

## Geomorfología de la gravera Zamoray (Garrapinillos-Zaragoza)

por R. A. VAN ZUIDAM,\* F. I. VAN ZUIDAM-CANCELADO\*\* y N. H. W. DONKER\*\*\*  
con la participación de E. A. KUMMER y B. DE LEEUW\*\*\*\*

### RESUMEN

En el presente artículo se interpreta el corte de una gravera situada entre Garrapinillos y Utebo, en la que se encontraron fragmentos de un colmillo de "*Elephas Meridionalis*".

La disposición de los materiales y los análisis granulométricos y morfométricos efectuados permiten dar la siguiente interpretación: la parte baja del corte está constituida por gravas acumuladas en un canal del antiguo cauce del Ebro, posteriormente este canal fue abandonado y rellenado por materiales más finos (arenas y arcillas), entre los cuales se han encontrado los restos del citado colmillo. Nuevas avenidas del Ebro recubrieron con sus aportes estos materiales. Se trata pues en conjunto de restos de una antigua terraza del Ebro; su datación absoluta no ha sido posible al no encontrarse muestras adecuadas. Sin embargo por los conocimientos actuales y la geomorfología de yacimiento puede atribuirse esta terraza a un período interglacial del Pleistoceno superior de clima cálido-húmedo. Los depósitos posteriores típicos de un glacis acreditan un cambio de clima, siendo éste frío y seco.

### RÉSUMÉ

On interprète dans cet article la coupe d'un gravier situé entre Garrapinillos et Utebo, où l'on a trouvé des fragments d'une défense d'"*Elephas Meridionalis*".

La disposition des matériaux et les analyses granulométriques et morphométriques effectués nous permettent d'en tirer l'interprétation suivante: La part basse de la coupe est constituée par des graves accumulées dans un canal de l'ancien lit de l'Ebre; ce canal fut abandonné postérieurement et rempli par des matériaux plus fins (sables et argiles), entre lesquels ont été trouvés les restes de la défense citée. De nouvelles crues de l'Ebre ont recouvert avec ses apports ces matériaux. Il s'agit donc des restes d'une ancienne terrasse

\* Departamento de Geomorfología y Geografía del ITC, especializado en Geomorfología y levantamientos aéreos. El autor expresa sus agradecimientos por la asistencia recibida para efectuar el trabajo de reconocimiento de campo, el cual pudo realizarse gracias al aporte financiero de "Netherlands Organization for the Advancement of Pure Research" (Z.W.O.), y al estímulo hacia este proyecto recibido por parte del "International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences" (I.T.C.).

\*\* Ingeniera Geógrafa M. Sc. ("Master of Science"), desarrolló tareas de campo en la región de Zaragoza durante el año 1969, como estudiante de postgrado del curso de Geomorfología del ITC y en mayo de 1972 efectuó el levantamiento del perfil sedimentológico del sitio del hallazgo.

\*\*\* Departamento de Geomorfología y Geografía del ITC, especializado en Geomorfología y técnicas de programación.

\*\*\*\* Son miembros del Laboratorio de Fisiografía y Suelos de la Universidad Municipal de Amsterdam (G.U.A.), especializada en análisis de arcillas.

de l'Ebre, dont la datation absolue a été impossible d'effectuer, n'ayant pas trouvé les échantillons adéquats. Cependant, par les connaissances actuelles et par moyen de la géomorphologie de gisement, cette terrasse peut être attribuée à une période interglaciaire du Pleistocène supérieur de clima chaud-humide. Les dépôts postérieurs typiques d'un glacis, témoignent un changement à un clima froid et sec.

### INTRODUCCIÓN

Durante varios años el Departamento de Geomorfología y Geografía del I.T.C., ha tomado la región de Zaragoza como área de trabajo de campo para los estudiantes postgraduados que realizan estudios de fotointerpretación geomorfológica. La misma área se convirtió en el tema de estudio del Dr. R. A. VAN ZUIDAM para elaborar su tesis doctoral. En mayo de 1972, justamente cuando el autor citado regresaba al área, se localizaron fragmentos de un colmillo fósil de un "*Elephas Meridionalis*" en la cantera de una terraza fluvial situada entre las poblaciones de Garrapinillos y Utebo. En esta ocasión el doctor I. BARANDIARÁN y el profesor S. MENSÚA, catedrático de la Universidad de Zaragoza, solicitaron al doctor VAN ZUIDAM su colaboración en la investigación científica, especialmente relacionada con la sedimentología del área del hallazgo. Con la colaboración de la Ingeniera Geógrafa M. Sc. F. I. VAN ZUIDAM-CANCELADO, y de doctores N. H. W. DONKER, E. A. KUMMER y B. DE LEEUW, se levantó un perfil sedimentológico y se analizaron diversas muestras del material. Los resultados de esta investigación se incluyen en el presente artículo.

### GEOMORFOLOGÍA DEL ÁREA

El área alrededor de la cual fue encontrado el colmillo, puede dividirse en varias unidades geomorfológicas formadas en rocas sedimentarias. Estas rocas se depositaron principalmente durante el Mioceno, directamente sobre las rocas Paleozoicas y durante un

periodo de subsidencia. Primero los materiales conglomerádicos fueron depositados a lo largo de tres cadenas montañosas que comprenden los Pirineos, el Sistema Ibérico y las Montañas Catalanas, y que forman una extensa depresión triangular (el valle del Ebro). Más tarde, pero aún en el Mioceno, se formaron gruesas capas de evaporitas y algunos calcáreos orgánicos. De acuerdo con LOTZE (1928) se puede establecer la siguiente secuencia esquemática de la formación sedimentológica: conglomerados-areniscas + margas-margas-calcáreo-yeso-yeso + halita. Después de un periodo de levantamiento, fuerte erosión y denudación, se acumularon depósitos continentales (gravas, detritos y limos), durante el Pleistoceno y Holoceno. En la actualidad estos depósitos están concentrados principalmente cerca del río Ebro.

Sobre la secuencia sedimentológica descrita anteriormente se ha modelado el paisaje actual. La figura 1 a, limitada al área de estudio, muestra esquemáticamente las unidades geomorfológicas siguiendo un perfil sur-norte desde La Muela, hasta el río Ebro y cruzando la cantera donde se encontró el colmillo,

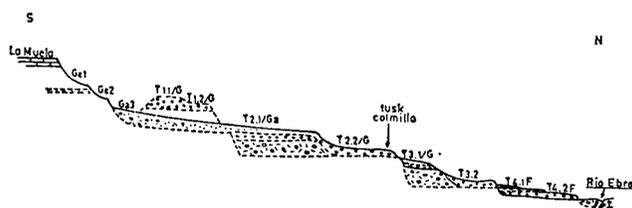


FIG. 1a. — Perfil esquemático del área entre La Muela y el Río Ebro.

En el extremo sur del perfil, se localiza la meseta calcárea de La Muela. La misma está limitada por escarpes de fuerte pendiente, desde donde se inician diferentes tipos de "glacis o pedimentos" que en distintos niveles descienden suavemente hacia el norte hasta el río Ebro o perpendicularmente a los grandes tributarios de éste. Los glacis están desarrollados principalmente en margas y yesos blandos. El glacis más bajo (de acumulación) está cubierto por una costra calcárea dura denominada caliche ("calcrete") que ha debido formarse en periodos secos del Pleistoceno. La parte media y superior de esta época está caracterizada por un relativo y severo cambio en el clima. Los periodos glaciales e interglaciales en esta parte de España deben coincidir con periodos fríos y secos y más cálidos-húmedos respectivamente. Durante este tiempo se han formado alternativamente glacis y terrazas fluviales. En el sitio donde se encontró el colmillo y en los alrededores (Nivel T 2.2/G) las terrazas y glacis son bastante extensas especialmente el glacis Ga 3, según puede observarse en el

1. Nota: En el perfil geomorfológico, la terraza fluvial más elevada y antigua (T<sub>1</sub>, indicada con una línea interrumpida) desapareció casi por completo durante el Pleistoceno medio, debido a activos procesos de erosión y planación. En algunos sitios del valle del Ebro se localiza esta terraza T<sub>1</sub>, pero en el área de referencia solamente se pueden encontrar restos de los cantos rodados en el glacis Ga.

terreno. Siguiendo la descripción del perfil (Tabla I) la parte superior del material de la terraza ha sido removida durante el desarrollo del glacis y cubierta por caliche. Cerca del río Ebro pueden encontrarse terrazas Holocenas de acumulación, en las cuales se nota la influencia humana en el desarrollo de los eventos geomorfológicos. En la terra T.4.1. y sobre ella, se han acumulado potentes capas de suelo evolucionado debido a la erosión causada por el hombre, especialmente en las regiones altas. En tiempos históricos, por ejemplo, desde la parte superior de la Edad de Bronce hasta la parte inferior de la Edad del Hierro; celtas, iberos y romanos fueron cortando la vegetación natural y principalmente talando los árboles y arbustos con finalidades defensivas o buscando una variación en el uso de la tierra (FATAS, 1972 y VAN ZUIDAM, 1975a). El suelo fino y la regolita han sido removidos de las montañas, y en gran parte depositados más tarde en los valles formando los "vales" o "valles rellenados". En las terrazas más recientes estos mismos materiales han formado conos con pendiente suave y terrazas inclinadas. En el tiempo presente esta acumulación se encuentra suspendida debido a la ausencia de suelo y material regolítico en las regiones altas. Desde que se volvió más severa la erosión lineal y se incrementó la formación de las tierras malas, esta acumulación reciente está desapareciendo, y en consecuencia se han formado numerosas cárcavas en diversos sitios.

TABLA I

*Perfil sedimentológico de la terraza T.2.2/G*  
(ver figura 1b)

Superficie del terreno  
Elevación 230 m

- I. Suelo limoso con cantos rodados finos a medios, sin horizonte aparente. Color 5YR-3/4 húmedo; 7, 5YR-6/4 seco.  
Se encontró un remanente de suelo rojizo color 7, 5YR-5/8 seco; 5YR-5/8 húmedo.
- II. Costra calcárea con definidos horizontes de sedimentación. Capa húmeda fácilmente deleznable.
- III. Costra calcárea con finos y claros horizontes de sedimentación.
  - A) Superficie de contacto bien definida, más endurecida en la parte superior.  
Color 10YR-7/3 húmedo.
  - B) Horizontes de sedimentación menos definidos. Dureza inferior a (A). Color 10YR-7/4 húmedo.
  - C) Horizonte inferior de calcáreo meteorizado.  
Color 10YR-7/4 húmedo.
- IV. Costra calcárea con horizontes de sedimentación finos y bien definidos.
  - A) Superficie de contacto bastante endurecida.  
Color 10YR-7/3 seco.
  - B) Capa de calcáreo-conglomerado, con abundancia de calcáreo en la parte superior. Color del cemento 10YR-8/3 húmedo.
- V. Conglomerado.
  - A) Fino ( $\varnothing \pm 0,002$  m) a mediano ( $\varnothing \pm 0,10$  m) con cemento calcáreo de color 2,57-8/0 seco.

- B) Conglomerado fino a mediano con cemento calcáreo-arenoso y residuos ferruginosos de color 7,5YR-6/4 seco; 5YR-5/5 húmedo.
- C) Capa de limo con pequeñas bandas arcillo-limosas. Aparición de pequeños puntos negros de manganeso (?).  
Color 7,5YR-7/- húmedo; 7,5YR-8/4 seco.

#### VI. Conglomerado.

- A) Material fino a mediano, caracterizado por la forma lenticular y alargada de sus cantos carentes de matriz.
- B) Horizonte de arena fina a gruesa ( $\varnothing$  0,5 a 1,0 mm).  
Color 7,5YR-7/4 seco, 7,5YR-6/8 húmedo.
- C) Capas de cantos con poca pendiente, inclinadas de sur a norte. Cantos finos a gruesos en matriz calcárea concentrada.  
Color del cemento 10YR-7/3 seco; 10YR-7/6 húmedo.  
La zona se presenta dividida en tres secuencias diferenciadas por una pequeña capa de arena y otra de gravas finas, lenticulares, sin matriz aparente.

- VII. Gravas-conglomerado. Sucesión de gravas finas a medianas con cemento arenoso-calcáreo, seguido por gravas más gruesas con cemento arenoso-calcáreo. Color del cemento 2,5Y-7/4 seco; 10YR-6/6 húmedo. En el nivel inferior se tomó una muestra de material (Muestra I.El.220.83).

- VIII. Gravas. Horizontes cruzados ("Criss-cross beddings") gravas muy finas ( $\varnothing$  12 mm) y medias ( $\varnothing$  40/50 mm). Estas gravas se caracterizan por la ausencia de matriz entre los cantos.

#### IX. Gravas.

- A) Horizontes cruzados ("Criss-cross-beddings"), semejante al horizonte VIII.
- B) Capas casi horizontales de gravas finas a medianas. La matriz es poco abundante y se presenta en la parte superior e inferior del horizonte, frecuentemente cementando los cantos. Color del cemento 10YR-3/3 seco. Este horizonte se caracteriza por la aparición de una película muy fina de color negro mate que cubre casi por completo cada canto, dando al conjunto un color negro mate, más o menos uniforme. La película puede ser de manganeso (Muestra II. El.215.08). Nivel de localización del fósil.

#### X. Gravas.

- A) Cantos finos a gruesos en matriz arenosa con alto porcentaje de calcáreo, frecuentemente cementado.  
Color 10YR-7/4 seco; 10YR-6/6 húmedo.
- B) Zona de gravas finas a medianas, sin matriz aparente, cubiertas por una película delgada, no uniforme de manganeso (?). Algunos cantos de cuarzo blanco se encuentran fuertemente meteorizados, especialmente en su base.
- C) Gravas menos cementadas.  
En la zona de contacto entre las gravas del horizonte XB y el horizonte XC con limo arcilloso, se presenta una "costra" de 0,5 mm de espesor de material calcáreo y/o silíceo (?) (Muestra III El.213.39).
- D) Dos capas de limos semihorizontales. La capa superior (D1) tiene apariencia arcillosa de color rojizo. Color 5YR-5/3 húmedo. La capa inferior (D2) es de espesor variable y color amarillento. Color 10YR-5/4 húmedo.

- E) Arena de tamaño medio a grueso, cuarzosa.  
Color 10YR-5/6 húmedo.

- XI. Gravas. Cantos finos a gruesos en matriz arenosa.  
Color 10YR-5/6 húmedo (Muestra IV El. 211.87).

\* La calificación del color se hizo según el manual "Munsell Soil Color Charts".

#### DATOS SEDIMENTOLÓGICOS DE LA TERRAZA T2.2/G

La unidad geomorfológica donde está localizada la gravera Zamoray, puede clasificarse como la terraza T2.2/G del río Ebro. Bajo el horizonte del suelo se encuentran dos y en algunos sitios hasta tres bancos de caliche, en parte mezclados con gravas. Entre el caliche de la parte superior y los cantos rodados estratificados de la terraza T2.2 en la base, existe una zona de estratificación laminar casi horizontal. Los cantos rodados no tienen una orientación particular y se encuentran intercalaciones limosas laminares con un ligero contenido de carbonato de calcio y yeso. Estos dos materiales de la terraza T2.1 (y T1?) fueron transportados y depositados sobre la terraza T2.2, durante el período de la formación del glacis (ver fig. 5 y tabla 1).

Con el ánimo de entender mejor las circunstancias ambientales en las cuales se depositó el colmillo se analizaron por diversos métodos, la arcilla, la arena y los cantos rodados de la terraza del lugar del hallazgo. Se efectuó una selección granular basada en la diferencia de peso de distintas fracciones, y se hizo una clasificación de los materiales junto con las características particulares de los cantos rodados en los diferentes estratos del perfil. El análisis granulométrico del material, de la terraza bien estratificada, muestra una distribución de secuencia normal (fig. 2). Sin embargo, existen algunas diferencias en los estratos donde se localizó el colmillo. (Ver muestras II y III.)

Las fracciones 1;  $2\varnothing$  y  $-6\varnothing$  son mayores de las que cabría esperar en una sedimentación normal y sugieren un medio con sedimentación mixta. Se supone la existencia de un canal de relleno en el cual se depositaron materiales gruesos en períodos de crecidas y materiales finos en tiempos de calma o aguas lentas. Esta hipótesis se apoya también en la presencia de capas horizontales de arena y arcilla, localizadas hacia un metro de profundidad debajo del sitio donde yacía el colmillo. (Ver tabla I.)

En el perfil general el análisis cualitativo de las gravas no señala diferencias significativas. En los cuatro ejemplos se encontraron los mismos tipos de rocas y la comparación entre el tamaño de las gravas y la clase de material muestra una relación normal.

En un nuevo análisis cuantitativo se midieron las dimensiones características de cada canto; longitud, ancho y espesor (ejes a, b, c) y se analizaron sus relaciones siguiendo métodos internacionales.

### Estudio morfométrico de las gravas

Con el fin de determinar si existe una distinción particular entre la redondez y forma de los cantos de las capas I, II, III y IV (superior a inferior de la terraza T2.2/G) se aplicó el siguiente sistema.

En cada capa se seleccionaron cerca de 30 cantos de cuarzo blanco y a los cuatro grupos resultantes se les asignó el mismo número de la capa de la cual procedían. A continuación en cada canto se midieron las siguientes dimensiones.

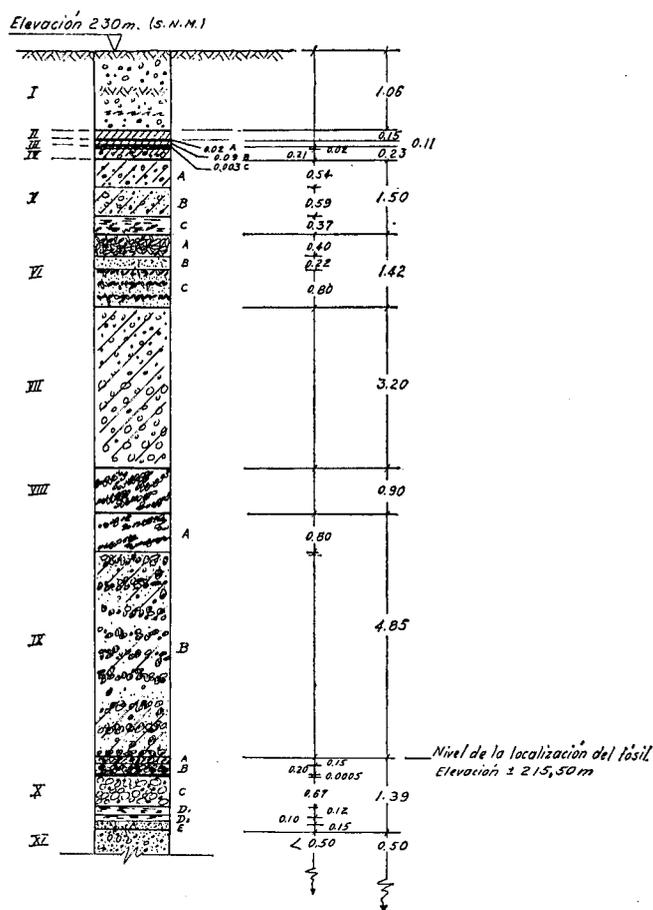
4. El espesor (c), que corresponde a la más pequeña abertura de un tamiz ranurado a través del cual pueden pasar las partículas. Las definiciones de a, b, c, están descritas según HUMBERT (1968).

Entre las dimensiones se obtienen las siguientes relaciones:  $a \geq b \geq c$ . (Ver tablas II y III.)

TABLA II

#### Selección de gravas

Número de gravas medidas	Número de gravas entre los tamaños	Número de gravas rechazadas
	$11,3 < b \leq 32 \text{ mm}$	$b > 32 \text{ mm}$
	$-5,0 < b \leq -3,5 \text{ phi}$	$b > -3,5 \text{ phi}$
I	39	35
II	31	30
III	20	17
IV	21	19
Total	111	101



Escala 1:100

FIG. 1b. — Columna estratigráfica de la terraza.

1. El radio de curvatura de la esquina más aguda.
2. La longitud (a), que corresponde a la distancia entre los puntos más extremos en el mismo canto.
3. El ancho (b), que es igual al diámetro de un tamiz cuyos huecos dejan pasar justamente el canto.

#### Índices

Para cada canto se obtuvieron diversos índices, partiendo de sus dimensiones características. Como resultado de la redondez mínima del canto, se obtuvo el índice de redondez  $2r/a$  (WENTWORTH, 1919; CAILLEUX, 1947). Se pueden hacer diversas objeciones a este índice pero, no obstante, fue escogido por ser muy fácil su determinación. Además se ha empleado con frecuencia en el pasado, y subsiste la posibilidad de comparación.

En lugar del índice de redondez de WENTWORTH (1922)  $a + b/2c$  se calculó el valor recíproco. Empleando la fórmula  $2c/a + b$  tiene la ventaja de que el valor máximo no excede a la unidad.

Diversos estudios como los de PETIJON y LUNDAHL (1943) y PLUMLEY (1948) han demostrado que las dimensiones de redondez y forma dependen del tamaño de las partículas. Para obviar este inconveniente se dividieron las gravas en un número de tamaños de clase, preferentemente indicados como intervalos-phi, y se llevó a cabo la medida para cada intervalo de clase. Sin embargo, los cantos de cuarzo seleccionados mostraron una pequeña variación de tamaño. El mayor número de cantos se encontró localizado entre los 32 y 11,3 mm. Tomando en consideración solamente las gravas comprendidas dentro de estos pequeños límites, debe admitirse que la influencia de los tamaños mayores queda eliminada.

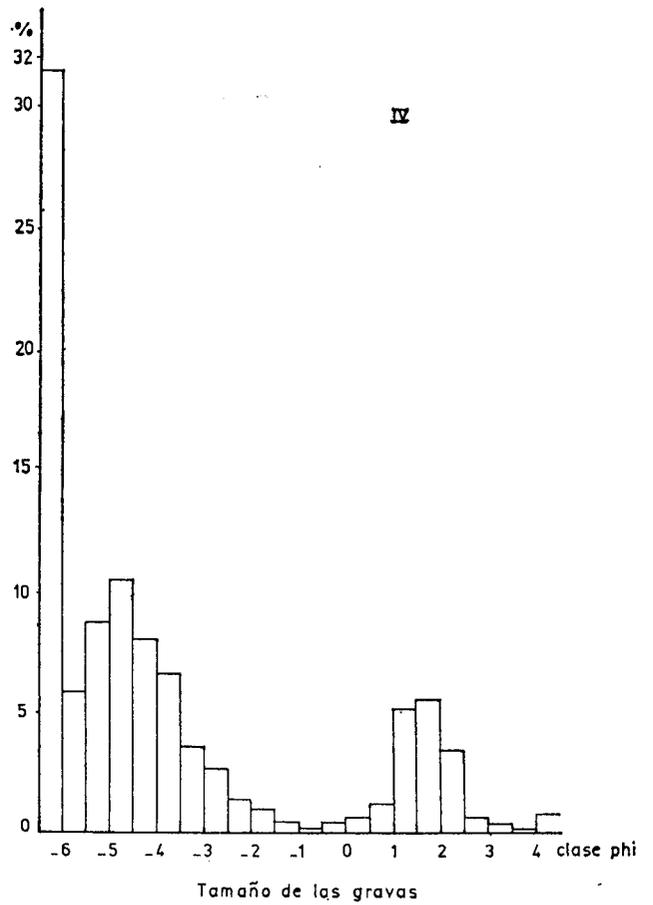
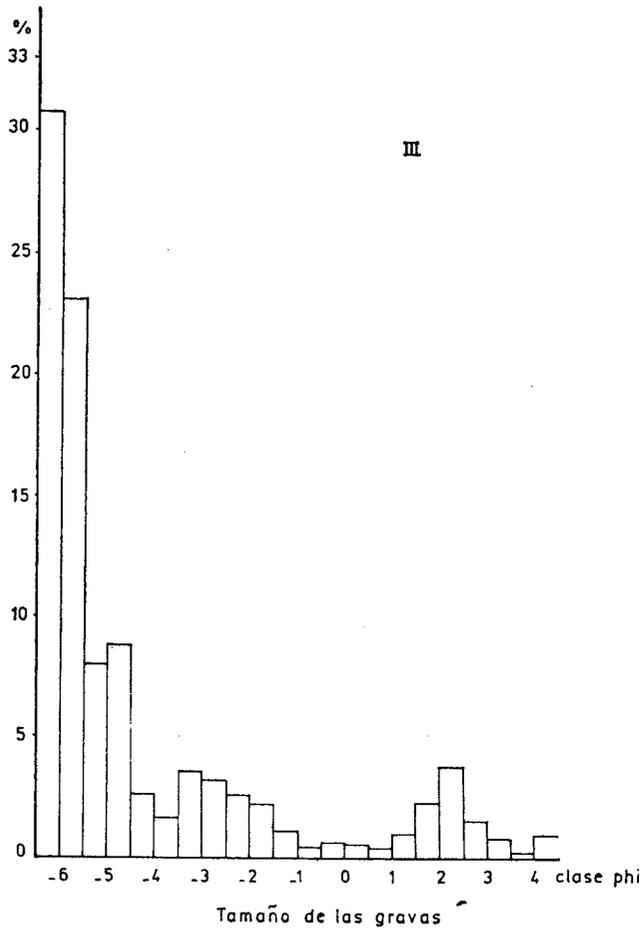
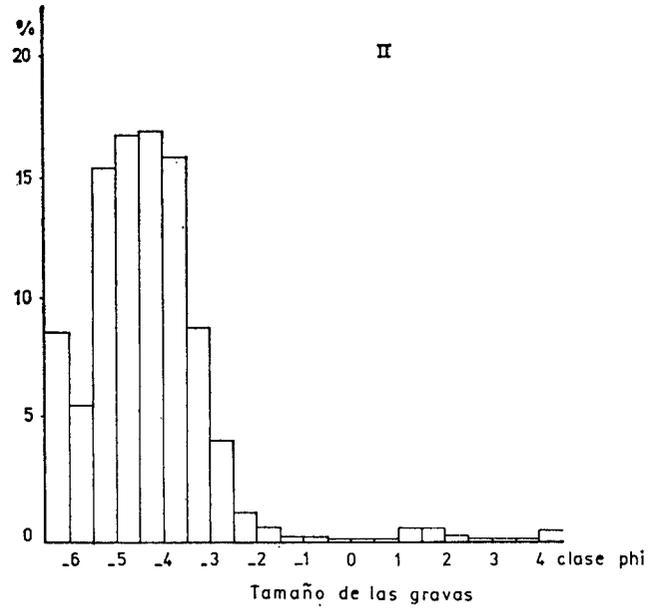
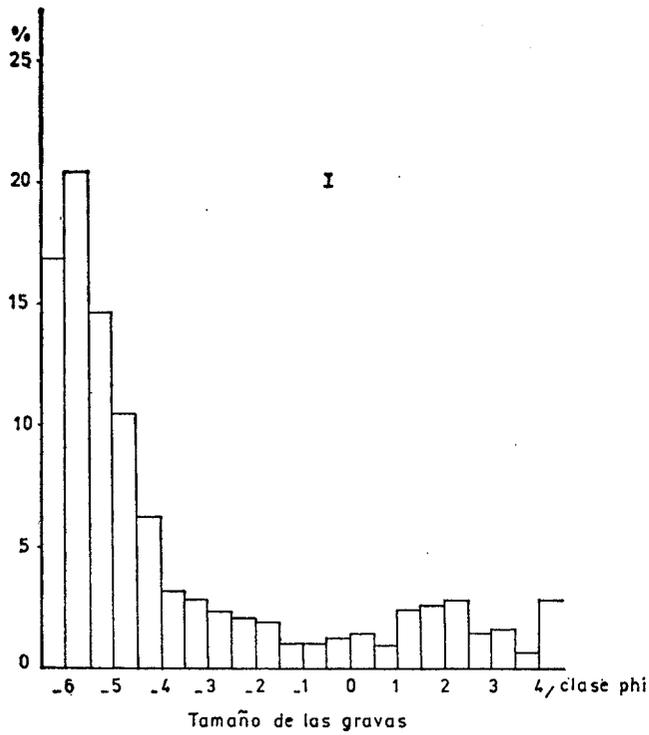


FIG. 2.— Análisis granulométrico de las muestras cercanas al lugar de localización del colmillo.

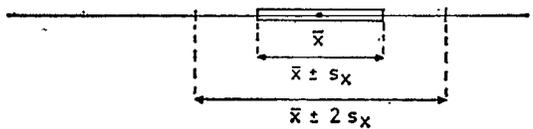
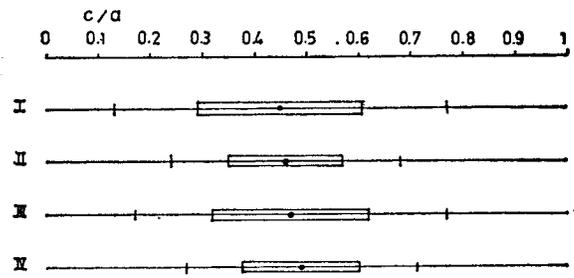
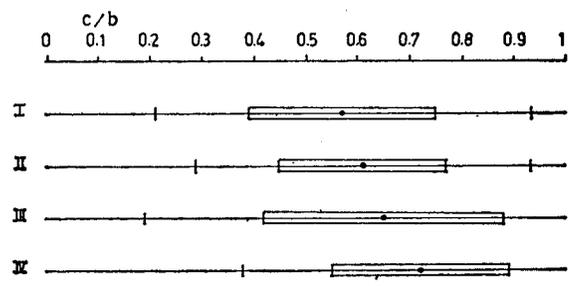
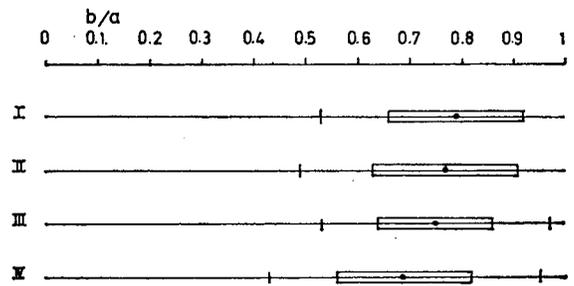
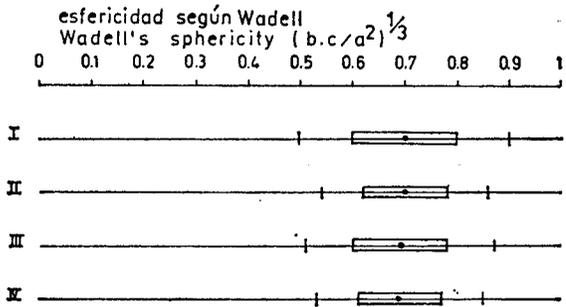
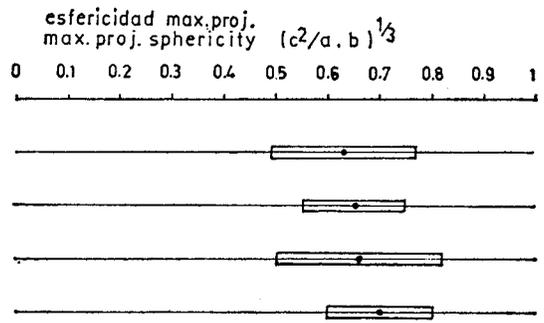
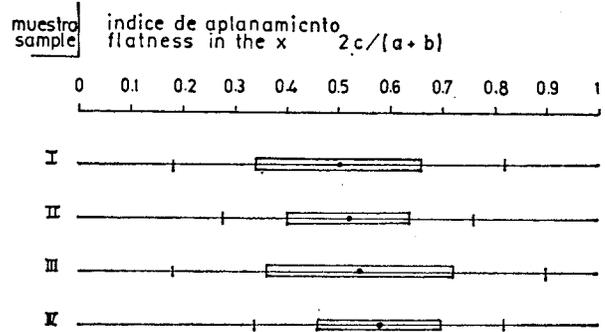
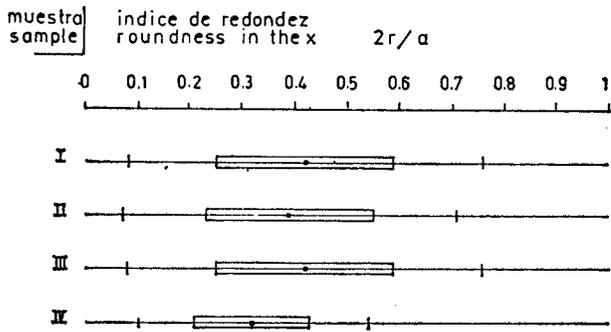


FIG. 3. — Gráfico de los promedio de los siete índices representados para los ejemplos I, II, III y IV.

*Variación estandar y análisis de varianza*

Para cada ejemplo de índice se empleó el promedio  $\bar{x}$  y se calculó la desviación estandar  $S_x$ .

Para dar una impresión de los diferentes índices relacionados con su grado de dispersión, se indica el promedio de cada uno junto con el intervalo  $\bar{x} \pm S_x$  (que contiene cerca del 68 por ciento de la población) y el intervalo  $\bar{x} \pm S_x$  (que contiene cerca del 95 por ciento de la población). Los resultados se muestran en la tabla IV y la figura 3.

Se observa que solamente el índice  $c/b$  presenta una diferencia significativa entre los valores promedios de los ejemplos. (Ver el análisis de la varianza en la tabla V).

El análisis de la tabla IV y la figura 3 muestran con

claridad un *cambio gradual* de la forma de los cantos de cuarzo (variación ascendente o descendente según la fórmula) ocurrida durante el período de sedimentación. El cambio está claramente indicado por los índices  $2c/a + b$ ;  $(2/ab)^{1/3}$ ;  $b/a$ ;  $c/b$ .

Con el fin de comprobar si las diferencias entre los promedios no obedecían a una situación casual, cada índice fue sometido a un análisis de varianza, verificando antes ciertos requisitos.

1. Designación al azar de una cantidad de ejemplos.
2. Normalidad de la población de los ejemplos.
3. Homogeneidad de la varianza de la población de los ejemplos.

La primera condición se supone conforme con lo especificado. En la segunda condición, analizando el

TABLA III

*Índices de comparación*

Redondez	$2r/a$	Índice de redondez	WENTWORTH (1919)
	$2c/(a + b)$	Valor recíproco del índice de aplanamiento	WENTWORTH (1922)
Forma	$(c^2/a.b)^{1/3}$	Máxima proyección de esfericidad	FOLK (1955)
	$(b.c/a^2)^{1/3}$	Esfericidad según WADELL	WADELL (1934)
	$b/a$ $c/b$ $c/a$	Para representar en el diagrama de ZINGG	ZINGG (1935)

Tabla IV  
Índices

cantidad de gravas	muestras	Índice de redondez		Índice de aplanamiento		Máxima proyección de esfericidad		Esfericidad según Wadell							
		$2r/a$		$2c/(a+b)$		$(c^2/a.b)^{1/3}$		$(b.c/a^2)^{1/3}$		$b/a$		$c/b$		$c/a$	
		$\bar{x}$	$S_x$	$\bar{x}$	$S_x$	$\bar{x}$	$S_x$	$\bar{x}$	$S_x$	$\bar{x}$	$S_x$	$\bar{x}$	$S_x$	$\bar{x}$	$S_x$
35	I	0.42	0.17	0.50	0.16	0.63	0.14	0.70	0.10	0.79	0.13	0.57	0.18	0.45	0.16
30	II	0.39	0.16	0.52	0.12	0.65	0.10	0.70	0.08	0.77	0.14	0.61	0.16	0.46	0.11
17	III	0.42	0.17	0.54	0.18	0.66	0.16	0.69	0.09	0.75	0.11	0.65	0.23	0.47	0.15
19	IV	0.32	0.11	0.58	0.12	0.70	0.10	0.69	0.08	0.69	0.13	0.72	0.17	0.49	0.11

histograma de frecuencias de los cuatro ejemplos se encontró que alguna parte de la población no seguía una distribución normal. Sin embargo, admitiendo cierta tolerancia se aplicó el análisis de la varianza y se continuó el análisis. (Ver tabla V.)

TABLA V  
Análisis de varianza

$$H_0: \mu_I = \mu_{II} = \mu_{III} = \mu_{IV}$$

$H_0$ , es rechazado cuando,  $F_0 \geq F_{1-\alpha}(3,97)$

$\alpha = 0,05$   $\mu_n$  = promedio de la población.

Índice	$F_0$	$F_{1-\alpha}(3,97)$	Aceptado	Rechazado
Redonder	1,97	2,70	v	
Aplanamiento	1,16	2,70	v	
Máxima proyección de esfericidad	1,40	2,70	v	
Índice de esfericidad de Wadell				
b/a	2,64	2,70	v	
c/b	3,00	2,70		v
c/a	0,30	2,70	v	

Cada índice se sometió a los siguientes análisis:

1. Homogeneidad de la varianza (según el método de Barlett).

a. No existe ninguna diferencia entre las varianzas de los cuatro ejemplos. Hipótesis nula expresada por la fórmula:

$$H_0 = V_I^2 = V_{II}^2 = V_{III}^2 = V_{IV}^2; V_n = \text{varianza}$$

2. Análisis de varianza.

a. Hipótesis nula:

$$H_0 = \mu_I = \mu_{II} = \mu_{III} = \mu_{IV}$$

siendo  $\mu_n$  = promedio de la población.

b. Hipótesis de alterantiva. Por lo menos uno de los cuatro ejemplos es diferente. En primer término para todos los índices, la hipótesis de nulidad fue aceptada sometiéndolos luego al análisis de varianza.

Para el índice b/a la hipótesis nula es apenas aceptable. Para el índice c/b la hipótesis nula fue rechazada aceptándose para este índice la hipótesis

de alternativa. Los resultados del análisis de BARLETT (ver DIXON y MASSEY, 1969, p. 308) y la varianza se resumen en la tabla V.

### Conclusiones

Durante el período de sedimentación que se inició con el depósito de la capa IV y finalizó con el abandono de la capa I ocurrió una variación de la forma de las gravas de cuarzo blanco, comprendidas entre las dimensiones de 11,3 y 32 mm. El índice c/b señala claramente este cambio. La variación de forma puede estudiarse representando los cuatro promedios de los índices c/b y b/a en el diagrama de ZINGG (ver figura 4).

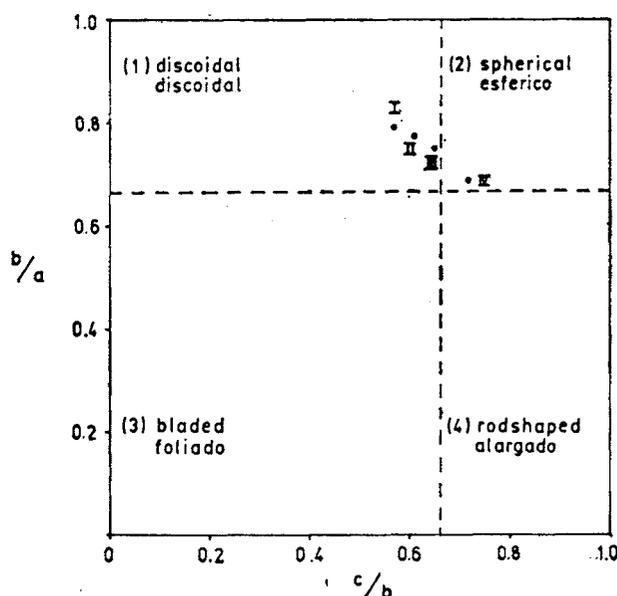


FIG. 4. — Diagrama de Zingg.

Los puntos I a IV representan el promedio de b/a y c/b.

El análisis de la varianza ha señalado que para el índice c/b, uno de los promedios por lo menos, difiere de los otros.

De acuerdo con este diagrama las gravas de las muestras I, II y III caen dentro de la clase 1 del diagrama de Zingg y la muestra IV en la clase 2.

El término medio de los cantos de cuarzo de la capa IV son esféricos (Zingg, clase 2); mientras que los cuarzos de las capas I, II y III son discooidales (Zingg, clase 1).\*

\* Los cálculos de este estudio se efectuaron por medio de un programa especial elaborado para el computador BASIC.

*Estudios cuantitativos y cualitativos de las gravas y arcillas*

Los cantos rodados de cuatro ejemplos tomados en el perfil de la terraza fueron analizados según el tipo de roca. En general, para efectuar este tipo de investigación, cada ejemplo debería contener por lo menos cinco cantos del tamaño de la mayor fracción, en este caso de 64 mm. Sin embargo, no fue posible encontrar este número de cantos de dicho tamaño en los ejemplos. Hecha la selección omitiendo este requisito, puede establecerse que la mayoría de los cantos son cuarcitas ( $\pm 65\%$ ) y solamente existe un limitado porcentaje ( $\pm 10\%$ ) de areniscas, grauvaca, y caliza ( $\pm 25\%$ ). Los resultados de la clasificación se presentan en la tabla VI. Como detalle particular, a todo lo largo del perfil de la terraza, se encontraron cantos de sílex (?) ("flintstones") altamente meteorizados, aunque en la tabla VI solamente aparecen registrados en los ejemplos I y IV.

TABLA VI

*Análisis de composición de los cantos rodados*

Fracción en mm	Cuarcitas	Arenisca grauveaca	Calcáreo	Sílex (flintstone)
Muestra I				
64 - 32	37	2	3	0
32 - 16	150	4	12	1
16 - 11,3	114	3	42	0
Muestra II				
64 - 32	10	3	0	0
32 - 16	81	15	22	0
16 - 11,3	132	16	62	0
Muestra III				
64 - 32	18	1	0	0
32 - 16	60	8	8	0
16 - 11,3	62	8	38	0
Muestra IV				
64 - 32	8	2	2	0
32 - 16	79	15	27	0
16 - 11,3	112	24	52	3

De las capas en donde se encontró el colmillo y de dos inferiores inmediatas, se efectuó un análisis mineralógico de las arcillas y los resultados de las fracciones Röntgen se encuentran en la tabla VII. Se comprobó que no existen diferencias específicas en el contenido mineralógico de las arcillas, con excepción hecha en la fracción 9 Å. De acuerdo con B. DE LEEUW, quien analizó estos ejemplos, la reflexión de esta banda es clara, con cierta intensidad de luz. Probablemente se deriva de un miembro de la Tobermorita como el silicato de calcio. De la zona inferior a la superior del perfil, se puede observar un aumento gradual en el contenido de minerales existentes en las arcillas del grupo de la Torbermorita. (Ver tabla VII.)

CONCLUSIONES

*Estimación de la edad y del tipo de clima en el cual pudo haberse formado la terraza T2.2/G-Evolución del sitio*

Para la estimación de la edad de la terraza T2.2/G se encontraron serias limitaciones al no poderse obtener muestras que sirvieran para establecer una datación absoluta. Un ejemplo del horizonte arcilloso, localizado justamente debajo del colmillo, fue enviado al doctor VAN DER HAMMEN (GUA) para que le efectuara un análisis de polen (ver tabla 1). Encontró la arcilla muy oxidada, con un alto pH y todo el polen que podría existir en las muestras vegetales se hallaba quemado. Debido a esto no pudo levantarse un diagrama de polen como tampoco establecerse un medio ambiente basado en las especies vegetales.

Del análisis sedimentológico se puede concluir que durante la acumulación de la terraza T2.2/G, se efectuó un cambio en el tipo de la sedimentación. Los cantos esféricos de la acumulación inferior deben coincidir con el ambiente real del cauce del río. Después este canal debió quedar abandonado y solamente se acumularon en él materiales finos como las arenas y arcillas. Los restos de las raíces encontradas en la arcilla y su localización, normal en un cauce abandonado, hacen suponer un ambiente pantanoso en donde los elefantes podrían encontrar un sitio para comer, beber y alguno de ellos bien pudo morir en ese lugar.

TABLA VII

*Análisis con rayos X de las muestras de los horizontes III, IV-c y IV-Ac, en la fracción de las arcillas.*

Muestra	Montmorilonita	Clorita	10 Å	9 Å	Caolinita	Cuarzo	Feldespatos	Attapulgitas
III	x	x	x	xx	x	3-5	?	indicio
IV-c	x	x	x	x(x)	x	3-5	?	indicio
IV-Ac	x	x	x	x	x	3-5	?	indicio

Nota: 10 Å es ilicita o moscovita.  
9 Å es posiblemente un miembro de la tobermorita, una familia de los silicatos de calcio.

El hallazgo de un colmillo completo, sin desgastes, parece indicar que la separación de las partes del esqueleto ocurrió lentamente y que los huesos fueron separados y movidos una corta distancia, por la nueva serie de avenidas del río. De esta forma, el colmillo pudo ser transportado por este canal abandonado y quedar depositado luego con arenas y también gravas ligeramente más aplanadas que las de las capas infe-

rior de la terraza T2 se denomina T2.2/G terraza-glacis. Probablemente al final de este proceso tuvo lugar la formación del caliche o "calcrete" que cubre todo el perfil con una costra de caliza secundaria. En tiempos más recientes la costra de caliche ha sido ocultada por un nuevo material coluvial y se ha formado una capa de suelo. (Ver la parte superior del perfil en la tabla I.)

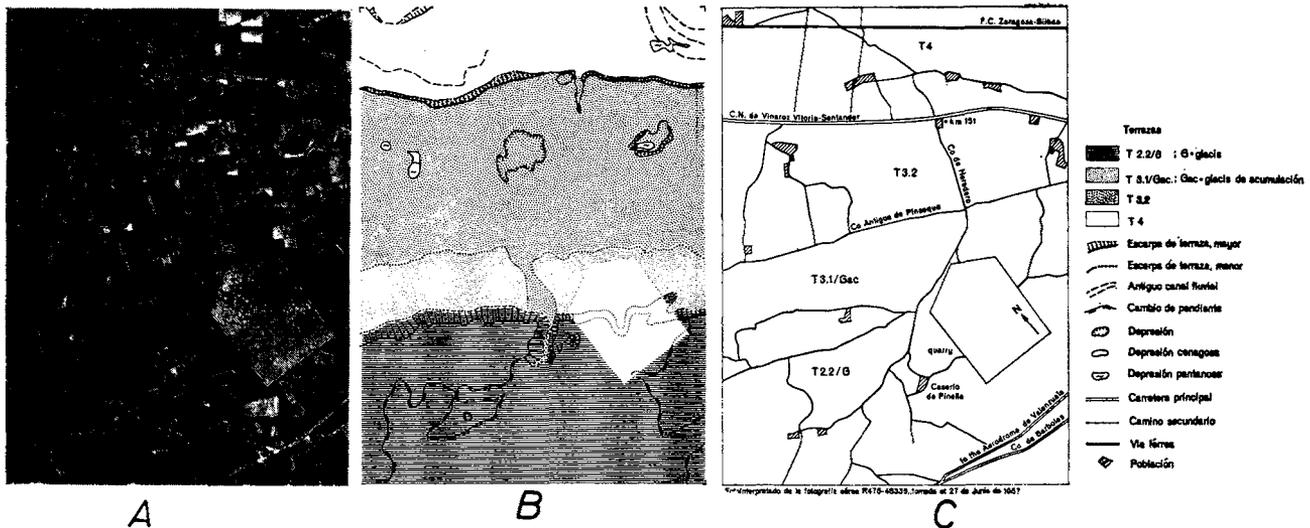


FIG. 5. — Las tres figuras deberían superponerse. A) Fotografía aérea. B) Esquema morfológico. C) Situación geográfica y leyenda del mapa geomorfológico.

riores (ver figura 4). Más tarde, las nuevas avenidas cubrirían las acumulaciones anteriores.

En la parte superior del perfil la estratificación entrecruzada ("criss-cross beddings") está menos desarrollada y no se encuentran nuevos canales. De lo anterior se puede concluir que los depósitos superiores corresponden a acumulaciones de avenidas en el límite lateral de un antiguo cauce del río Ebro. Los cantos discoidales pueden contribuir a aceptar esta hipótesis. De acuerdo con la geomorfología y el conocimiento actual de los climas del Pleistoceno, puede establecerse que la terraza (T2.2/G), en donde fue localizado el colmillo, data de uno de los periodos interglaciales o pluviales de la parte superior del Pleistoceno, probablemente entre el Mindel y Riss. Después de la formación de la terraza el clima cambió de húmedo a semiárido. La vegetación fue cada día más escasa y tuvo lugar el proceso de planación de la superficie (VAN ZUIDAM, 1975c). En esta época el material coluvial, incluyendo parte del material de las terrazas fluviales, fue transportado por erosión difusa. Las capas superiores de la terraza T2.2 fueron erosionadas y cubiertas más tarde por material removido, coluvial o material de glacis. Por esa razón la zona

## BIBLIOGRAFÍA

- DIXON, W. J. y MASSEY, F. J. (1969): Introduction to statistical analysis. Intern. student ed. McGraw-Hill, Kogakusha, Nueva York, Tokio.
- FOLK, R. L. (1955): Student operator error in determination of roundness, sphericity and grain size. *Journ. Sed. Petrol.* V, 25 pp. 297-307.
- HUMBERT, F. L. (1968): Selection and wear of pebbles on gravel beaches. *Univ. Groningen Geol. Inst. Publ.* 190, p. 144.
- PETTIJOHN, F. J. y LUNDAHL, A. C. (1943): Shape and roundness of Lake Erie beach sands. *J. Sediment. Petrol.* Vol. 13, pp. 69-78.
- PLUMLEY, W. J. (1948): Black Hills terrace gravels: A study in sediment transport. *J. Geol.* Vol. 56, pp. 526-577.
- WADELL, H. (1934): Shape determinations of large sedimented rock fragments. *Pan. Amer. Geol.* V, 61, pp. 187-220.
- WENTWORTH, C. K. (1922): The slope of beach pebbles. Prof. Paper, U.S. Geol. Survey 131-C, pp. 75-83.
- ZINGG, TH. (1935): Beitrag zur Schotteranalyse. *Sweiz. Mineralogy. Petrol. Mitt.* Bd. 15, pp. 39-140.
- ZUIDAM, R. A. VAN (1974a): Geomorphology and archaeology. Evidences of interrelation at historical sites in the Zaragoza region, Spain. *Zeitschrift für Geomorphologie*, N.F. Band, 9 (3).
- ZUIDAM, R. A. VAN (1975b): Calcrete. A review of concepts and an attempt to a new genetic classification, C.R. Congr. Int. croûtes calcaires Strasbourg (in press).
- ZUIDAM, R. A. VAN (1975c): The geomorphology of the Zaragoza region, Spain. Ph. D. thesis (in press).