

TEXTURA Y COMPOSICION DE LOS DEPOSITOS FLUVIALES DE LA DEPRESION DE VALVERDE DEL MAJANO (SEGOVIA) COMO INDICADORES DE LOS CAMBIOS MORFOLOGICOS Y DE RED DE DRENAJE

M. Palomares *, P. Fernández * y G. Garzón *

RESUMEN

La evolución de la red de drenaje y sus capturas en la depresión de Valverde del Majano, queda confirmada por las características texturales y composicionales de los depósitos fluviales y los perfiles de ríos y terrazas. El río Moros y Eresma presentan en la actualidad una disminución de madurez, debido a su encajamiento progresivo, mientras que los ríos residuales Balisa y Zorita sufren un estancamiento en su dinámica. Las oscilaciones en la madurez de los sedimentos están controladas en esta zona por cambios en las áreas fuente y en las pendientes de los canales, existiendo una asincronía en la evolución, en función del grado de rejuvenecimiento del canal y los cambios en la litología derivados de las capturas.

Palabras clave: *Capturas fluviales, sedimentos fluviales, madurez petrográfica, textura, composición.*

ABSTRACT

Drainage pattern evolution and river captures in the Depression of Valverde del Majano (Segovia) has been confirmed by textural and compositional analysis of their fluvial deposits and longitudinal profiles. Moros and Eresma rivers show at present a diminish of their maturity due to renewed entrenchment, while Zorita and Balisa ones present little development. Petrographical maturity changes are controlled in this case mainly by river slope and source areas changes. An asynchronical evolution, depending on channel stage of rejuvenation and lithological changes caused by headwaters piracy, has been established.

Key words: *River captures, petrographical maturity, fluvial deposits, texture composition.*

Introducción

La subcuenca de Valverde del Majano se sitúa al N del Sistema Central Ibérico, limitada por el macizo paleozoico de Santa María la Real de Nieva, definiendo una depresión morfológica intermedia, previa a la cuenca del Duero (fig. 1). Los ríos que actualmente drenan esta depresión: Eresma, Moros y Zorita ofrecen en planta una distribución escalonada y vierten lateralmente hacia el Eresma, que es el único de ellos que atraviesa dicho macizo.

Las terrazas más antiguas de algunos de estos ríos muestran direcciones anómalas con respecto a la red actual, apuntando lineaciones que cortan el macizo

paleozoico y presentan su prolongación morfológica al otro lado del mismo. Estos hechos han sido justificados por una serie de capturas fluviales jerarquizadas, generadas por el descenso del nivel de base local del río Eresma, junto con la exhumación de la cobertera terciaria del macizo de Nieva (Fernández García, 1988a y b).

La contrastación de este modelo se ha realizado hasta el momento a partir de dos líneas de trabajo diferentes y complementarias. La primera se basó en el análisis morfométrico de los cauces fluviales: estudio de los perfiles longitudinales proyectados de los ríos y su sinuosidad (Garzón y Fernández García, 1989). La segunda ha consistido en la interpretación

* Facultad de Ciencias Geológicas. UCM. 28040 Madrid.

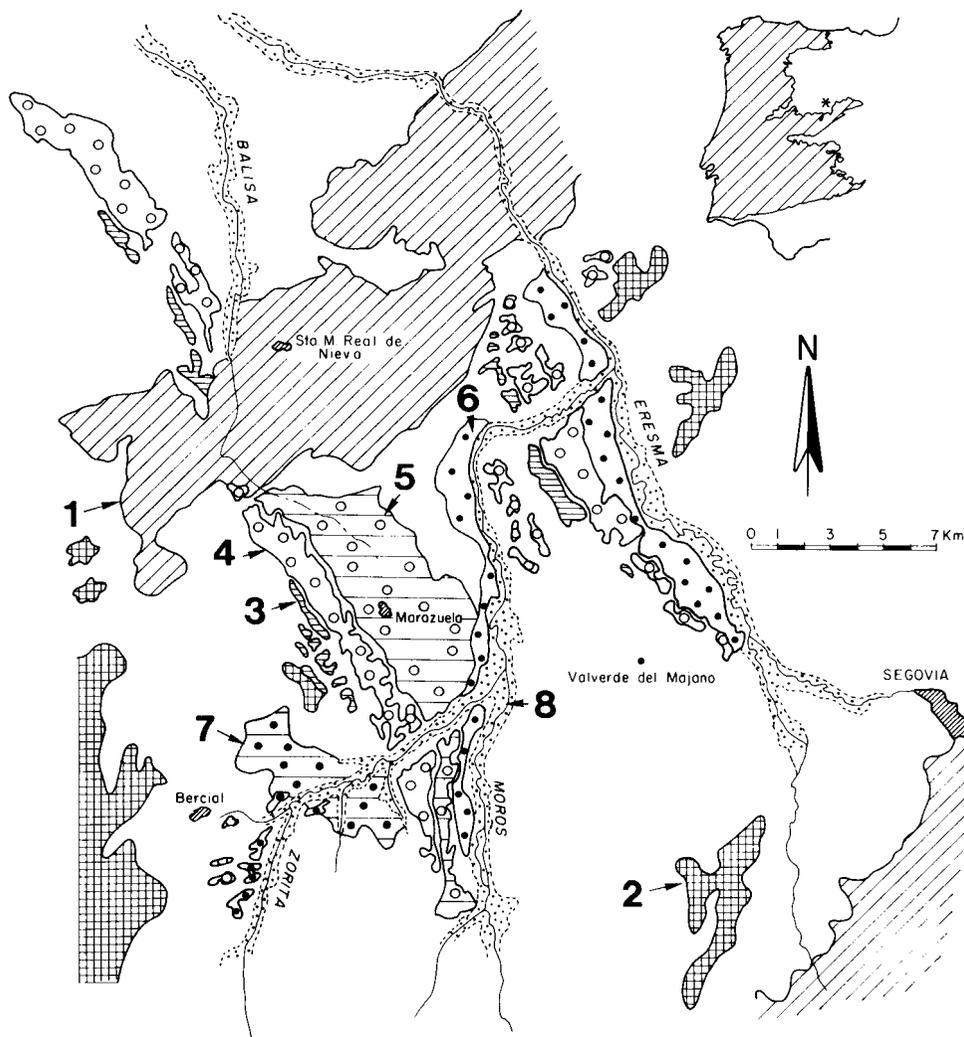


Fig. 1.—Situación y geomorfología del área estudiada: 1. Macizo de Nieva y Sistema Central. 2. Superficie de colmatación pliocena. 3. Terrazas Altas. 4. Terrazas Medias. 5. Superficie de Marozuela. 6. Terrazas Bajas. 7. Superficie de Bercial. 8. Llanura de inundación.

textural y composicional de los sedimentos fluviales pleistocenos de estos mismos ríos (Palomares *et al.*, 1992). Esta metodología petrográfica ha sido desarrollada extensamente en los últimos años, proporcionando una valiosa información acerca de las características litológicas y fisiográficas del área fuente y de la cuenca, tanto para sedimentos actuales como antiguos (Tortosa *et al.*, 1988; Palomares *et al.*, 1990; Palomares y Silva, 1991) y forma parte de la investigación que en la actualidad lleva a cabo M. Palomares dentro de su tesis doctoral.

El objetivo principal del presente trabajo es la ampliación conjunta de las técnicas geomorfológicas y petrográficas y su confrontación. Para ello se parte de la interpretación de la geomorfología de la cuenca y de su red de drenaje, sobre los que se aplica el

análisis textural y composicional de los depósitos fluviales, tanto en las terrazas pleistocenas como en los cauces actuales. Se hace especial hincapié en las relaciones de composición entre los sedimentos y sus áreas fuente, para con ello establecer la sucesión de eventos y cronología relativa de las capturas fluviales, así como la evolución de la subcuenca de Valverde del Majano a lo largo del cuaternario.

Controles morfológicos de la red de drenaje

Morfológicamente la depresión de Valverde del Majano se encuentra delimitada por la superficie del pedimento granítico-gnéisico del Sistema Central y el macizo paleozoico de Nieva y se desarrolla básica-

mente sobre materiales arcóscicos terciarios. Sin embargo, dentro de esta depresión, destacan un conjunto de aplanamientos y cerros residuales que por sus valores de altura y pendientes definen una superficie generalizada de colmatación y erosión (fig. 1) atribuida al Plioceno (Fernández García, 1988a) que se continúa más al norte, dentro ya de la cuenca del Duero. Ambas superficies presentan un marcado enrasamiento morfológico al tiempo que sobrepasa altitudinalmente la práctica totalidad del bloque de Nieva. Estos hechos indicarían una fosilización de dicho macizo por materiales terciarios arcóscicos previa la etapa cuaternaria representando un momento de sedimentación continental expansiva con respecto a los bordes de cuenca actuales, enlazando directamente la cuenca del Duero con parte del pedimento septentrional de Sistema Central.

En este marco morfológico parece coherente suponer una red de drenaje inicial distinta a la actual, con un trazo norte-sur en dirección al río Duero, y unas condiciones favorables para la ocurrencia de fenómenos de antecedenencia y cambios de dirección en el trazado de los ríos que drenan la actual depresión.

De hecho, esto se observa claramente si tenemos en cuenta que el sistema de aterrazamiento más antiguo (+104 m) del río Moros, que se desarrolla justo por debajo de la superficie alta de colmatación pliocena ofrece unas direcciones claramente divergentes respecto al cauce actual. Dichas terrazas chocan contra el macizo sobrepasándolo y se repiten al otro lado, pero perteneciendo ya a otro sistema de aterrazamiento, el del río Balisa actual (fig. 1).

Por otro lado, los niveles de terrazas Altas y Medias del río Moros se articulan con los niveles Bajos de este mismo río, a través de un extenso aplanamiento: la Superficie de Marazuela. La existencia de este aplanamiento intraterrazas no es un evento aislado sino que puede también constatarse en el curso del río Zorita, donde la superficie de Bercial (fig. 1) representaría asimismo un importante momento de sedimentación e indefinición de la red, algo más tardío en este caso y en favor, aquí de un desplazamiento hacia el río Moros.

Durante todo este tiempo, el macizo de Santa María la Real de Nieva, que inicialmente se encontraba fosilizado habría sido lavado de su cobertera terciaria adquiriendo la morfología que actualmente ofrece donde solamente el Eresma lo atraviesa encajándose en él. Los ríos Moros y Zorita, al ser sucesivamente capturados, interrumpen su drenaje aguas abajo desviándose de modo que queda un cauce relicto (el Balisa), que por tanto no sería el causante genético de los niveles de terraza con los que morfológicamente se relaciona en la actualidad.

Para analizar más detalladamente estos cambios en la red de drenaje se estudiaron los perfiles longitu-

dinales y sinuosidad de los ríos (Garzón y Fernández García, 1989) y de ellos se han obtenido asimismo conclusiones significativas en relación con los parámetros petrográficos que se van a estudiar a continuación.

Como se observa en la figura 2, los perfiles longitudinales muestran dos controles fundamentales: la litología y los momentos de posibles capturas, que se manifiestan por inflexiones en los perfiles de los ríos. El Eresma presenta un perfil muy irregular pero definido claramente por controles litológicos. El perfil del río Moros, sin embargo, sí ofrece un par de inflexiones que se corresponden con los cambios del río en las zonas de capturas. El perfil más significativo es el del río Balisa, que muestra un salto muy brusco antes de su desembocadura, en el Eresma, indicando la existencia de un cauce sobreelevado en desacuerdo con el encajamiento de la red actual de los otros ríos. A su vez no presenta ninguna inflexión en el cambio litológico correspondiente al macizo de Nieva, lo que nos indicaría que nos encontramos con un río mucho más senil que ha ido eliminando progresivamente los cambios litológicos todavía detectables en ríos más activos hoy como el Eresma y el Moros. Finalmente para el río Zorita, las inflexiones del perfil corresponden igualmente a las supuestas zonas de captura.

Los perfiles de las terrazas (fig. 2) aportan también información complementaria sobre estos cambios. Aunque la superposición de sus perfiles a la de los de los ríos puede inducir a errores, debido a los cambios de dirección de los segundos (Garzón y Fernández, *op. cit.*) permite sacar algunas conclusiones especialmente en el caso del Moros, en el que se aprecian claramente los cambios de dirección en el río ocasionados por las capturas. En general, las terrazas altas ofrecen una menor pendiente, como correspondería a la etapa inicial sobre la superficie terciaria, con poco encajamiento, frente a las medidas y bajas en que el macizo de Nieva está ya exhumándose y los ríos, por tanto, deben encajarse en él.

De cara al análisis petrográfico, hemos englobado el conjunto de las terrazas con el término de depósitos pleistocenos en contraposición al de los depósitos actuales de los ríos, aunque con ello no se descarta la posibilidad apuntada al principio de este apartado, que su sedimentación pueda comenzar con anterioridad.

Metodología del estudio petrográfico

Se han tomado 23 muestras de depósitos actuales de los ríos que drenan actualmente la subcuenca de Valverde del Majano; 10 de ellas en el río Eresma, 8 en el Moros, 3 en el Balisa y 2 en el Zorita. Las muestras de sedimentos actuales se tomaron en barras arenosas del río y, siempre que fue posible, de aquellas que se encontraban bajo lámina de agua.

Tabla 1.—Media y selección de cada nivel de terrazas de los sedimentos fluviales pleistocenos de los diferentes ríos de la subcuenca de Valverde del Majano.

Río	Terrazas y superficies	MZ (\emptyset)	$\delta_1(\emptyset)$
MOROS	Altas (T2)	0,05	1,89
	Medias (T3, T4, T5 y T6)	-0,41	2,01
	Marazuella	0,94	1,3
	Bajas (T9 y T12)	0,74	1,42
BALISA	Altas (T1)	-0,18	1,67
	Medias (T2, T3 y T4)	0,67	1,61
ERESMA	Altas (T1 y T2)	1,08	1,37
	Medias (T3 y T5)	0,97	1,99
	Bajas (T8)	0,45	1,1
ZORITA	Medias (T2 y T3)	0,65	1,63

Tabla 2.—Cantidad de cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca de los diferentes niveles de terrazas pleistocenas de los ríos de la subcuenca de Valverde del Majano.

Río	Terrazas y superficie	Q	F	R
MOROS	Altas (T2)	44,6	38,4	16,8
	Medias (T3, T4, T5, T6)	49,8	37,7	13,2
	Marazuella	50,5	36,1	13,2
	Bajas (T9 y T12)	42,9	36,4	16,7
BALISA	Altas (T1)	40,9	40,9	18,1
	Medias (T2, T3 y T4)	50,0	38,8	10,9
ERESMA	Altas (T1 y T2)	51,4	35,6	12,8
	Medias (T3 y T5)	48,0	37,4	14,4
	Bajas (T8)	47,3	39,2	13,3
ZORITA	Medias (T2 y T3)	46,9	37,3	

Las muestras de depósitos fluviales pleistocenos recogidas fueron 24; 8 de los depósitos de las terrazas Altas, Medias y Bajas del río Moros; 3 de la denominada Superficie de Marazuella (correspondiente a una superficie intrateraza entre las Medias y Bajas del río Moros), 6 de los depósitos de las terrazas Altas, Medias y Bajas del río Eresma; 5 de los depósitos de las terrazas Altas y Bajas del río Balisa y, por último, 2 muestras de los depósitos de las terrazas Medias del río Zorita (fig. 1).

Las muestras fueron tamizadas con una columna de 13 tamices de 1/2 \emptyset entre los tamaños -2 \emptyset (4 mm) y 4 \emptyset (0,062 mm) con el fin de obtener una clasificación textural de los sedimentos en función de sus distribuciones clastométricas. A partir de las distribuciones clastométricas de los depósitos actuales y de las terrazas de los ríos Eresma, Moros, Balisa y Zorita se ha obtenido el valor del tamaño medio del sedimento (Mz) y la desviación estándar del tamaño del grano (δ_1), índice que determina la selección del depósito según los parámetros de Folk (1965) (tabla 1).

Asimismo, se realizó un análisis al microscopio petrográfico del tamaño de arena medio (0,5-0,125 mm) de todas las muestras obteniendo la composición modal de los depósitos tanto pleistocenos como actuales de los ríos Moros, Eresma, Balisa y Zorita (tabla 2) usando el método de conteo de Chayes (1956) y contabilizándose 400 puntos por muestra.

Tabla 3.—Valores de media y selección medios de los sedimentos fluviales pleistocenos y de los sedimentos actuales de cada uno de los ríos de la subcuenca de Valverde del Majano.

Edad sedimentos	Ríos	Mz (\emptyset)	$\delta_1(\emptyset)$
Pleistocenos	Moros	0,72 0,68	1,45 0,28
	Eresma	0,83 0,5	1,48 0,56
	Balisa	0,5 0,56	1,62 0,15
	Zorita	0,65 0,55	1,63 0,34
Actuales	Moros	-0,28 0,57	1,39 0,53
	Eresma	-0,21 0,47	1,28 0,53
	Balisa	-0,11 0,49	1,1 0,12
	Zorita	-0,7 0,07	0,99 0,26

Características texturales

Los sedimentos pleistocenos presentan un tamaño medio de grano (Mz) muy homogéneo (tabla 1), clasificándose como «sedimentos arenosos de tamaño de grano medio, grueso y muy grueso» (según clasificación de Wentworth, 1922), y asimismo presentan un grado de selección (δ_1) correspondiente a sedimentos «pobremente seleccionados» (clasificación de Folk, 1965).

En la figura 3a se han relacionado estos dos parámetros, en los diferentes niveles de terrazas pleistocenas y se ha valorado su grado de madurez, teniendo en cuenta que se considera un sedimento maduro desde el punto de vista textural, aquél con menor tamaño de grano y mejor selección.

Para el río Moros se observa un aumento progresivo de dicho índice desde las terrazas Altas y Medias hasta la Superficie de Marazuella, volviendo a retroceder marcadamente dicho carácter en las terrazas Bajas. Para el río Balisa se aprecia un ligero aumento de la madurez textural en las terrazas Altas y Medias relativo fundamentalmente a una disminución del tamaño medio de grano del depósito. La evolución, en cuanto a las características texturales en ambos ríos, es por tanto similar.

Las terrazas del río Zorita presentan una madurez intermedia comparable a la que se ha observado en algunos niveles del río Balisa y Moros, mientras que en las terrazas del río Eresma no se observa una tendencia clara con respecto a su madurez textural.

Asimismo se ha procedido a la comparación de la textura de los sedimentos pleistocenos con la de los ríos actuales, para lo que se ha calculado la media de estos parámetros, es decir los valores medios de Mz y δ_1 como la de sus sedimentos actuales (tabla 3). De este modo se observa que los sedimentos pleistocenos presentan valores medios del tamaño medio de grano del depósito (Mz) de 0,5 a 0,72 \emptyset mientras que la desviación estándar del tamaño de grano (δ_1) es de 1,3 a 1,63 \emptyset . Los sedimentos actuales presen-

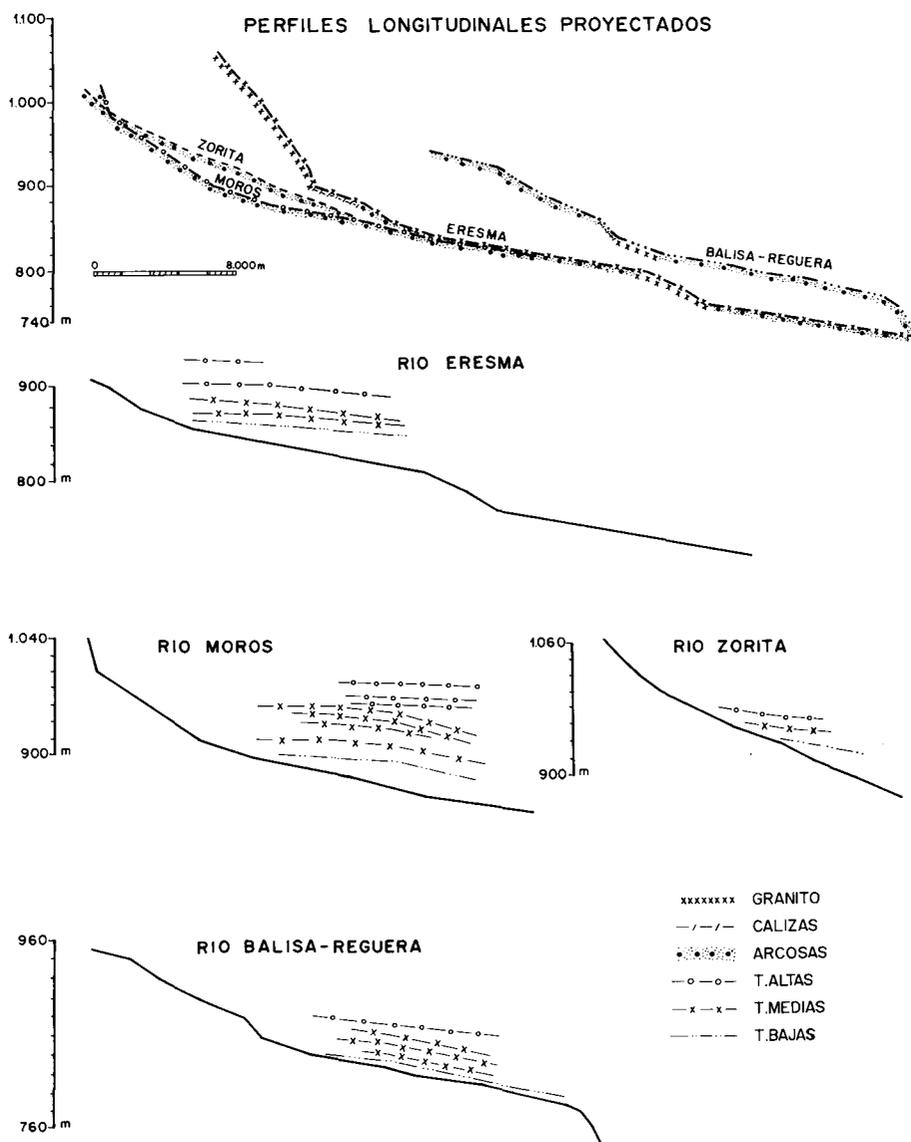


Fig. 2.—Perfiles longitudinales de los ríos estudiados mostrando su relación con las litologías sobre las que discurren y la pendiente relativa de sus terrazas (adaptado de Garzón y Fernández, 1989).

tan en cambio un tamaño medio de grano entre $-0,28$ y $0,7 \phi$ y una desviación estándar del tamaño de grano entre $0,99$ y $1,39 \phi$, como queda representado en la figura 4a.

Esto indicaría que durante el Pleistoceno los ríos Moros, Eresma y Balisa generaron sedimentos con menor tamaño medio de grano y ligeramente menor selección que los que actualmente están produciendo, esto es con una tendencia general hacia una disminución de la madurez textural (fig. 4a). Los sedimentos del valle del Zorita presentan en cambio una evolución inversa a la de los anteriores, ya que sus

sedimentos pleistocenos son ligeramente menos maduros texturalmente que los actuales.

Características composicionales

A continuación se van a analizar estos mismos depósitos desde el punto de vista de su composición, significando las diferencias entre los depósitos pleistocenos y los actuales.

Teniendo en cuenta su composición, los sedimentos arenosos de las terrazas pleistocenas, dentro de

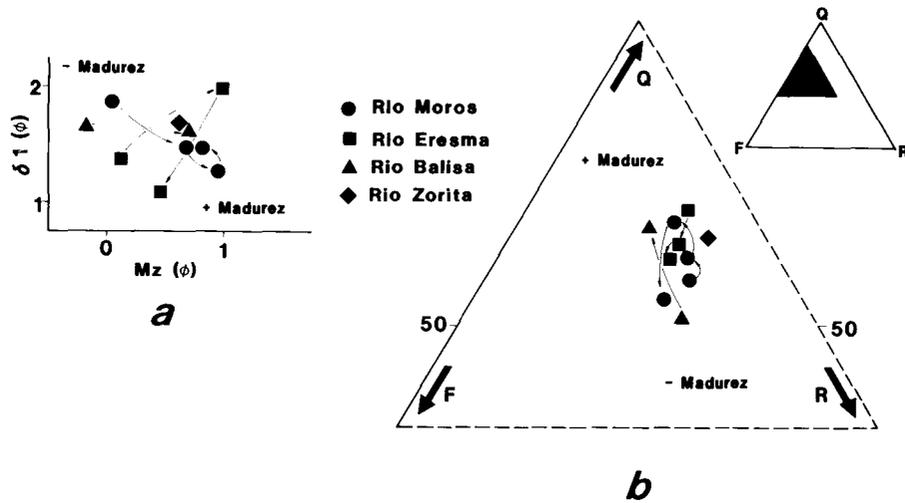


Fig. 3.—a) Textura de los sedimentos pleistocenos en función de la media del tamaño de grano (Mz) y de la selección (δ_1) del depósito. b) Composición modal de los sedimentos pleistocenos en un diagrama QFR (adaptado de Palomares *et al.*, 1992).

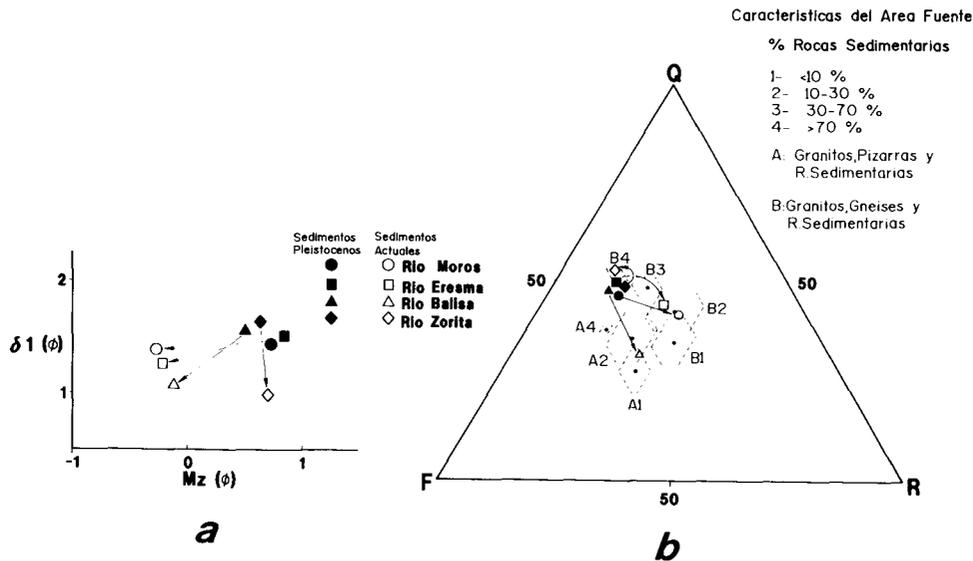


Fig. 4.—a) Textura de los sedimentos pleistocenos y actuales en función de la media del tamaño de grano (Mz) y selección (δ_1) del depósito. b) Composición modal de los sedimentos pleistocenos y actuales en un diagrama QFR, en relación con la litología del área fuente y su porcentaje de rocas sedimentarias.

su tamaño medio de grano (0,5-0,25 mm), son arcosas según la clasificación de Pettijohn *et al.*, 1973 (fig. 3b y tabla 2). Si se analiza la madurez composicional de estos depósitos, se entiende como depósitos maduros aquéllos con una mayor proporción de granos de cuarzo y una menor cantidad de feldespatos y fragmentos de roca (Blatt, 1967). Según esto la evolución de la madurez composicional de los sedimentos *pleistocenos* en los ríos Moros y Balisa coincide con la de su madurez textural. Las terrazas del

río Zorita presentan una composición modal próxima a la de las etapas más evolucionadas de los ríos Moros y Balisa. Las terrazas del río Eresma evolucionan, por el contrario, hacia una disminución de la madurez composicional con el tiempo, aunque presentan variaciones en la composición de menor entidad.

Los sedimentos *actuales* de estos ríos, al igual que los pleistocenos, son arcosas (fig. 4b y tabla 4), presentando, en general, una disminución de su madu-

Tabla 4.—Valores medios de la cantidad de cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca de los sedimentos fluviales pleistocenos y actuales de cada uno de los ríos.

Sedimentos pleistocenos	Q	F	R			
Moros	47,5	4,8	37,2	3	14,5	3,5
Eresma	48,9	3	37,4	2,1	13,5	1,3
Balisa	48,2	3,7	39,2	2,2	12,3	3,5
Zorita	46,9	0,7	36,1	3,4	13,2	1,7
Sedimentos actuales						
Moros	44,1	3,6	29,7	3,3	25,9	3,6
Eresma	41,5	5,8	26,3	6,1	30,5	6,2
Balisa	32	0,7	40,8	10,5	27,1	9,9
Zorita	51,2	1,7	36,2	1,2	12,7	3,2

rez composicional respecto a los pleistocenos. Los sedimentos generados por el río Zorita, sin embargo, no siguen esta tendencia, igual que ocurría con sus características texturales.

Discusión sobre las características composicionales

Si nos atenemos al carácter composicional de los sedimentos, que es el que presenta más variaciones en los depósitos estudiados y es el que ha sido más abundantemente analizado en la bibliografía, hay que tener en cuenta que el aumento de la madurez composicional de un depósito puede deberse a varias causas principales: 1) Aumento de la cantidad de rocas de tipo sedimentario frente a rocas de tipo cristalino (granitoides, gneises o pizarras) en el área fuente (Mack, 1984; Palomares, 1988; Johnsson y Stallard, 1989); 2) Disminución del relieve en la cuenca de drenaje (Gratham y Velber, 1987 y Johnson y Stallard, 1989), o 3) Cambio climático hacia unas condiciones más húmedas (Basu, 1976; Suttner y Dutta, 1986; Grantham y Velbel, 1987).

Con respecto a la primera consideración, la litológica, se ha establecido una clasificación que refleja la composición modal de los sedimentos en función de la litología del área fuente y de la proporción con

que aparece cada una de estas rocas en dicha área (fig. 4b). Según esto se establecen en primer lugar unos grupos que teniendo en cuenta los materiales del Sistema Central y de la cuenca, se clasifican en: a) Rocas sedimentarias, granitos y pizarras, o B) Rocas sedimentarias, granitos y gneises. En segundo lugar se constituyen unos subgrupos que hacen referencia a la proporción con que aparecen en el área fuente las rocas sedimentarias con relación a las rocas ígneas y metamórficas (<10, 10-30, 30-70 y >70 %).

La proyección de la composición modal sobre dicha clasificación nos revela que los sedimentos fluviales *pleistocenos* de la subfosa de Valverde del Majano derivarían de una cuenca de drenaje constituida por rocas cristalinas (en su mayoría gneises y granitos) en proporción <30 % y de rocas sedimentarias en proporción >70 %, ya que todos los sedimentos pleistocenos del valle del Moros, Eresma, Balisa y Zorita se proyectan en torno a este campo de procedencia.

Respecto a la composición modal de los sedimentos *actuales* de estos ríos se ha tenido en cuenta además la proporción de rocas existente en la cuenca de drenaje (tabla 5) y su proyección sobre el diagrama composicional previo (fig. 4b) muestra una dispersión mucho mayor que para los anteriores, por lo que se pueden deducir los siguientes puntos:

1) Los sedimentos *actuales* del río Moros y Eresma se proyectan sobre el campo de procedencia B2 que corresponde con los porcentajes litológicos de su área fuente, y además está formada por las mismas litologías que las cuencas de drenaje generadoras de los sedimentos *pleistocenos* (B4). Sin embargo, en la actualidad las rocas sedimentarias están representadas en la cuenca en menor proporción que durante el Pleistoceno.

2) Los sedimentos *actuales* del río Zorita (fig. 4b) son similares a los de los sedimentos *pleistocenos* de todos los ríos de la subcuenca de Valverde del Majano. Teniendo en cuenta que, la cuenca de drenaje del río Zorita hasta el lugar de recogida de las muestras (inmediaciones de la superficie de Marazuela), está constituida en un 94 % de rocas sedimentarias y en un 6 % de rocas cristalinas paleozoicas, se po-

Tabla 5.—Proporciones litológicas en que aparecen las diferentes litologías presentes en las cuencas de drenaje actuales de los ríos de la subcuenca de Valverde del Majano.

Cuenca de drenaje	Rocas cristalinas			R. sedimentarias
	Granitoides	Gneises	Pizarras	Arcosas
Moros y Eresma	29	16	—	55
Balisa	24	3	33	40
Zorita	3	3	—	94

dría interpretar que este río no ha sufrido en la actualidad una evolución tan importante como los otros y goza todavía de unas características más parecidas a las del Pleistoceno.

3) Los sedimentos *actuales* del río Balisa se proyectan en el campo de procedencia A1 y A2 a diferencia de las terrazas *pleistocenas* de este mismo río que lo hacen próximas al campo de procedencia B4. La cuenca de drenaje generadora de los sedimentos *pleistocenos* del valle del río Balisa era diferente a la que genera los *actuales*. Durante el Pleistoceno el macizo Nieva estaba cubierto por sedimentos terciarios por lo que el río Balisa drenaba en aquella época solamente rocas sedimentarias coincidiendo con los datos del río Moros, lo que refuerza la idea de un cauce único (Paleomoros) que vertía al N de la Subfosa de Valverde del Majano sobrepasando el macizo Nieva y generando las terrazas que allí se sitúan durante esta época según el modelo de antecedencia y capturas propuesto por Fernández García (1988a y b). Asimismo, la similitud textural de los depósitos pleistocenos de los ríos Moros y Balisa, nos lleva a afirmar la idea de que las terrazas del valle del río Balisa fueron generadas por el río Moros (Palomares *et al.*, 1992).

En síntesis se puede decir, que los ríos Eresma y Moros que habían tenido durante el Pleistoceno una evolución progresiva hacia una mayor madurez, sufren una disminución de ésta en sus sedimentos actuales. Por el contrario en el río Zorita no se observa este cambio y sus sedimentos siguen evolucionando en la actualidad.

La interpretación de estos hechos puede resultar compleja si se tienen en cuenta los tres aspectos condicionantes de la madurez que se señalaban al principio de este apartado.

Si se analiza el aspecto de composición de la cuenca de drenaje, podría interpretarse que los tres ríos drenaban áreas parecidas durante el Pleistoceno, y que éstas se han modificado en la actualidad en el caso del Moros y del Eresma. Sin embargo estos cambios parecen resultar demasiado bruscos en el tiempo, teniendo en cuenta además que los procesos de captura previamente descritos que podrían favorecer estos cambios, se localizan más probablemente en torno al Pleistoceno Medio (Fernández, *op. cit.*).

Otro segundo aspecto que habría que valorar, es el de las variaciones de relieve en el área de drenaje. En este sentido no hay que pensar solamente en el incremento o disminución del relieve en las áreas de cabecera, sino también en lo que ocurre aguas abajo, con posibles rejuvenecimientos de la red que alteren todas las condiciones dinámicas del canal. De hecho, si se observan los perfiles longitudinales de la figura 2, el río Eresma presenta una marcada pen-

diente en su tramo alto que justificaría la inmadurez de sus sedimentos actuales. El río Moros, aunque su tramo bajo está más estabilizado, presenta todavía un cambio de pendiente brusco hacia su cabecera. En cualquier caso si se estudia con más detalle la composición de los sedimentos de este río, vemos que la madurez progresiva que había conseguido en su primer período (tabla 2), vuelve a desestabilizarse en sus terrazas Bajas. Sin embargo, en la etapa actual (tabla 4) este río consigue aumentar otra vez su madurez, lo que podría significar una nueva tendencia a su estabilización con posterioridad a su captura. Finalmente el río Zorita presenta una pendiente más homogénea en general, y poco encajamiento lo que puede ser la razón de su madurez actual.

No se ha introducido en este análisis el factor climático, aunque lo podamos considerar de gran importancia, por la complejidad de los cambios climáticos ocurridos durante el cuaternario. Sería un aspecto a valorar en futuros estudios, especialmente si llegan a obtenerse datos cronoestratigráficos de las terrazas que permitan su correlación con etapas climáticas.

Aun así consideramos que si bien el análisis efectuado excluye la variabilidad climática, resulta perfectamente válido si se tiene en cuenta que para la zona de estudio durante el Cuaternario estos cambios no deben haber sido ni tan intensos ni tan largos, como para que su impronta en los sedimentos modifique sustancialmente las conclusiones obtenidas en este trabajo. Por otro lado, éstos, habrían afectado simultáneamente a la totalidad de los sedimentos estudiados sin que sin embargo se haya observado cualquier tipo de sincronismo en las características de estos depósitos.

Evolución de la depresión desde el Plioceno hasta la actualidad

Si se sintetiza a modo de resumen todo lo hasta aquí expuesto, se pueden señalar dos aspectos más relevantes. En primer lugar hay un aumento de madurez generalizado para los ríos Moros y Balisa durante el Pleistoceno. Este aumento se ve paulatinamente incrementado desde las terrazas Altas a las Medias, llegando a alcanzar un máximo en la Superficie de Marazuela. Dicho valor máximo de madurez retrocede en las terrazas Bajas. En segundo lugar estos rasgos se ven corroborados por los resultados composicionales, donde un aumento en la proporción de granos de cuarzo, acompañado de una disminución de los feldespatos y fragmentos de roca, significando un aumento de la madurez composicional en las terrazas pleistocenas más antiguas.

El primer punto es correlacionable con las tres eta-

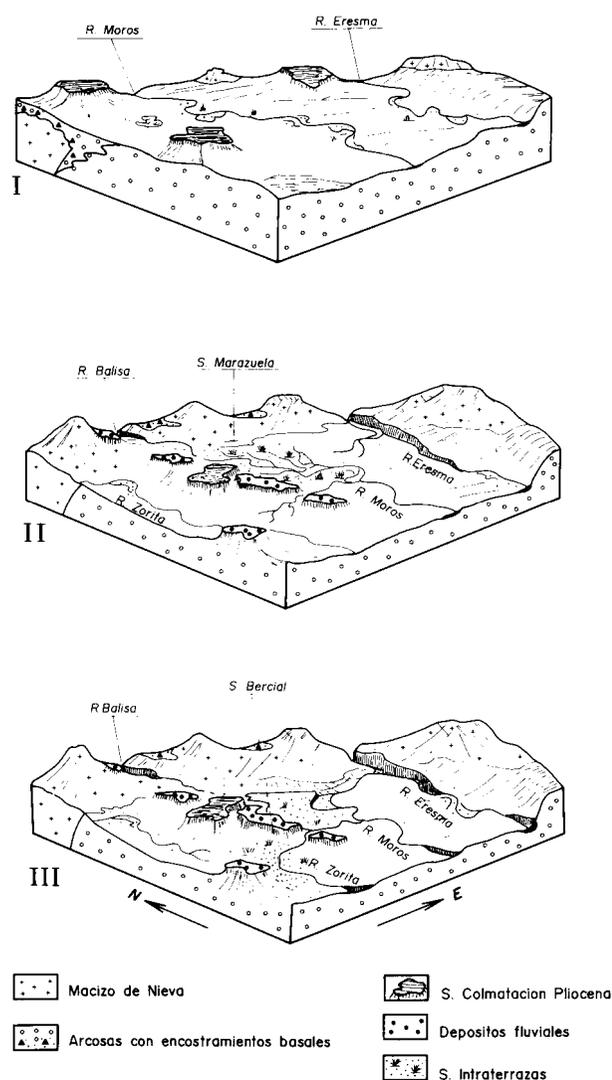


Fig. 5.—Bloques diagramas esquemáticos con las etapas de evolución morfológica de la depresión de Valverde del Majano.

pas evolutivas propuestas con anterioridad por Fernández García (1988a) y que podrían quedar sintetizadas de la siguiente forma:

Un primer momento (fig. 5.I) donde las terrazas Altas y Medias de los ríos Moros y Balisa muestran una tendencia homogénea hacia una mayor madurez textural y composicional, representaría una etapa de la cuenca del Duero donde los sedimentos terciarios recubrirían el macizo de Santa María la Real de Nieva, fosilizándolo. A este momento le corresponde una red de drenaje muy diferente a la actual en dirección N-NW para dos ríos fundamentalmente: el Paleomoros y el Eresma que sobrepasarían el macizo citado anteriormente.

A partir de este momento inicial tendría lugar un importante lavado de sedimentos en toda la región

junto con un progresivo encajamiento de las redes fluviales que conducen a una segunda etapa (fig. 5.II). En ella se produce la exhumación del macizo paleozoico de Santa María de Nieva que provoca el bloqueo del río Moros haciéndolo divagar por una zona más o menos llana: la Superficie de Marazuela. Los sedimentos de esta superficie son los más maduros textural y composicionalmente que correspondería con el final de la larga etapa evolutiva de un río viejo: el Moros. Este proceso determina no sólo un paulatino desplazamiento del cauce del río Moros hacia el E, sino la captura de dicho río por el Eresma (mucho más activo en esta etapa), quedando disecado prácticamente el valle del Paleomoros y ocupado actualmente por un río residual: el actual Balisa. Por otra parte las características de las terrazas del río Zorita son próximas a las de las Altas y Medias del río Moros, por lo que se puede relacionar con esta etapa.

A partir de la captura del río Moros tiene lugar una tercera etapa (fig. 5.III) donde se produce un encajamiento del mismo río debido a la bajada del nivel de base, que da lugar a que se generen, otra vez sedimentos con una madurez textural y composicional menor con respecto a los sedimentos de la Superficie de Marazuela, que sería el caso de las terrazas Bajas del río Moros. Posteriormente el río Zorita es capturado por el río Moros debido al rejuvenecimiento de éste durante su captura por el río Eresma.

La composición de los sedimentos pleistocenos del río Eresma muestran una tendencia general con el tiempo de una progresiva pérdida de madurez, hecho que se puede atribuir a que este río no consigue una estabilización durante el Pleistoceno ya que el encajamiento en el macizo le permite un descenso en el nivel de base que lleva consigo un continuo ajuste a las nuevas condiciones del canal.

En cuanto a la evolución de las características de los sedimentos de la subcuenca de Valverde del Majano desde el Pleistoceno a la actualidad, se observa, de forma generalizada, que los sedimentos pleistocenos son más maduros, tanto textural como composicionalmente, que los sedimentos actuales. Este hecho complementaría la idea de un vaciado progresivo de la depresión de Valverde del Majano, que implicaría por un lado el rejuvenecimiento a favor de las arterias principales de la red, mientras que las áreas más remotas se mantienen estabilizadas durante más tiempo. Por otra parte, la eliminación de la cobertera sedimentaria justificaría también localmente una disminución de la madurez, tanto por una mayor área de exposición de rocas más resistentes, como por la pérdida de un material sedimentario más evolucionado ya originariamente.

La tendencia con el tiempo de los depósitos pleistocenos del río Balisa a ser similar a los más antiguos

del río Moros (una progresiva madurez textural y composicional) reafirma la idea de la existencia de un Paleomoros que atravesaría el macizo de Santa María de Nieva de N a S.

Los sedimentos pleistocenos y actuales del río Zorita presentan unas características texturales y composicionales similares, por lo que las condiciones de génesis de sedimentos para este río no han cambiado sustancialmente a lo largo del tiempo.

La proyección de los datos composicionales sobre el diagrama de clasificación en función de las litologías del área fuente y las proporciones en que aparecen revelan que los sedimentos pleistocenos derivan de áreas fuentes formadas por rocas cristalinas paleozoicas (tanto granitos como gneises) y rocas sedimentarias igual que lo hacen en la actualidad los ríos Moros, Eresma y Zorita; si bien la proporción con que aparecen las rocas sedimentarias en el área fuente es mayor en las cuencas de drenaje pleistocenas. Es decir, que actualmente las cubiertas terciarias ocupan menor superficie que durante el Pleistoceno provocada por un encajamiento general de la red fluvial, bajada del nivel de base y como consecuencia una mayor erosión de la cobertera terciaria.

Conclusiones

El análisis textural y composicional de los sedimentos fluviales pleistocenos y actuales de la subfosa de Valverde del Majano y de la vertiente Norte del macizo de Santa María de Nieva revelan datos muy significativos que apoyan las ideas de Fernández García (1988a y b) para esta cuenca.

La captura del río Moros por el río Eresma provoca una desestabilización del primero de forma que genera sedimentos menos maduros ocasionando la ruptura de la evolución lineal hacia sedimentos más maduros durante las primeras etapas de sedimentación del pleistoceno.

Los sedimentos pleistocenos generados por el río Moros y Eresma son tanto textural como composicionalmente más maduros que los sedimentos fluviales actuales de estos ríos siendo interpretado como una consecuencia del rejuvenecimiento de las arterias principales y la disminución de la cobertera sedimentaria del área drenada.

Los ríos Zorita y Balisa siguen pautas evolutivas diferentes, lo cual confirma la asincronía de procesos dentro de una misma cuenca dependiendo del estado de evolución de cada canal y del tipo de área que está siendo drenada en cada momento.

La influencia del factor climático, aun sin dejar descartada totalmente su trascendencia, resulta enmascarada por la complejidad de los cambios morfo-

lógicos y la heterogeneidad de las cuencas de drenaje de los ríos.

El relieve de la cuenca de drenaje se revela como un elemento fundamental, sin que sea necesario recurrir a grandes modificaciones tectónicas o aplanamientos erosivos, sino simplemente al efecto de niveles de base locales y cambios en la pendiente del canal ocasionados bien por procesos de capturas, o por variaciones litológicas en la resistencia a la erosión.

Por todo ello, las técnicas petrográficas basadas en el análisis composicional y textural de los sedimentos cuaternarios, se manifiesta como una metodología de gran interés para el estudio de la evolución de las redes fluviales actuales y los cambios en su morfología.

Referencias

- Basu, A. (1976). Petrology of holocene fluvial sand derived from plutonic source rocks, implications to paleoclimatic interpretations. *J. Sediment. Petrol.*, 46, 694-709.
- Blatt, H. (1967). Provenance determinations and recycling of sediments. *J. Sediment. Petrol.*, 37, 1031-1044.
- Chayes, F. (1956). *Petrographic modal analysis*. Wiley & Sons, Nueva York, 113 págs.
- Fernández García, P. (1988a). *Geomorfología del Sector comprendido entre el Sistema Central y el Macizo de Santa María la Real de Nieva (Segovia)*. Tesis doctoral, Ed. Univ. Complutense Madrid.
- Fernández García, P. (1988b). Evolución cuaternaria y sistemas de terrazas en la subfosa de Valverde del Majano y el Macizo de Santa María Real de Nieva (Segovia). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 84, 69-83.
- Folk, R. L. (1965). *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill's Publishing Company, Austin, Texas, 184 págs.
- Garzón, G. y Fernández García, P. (1989). Las capturas fluviales de los ríos Zorita, Moros y Eresma y sus implicaciones geológicas. *Abstracts 2.ª Reunión del Cuaternario Ibérico*, 64-65.
- Grantham, J. H. y Velbel, M. A. (1988). The influence of climate and topography on rock-fragment abundance in modern fluvial sand of the southern Blue Ridge Mountains, North Carolina. *J. Sediment. Petrol.*, 58, 219-227.
- Johnsson, M. J. y Stallard, R. F. (1989). Physiographic controls on the composition of sediments derived from volcanic and sedimentary terrains Barro Colorado Island, Panama. *J. Sediment. Petrol.*, 59, 768-781.
- Mack, G. H. (1984). Exceptions to the relationship between plate tectonics and sandstone composition. *J. Sediment. Petrol.*, 54, 212-220.
- Palomares, M.; Tortosa, A. y Arribas, J. (1990). Caracterización clastométrica de los depósitos detríticos de cañera de arroyos del Sistema Central: Influencia de la litología del área fuente. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 85, 5-21.
- Palomares, M.; Garzón, G. y Fernández, P. Evolución de la sedimentación fluvial durante el pleistoceno de la depresión de Valverde del Majano (Segovia). *III Congreso de Geología de España y VIII Latinoamericano*, Tomo 2, pág. 2, Salamanca 1992.

- Palomares, M. y Silva, P. (1991). Estudio textural y composicional de los depósitos arcóscicos fluviales de la depresión Prados-Guatén y su relación con el río Manzanares. *Abstracts VIII Reunión Nacional sobre Cuaternario*, Valencia.
- Suttner, L. J. y Dutta, P. K. (1986). Alluvial sandstone composition and paleoclimate. I. Framework mineralogy. *J. Sediment. Petrol.*, 56, 329-345.
- Tortosa, A.; Palomares, M. y Arribas, J. (1988). Tipologías de cuarzo como indicadores de la procedencia en areniscas. *Estudios Geol.*, 44, 385-390.
- Wenworth, C. K. (1922). A scale of grade and classterms for clastic sediments. *J. Geol.*, 30, 377-392.

*Recibido el 23 de julio de 1992
Aceptado el 17 de agosto de 1992*