene aplicando en el área alpina para identificar las grandes crisis climáticas del Pleistoceno, y aun siendo conscientes de las numerosas matizaciones que esta extrapolación exigiría para asegurar su validez en el caso de la Península Ibérica, cabría interpretar que, para la cuenca del río Oja, el nivel IV de terrazas corresponde al Günziense, el III al Mindeliense, el II al

Rissense y el I al Würmiense. Para este último período los estudios paleoclimáticos de carácter general reconocen la existencia de tres fases principales y una cuarta, final, que se corresponde con una posición de los glaciares acantonados en la alta montaña. En línea con la propuesta anterior, las tres fases principales del Würm estarían representadas en nuestro caso por los tres subniveles definidos para el citado período, quedando probablemente englobada la cuarta en el más moderno de estos subniveles. A partir de estos mismos supuestos —y con todavía mayor cautela—, los depósitos más bajos del conjunto que hemos incluido genéricamente en la “raña” (100-120 m sobre el cauce actual) podrían quizá asignarse a los períodos Donau y Biber.

Pero, en cualquier caso, la distribución en altura de los niveles de terraza permite hacer otras consideraciones. En la figura 2 se comprueba que los depósitos pleistocenos más antiguos (niveles IV, III y II) se reparten, según la vertical, en intervalos similares (dieciocho, veinte y dieciséis metros, respectivamente); del mismo modo, las incisiones del cauce fluvial previas a cada uno de estos niveles de depósito resultan también equivalentes (del orden de los veinte metros). Sin embargo, la fase final del Pleistoceno supone una profundización del cauce netamente mayor, que llega a superar los sesenta metros en algunos sectores. Los depósitos consiguientes, sumados los tres subniveles que se pueden individualizar, se ordenan —discontinuos— en unos cuarenta metros de altura, lo que conduce a un amplio espacio sin terrazas entre este nivel y el inmediato superior. Este resultado y la edad würmiense —prácticamente segura— de todos los depósitos del nivel I permiten concluir que tanto el interglaciar Riss-Würm como el Würm en sus distintas fases se han desarrollado bajo unas condiciones climáticas tales que han conducido a la mayor incisión del Oja durante el Pleistoceno y al desalojo de grandes volúmenes de materiales en toda la cuenca.

No parece razonable considerar que esta situación pueda ser exclusiva del Glera; en buena lógica, tiene que haberse producido también —y con bastante generalidad— en otros ámbitos peninsulares. Lo cual, de confirmarse las dataciones propuestas,

CUADRO I

SUPERFICIES Y VOLUMENES OCUPADOS POR LAS TERRAZAS DEL OJA

NIVEL	SUPERFICIE (ha)	VOLUMEN (hm ³)	POTENCIA MEDIA (m)
IV	468	35	7.5
III	2.343	150	6.5
II	1.696	70	4.0
I.3	616	27	4.5
I.2	1.332	95	7.0
I.1	4.716	463	10.0
TOTAL	11.171	840	7.5

explicaría la falta sistemática de formaciones pre-würmienses claras en la alta montaña española y su situación marginal —y lejana a los depósitos del Würm— en los pocos puntos donde últimamente se han citado algunos posibles vestigios de esa edad.

Es evidente que el Oja, al ser un río torrencial, de no muy largo recorrido y con la cabecera alimentadora de materiales próxima a la zona de depósitos, resulta un ejemplo muy adecuado para el análisis de este tipo de procesos, pues los efectos correspondientes deben acusarse especialmente en una cuenca de tales características.

VI. EVOLUCION DE LA RED FLUVIAL EN EL CUATERNARIO

El aspecto más llamativo —y también más citado— de esta evolución es el giro hacia el oeste del trazado fluvial a partir de un punto que coincide aproximadamente con la ubicación de Santurde, proceso que queda evidenciado por la disposición actual de las terrazas cuaternarias. Este giro es simultáneo al encajamiento fluvial y se ha producido, por tanto, en distintas fases, que tienen que estar necesariamente en relación con las principales crisis climáticas del Cuaternario.

En este proceso ha intervenido de forma activa el río Tirón, que asimismo ha experimentado modificaciones importantes a lo largo del Cuaternario, casi siempre en relación con el Oja, cuyas aguas recoge, todavía hoy, cerca de su desembocadura en el Ebro.

En la zona que nos ocupa, la pauta tectónica se refleja en cuatro familias de fracturas principales, que son la N10, la NE-SO y sus conjugadas (N100 y NO-SE). Estas direcciones, con otras de orden menor, son las que compartimentan el territorio, guiando los trazados fluviales y enmarcando las alineaciones de cumbres. Testigos actuales muy netos de esta compartimentación son el curso alto del Oja (N10), el valle del Zamaca y en parte el del Valpierre (NE-SO) y el corredor de Herramélluri (N100); asimismo las cumbres alineadas de La Picota (1.163 m), Sampol (1.094 m), cuesta de San Miguel y cerro Mendiguera, parecen indicar la existencia de una antigua divisoria NE-SO sobre Santo Domingo, Rodezno y Briones.

Durante el Cuaternario la acción morfogenética del río Oja, guiada por la pauta estructural, ha sido particularmente eficaz, como lo ponen de manifiesto los importantes depósitos de grava acumulados en el sector bajo de la cuenca, que superan, en superficies y volúmenes, a los de otros ríos próximos, como el Najerilla o el Tirón. Este resultado puede explicarse, de una parte, por las fuertes pendientes del Oja, que, incluso en el sector inferior de la cuenca —desde Ezcaray— son sistemáticamente mayores del 1%, cifra del mismo orden que la que conservan las terrazas pleistocenas (la pen-

diente del Ebro en las proximidades de la desembocadura del Tirón es inferior al uno por mil). Pero además, el Oja, acogido por encima de Ezcaray a una importante fractura muy lineal y prolongada, abre la parte alta de su cuenca en un sector del Paleozoico de la Demanda muy tectonizado, donde la erosión hídrica habrá sido particularmente eficaz. De ahí el carácter torrencial del río a lo largo del Cuaternario y su alta capacidad erosiva y de transporte, que se atestiguan por la morfología de las terrazas —en muchos casos simples retazos de grandes conos de deyección— y por las características de los depósitos que las forman, entre los que predominan, sistemáticamente, los tamaños gruesos (gravas y bolos).

Los estadios climáticos más agudos del Pleistoceno, de los que se conservan en la alta Sierra de la Demanda formas glaciares, datadas como würmienses, e importantes efectos de periglaciario (GARCIA RUIZ, 1979; ANTON BURGOS, 1980), determinaron precipitaciones sin duda muy altas, mayoritariamente en forma de nieve en las cotas superiores, cuyas escorrentías —directas o por fusión— alcanzarían rápidamente la parte baja de la cuenca, en función de las pendientes y el carácter impermeable de los materiales paleozoicos que constituyen la cabecera. Estas escorrentías supusieron la movilización de importantes volúmenes de clastos que se depositarían en su mayor parte a partir de Ezcaray, donde el valle se abre y el río deja de actuar como un canal de descarga.

El Tirón, con cabecera contigua a la del Oja hacia poniente, tiene superior longitud que éste, un menor recorrido sobre el Paleozoico —en zona, además, menos tectonizada— y un mayor desarrollo sobre el Terciario del Ebro; por ello, probablemente, los materiales gruesos que movilizó en el Cuaternario fueron de menor volumen que los del Oja. Sin embargo debió canalizar también escorrentías importantes y de ahí que, a pesar de su pendiente algo más reducida que la del Glera, pudiese tener una fuerte capacidad erosiva.

Así, la proximidad de un río torrencial como el Oja, capaz de movilizar y arrastrar gran cantidad de materiales —que llegarían a obturar sus propios canales de desagüe— a la de otro de gran capacidad erosiva pero con un menor volumen de sólidos transportados, como el Tirón, han podido originar desajustes en los niveles de base locales, dando lugar, por acción combinada de ambos, a sucesivas modificaciones de las dos cuencas. El Ebro no puede ser ajeno a este proceso y, en algunos momentos, su encajamiento en una zona tan singular como es la situada al pie de las Conchas de Haro tuvo que influir en los trazados finales del Glera y el Tirón.

En definitiva, las dinámicas conjuntas aunque diferentes de los ríos Oja y Tirón, dirigidas por la pauta tectónica y condicionadas por el nivel de base regional, han conducido a sucesivos desplazamientos de ambos cauces a lo largo del Cuaternario. Es-

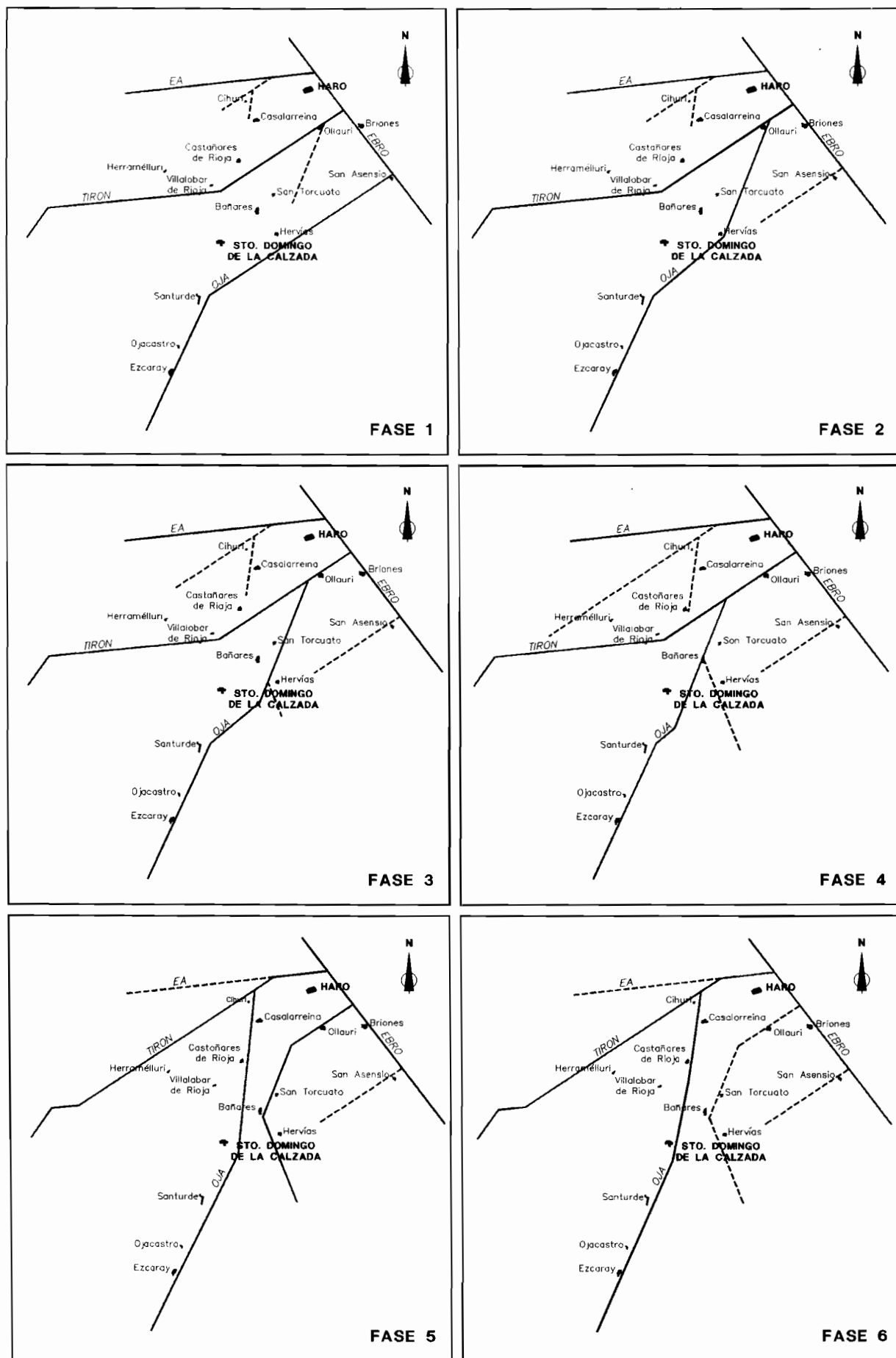


Fig. 3. Evolución de las redes fluviales de los ríos Oja y Tiron en el Pleistoceno.

tas situaciones son las que se pueden deducir y explicar a partir de la distribución de las terrazas depositadas por los dos ríos, y particularmente por el Oja, volumétricamente mucho más importantes.

Las principales fases de esta evolución fluvial se han representado esquemáticamente en la figura 3. Además en la figura 4 se incluyen las posibles situaciones de la cuenca del Oja al final de cada una de las principales etapas del encajamiento fluvial. Estas fases son las siguientes:

Fase 1: nivel IV. Los primeros materiales acumulados por el río Oja durante el Pleistoceno, con independencia de los niveles de riña, indican un trazado de dirección NE-SO (el actual es prácticamente N-S) y una situación de su tramo medio-bajo bastante más oriental que la que ocupa el río en estos momentos. Cabe pensar pues que el Oja, si bien circulaba hasta las inmediaciones de Santurde por el mismo valle que lo hace en la actualidad (evidentemente a cota mucho más elevada), a partir de un determinado punto próximo a esta población giraría hacia el este. El correspondiente nivel de terrazas y glaciés (GONZALO MORENO, 1981) puede seguirse al menos hasta las inmediaciones de San Asensio, por lo que cabe suponer que, en este estadio evolutivo, el Oja desembocaba en el Ebro primitivo en un punto situado aguas abajo de Briones, aunque la disposición de las terrazas en las proximidades del Ebro actual, influida sin duda por la dinámica de este río y, quizá, por la del Najerilla, no permiten precisar en detalle el trazado del tramo inferior del Oja en esta primera fase pleistocena. En la figura 4 se ha indicado una posible traza, coincidente en parte con la del actual arroyo Valpierre (o Valdepierres), que desciende desde las inmediaciones de la laguna de Hervías hasta el Ebro, aprovechando, muy probablemente, las directrices marcadas por el Oja en este primer estadio de su evolución.

Es posible que ya en esta fase existiera un "proto-Tirón", próximo al Oja, que, en tal caso, descendería a través de un incipiente "corredor de Herramélluri" prolongándose hasta el Ebro, al que se uniría en un punto próximo a Briones, pero ligeramente aguas arriba. No existen, sin embargo, evidencias claras de este trazado, pues en el indicado "corredor" no se han encontrado depósitos aluviales a una altura equivalente a la del nivel IV del Oja. Aguas abajo de la unión de este valle con el del Glera los eventuales depósitos que pudo haber dejado el Tirón han tenido que ser desmantelados por la evolución posterior de ambos ríos en su traslado hacia el oeste.

Fase 2: nivel III. De acuerdo con los mecanismos morfogenéticos antes indicados, y en relación con la siguiente gran crisis climática cuaternaria, se produce el primer reajuste importante de la red fluvial. En esta etapa tiene lugar un cambio significativo en el trazado del Oja, pues, según se deduce de

la disposición actual de las terrazas del nivel III, el río pasaría a desembocar aguas arriba de Briones. El proceso ha debido estar dirigido por la acción combinada de los ríos Oja y Tirón, que con ello inician su evolución conjunta a lo largo del Cuaternario. Esta fase supone un descenso importante del cauce del Glera, que se sitúa entre quince y veinte metros más bajo que en la etapa anterior.

En este período el Tirón descendería, ya con seguridad, a través del corredor de Herramélluri, pues se conserva una pequeña terraza correspondiente a este nivel que así lo evidencia, y quedaría separado del Oja por un interfluvio de materiales terciarios, progresivamente desmantelado por la acción erosiva de sus afluentes de la margen derecha y de los izquierdos del Glera.

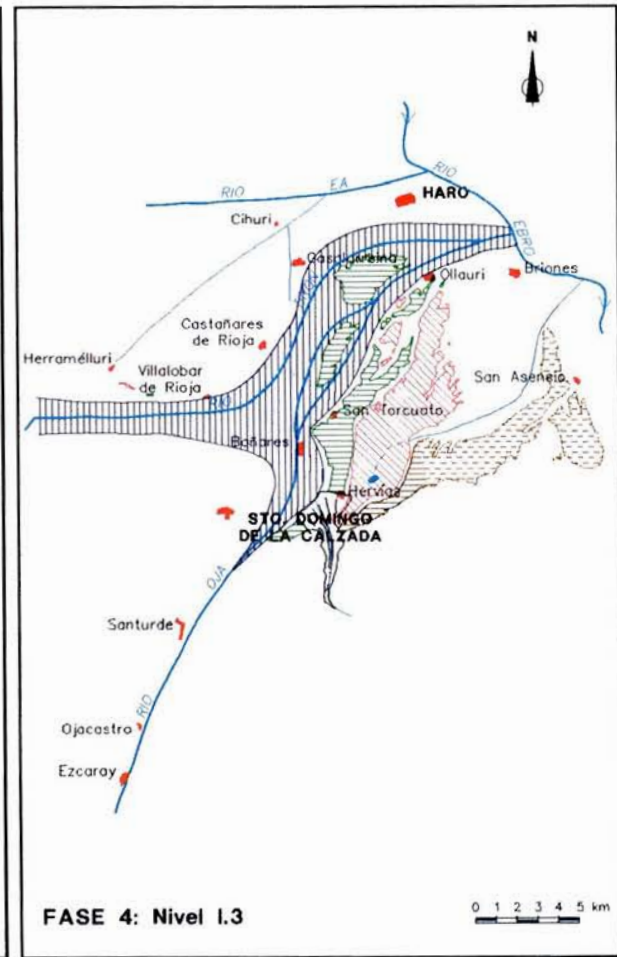
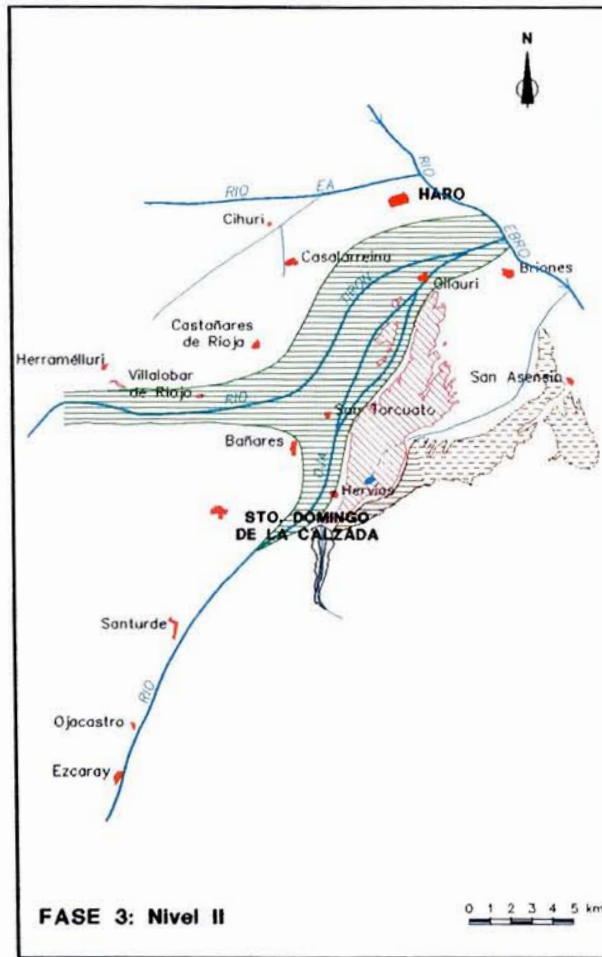
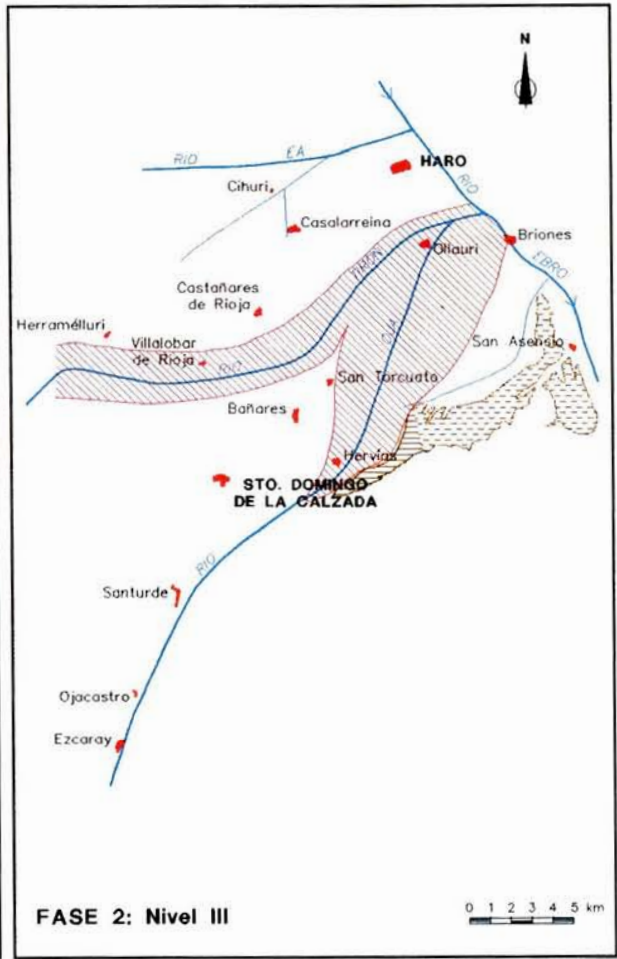
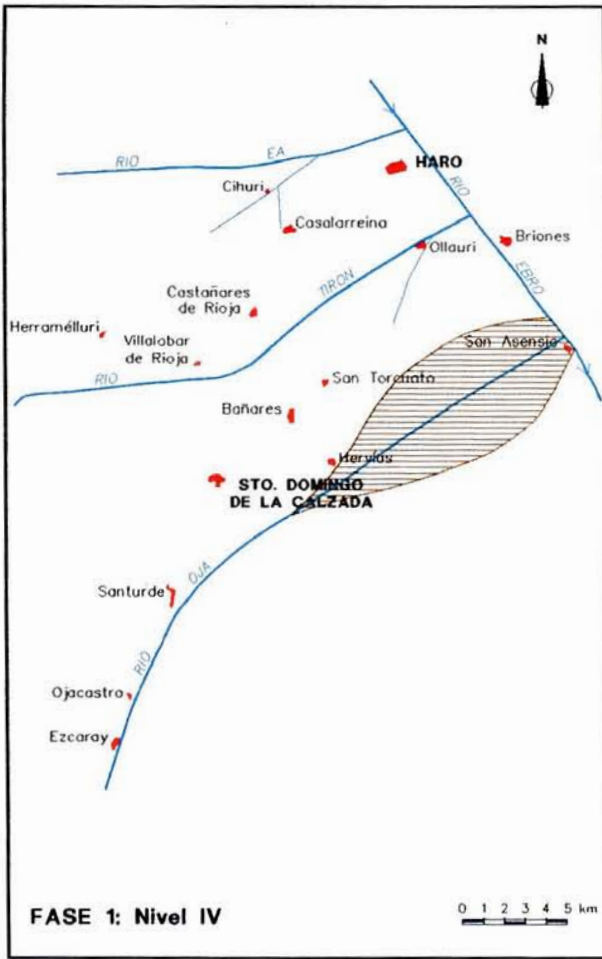
Por su parte el Oja, con exceso de carga sólida, debió ir colmatando su propio cauce, hasta el punto de obturar su salida natural (actual valle del arroyo Valpierre), tal y como parece indicar la morfología de la zona próxima a la laguna de Hervías, donde el espesor de depósitos es, localmente, muy importante.

En estas circunstancias, el Tirón, a través de uno de sus afluentes derechos, acabaría por capturar al Oja, facilitando su desagüe hacia posiciones más septentrionales.

Lo más probable es que al final de esta etapa ambos ríos confluyeran al sur de Ollauri, si bien no hay evidencia morfológica de ello, pues la incisión y los depósitos posteriores han conducido a modificaciones importantes de todo este sector.

Fase 3: nivel II. En la primera parte de esta nueva fase los ríos Tirón y Oja debían estar canalizados todavía en valles independientes, pues las terrazas más occidentales de este nivel se corresponden mejor con las características del Tirón (mayor porcentaje de elementos finos y menor pendiente), mientras que las orientales tienen una evidente relación con los depósitos del Oja. A lo largo de este período ambos valles debieron irse ampliando de modo significativo, con ganancia de superficie hacia poniente en los dos casos. De este modo progresaría el desmantelamiento del interfluvio terciario, que en los últimos estadios de esta etapa debía haber retrocedido hasta cerca de Bañares. A partir de este punto se abriría un amplio valle por el que divagarían, más o menos interconectados, ambos ríos; aguas arriba, los dos cauces discurrirían todavía independientes y separados por importantes masas terciarias.

Los depósitos correspondientes a este nivel evidencian, en cualquier caso, una incisión de casi veinte metros y la existencia, durante esta fase, de numerosos cauces anastomosados, sobre todo en la parte oriental del valle, que es la formada, indudablemente, por el Oja, donde lo ponen de manifiesto los "valles muertos" que aún se conservan, encajados entre terrazas del nivel superior.



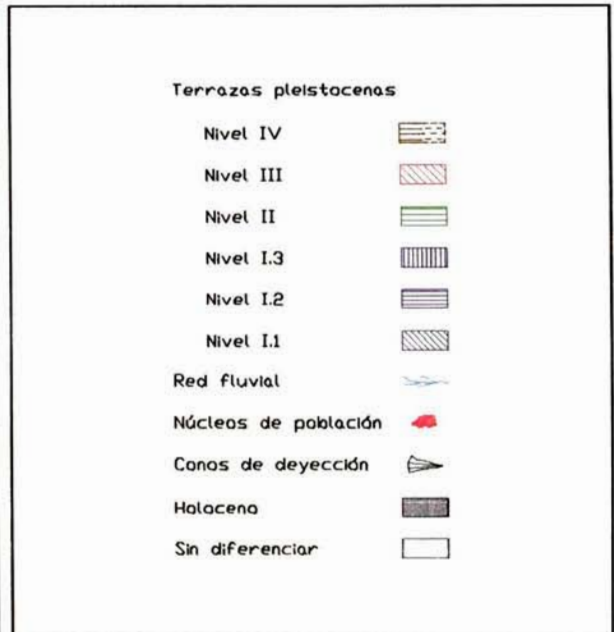
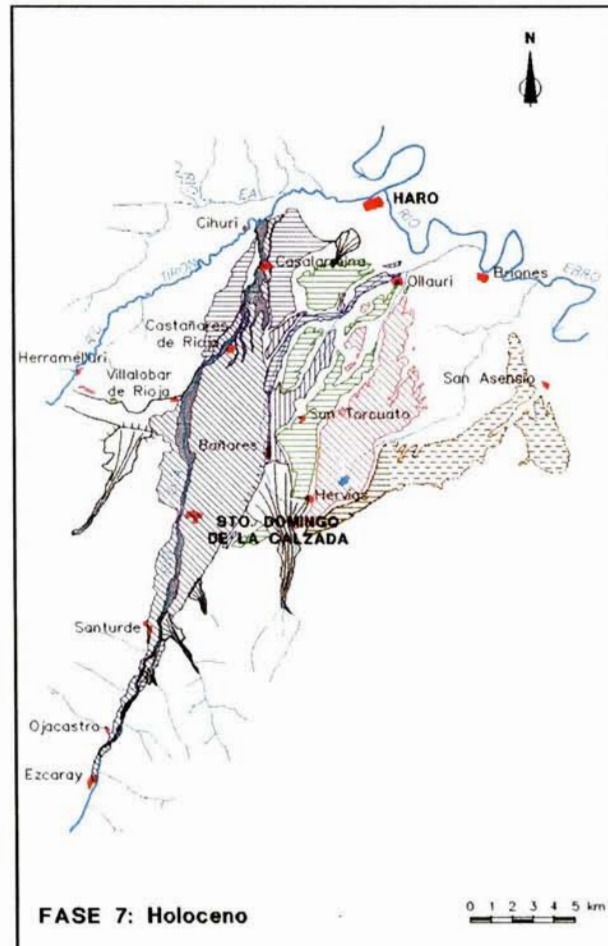
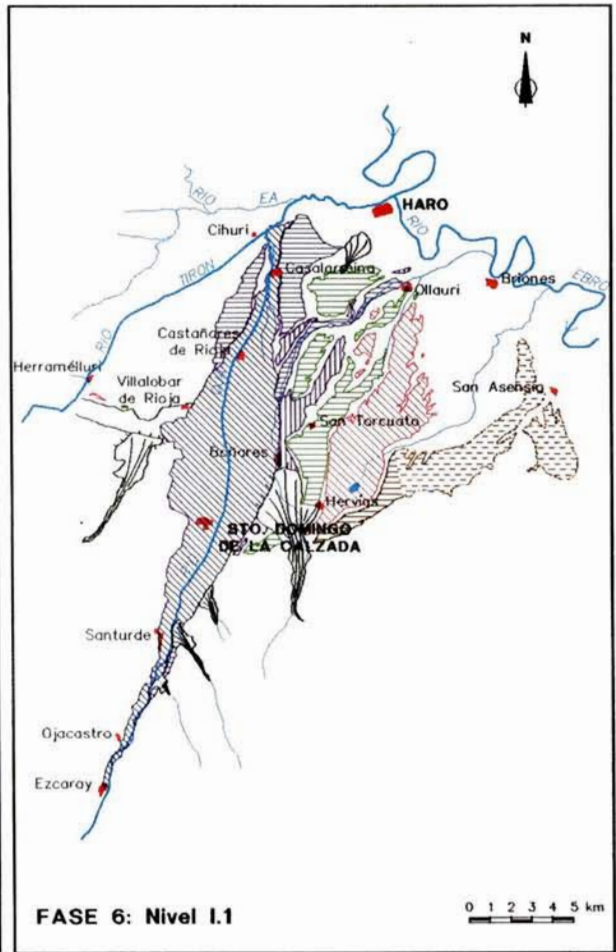
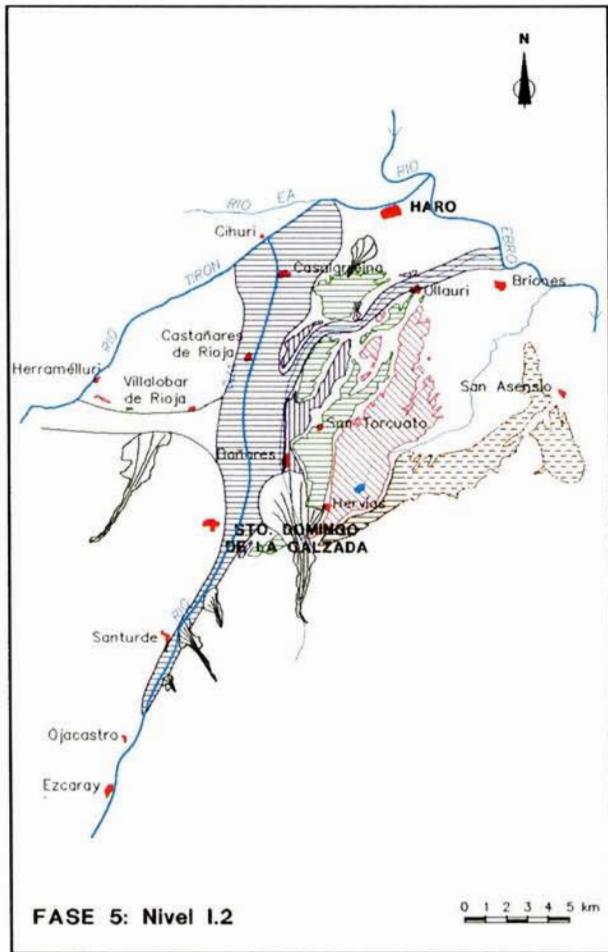


Fig. 4. El sistema Oja-Tirón durante el Cuaternario.

proximal, que aflora en las inmediaciones de la sierra, constituida por brechas y conglomerados de edad mio-pliocena, y otra distal, depositada durante el Mioceno y formada por conglomerados, areniscas y lutitas.

Las formaciones más recientes alcanzan su máximo desarrollo en la parte septentrional de la cuenca, con terrazas fluviales que ocupan extensas superficies y conos de deyección que se extienden en las desembocaduras de algunos de los barrancos que afluyen al Oja. A cotas más altas que las de todos estos depósitos aparecen niveles de cantos empastados en una matriz arcillosa, con fuertes pendientes y frecuentemente costriñados, que deben corresponder a la raña (Plioceno o Villafrañquien-

III. LOS DEPÓSITOS ALUVIALES DEL RIO OJA

Los depósitos aluviales que se conservan en la zona estudiada —actuales cuencas del río Oja y del arroyo Zamaca, principalmente— constituyen un extenso y potente sistema de terrazas, con algunas singularidades que conviene señalar. En primer lugar la disposición de estas terrazas es claramente asimétrica respecto de la traza actual del río: en la margen derecha aparecen seis niveles (con la distribución que se detalla más adelante), mientras que a la izquierda del cauce sólo están representados la terraza cuaternaria más baja (en una estrecha banda, que se prolonga, con algunas interrupciones, desde Ezcaray hasta más abajo de Castañares) y el nivel inmediato superior, que se conserva en las proximidades de la confluencia del Glera con el Tirón.

Por otro lado, la particular distribución de las terrazas de la margen derecha, con evidentes entrelazados de unos niveles con otros, indica el funcionamiento de cauces anastomosados en los distintos estadios del encajamiento fluvial. Es decir, durante la deposición de los diferentes niveles de terraza el sistema fluvial no parece que se haya acomodado a un cauce estable, sino que debió funcionar a modo de sucesivos abanicos aluviales, progresivamente desplazados hacia el oeste.

Este carácter se evidencia asimismo en la especial morfología que presentan las superficies de las terrazas, con fuertes pendientes longitudinales —es decir, según el valle— y con una tendencia casi general a formar convexidades bastante acusadas, lo que se puede observar especialmente en los niveles más modernos y, por tanto, menos modificados.

También la granulometría de las terrazas resulta significativa, pues es alto el porcentaje de materiales gruesos. Además, estas acumulaciones de gravas —mucho más cáoticas en los niveles superiores— raramente presentan ordenación interna, aunque en las pocas zonas donde decrece el tamaño de los depósitos se observan algunas cicatrices ero-

deración del Ebro, y de la medición directa de los abundantes pozos y socavones abiertos en la zona, la mayor parte de los cuales alcanza el sustrato terciario (el "jalón", en terminología local). El estudio de estos depósitos —ubicación, morfología y morfometría, superficies ocupadas, espesores, volúmenes, distribución en altura, pendientes, orientaciones— han permitido definir las distintas secuencias del proceso general de modificación de la cuenca del Oja a lo largo del Cuaternario.

II. LA CUENCA DEL RIO OJA

El río Oja tiene su origen en la sierra de la Demanda y es afluente derecho del Ebro a través del Tirón; se une con estas aguas abajo de Cihuri, muy cerca de su desembocadura en el colector ibérico, que se produce al norte de Haro. En la actualidad es conocido por dos nombres: el ya indicado de Oja, que es el más extendido, y el de Glera, que es el aplicado por los habitantes de las zonas media y baja de la cuenca, con un límite hacia el sur que puede estar entre Ojacastro y Ezcaray. Este último nombre (Glera deriva de *glarea*, es decir, cantoral) tiene su origen evidente en los amplios depósitos granulares que ocupan los sectores medio y bajo de la cuenca fluvial, claramente más extensos que los de otros afluentes del Ebro en este sector.

A lo largo de su curso el Oja atraviesa tres unidades geológicas bien diferenciadas: el Paleozoico de la Demanda, una franja de materiales mesozoicos situada al norte de esta sierra y los depósitos terciarios de la depresión del Ebro.

La sierra de la Demanda, en el extremo noroccidental de la Cordillera Ibérica, es un importante enclave de edad primaria, en el que adquieren gran desarrollo los depósitos cambrios, aunque también aparecen afloramientos ordovícicos y precámbricos, así como algunas formaciones westfalienses de carácter molásico, que se sitúan en la zona más occidental del macizo.

En la zona correspondiente a la cuenca del Oja, el Paleozoico, especialmente tectonizado, se estructura en sucesivas escamas que cabalgan hacia el norte. Estos cabalgamientos se cierran por el sur de forma casi circular en torno al valle fluvial. En el núcleo de este cierre tectónico, el cauce del Oja se abre hacia la fosa del Ebro a favor de otra gran falla de dirección N10.

En Ezcaray, al norte de la sierra, aparece un estrecho cinturón mesozoico —también muy tectonizado—, que aflora entre dos frentes de cabalgamiento: el correspondiente al contacto con el Paleozoico de la Demanda y el que sirve de límite con el Terciario del Ebro. Estos materiales de cobertura están constituidos por conglomerados, areniscas y dolomías triásicas (facies Buntsandstein y Muschelkalk) y calizas y margas jurásicas.

Los depósitos terciarios presentan una facies

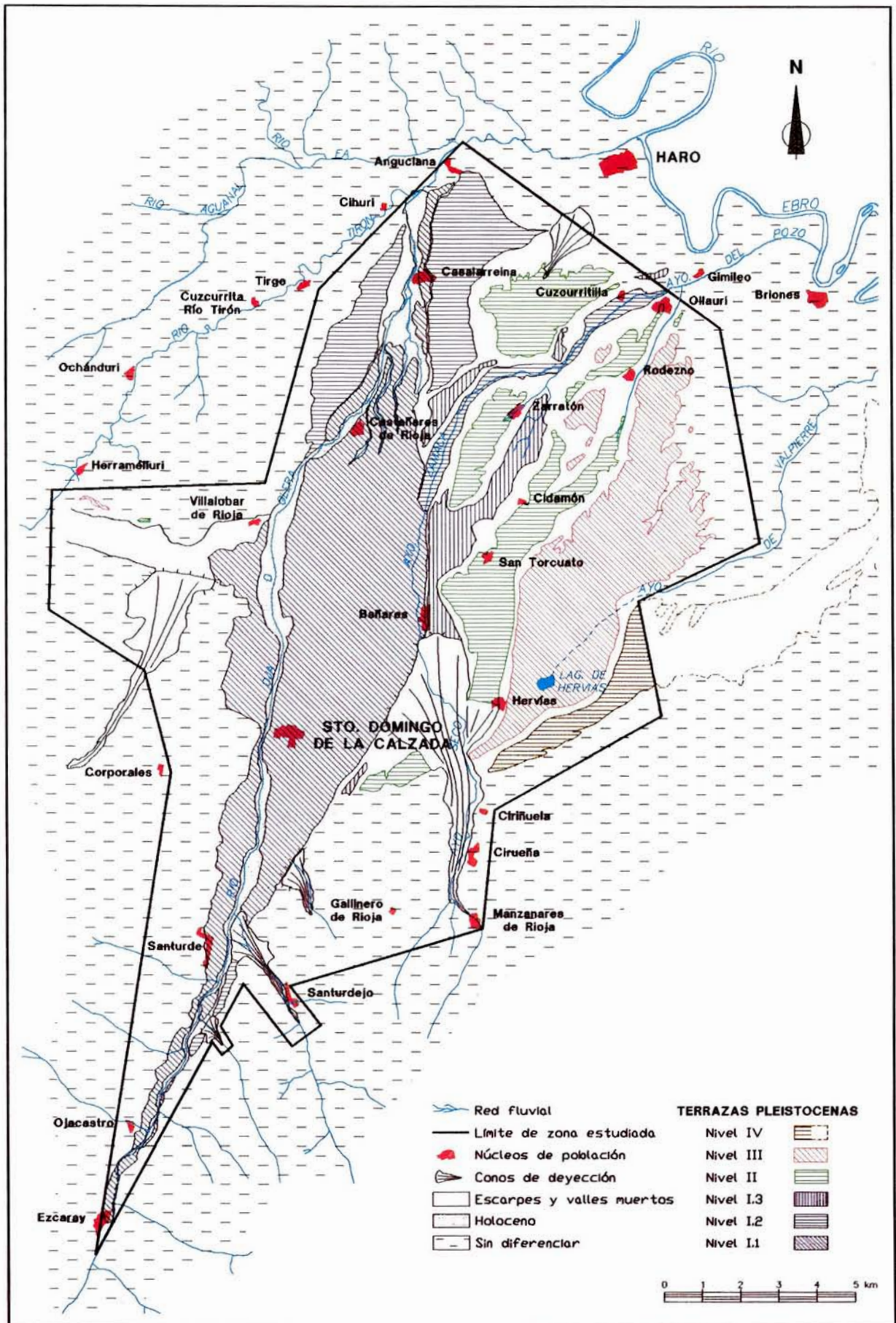


Fig. 1. Zona estudiada. Disposición de las terrazas del Oja.

dia sobre el cauce del orden de cuarenta y cinco metros, con potencias que oscilan entre dos y diez metros. En la mayor parte de estos depósitos es evidente la acción de cauces anastomosados durante el proceso de sedimentación.

Las dos terrazas más occidentales presentan determinados caracteres que las diferencian de las cinco restantes: fundamentalmente un mayor contenido en finos y una pendiente menor (0,7-0,8% frente al 1% de las terrazas orientales). Estas diferencias probablemente radican —según luego se verá— en el distinto origen de ambos grupos de sedimentos, ya que los más occidentales pueden corresponder a depósitos del Tíron y los más orientales al Oja, en una situación en la que ambos ríos circulaban muy próximos. También las curvas de nivel parecen indicar diferencias en la dirección de los aportes durante la sedimentación de ambos conjuntos, aunque este resultado puede también derivar de la propia dinámica del sistema anastomosado al que hemos hecho referencia.

Los depósitos de este nivel se presentan, en general, netamente diferenciados de los inmediatos superiores (nivel III), de los que suelen estar separados por afloramientos terciarios muy evidentes, con excepción de un tramo situado al norte de Hervias, en el que quizá exista una cierta imbricación.

Nivel III. Las seis terrazas de este importante episodio (el segundo en extensión dentro del área estudiada) conservan pendientes longitudinales del orden del 1%. Entre ellas destaca la que se prolonga desde el abanico de Hervias hasta las proximidades de Ollaunt, cuya superficie se sitúa entre sesenta y cinco y setenta metros sobre el cauce actual.

Los materiales acumulados en estas seis terrazas constituyen, por su granulometría, el conjunto más irregular dentro del sistema general de terrazas del Ciera. Aunque mayoritariamente forman importantes acumulaciones de gravas, hay también extensas zonas, de distribución aleatoria, en las que predominan las arenas, con cantidades, ocasionales pero apreciables, de arcillas y limos.

En la terraza principal el espesor de los materiales aumenta hacia el oeste, con valores medios de siete a ocho metros; no obstante, en la zona de la laguna de Hervias se superan los dieciocho metros. Este punto tiene un especial interés, pues puede explicarse alguna de las variaciones más antiguas del trazado del río Oja. La laguna, situada un par de kilómetros al este de la población homónima y muy próxima al escarpe superior de la terraza, es una de las que se ha mantenido hasta tiempos muy recientes una presión de carácter endorreico, con un efluente ocasional que desaguaría hacia el valle del arroyo Valpierre.

Nivel IV. El nivel pleistoceno más alto de los observados corresponde a una única terraza situada

al norte de Cirueña, que, al prolongarse fuera de la zona de estudio, no se ha cartografiado ni cuantificado en su totalidad. En cualquier caso, la orientación de esta terraza supone un trazado del Oja en este período claramente desviado hacia el este respecto de los episodios posteriores.

La potencia de los depósitos de esta terraza aumenta de SO a NE, alcanzando los quince metros en el límite de la zona cartografiada. Su pendiente es aproximadamente del 1%, con una altura sobre el cauce actual que puede calcularse en unos ochenta metros. Los cantos, fundamentalmente cuarcíticos, presentan señales de un transporte no muy acusado y estructura bastante caótica. Fuera de la zona estudiada, la terraza se prolonga en dirección a San Asensio, en las proximidades del Ebro.

V. LOS NIVELES DE TERRAZAS

Con el fin de comprobar y cuantificar las observaciones de campo y, por lo tanto, de verificar que los niveles de terraza observados se presentan claramente diferenciados y corresponden a distintos estados evolutivos, se ha analizado la distribución en altura de todos estos depósitos aluviales del Oja, tomando como elemento de referencia el cauce actual.

En cada terraza se han definido perfiles transversales, es decir normales al flujo de las aguas durante el depósito, operación facilitada por la disposición de las curvas de nivel. La geometría de los perfiles se ha establecido a partir de los reconocimientos de campo, de los datos cartográficos y de la información obtenida de pozos y sondeos, que permiten, en la mayor parte de los casos, establecer las profundidades a las que aparece el sustrato terciario. Las cotas —superficiales y del sustrato— de los diferentes perfiles se han referido, en cada caso, al punto correspondiente del cauce actual, teniendo en cuenta para ello el giro experimentado por el río a lo largo del Cuaternario. La interpretación de este giro puede haber dado lugar a algún error de orden menor en lo que se refiere a la posición absoluta de los niveles más altos (III y IV especialmente), pues para los inferiores las modificaciones del trazado fluvial no son sustantivas a estos efectos. En cualquier caso, incluso en los niveles altos, esta eventual falta de precisión no resulta significativa para la distribución relativa de los depósitos de cada nivel, pues las referencias altitudinales se han determinado con criterios homogéneos en cada uno de ellos.

A partir de todas estas consideraciones y del tratamiento analítico de los datos indicados con el apoyo de un sencillo programa informático, se ha calculado la distribución altitudinal de los depósitos del Oja en la zona de estudio. El resultado es un histograma de superficies-alturas sobre el río, que se obtiene al sumar las superficies equivalentes (es

deración del Ebro, y de la medición directa de los abundantes pozos y socavones abiertos en la zona, la mayor parte de los cuales alcanza el sustrato terciario (el "jalón", en terminología local). El estudio de estos depósitos —ubicación, morfología y morfometría, superficies ocupadas, espesores, volúmenes, distribución en altura, pendientes, orientaciones— han permitido definir las distintas secuencias del proceso general de modificación de la cuenca del Oja a lo largo del Cuaternario.

II. LA CUENCA DEL RIO OJA

El río Oja tiene su origen en la sierra de la Demanda y es afluente derecho del Ebro a través del Tirón; se une con éste aguas abajo de Cihuri, muy cerca de su desembocadura en el colector ibérico, que se produce al norte de Haro. En la actualidad es conocido por dos nombres: el ya indicado de Oja, que es el más extendido, y el de Glera, que es el aplicado por los habitantes de las zonas media y baja de la cuenca, con un límite hacia el sur que puede estar entre Ojacastro y Ezcaray. Este último nombre (Glera deriva de *glarea*, es decir, cantorral) tiene su origen evidente en los amplios depósitos granulares que ocupan los sectores medio y bajo de la cuenca fluvial, claramente más extensos que los de otros afluentes del Ebro en este sector.

A lo largo de su curso el Oja atraviesa tres unidades geológicas bien diferenciadas: el Paleozoico de la Demanda, una franja de materiales mesozoicos situada al norte de esta sierra y los depósitos terciarios de la depresión del Ebro.

La sierra de la Demanda, en el extremo noroccidental de la Cordillera Ibérica, es un importante enclave de edad primaria, en el que adquieren gran desarrollo los depósitos cámbricos, aunque también aparecen afloramientos ordovícicos y precámbricos, así como algunas formaciones westfalienses de carácter molásico, que se sitúan en la zona más occidental del macizo.

En la zona correspondiente a la cuenca del Oja, el Paleozoico, especialmente tectonizado, se estructura en sucesivas escamas que cabalgan hacia el norte. Estos cabalgamientos se cierran por el sur de forma casi circular en torno al valle fluvial. En el núcleo de este cierre tectónico, el cauce del Oja se abre hacia la fosa del Ebro a favor de otra gran falla de dirección N10.

En Ezcaray, al norte de la sierra, aparece un estrecho cinturón mesozoico —también muy tectonizado—, que aflora entre dos frentes de cabalgamiento: el correspondiente al contacto con el Paleozoico de la Demanda y el que sirve de límite con el Terciario del Ebro. Estos materiales de cobertura están constituidos por conglomerados, areniscas y dolomías triásicas (facies Buntsandstein y Muschelkalk) y calizas y margas jurásicas.

Los depósitos terciarios presentan una facies

proximal, que aflora en las inmediaciones de la sierra, constituida por brechas y conglomerados de edad mio-pliocena, y otra distal, depositada durante el Mioceno y formada por conglomerados, areniscas y lutitas.

Las formaciones más recientes alcanzan su máximo desarrollo en la parte septentrional de la cuenca, con terrazas fluviales que ocupan extensas superficies y conos de deyección que se extienden en las desembocaduras de algunos de los barrancos que afluyen al Oja. A cotas más altas que las de todos estos depósitos aparecen niveles de cantos empastados en una matriz arcillosa, con fuertes pendientes y frecuentemente costrificados, que deben corresponder a la raña (Plioceno o Villafranquense).

III. LOS DEPOSITOS ALUVIALES DEL RIO OJA

Los depósitos aluviales que se conservan en la zona estudiada —actuales cuencas del río Oja y del arroyo Zamaca, principalmente— constituyen un extenso y potente sistema de terrazas, con algunas singularidades que conviene señalar. En primer lugar la disposición de estas terrazas es claramente asimétrica respecto de la traza actual del río: en la margen derecha aparecen seis niveles (con la distribución que se detalla más adelante), mientras que a la izquierda del cauce sólo están representados la terraza cuaternaria más baja (en una estrecha banda, que se prolonga, con algunas interrupciones, desde Ezcaray hasta más abajo de Castañares) y el nivel inmediato superior, que se conserva en las proximidades de la confluencia del Glera con el Tirón.

Por otro lado, la particular distribución de las terrazas de la margen derecha, con evidentes entrelazados de unos niveles con otros, indica el funcionamiento de cauces anastomosados en los distintos estadios del encajamiento fluvial. Es decir, durante la deposición de los diferentes niveles de terraza el sistema fluvial no parece que se haya acomodado a un cauce estable, sino que debió funcionar a modo de sucesivos abanicos aluviales, progresivamente desplazados hacia el oeste.

Este carácter se evidencia asimismo en la especial morfología que presentan las superficies de las terrazas, con fuertes pendientes longitudinales —es decir, según el valle— y con una tendencia casi general a formar convexidades bastante acusadas, lo que se puede observar especialmente en los niveles más modernos y, por tanto, menos modificados.

También la granulometría de las terrazas resulta significativa, pues es alto el porcentaje de materiales gruesos. Además, estas acumulaciones de gravas —mucho más caóticas en los niveles superiores— raramente presentan ordenación interna, aunque en las pocas zonas donde decrece el tamaño de los depósitos se observan algunas cicatrices ero-

al norte de Cirueña, que, al prolongarse fuera de la zona de estudio, no se ha cartografiado ni cuantificado en su totalidad. En cualquier caso, la orientación de esta terraza supone un trazado del Oja en este período claramente desviado hacia el este respecto de los episodios posteriores.

La potencia de los depósitos de esta terraza aumenta de SO a NE, alcanzando los quince metros en el límite de la zona cartografiada. Su pendiente es aproximadamente del 1%, con una altura sobre el cauce actual que puede calcularse en unos ochenta metros. Los cantos, fundamentalmente cuarcíticos, presentan señales de un transporte no muy acusado y estructura bastante caótica. Fuera de la zona estudiada, la terraza se prolonga en dirección a San Asensio, en las proximidades del Ebro.

V. LOS NIVELES DE TERRAZAS

Con el fin de comprobar y cuantificar las observaciones de campo y, por lo tanto, de verificar que los niveles de terraza observados se presentan claramente diferenciados y corresponden a distintos estadios evolutivos, se ha analizado la distribución en altura de todos estos depósitos aluviales del Oja, tomando como elemento de referencia el cauce actual.

En cada terraza se han definido perfiles transversales, es decir normales al flujo de las aguas durante el depósito, operación facilitada por la disposición de las curvas de nivel. La geometría de los perfiles se ha establecido a partir de los reconocimientos de campo, de los datos cartográficos y de la información obtenida de pozos y sondeos, que permiten, en la mayor parte de los casos, establecer las profundidades a las que aparece el sustrato terciario. Las cotas —superficiales y del sustrato— de los diferentes perfiles se han referido, en cada caso, al punto correspondiente del cauce actual, teniendo en cuenta para ello el giro experimentado por el río a lo largo del Cuaternario. La interpretación de este giro puede haber dado lugar a algún error de orden menor en lo que se refiere a la posición absoluta de los niveles más altos (III y IV especialmente), pues para los inferiores las modificaciones del trazado fluvial no son sustantivas a estos efectos. En cualquier caso, incluso en los niveles altos, esta eventual falta de precisión no resulta significativa para la distribución relativa de los depósitos de cada nivel, pues las referencias altitudinales se han determinadas con criterios homogéneos en cada uno de ellos.

A partir de todas estas consideraciones y del tratamiento analítico de los datos indicados con el apoyo de un sencillo programa informático, se ha calculado la distribución altitudinal de los depósitos del Oja en la zona de estudio. El resultado es un histograma de superficies-alturas sobre el río, que se obtiene al sumar las superficies equivalentes (es

dia sobre el cauce del orden de cuarenta y cinco metros, con potencias que oscilan entre dos y diez metros. En la mayor parte de estos depósitos es evidente la acción de cauces anastomosados durante el proceso de sedimentación.

Las dos terrazas más occidentales presentan determinados caracteres que las diferencian de las cinco restantes: fundamentalmente un mayor contenido en finos y una pendiente menor (0,7-0,8% frente al 1% de las terrazas orientales). Estas diferencias probablemente radican —según luego se verá— en el distinto origen de ambos grupos de sedimentos, ya que los más occidentales pueden corresponder a depósitos del Tirón y los más orientales al Oja, en una situación en la que ambos ríos circulaban muy próximos. También las curvas de nivel parecen indicar diferencias en la dirección de los aportes durante la sedimentación de ambos conjuntos, aunque este resultado puede también derivar de la propia dinámica del sistema anastomosado al que hemos hecho referencia.

Los depósitos de este nivel se presentan, en general, netamente diferenciados de los inmediatos superiores (nivel III), de los que suelen estar separados por afloramientos terciarios muy evidentes, con excepción de un tramo situado al norte de Her-
vias, en el que quizá exista una cierta imbricación.

Nivel III. Las seis terrazas de este importante episodio (el segundo en extensión dentro del área estudiada) conservan pendientes longitudinales del orden del 1%. Entre ellas destaca la que se prolonga desde el abanico de Hervias hasta las proximidades de Ollauri, cuya superficie se sitúa entre sesenta y cinco y setenta metros sobre el cauce actual.

Los materiales acumulados en estas seis terrazas constituyen, por su granulometría, el conjunto más irregular dentro del sistema general de terrazas del Glera. Aunque mayoritariamente forman importantes acumulaciones de gravas, hay también extensas zonas, de distribución aleatoria, en las que predominan las arenas, con cantidades, ocasionales pero apreciables, de arcillas y limos.

En la terraza principal el espesor de los materiales aumenta hacia el oeste, con valores medios de siete a ocho metros; no obstante, en la zona de la laguna de Hervias se superan los dieciocho metros. Este punto tiene un especial interés, pues puede explicarse alguna de las variaciones más antiguas del trazado del río Oja. La laguna, situada un par de kilómetros al este de la población homónima y muy próxima al escarpe superior de la terraza, es una de presión de forma ovalada, seca en la actualidad, que ha constituido hasta tiempos muy recientes una depresión de carácter endorreico, con un efluente ocasional que desaguaría hacia el valle del arroyo Valpierre.

Nivel IV. El nivel pleistoceno más alto de los observados corresponde a una única terraza situada

deración del Ebro, y de la medición directa de los abundantes pozos y socavones abiertos en la zona, la mayor parte de los cuales alcanza el sustrato terciario (el "jalón", en terminología local). El estudio de estos depósitos —ubicación, morfología y morfometría, superficies ocupadas, espesores, volúmenes, distribución en altura, pendientes, orientaciones— han permitido definir las distintas secuencias del proceso general de modificación de la cuenca del Oja a lo largo del Cuaternario.

II. LA CUENCA DEL RIO OJA

El río Oja tiene su origen en la sierra de la Demanda y es afluente derecho del Ebro a través del Tirón; se une con éste aguas abajo de Cihuri, muy cerca de su desembocadura en el colector ibérico, que se produce al norte de Haro. En la actualidad es conocido por dos nombres: el ya indicado de Oja, que es el más extendido, y el de Glera, que es el aplicado por los habitantes de las zonas media y baja de la cuenca, con un límite hacia el sur que puede estar entre Ojacastro y Ezcaray. Este último nombre (Glera deriva de *glarea*, es decir, cantorral) tiene su origen evidente en los amplios depósitos granulares que ocupan los sectores medio y bajo de la cuenca fluvial, claramente más extensos que los de otros afluentes del Ebro en este sector.

A lo largo de su curso el Oja atraviesa tres unidades geológicas bien diferenciadas: el Paleozoico de la Demanda, una franja de materiales mesozoicos situada al norte de esta sierra y los depósitos terciarios de la depresión del Ebro.

La sierra de la Demanda, en el extremo noroccidental de la Cordillera Ibérica, es un importante enclave de edad primaria, en el que adquieren gran desarrollo los depósitos cámbricos, aunque también aparecen afloramientos ordovícicos y precámbricos, así como algunas formaciones westfalienses de carácter molásico, que se sitúan en la zona más occidental del macizo.

En la zona correspondiente a la cuenca del Oja, el Paleozoico, especialmente tectonizado, se estructura en sucesivas escamas que cabalgan hacia el norte. Estos cabalgamientos se cierran por el sur de forma casi circular en torno al valle fluvial. En el núcleo de este cierre tectónico, el cauce del Oja se abre hacia la fosa del Ebro a favor de otra gran falla de dirección N10.

En Ezcaray, al norte de la sierra, aparece un estrecho cinturón mesozoico —también muy tectonizado—, que aflora entre dos frentes de cabalgamiento: el correspondiente al contacto con el Paleozoico de la Demanda y el que sirve de límite con el Terciario del Ebro. Estos materiales de cobertura están constituidos por conglomerados, areniscas y dolomías triásicas (facies Buntsandstein y Muschelkalk) y calizas y margas jurásicas.

Los depósitos terciarios presentan una facies

proximal, que aflora en las inmediaciones de la sierra, constituida por brechas y conglomerados de edad mio-pliocena, y otra distal, depositada durante el Mioceno y formada por conglomerados, areniscas y lutitas.

Las formaciones más recientes alcanzan su máximo desarrollo en la parte septentrional de la cuenca, con terrazas fluviales que ocupan extensas superficies y conos de deyección que se extienden en las desembocaduras de algunos de los barrancos que afluyen al Oja. A cotas más altas que las de todos estos depósitos aparecen niveles de cantos empastados en una matriz arcillosa, con fuertes pendientes y frecuentemente costrificados, que deben corresponder a la raña (Plioceno o Villafranquense).

III. LOS DEPOSITOS ALUVIALES DEL RIO OJA

Los depósitos aluviales que se conservan en la zona estudiada —actuales cuencas del río Oja y del arroyo Zamaca, principalmente— constituyen un extenso y potente sistema de terrazas, con algunas singularidades que conviene señalar. En primer lugar la disposición de estas terrazas es claramente asimétrica respecto de la traza actual del río: en la margen derecha aparecen seis niveles (con la distribución que se detalla más adelante), mientras que a la izquierda del cauce sólo están representados la terraza cuaternaria más baja (en una estrecha banda, que se prolonga, con algunas interrupciones, desde Ezcaray hasta más abajo de Castañares) y el nivel inmediato superior, que se conserva en las proximidades de la confluencia del Glera con el Tirón.

Por otro lado, la particular distribución de las terrazas de la margen derecha, con evidentes entrelazados de unos niveles con otros, indica el funcionamiento de cauces anastomosados en los distintos estadios del encajamiento fluvial. Es decir, durante la deposición de los diferentes niveles de terraza el sistema fluvial no parece que se haya acomodado a un cauce estable, sino que debió funcionar a modo de sucesivos abanicos aluviales, progresivamente desplazados hacia el oeste.

Este carácter se evidencia asimismo en la especial morfología que presentan las superficies de las terrazas, con fuertes pendientes longitudinales —es decir, según el valle— y con una tendencia casi general a formar convexidades bastante acusadas, lo que se puede observar especialmente en los niveles más modernos y, por tanto, menos modificados.

También la granulometría de las terrazas resulta significativa, pues es alto el porcentaje de materiales gruesos. Además, estas acumulaciones de gravas —mucho más caóticas en los niveles superiores— raramente presentan ordenación interna, aunque en las pocas zonas donde decrece el tamaño de los depósitos se observan algunas cicatrices ero-

al norte de Cirueña, que, al prolongarse fuera de la zona de estudio, no se ha cartografiado ni cuantificado en su totalidad. En cualquier caso, la orientación de esta terraza supone un trazado del Oja en este período claramente desviado hacia el este respecto de los episodios posteriores.

La potencia de los depósitos de esta terraza aumenta de SO a NE, alcanzando los quince metros en el límite de la zona cartografiada. Su pendiente es aproximadamente del 1%, con una altura sobre el cauce actual que puede calcularse en unos ochenta metros. Los cantos, fundamentalmente cuarcíticos, presentan señales de un transporte no muy acusado y estructura bastante caótica. Fuera de la zona estudiada, la terraza se prolonga en dirección a San Asensio, en las proximidades del Ebro.

V. LOS NIVELES DE TERRAZAS

Con el fin de comprobar y cuantificar las observaciones de campo y, por lo tanto, de verificar que los niveles de terraza observados se presentan claramente diferenciados y corresponden a distintos estadios evolutivos, se ha analizado la distribución en altura de todos estos depósitos aluviales del Oja, tomando como elemento de referencia el cauce actual.

En cada terraza se han definido perfiles transversales, es decir normales al flujo de las aguas durante el depósito, operación facilitada por la disposición de las curvas de nivel. La geometría de los perfiles se ha establecido a partir de los reconocimientos de campo, de los datos cartográficos y de la información obtenida de pozos y sondeos, que permiten, en la mayor parte de los casos, establecer las profundidades a las que aparece el sustrato terciario. Las cotas —superficiales y del sustrato— de los diferentes perfiles se han referido, en cada caso, al punto correspondiente del cauce actual, teniendo en cuenta para ello el giro experimentado por el río a lo largo del Cuaternario. La interpretación de este giro puede haber dado lugar a algún error de orden menor en lo que se refiere a la posición absoluta de los niveles más altos (III y IV especialmente), pues para los inferiores las modificaciones del trazado fluvial no son sustantivas a estos efectos. En cualquier caso, incluso en los niveles altos, esta eventual falta de precisión no resulta significativa para la distribución relativa de los depósitos de cada nivel, pues las referencias altitudinales se han determinadas con criterios homogéneos en cada uno de ellos.

A partir de todas estas consideraciones y del tratamiento analítico de los datos indicados con el apoyo de un sencillo programa informático, se ha calculado la distribución altitudinal de los depósitos del Oja en la zona de estudio. El resultado es un histograma de superficies-alturas sobre el río, que se obtiene al sumar las superficies equivalentes (es

dia sobre el cauce del orden de cuarenta y cinco metros, con potencias que oscilan entre dos y diez metros. En la mayor parte de estos depósitos es evidente la acción de cauces anastomosados durante el proceso de sedimentación.

Las dos terrazas más occidentales presentan determinados caracteres que las diferencian de las cinco restantes: fundamentalmente un mayor contenido en finos y una pendiente menor (0,7-0,8% frente al 1% de las terrazas orientales). Estas diferencias probablemente radican —según luego se verá— en el distinto origen de ambos grupos de sedimentos, ya que los más occidentales pueden corresponder a depósitos del Tirón y los más orientales al Oja, en una situación en la que ambos ríos circulaban muy próximos. También las curvas de nivel parecen indicar diferencias en la dirección de los aportes durante la sedimentación de ambos conjuntos, aunque este resultado puede también derivar de la propia dinámica del sistema anastomosado al que hemos hecho referencia.

Los depósitos de este nivel se presentan, en general, netamente diferenciados de los inmediatos superiores (nivel III), de los que suelen estar separados por afloramientos terciarios muy evidentes, con excepción de un tramo situado al norte de Herivas, en el que quizá exista una cierta imbricación.

Nivel III. Las seis terrazas de este importante episodio (el segundo en extensión dentro del área estudiada) conservan pendientes longitudinales del orden del 1%. Entre ellas destaca la que se prolonga desde el abanico de Herivas hasta las proximidades de Ollauri, cuya superficie se sitúa entre sesenta y cinco y setenta metros sobre el cauce actual.

Los materiales acumulados en estas seis terrazas constituyen, por su granulometría, el conjunto más irregular dentro del sistema general de terrazas del Glera. Aunque mayoritariamente forman importantes acumulaciones de gravas, hay también extensas zonas, de distribución aleatoria, en las que predominan las arenas, con cantidades, ocasionales pero apreciables, de arcillas y limos.

En la terraza principal el espesor de los materiales aumenta hacia el oeste, con valores medios de siete a ocho metros; no obstante, en la zona de la laguna de Herivas se superan los dieciocho metros. Este punto tiene un especial interés, pues puede explicarse alguna de las variaciones más antiguas del trazado del río Oja. La laguna, situada un par de kilómetros al este de la población homónima y muy próxima al escarpe superior de la terraza, es una de presión de forma ovalada, seca en la actualidad, que ha constituido hasta tiempos muy recientes una depresión de carácter endorreico, con un efluente ocasional que desaguaría hacia el valle del arroyo Valpierre.

Nivel IV. El nivel pleistoceno más alto de los observados corresponde a una única terraza situada

deración del Ebro, y de la medición directa de los abundantes pozos y socavones abiertos en la zona, la mayor parte de los cuales alcanza el sustrato terciario (el "jalón", en terminología local). El estudio de estos depósitos —ubicación, morfología y morfometría, superficies ocupadas, espesores, volúmenes, distribución en altura, pendientes, orientaciones— han permitido definir las distintas secuencias del proceso general de modificación de la cuenca del Oja a lo largo del Cuaternario.

II. LA CUENCA DEL RIO OJA

El río Oja tiene su origen en la sierra de la Demanda y es afluente derecho del Ebro a través del Tirón; se une con éste aguas abajo de Cihuri, muy cerca de su desembocadura en el colector ibérico, que se produce al norte de Haro. En la actualidad es conocido por dos nombres: el ya indicado de Oja, que es el más extendido, y el de Glera, que es el aplicado por los habitantes de las zonas media y baja de la cuenca, con un límite hacia el sur que puede estar entre Ojacastro y Ezcaray. Este último nombre (Glera deriva de *glarea*, es decir, cantorral) tiene su origen evidente en los amplios depósitos granulares que ocupan los sectores medio y bajo de la cuenca fluvial, claramente más extensos que los de otros afluentes del Ebro en este sector.

A lo largo de su curso el Oja atraviesa tres unidades geológicas bien diferenciadas: el Paleozoico de la Demanda, una franja de materiales mesozoicos situada al norte de esta sierra y los depósitos terciarios de la depresión del Ebro.

La sierra de la Demanda, en el extremo noroccidental de la Cordillera Ibérica, es un importante enclave de edad primaria, en el que adquieren gran desarrollo los depósitos cámbricos, aunque también aparecen afloramientos ordovícicos y precámbricos, así como algunas formaciones westfalienses de carácter molásico, que se sitúan en la zona más occidental del macizo.

En la zona correspondiente a la cuenca del Oja, el Paleozoico, especialmente tectonizado, se estructura en sucesivas escamas que cabalgan hacia el norte. Estos cabalgamientos se cierran por el sur de forma casi circular en torno al valle fluvial. En el núcleo de este cierre tectónico, el cauce del Oja se abre hacia la fosa del Ebro a favor de otra gran falla de dirección N10.

En Ezcaray, al norte de la sierra, aparece un estrecho cinturón mesozoico —también muy tectonizado—, que aflora entre dos frentes de cabalgamiento: el correspondiente al contacto con el Paleozoico de la Demanda y el que sirve de límite con el Terciario del Ebro. Estos materiales de cobertura están constituidos por conglomerados, areniscas y dolomías triásicas (facies Buntsandstein y Muschelkalk) y calizas y margas jurásicas.

Los depósitos terciarios presentan una facies

proximal, que aflora en las inmediaciones de la sierra, constituida por brechas y conglomerados de edad mio-pliocena, y otra distal, depositada durante el Mioceno y formada por conglomerados, areniscas y lutitas.

Las formaciones más recientes alcanzan su máximo desarrollo en la parte septentrional de la cuenca, con terrazas fluviales que ocupan extensas superficies y conos de deyección que se extienden en las desembocaduras de algunos de los barrancos que afluyen al Oja. A cotas más altas que las de todos estos depósitos aparecen niveles de cantos empastados en una matriz arcillosa, con fuertes pendientes y frecuentemente costrificados, que deben corresponder a la raña (Plioceno o Villafranquense).

III. LOS DEPOSITOS ALUVIALES DEL RIO OJA

Los depósitos aluviales que se conservan en la zona estudiada —actuales cuencas del río Oja y del arroyo Zamaca, principalmente— constituyen un extenso y potente sistema de terrazas, con algunas singularidades que conviene señalar. En primer lugar la disposición de estas terrazas es claramente asimétrica respecto de la traza actual del río: en la margen derecha aparecen seis niveles (con la distribución que se detalla más adelante), mientras que a la izquierda del cauce sólo están representados la terraza cuaternaria más baja (en una estrecha banda, que se prolonga, con algunas interrupciones, desde Ezcaray hasta más abajo de Castañares) y el nivel inmediato superior, que se conserva en las proximidades de la confluencia del Glera con el Tirón.

Por otro lado, la particular distribución de las terrazas de la margen derecha, con evidentes entrelazados de unos niveles con otros, indica el funcionamiento de cauces anastomosados en los distintos estadios del encajamiento fluvial. Es decir, durante la deposición de los diferentes niveles de terraza el sistema fluvial no parece que se haya acomodado a un cauce estable, sino que debió funcionar a modo de sucesivos abanicos aluviales, progresivamente desplazados hacia el oeste.

Este carácter se evidencia asimismo en la especial morfología que presentan las superficies de las terrazas, con fuertes pendientes longitudinales —es decir, según el valle— y con una tendencia casi general a formar convexidades bastante acusadas, lo que se puede observar especialmente en los niveles más modernos y, por tanto, menos modificados.

También la granulometría de las terrazas resulta significativa, pues es alto el porcentaje de materiales gruesos. Además, estas acumulaciones de gravas —mucho más caóticas en los niveles superiores— raramente presentan ordenación interna, aunque en las pocas zonas donde decrece el tamaño de los depósitos se observan algunas cicatrices ero-

al norte de Cirueña, que, al prolongarse fuera de la zona de estudio, no se ha cartografiado ni cuantificado en su totalidad. En cualquier caso, la orientación de esta terraza supone un trazado del Oja en este período claramente desviado hacia el este respecto de los episodios posteriores.

La potencia de los depósitos de esta terraza aumenta de SO a NE, alcanzando los quince metros en el límite de la zona cartografiada. Su pendiente es aproximadamente del 1%, con una altura sobre el cauce actual que puede calcularse en unos ochenta metros. Los cantos, fundamentalmente cuarcíticos, presentan señales de un transporte no muy acusado y estructura bastante caótica. Fuera de la zona estudiada, la terraza se prolonga en dirección a San Asensio, en las proximidades del Ebro.

V. LOS NIVELES DE TERRAZAS

Con el fin de comprobar y cuantificar las observaciones de campo y, por lo tanto, de verificar que los niveles de terraza observados se presentan claramente diferenciados y corresponden a distintos estadios evolutivos, se ha analizado la distribución en altura de todos estos depósitos aluviales del Oja, tomando como elemento de referencia el cauce actual.

En cada terraza se han definido perfiles transversales, es decir normales al flujo de las aguas durante el depósito, operación facilitada por la disposición de las curvas de nivel. La geometría de los perfiles se ha establecido a partir de los reconocimientos de campo, de los datos cartográficos y de la información obtenida de pozos y sondeos, que permiten, en la mayor parte de los casos, establecer las profundidades a las que aparece el sustrato terciario. Las cotas —superficiales y del sustrato— de los diferentes perfiles se han referido, en cada caso, al punto correspondiente del cauce actual, teniendo en cuenta para ello el giro experimentado por el río a lo largo del Cuaternario. La interpretación de este giro puede haber dado lugar a algún error de orden menor en lo que se refiere a la posición absoluta de los niveles más altos (III y IV especialmente), pues para los inferiores las modificaciones del trazado fluvial no son sustantivas a estos efectos. En cualquier caso, incluso en los niveles altos, esta eventual falta de precisión no resulta significativa para la distribución relativa de los depósitos de cada nivel, pues las referencias altitudinales se han determinadas con criterios homogéneos en cada uno de ellos.

A partir de todas estas consideraciones y del tratamiento analítico de los datos indicados con el apoyo de un sencillo programa informático, se ha calculado la distribución altitudinal de los depósitos del Oja en la zona de estudio. El resultado es un histograma de superficies-alturas sobre el río, que se obtiene al sumar las superficies equivalentes (es

dia sobre el cauce del orden de cuarenta y cinco metros, con potencias que oscilan entre dos y diez metros. En la mayor parte de estos depósitos es evidente la acción de cauces anastomosados durante el proceso de sedimentación.

Las dos terrazas más occidentales presentan determinados caracteres que las diferencian de las cinco restantes: fundamentalmente un mayor contenido en finos y una pendiente menor (0,7-0,8% frente al 1% de las terrazas orientales). Estas diferencias probablemente radican —según luego se verá— en el distinto origen de ambos grupos de sedimentos, ya que los más occidentales pueden corresponder a depósitos del Tirón y los más orientales al Oja, en una situación en la que ambos ríos circulaban muy próximos. También las curvas de nivel parecen indicar diferencias en la dirección de los aportes durante la sedimentación de ambos conjuntos, aunque este resultado puede también derivar de la propia dinámica del sistema anastomosado al que hemos hecho referencia.

Los depósitos de este nivel se presentan, en general, netamente diferenciados de los inmediatos superiores (nivel III), de los que suelen estar separados por afloramientos terciarios muy evidentes, con excepción de un tramo situado al norte de Herivas, en el que quizá exista una cierta imbricación.

Nivel III. Las seis terrazas de este importante episodio (el segundo en extensión dentro del área estudiada) conservan pendientes longitudinales del orden del 1%. Entre ellas destaca la que se prolonga desde el abanico de Herivas hasta las proximidades de Ollauri, cuya superficie se sitúa entre sesenta y cinco y setenta metros sobre el cauce actual.

Los materiales acumulados en estas seis terrazas constituyen, por su granulometría, el conjunto más irregular dentro del sistema general de terrazas del Glera. Aunque mayoritariamente forman importantes acumulaciones de gravas, hay también extensas zonas, de distribución aleatoria, en las que predominan las arenas, con cantidades, ocasionales pero apreciables, de arcillas y limos.

En la terraza principal el espesor de los materiales aumenta hacia el oeste, con valores medios de siete a ocho metros; no obstante, en la zona de la laguna de Herivas se superan los dieciocho metros. Este punto tiene un especial interés, pues puede explicarse alguna de las variaciones más antiguas del trazado del río Oja. La laguna, situada un par de kilómetros al este de la población homónima y muy próxima al escarpe superior de la terraza, es una de presión de forma ovalada, seca en la actualidad, que ha constituido hasta tiempos muy recientes una depresión de carácter endorreico, con un efluente ocasional que desaguaría hacia el valle del arroyo Valpierre.

Nivel IV. El nivel pleistoceno más alto de los observados corresponde a una única terraza situada

explicaría la falta sistemática de formaciones würmienses claras en la alta montaña española y su situación marginal —y lejana a los depósitos del Würm— en los pocos puntos donde últimamente se han citado algunos posibles vestigios de esa edad.

Es evidente que el Oja, al ser un río torrencial, de no muy largo recorrido y con la cabecera alimentadora de materiales próxima a la zona de depósitos, resulta un ejemplo muy adecuado para el análisis de este tipo de procesos, pues los efectos correspondientes deben acusarse especialmente en una cuenca de tales características.

VI. EVOLUCION DE LA RED FLUVIAL EN EL CUATERNARIO

El aspecto más llamativo —y también más citado— de esta evolución es el giro hacia el oeste del trazado fluvial a partir de un punto que coincide aproximadamente con la ubicación de Santurde, proceso que queda evidenciado por la disposición actual de las terrazas cuaternarias. Este giro es simultáneo al encajamiento fluvial y se ha producido, por tanto, en distintas fases, que tienen que estar necesariamente en relación con las principales crisis climáticas del Cuaternario.

En este proceso ha intervenido de forma activa el río Tirón, que asimismo ha experimentado modificaciones importantes a lo largo del Cuaternario, casi siempre en relación con el Oja, cuyas aguas recoge, todavía hoy, cerca de su desembocadura en el Ebro.

En la zona que nos ocupa, la pauta tectónica se refleja en cuatro familias de fracturas principales, que son la N10, la NE-SO y sus conjugadas (N100 y NO-SE). Estas direcciones, con otras de orden menor, son las que compartimentan el territorio, guiando los trazados fluviales y enmarcando las alineaciones de cumbres. Testigos actuales muy netos de esta compartimentación son el curso alto del Oja (N10), el valle del Zamaca y en parte el del Valpierre (NE-SO) y el corredor de Herramélluri (N100); asimismo las cumbres alineadas de La Picota (1.163 m), Sampol (1.094 m), cuesta de San Miguel y cerro Mendiguera, parecen indicar la existencia de una antigua divisoria NE-SO sobre Santo Domingo, Rodezno y Briones.

Durante el Cuaternario la acción morfogenética del río Oja, guiada por la pauta estructural, ha sido particularmente eficaz, como lo ponen de manifiesto los importantes depósitos de grava acumulados en el sector bajo de la cuenca, que superan, en superficies y volúmenes, a los de otros ríos próximos, como el Najerilla o el Tirón. Este resultado puede explicarse, de una parte, por las fuertes pendientes del Oja, que, incluso en el sector inferior de la cuenca —desde Ezcaray— son sistemáticamente mayores del 1%, cifra del mismo orden que la que conservan las terrazas pleistocenas (la pen-

diente del Ebro en las proximidades de la desembocadura del Tirón es inferior al uno por mil). Pero además, el Oja, acogido por encima de Ezcaray a una importante fractura muy lineal y prolongada, abre la parte alta de su cuenca en un sector del Paleozoico de la Demanda muy tectonizado, donde la erosión hídrica habrá sido particularmente eficaz. De ahí el carácter torrencial del río a lo largo del Cuaternario y su alta capacidad erosiva y de transporte, que se atestiguan por la morfología de las terrazas —en muchos casos simples retazos de grandes conos de deyección— y por las características de los depósitos que las forman, entre los que predominan, sistemáticamente, los tamaños gruesos (gravas y bolos).

Los estadios climáticos más agudos del Pleistoceno, de los que se conservan en la alta Sierra de la Demanda formas glaciares, datadas como würmienses, e importantes efectos de periglacialismo (GARCIA RUIZ, 1979; ANTON BURGOS, 1980), determinaron precipitaciones sin duda muy altas, mayoritariamente en forma de nieve en las cotas superiores, cuyas escorrentías —directas o por fusión— alcanzarían rápidamente la parte baja de la cuenca, en función de las pendientes y el carácter impermeable de los materiales paleozoicos que constituyen la cabecera. Estas escorrentías supusieron la movilización de importantes volúmenes de clastos que se depositarían en su mayor parte a partir de Ezcaray, donde el valle se abre y el río deja de actuar como un canal de descarga.

El Tirón, con cabecera contigua a la del Oja hacia poniente, tiene superior longitud que éste, un menor recorrido sobre el Paleozoico —en zona, además, menos tectonizada— y un mayor desarrollo sobre el Terciario del Ebro; por ello, probablemente, los materiales gruesos que movilizó en el Cuaternario fueron de menor volumen que los del Oja. Sin embargo debió canalizar también escorrentías importantes y de ahí que, a pesar de su pendiente algo más reducida que la del Glera, pudiese tener una fuerte capacidad erosiva.

Así, la proximidad de un río torrencial como el Oja, capaz de movilizar y arrastrar gran cantidad de materiales —que llegarían a obturar sus propios canales de desagüe— a la de otro de gran capacidad erosiva pero con un menor volumen de sólidos transportados, como el Tirón, han podido originar desajustes en los niveles de base locales, dando lugar, por acción combinada de ambos, a sucesivas modificaciones de las dos cuencas. El Ebro no puede ser ajeno a este proceso y, en algunos momentos, su encajamiento en una zona tan singular como es la situada al pie de las Conchas de Haro tuvo que influir en los trazados finales del Glera y el Tirón.

En definitiva, las dinámicas conjuntas aunque diferentes de los ríos Oja y Tirón, dirigidas por la pauta tectónica y condicionadas por el nivel de base regional, han conducido a sucesivos desplazamientos de ambos cauces a lo largo del Cuaternario. Es-

tas situaciones son las que se pueden deducir y explicar a partir de la distribución de las terrazas de-

Oja, volumétricamente mucho más importantes.

Las principales fases de esta evolución fluvial se han representado esquemáticamente en la figura 3. Además en la figura 4 se incluyen las posibles situaciones de la cuenca del Oja al final de cada una de las principales etapas del encajamiento fluvial.

Estas fases son las siguientes:

Fase 1: nivel IV. Los primeros materiales acu-

mulados por el río Oja durante el Pleistoceno, con independencia de los niveles de rana, indican un trazado de dirección NE-SO (el actual es prácticamente N-S) y una situación de su tramo medio-bajo bastante más oriental que la que ocupa el río en estos momentos. Cabe pensar pues que el Oja, si bien circulaba hasta las inmediaciones de Santurde por el mismo valle que lo hace en la actualidad (evidentemente a cota mucho más elevada), a partir de un determinado punto próximo a esta población giraría hacia el este. El correspondiente nivel de terrazas y glaciés (GONZALO MORENO, 1981) puede seguirse al menos hasta las inmediaciones de San Asensio, por lo que cabe suponer que, en este estadio evolutivo, el Oja desembocaba en el Ebro primitivo en un punto situado aguas abajo de Briones, aunque la disposición de las terrazas en las proximidades del Ebro actual, influida sin duda por la dinámica de este río y, quizá, por la del Najerilla, no permiten precisar en detalle el trazado del tramo inferior del Oja en esta primera fase pleistocena. En la figura 4 se ha indicado una posible traza, coincidente en parte con la del actual arroyo Valpierre (o Valdepierres), que desciende desde las inmediaciones de la laguna de Hervias hasta el Ebro, aprovechando, muy probablemente, las direcciones marcadas por el Oja en este primer estadio de su evolución.

Es posible que ya en esta fase existiera un "proto-Tirón", próximo al Oja, que, en tal caso, descendería a través de un incipiente "corredor de Herramélluri" prolongándose hasta el Ebro, al que se uniría en un punto próximo a Briones, pero ligeramente aguas arriba. No existen, sin embargo, evidencias claras de este trazado, pues en el indicado "corredor" no se han encontrado depósitos aluviales a una altura equivalente a la del nivel IV del Oja. Aguas abajo de la unión de este valle con el del Clera los eventuales depósitos que pudo haber dejado el Tirón han tenido que ser desmantelados por la evolución posterior de ambos ríos en su traslado hacia el oeste.

Fase 2: nivel III. De acuerdo con los mecanismos mortogénicos antes indicados, y en relación con la siguiente gran crisis climática cuaternaria, se produce el primer reajuste importante de la red fluvial. En esta etapa tiene lugar un cambio significativo en el trazado del Oja, pues, según se deduce de

la disposición actual de las terrazas del nivel III, el río pasaría a desembocar aguas arriba de Briones. El proceso ha debido estar dirigido por la acción combinada de los ríos Oja y Tirón, que con ello iniciaban su evolución conjunta a lo largo del Cuaternario. Esta fase supone un descenso importante del cauce del Clera, que se sitúa entre quince y veinte metros más bajo que en la etapa anterior.

En este período el Tirón descendía, ya con seguridad, a través del corredor de Herramélluri, pues se conserva una pequeña terraza correspondiente a este nivel que así lo evidencia, y quedaría separado del Oja por un interfluvio de materiales terciarios, progresivamente desmantelado por la acción erosiva de sus afluentes de la margen derecha y de los izquirdos del Clera.

Por su parte el Oja, con exceso de carga sólida, debió ir colmatando su propio cauce, hasta el punto de obtener su salida natural (actual valle del arroyo Valpierre), tal y como parece indicar la morfología de la zona próxima a la laguna de Hervias, donde el espesor de depósitos es, localmente, muy importante.

En estas circunstancias, el Tirón, a través de uno de sus afluentes derechos, acabaría por capturar al Oja, facilitando su desagüe hacia posiciones más septentrionales.

Lo más probable es que al final de esta etapa ambos ríos confluyeran al sur de Ollauri, si bien no hay evidencia morfológica de ello, pues la incisión y los depósitos posteriores han conducido a modificaciones importantes de todo este sector.

Fase 3: nivel II. En la primera parte de esta

nueva fase los ríos Tirón y Oja debían estar canalizados todavía en valles independientes, pues las terrazas más occidentales de este nivel se corresponden mejor con las características del Tirón (mayor porcentaje de elementos finos y menor pendiente), mientras que las orientales tienen una evidente relación con los depósitos del Oja. A lo largo de este período ambos valles debieron irse ampliando de modo significativo, con ganancia de superficie hacia poniente en los dos casos. De este modo progresaría el desmantelamiento del interfluvio terciario, sería el desmantelamiento del interfluvio terciario, que en los últimos estadios de esta etapa debería haber retrocedido hasta cerca de Bañares. A partir de este punto se abriría un amplio valle por el que divagarían, más o menos interconectados, ambos ríos; aguas arriba, los dos cauces discutirían todavía independientes y separados por importantes masas terciarias.

Los depósitos correspondientes a este nivel evidencian, en cualquier caso, una incisión de casi veinte metros y la existencia, durante esta fase, de numerosos cauces anastomosados, sobre todo en la parte oriental del valle, que es la formada, indudablemente, por el Oja, donde lo ponen de manifiesto los "valles muertos" que aún se conservan, encajados entre terrazas del nivel superior.

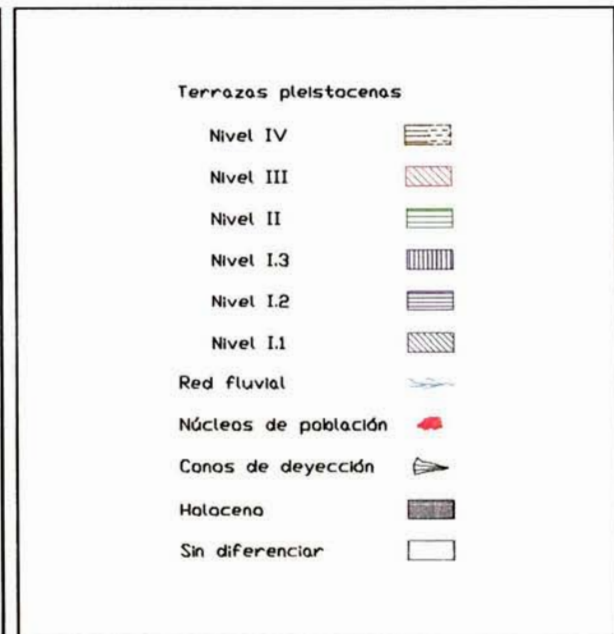
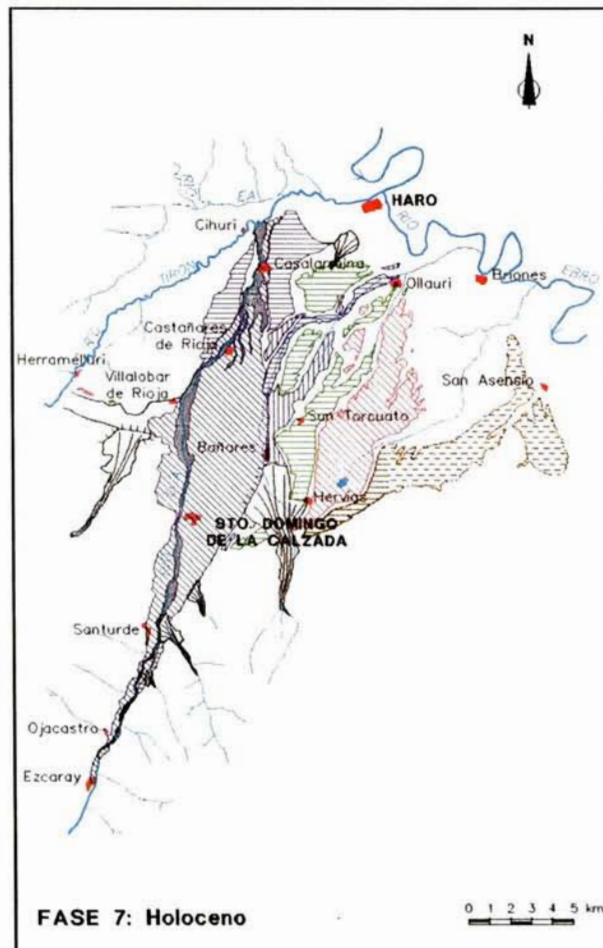
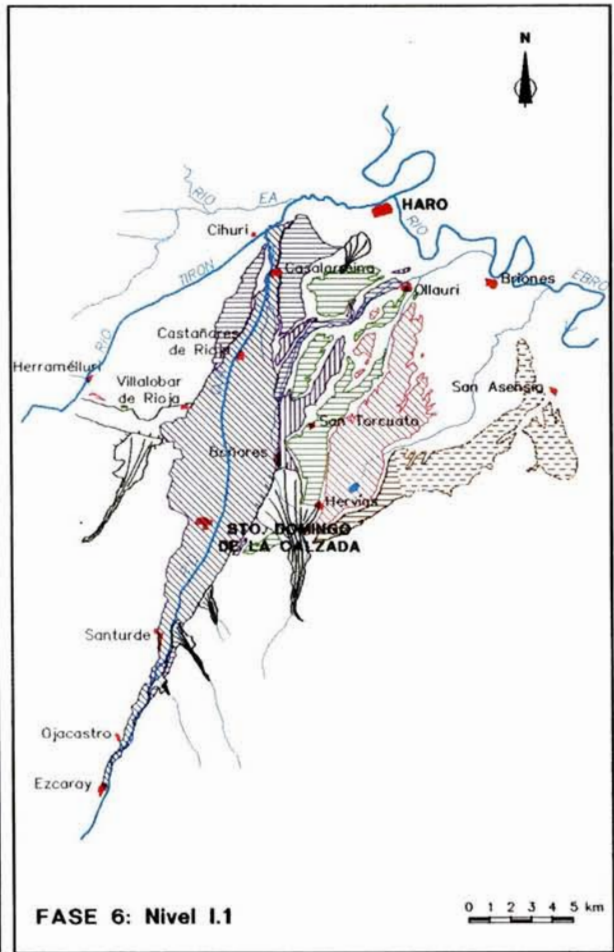
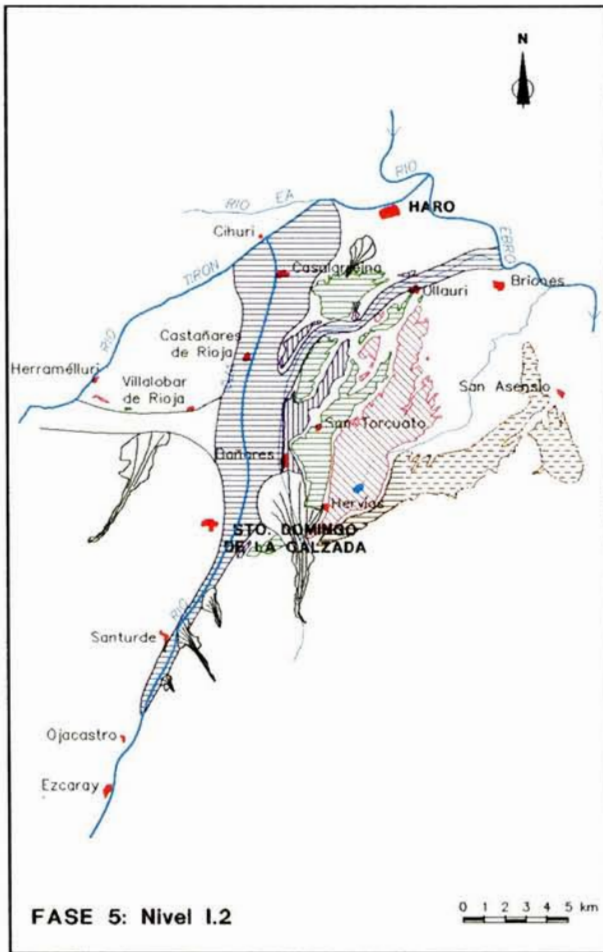


Fig. 4. El sistema Oja-Tirón durante el Cuaternario.

Fase 4: nivel I.3. Para este nuevo estadio, la disposición de las terrazas indica una situación muy similar a la anterior, pero con un valle —por donde discurren el Tirón y el Oja— que se va ensanchando hacia el oeste. No obstante, la desembocadura conjunta en el Ebro de los dos ríos ha debido mantenerse relativamente estable durante todo el período. De esta fase se conservan diversos corredores encajados entre terrazas del nivel anterior, lo que permite deducir la existencia de un importante sistema de cauces anastomosados. La erosión fue, sin duda, muy efectiva, pues los cauces descienden unos treinta metros y el corredor de Herramélluri —inactivo, como se verá, en las etapas posteriores— se encaja claramente en el sustrato terciario. Por consiguiente, y aunque los restos que se conservan no son muy abundantes, no debe descartarse una importante acumulación de depósitos, que, en tal caso, debieron dismantelarse durante los procesos erosivos posteriores.

Fase 5: nivel I.2. La fase siguiente provoca, con toda claridad, una mayor desestabilización de la región y debe coincidir con un período de precipitaciones particularmente intensas. Como consecuencia de ello la dinámica fluvial conduce a un importante dismantelamiento del Terciario y también a una notable reactivación de los arroyos y torrentes menores. De este modo se abre un valle similar al que existe en la actualidad y se forman numerosos conos de deyección en los barrancos laterales del Oja, que, en algunos casos, adquieren grandes dimensiones. El abanico de Hervías, que, por su morfología, se debió empezar a formar en la etapa anterior, alcanza por lo menos los 8 km² de superficie que aún se conservan y fosiliza todos los depósitos previos.

Las terrazas que se conservan de este episodio se disponen unos doce metros por debajo de las anteriores y se localizan fundamentalmente en el sector más bajo del Glera, donde, en la margen derecha, se alcanzan los mayores espesores.

El fenómeno más significativo de todo este período es el que determina la captura del Tirón en Herramélluri y la del Oja en algún punto próximo a Casalarreina por sendos afluentes del río Ea. Esto conduce al abandono por parte del Tirón del corredor de Herramélluri —que queda como valle muerto— y a un nuevo trazado del Oja, que pasa a ocupar una posición muy parecida a la actual: abandona definitivamente la desembocadura de Briones para desaguar en el Ebro, a través del Tirón, aguas arriba de Haro. De este modo las escorrentías de ambos ríos se canalizan por la antigua traza del bajo Ea, que se convierte también en afluente del Tirón. En el cauce abandonado por el Oja se acabará formando el arroyo Zamaca, conocido también como arroyo del Pozo en su sector final.

De estas dos capturas debió ser previa la del Tirón, según cabe deducir de la disposición de las

terrazas en la parte baja de la cuenca del Glera. No obstante, en los dos casos el mecanismo debió ser similar: obturación de los cauces por exceso de carga transportada —frente a un descenso no muy acusado del nivel de base— y salidas de carácter torrencial hacia el valle más despejado del Ea, a través de dos de sus afluentes. El proceso pudo estar guiado también por el Ebro en un reajuste erosivo en las proximidades de las Conchas de Haro, en coincidencia con una eventual traslación de su cauce. En todo caso, en estas capturas del Tirón y el Glera es evidente la influencia de la morfodinámica regional antes mencionada, pues los dos afluentes del Ea que intervienen en las capturas siguen trazados de direcciones NE-SO y N10, respectivamente, que son coherentes con la pauta estructural que sirve de guía a los procesos morfodinámicos.

Fase 6: nivel I.1. La fase siguiente es el último episodio importante en la evolución del Oja. Supone un nuevo encajamiento de la red fluvial de unos veinte metros, que, en suma, determina una profundización total de más de cincuenta metros a lo largo de la última etapa del Pleistoceno (nivel I).

En este período el valle se ensancha y profundiza hasta prácticamente sus dimensiones actuales, a costa de un importante dismantelamiento del Terciario y de la removilización de gran parte de los depósitos de la fase anterior.

Este proceso culmina con una importantísima acumulación de materiales que da lugar a la formación de terrazas muy convexas y pendientes (1,2%), en las que predominan los tamaños gruesos; todo ello indica la continuidad de una dinámica de carácter torrencial.

En esta fase se regulariza el cauce del Zamaca, claramente independizado ya (como el Valpierre en la fase 2) de la cuenca del Oja. Reúne las aguas que bajan por el abanico de Hervías —con el nombre de arroyo Seco—, se acomoda al borde derecho de la convexidad que forma la terraza baja del Glera y continúa por el “valle muerto” dejado por éste en la fase anterior, hasta convertirse en el arroyo del Pozo y desaguar al Ebro.

Fase 7: Holoceno. La última fase, que llega hasta hoy, se refleja tan sólo en un pequeño encajamiento del Oja en los sedimentos de la etapa precedente, donde se acumulan depósitos de no mucho volumen, formados por elementos de menores dimensiones que los de los episodios anteriores. Es decir, durante el Holoceno el río Oja ha perdido gran parte de su capacidad torrencial, aunque mantiene pendientes del 1%, y se ha ajustado a un cauce de orden menor abierto en los materiales del Pleistoceno más reciente. Además, gran parte de los caudales que hoy transporta se infiltran en las glezas antiguas y recargan un acuífero muy extenso, cuyos rebosaderos se sitúan a la altura de Castañares, en relación con el borde septentrional del anti-

guo —y hoy cubierto— corredor de Herramélluri. Por ello, en períodos de estiaje —que cada vez se acusan más por las importantes extracciones de agua que se hacen en los numerosos pozos abiertos en la terraza pleistocena más baja— el río Glera suele ir seco entre Santo Domingo y Castañares.

VII. CONCLUSION

En definitiva el río Oja ha tenido una importante evolución a lo largo del Cuaternario, que ha conducido a un traslado de su desembocadura en el Ebro. Este desplazamiento es de unos 10 km (en línea recta) hacia aguas arriba, lo cual resulta, en principio, anómalo. No lo es realmente si se tiene en cuenta su carácter torrencial, derivado de una pendiente muy acusada (más de diez veces superior a la de Ebro en este sector), y de la ubicación de su cabecera en la alta Sierra de la Demanda, en zona especialmente tectonizada y preparada por tanto para suministrar volúmenes importantes de materiales. De este modo, la propia dinámica fluvial, su conjunción con la del río Tirón, también torrencial y caudaloso durante el Pleistoceno, y la interven-

ción del colector principal —el Ebro, que fija el nivel de base regional— en las proximidades de un punto singular como son las Conchas de Haro, han determinado la particular evolución de la cuenca del Oja durante el Pleistoceno, que puede explicarse por procesos morfogenéticos muy concretos, guiados por una pauta estructural bien definida. Así, el Oja, primero en el Pleistoceno antiguo (Mindeliense, quizá) y después en el Pleistoceno reciente (Würm II), experimentó dos importantes cambios en su desembocadura, que supusieron desplazamientos notables de la cuenca hacia el oeste y el norte. Estas, otras situaciones anteriores, intermedias y posteriores a ellas y los procesos morfogenéticos que las originaron han podido explicarse por la disposición y las características de las terrazas depositadas por el río a lo largo del Pleistoceno. La cronología precisa de todos estos fenómenos está aún, lógicamente, abierta. Pero al ser el Oja un río de tan intensa actividad durante el Cuaternario, con numerosos niveles de depósitos en un área relativamente restringida (GONZALO MORENO, 1981), quizá pueda resultar un escenario muy adecuado para plantear el análisis de una cronología de detalle de este período.

BIBLIOGRAFIA

- ANTON BURGOS, F.J. (1980): *El glaciario cuaternario en la sierra de la Demanda (Sistema Ibérico)*. Memoria de licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. U.A. de Madrid.
- ARNAEZ VADILLO, J. (1987): “Formas y procesos en la evolución de vertientes de la sierra de la Demanda”. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 13. Logroño. pp. 1-153.
- BOMER, B. (1952): “Tres aspectos del contacto entre los montes celtibéricos occidentales y la cuenca del Ebro”. *Estudios Geográficos*, 59. Madrid. pp. 429-436.
- CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL EBRO-INGENIERIA 75, S.A. (1990): *Ordenación del aprovechamiento integrado de bienes del Dominio Público Hidráulico del aluvial del río Oja. T/M de Ezcaray-Villalobar (La Rioja)*. Madrid.
- GARCIA RUIZ, J.M. (1979): “El glaciario cuaternario en la sierra de la Demanda”. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 5 (2). Logroño. pp. 3-26.
- GARCIA RUIZ, J.M., GOMEZ-VILLAR, A. y ORTIGOSA-IZQUIERDO, L.M. (1987): *Aspectos dinámicos de un cauce fluvial en el contexto de su cuenca: el ejemplo del río Oja*. Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología, Jaca. Instituto de Estudios Riojanos. Logroño. 112 pp.
- GOMEZ VILLAR, A. y MARTINEZ CASTROVIEJO, R. (1989): “Organización espacial de sedimentos en las barras del cauce trenzado del río Oja”, *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 15 (1-2). Logroño. pp. 29-45.
- GONZALO MORENO, A.N. (1979): “Capturas y valles muertos en los cursos bajos de los ríos riojanos”. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 5 (2) Logroño. pp. 27-37.
- GONZALO MORENO, A.N. (1981): *El relieve de La Rioja. Análisis de morfología estructural*. Tesis doctoral. Patronato “José María Quadrado”. Instituto de Estudios Riojanos. C.S.I.C., Logroño.
- PEREZ-LORENTE, F. (1983): “El cuaternario en La Rioja alta”. *Cuadernos de Investigación geográfica*, 9. Logroño.
- PEREZ-LORENTE, F. (1985): “La neotectónica de La Rioja. Algunos aspectos morfológicos”. *Actas del I Coloquio sobre Geografía de La Rioja*. Instituto de Estudios Riojanos. Logroño. pp. 9-24.
- RIBA, O. (1955): *Sobre la edad de los conglomerados terciarios del borde N de la Sierra de la Demanda y Cameros*. Notas y Comunicaciones. IGME., 39. Madrid. pp. 39-50.