

EL YACIMIENTO DEL PALEOLÍTICO MEDIO DE LAS TOSCAS-EL CHORRICO (MURCIA, SURESTE DE ESPAÑA): ESTUDIO ESTRATIGRÁFICO Y SEDIMENTOLÓGICO

Manuel López Campuzano*

INTECSA-INARSA, SA

Rafael Arana Castillo**

Departamento de Química Agrícola, Edafología y Geología, Facultad de Químicas

Universidad de Murcia

Juan Antonio Marín de Espinosa Sánchez***

Arqueólogo

RESUMEN:

La presencia de restos arqueológicos del Pleistoceno Superior en la superficie de un abanico aluvial de edad Turolense (Sección *Chorrigo*, Molina del Segura, Murcia), permite establecer un balance deposicional y una aproximación a los procesos erosivos acaecidos. Para este propósito, se ha efectuado un estudio estratigráfico, físico-químico y mineralógico de los sedimentos. Parece que los restos arqueológicos estuvieron asociados a una matriz limo-arcillosa que fue erosionada por agentes hidráulicos hasta alcanzar el estatus actual de *stone pavement*, desarrollado sobre sedimentos coluviales de la superficie geomórfica o *pediment*.

Palabras clave: Pleistoceno, Paleolítico Medio, abanico aluvial, propiedades de los suelos, SE de España

ABSTRACT:

Late Pleistocene archaeological remains have been reported over a Turolian alluvial fan surface (El Chorrigo Seccion). This allows us to stablish a approach to the erosive processes suffered by this surface during Late Pleistocene. On this matter an stratigraphic study and physico-chemical properties and mineralogical analyses of the sediments have been determined. It seems archaeological remains were embedded in a silt-clayed matrix or colluvial surface, that was truncated by secondary erosive processes (overland flow). Today expresion of these processes are a pediment surface covered by a stone pavement coming from the truncated layer.

Key Words: Pleistocene; Middle Paleolithic; alluvial fans; soil properties; SE Spain

* INTECSA-INARSA, SA. Avd. Juan Carlos 1º, s/n, Edif. Torre Jemeca, 30008-Murcia. e-mail: malopez@mu.intecsa-inarsa.es

** Departamento de Química Agrícola, Edafología y Geología, facultad de Químicas, Universidad de Murcia. Campus de Espinardo, 30008-Murcia. e-mail: rafarana@um.es.

*** Arqueólogo. La Luz nº 30. Santo Ángel, 30.151- Murcia. e-mail: jlascas@vodafone.com

I. INTRODUCCIÓN

El yacimiento paleolítico de Las Toscas-El Chorrizo (Molina del Segura, Murcia) ofrece una buena disposición para efectuar una aproximación a la problemática de los procesos erosivos acaecidos durante el Cuaternario en estos yacimientos al aire libre. Sobre los pedimentos tectonizados objeto de estudio, el sedimento cuaternario es muy escaso. Las acumulaciones cuaternarias se componen de *lags* de gravas (*stone pavement*) sobre 1-5 cm de limos y arcillas eluviales (*overland flow*) que se han formado sobre superficies coluviales meteorizadas. En este contexto aparecen los restos arqueológicos. Son depósitos de poca potencia (25-30 cm), de morfología plano-convexa y con algunas concavidades y que no suelen sobrepasar los 6° de pendiente (Tabla 3). La erosión ha producido incisiones dejando facetas aisladas de estas superficies.

En este estudio establecemos una revisión de las características estratigráficas y sedimentológicas del medio, basado en nuevos datos sedimentológicos y en el aporte de datos magnetoestratigráficos y bioestratigráficos (Garcés *et al.* 1998a y b, 2000a y b). Se ha analizado la estratigrafía de estos depósitos aluviales y se ha efectuado un análisis físico-químico y mineralógico de sus suelos. Asimismo, proponemos un modelo de formación de estos restos que completa los resultados previos obtenidos en el sitio arqueológico. Permite este nuevo enfoque aportar datos sobre restos arqueológicos en *superficies relictas* o *geológicamente estables* en medios semiáridos (p. ej. Sullivan (ed), 1998).

II. CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DEL MEDIO

Del estudio del adyacente yacimiento paleontológico de la Sierra de Quibas (Abanilla) (Montoya *et al.*, 1999), se ha inferido que durante el Pleistoceno el clima parece sufrir un proceso de aridificación. Éste debió ser muy semejante al de las características semiáridas actuales del sector, aunque con un predominio de valores pluviométricos y de temperaturas superiores. Las unidades sedimentológicas parecen indicar una alternancia entre estadios de ambiente árido (Ia-Ib y III) y templados y húmedos (II y IV).

En la actualidad, la temperatura media oscila en torno a los 19-20°C, y las precipitaciones anuales entre 250-298 mm; principalmente concentradas en las estaciones de otoño y primavera bajo el control de fenómenos convectivos (Sumner *et al.*, 2001). La evapotranspiración es elevada (900 mm/año⁻¹) y se producen periodos secos de hasta 10-12 meses (Martínez-Mena *et al.*, 1998). El índice de aridez ($IA = P/ETP$; UNEP, 1992) es de 0.3. Se trata, pues

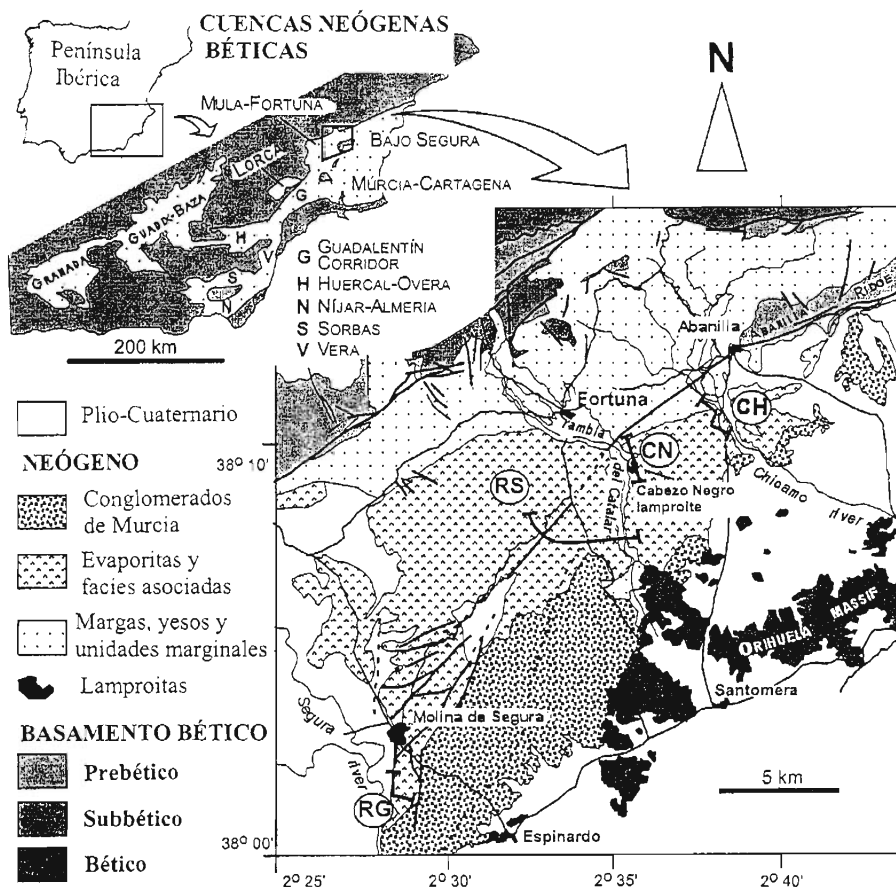


Figura 1: Localización del yacimiento dentro del contexto geológico de la Cuenca de Fortuna y situación de las secciones (adaptado de Dinarés-Turell *et al.*, 1999).

de un clima actual semiárido. Esto induce a la existencia de un edafoclima *xérico* y de suelos con vegetación compuesta de asociaciones de matorral y hierbas (*Stipa tenacissima*, *Thymus hyemalis* y *Rosmarinus officinalis*, *Lycium intricatum*, *Salsola Genistoides*, *Artemisia barrieleri* y *Helianthemum pilosum*).

III. CONTEXTO GEOESTRUCTURAL Y SEDIMENTARIO DE LA CUENCA

El área de estudio se ubica en la Cuenca de Fortuna y, en concreto, en el *graben* de Molina (fig. 1). Se trata de una de las cuencas intramontanas que desde principios del Tortonense se desarrollaron en las Béticas orientales. Según algunas reconstrucciones paleogeográficas y sedimentarias de las Béticas orientales (Sáenz & Vera, 1992; Sáenz, 1990; Montenat *et al.*, 1990; Montenat & Ott, 1990), parece que la cuenca de Fortuna ocupó la parte nordeste del Corredor Bético. Esta cuenca se encuentra entre el contacto de las Zonas Internas (Bético) y Externas (Subbético) de las Béticas y está limitada por dos zonas de desgarre (NE-SW): A) El accidente Nord-Bético o falla de Crevillente, que delinea el límite activo NW de la cuenca, actuando como la principal fuente sedimentaria (Smet, 1984); y B) La falla de Alhama del corredor de cizalla del Guadalentín, que limita el margen sureste.

La falla de Alhama es uno de los accidentes más activos de las Béticas orientales (Zonas Internas). Se trata de un accidente de deslizamiento oblicuo (NE-SW) de 85 km y que bordea la depresión del Guadalentín el NW (Bousquet & Montenat, 1974; Bousquet, 1978). Preserva rasgos geomorfológicos que denotan una actividad tectónica a lo largo del Plio-cuaternario (Silva, 1994; Silva *et al.*, 1992a; Martínez-Díaz *et al.*, 2001; Martínez-Díaz & Hernández-Enrile, 2001). El movimiento direccional oblicuo y sinestroso (*left-lateral strike-slip*) de esta falla ha controlado la evolución de las cuencas neógenas de Lorca-Alhama y de Mula-Fortuna. La dirección del campo compresivo ha sido NNW-SSE desde finales del Mioceno). La Cuenca de Mula se prolonga estructuralmente hasta la de Molina de Segura y Fortuna. La de Molina se acopla a la terminación conforme del desgarre o accidente principal mediante morfología tipo *graben* (Arthaud *et al.*, 1979). Los datos sismotectónicos y de actividad de fallas (Baena *et al.*, 1993a) parecen indicar un trend de levantamiento y de subsidencia estructural desde finales del neógeno y hasta el Pleistoceno medio.

Las series de abanicos aluviales, de edad Pleistoceno Medio, cartografiados en la cuenca (Baena *et al.*, 1993a) muestran anomalías (basculamientos y efectos de contrapendiente) ligadas a esta actividad.

En la figura 1 se ilustra un esquema de las facies sedimentarias y unidades de la Cuenca de Fortuna. El relleno sedimentario de esta cuenca se puede agrupar en tres unidades:

- Unidad A. Secuencia marina espesa (500-600 m) de turbiditas y margas pelágicas. Se trata de la *Fm. Los Baños* o también referida como *Margas de Fortuna* (Müller & Hsu, 1987)
- Unidad B. Secuencia evaporítica regresiva con margas yesíferas diatomitas, yesos masivos y conglomerados, *Fm. Río Chicamo* (Müller & Hsu, 1987)
- Unidad C. Relleno de cuenca post-evaporítico consistente en una sucesión continental aluvial y lacustre (*Fm. Rambla Salada*: Müller & Hsu, 1987; Krijgsman *et al.*, 2000); estando situada esta formación entre los crones C3Bn a C3An.2n (Dinares-Turell *et al.*, 1999). Las correlaciones magnetoestratigráficas ofrece una cronología absoluta que implica que la secuencia compuesta de la *Fm. Continental de Fortuna* representa más de 1 My y cubre casi todo el Messiniense (*ca.* 6.8-5.7 Ma).

Nuestro registro estratigráfico y sedimentológico se inscribe en la Unidad C o sucesión continental aluvial y lacustre. Una de estas facies continentales viene definida por un sistema de abanicos aluviales deltáicos, cuyos afloramientos han sido definidos en las sección *El Chorrigo* (Molina del Segura). Los datos magnetoestratigráficos y bioestratigráficos (*Stephanomys ramblensis*, *Occitanomys adroveri*, *Apodemus gudrunae*, *Ruscinomys lasallei*, *Cricetus kormosi*, *Paraethomys miocaenicus* con *Stephanomys ramblensis*, *Ruscinomys lasallei* y *Cricetus kormosi* sitúan su edad en el Turoliense final (Garcés *et al.*, 1998a y b, 2000a y b; 2001). Los datos paleomagnéticos (Garcés *et al.*, 1998a, table 1) indican una rotación en sentido contrario al reloj que puede estar unida al de prevalente desgarre lateral y siniestro de la comentada falla de Alhama (Silva *et al.*, 1992 y b; Silva, 1994; Lukowski & Poisson, 1990). Asimismo, Krijgsman *et al.* (2000) han prolongado esta sección unos 300 m hasta alcanzar la periferia de la ciudad de Molina (Salinas). Se compone de margas continentales, limos y areniscas. Presentan estos autores una bioestratigrafía de foraminíferos planctónicos. Se ha propuesto una edad Turoliense final (MN13).

En esta Sección (fig. 3) los estratos buzanan 50° NW. La base de la sección se deposita sobre la unidad de yesos. Lo hace por medio de un contacto de falla de deslizamiento lateral. Tiene esta sección unos 350 m de espesor y se puede dividir en dos facies interdigitadas. La

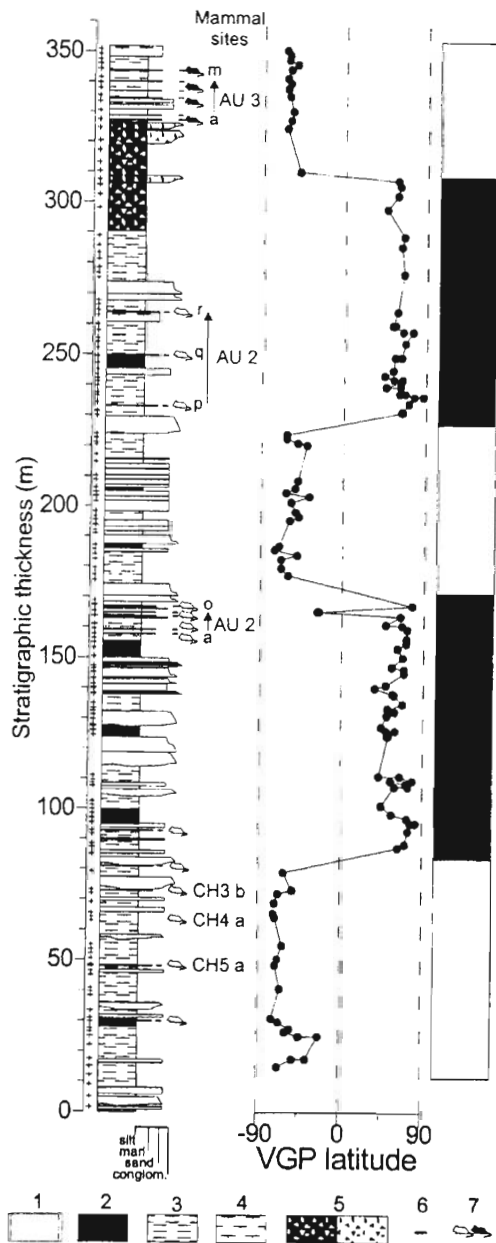


Figura 3: Columna magnetoestratigráfica de la Sección “El Chorrico” (según Garcés *et al.*, 1998: Fig. 2). 1: Areniscas y conglomerados; 2: Limos rojos; 3: Limos; 4: Margas grises; 5: Arcillas rojas y breccias; 6: Limos ricos en materia orgánica; 7: Horizontes con mamíferos (en negro *Paraethomys*).



Lámina 1: Detalle de la sucesión de conglomerados y areniscas del abanico aluvial.

unidad principal consiste de una alternancia de margas yesosas, limos y de areniscas conglomeráticas (lám. 1) dispuestas en una secuencia de *fan-delta* progradante. La parte superior de la sección presenta una interdigitación entre una facies de fósiles con la unidad principal (Garcés *et al.*, 1998a). Consiste este cuerpo superior de arcillas rojas aluviales y brechas monogénicas masivas. Su fábrica sedimentaria es inmadura y denota un predominio de *mass-flow* de trayecto corto desde el área fuente; aparecen series de pulsos tractivos y cohesivos y *out-sized clast* (Nemec & Steel, 1984). La litología de esta facies son cuarcitas y filitas permotriásicas de las Zonas Internas (macizos al este de la falla de Alhama). Esta unidad forma parte de los denominados “Conglomerados de Murcia” (Montenat, 1973). Se trata de un conjunto aluvial marginal asociado con la erosión del paleomacizo que se extiende al este de la falla de Alhama desde el Tortoniense superior.

IV. REGISTRO ARQUEOLÓGICO

En una serie de Excavaciones y Prospecciones Arqueológicas, realizadas entre noviembre y enero de 1993-1994, se documentó un área arqueológica de ca. 1,5 km², correspondiente a un sector de Prospección de ca. 8 km². Los sectores, densidades y tipos de artefactos se pueden apreciar en las tablas 1 y 2.

Los artefactos están redondeados y presentan restos de barniz y elementos biogénicos (0.1 mm). Estos elementos se fijan durante las escarchas y se producen en las umbrías (p. ej. Kappen *et al.*, 1980). En la Lámina 2 se documenta un comienzo de colonización de líquenes en la superficie de un *stone pavement*. *Fungi* son la fuente para el incremento de Mn²⁺ en el barniz de las rocas (Krumbein & Jens, 1981). Los procesos bióticos y físico-químicos están implicados en la producción de barnices ricos en Fe²⁺ y arcilla en medios alcalinos (Jones, 1991). Proceden del nivel de conglomerados del tramo-3 (Bético) (Foto 5). En consecuencia, la mayoría de núcleos adoptan formas redondeadas derivadas del método *levallois* recurrente centrípeto y lineal preferencial (Boëda, 1995). Incluso algunos útiles bifaciales guardan esta apariencia (lám. 3). Existe una diferencia en la textura superficial entre los cantos erosionados y los estratificados. Los primeros presentan barniz oscuro debido, quizá, a la fijación biogénica de bacterias y Mn²⁺. Los estratificados, muestran desarrollo localizado a techo de micrita/calcita (estadio III-IV de Gile & Grossman, 1979), algo de yeso y pigmentaciones de hematites.

Tabla 1: Relación espacial y cuantitativa entre sectores arqueológicos

sectores	Nº de artefactos	superficie (m ²)	densidad (útil/m ²)
1	66	2.434	1/36,8
2	35	3.708	1/105,94
3	106	14.341	1/135,29
4	111	14.187	1/127,81
5	61	17.696	1/290,00

Tabla 2: Tipos de artefactos líticos documentados y materias primas usadas.

sectores	materias primas (%)			artefactos (n)	núcleos (%)	lascas (%)	útiles nodulares (%)	raederas (%)	denticulados y muescas (%)
	caliza	cuarcita	sílex						
1	0	97,05	2,94	66	8,82	69,69	7,46	3,22	58,06
2	0	88,57	11,42	35	11,42	80	5,71	0	41,93
3	1,86	85,98	12,4	106	6,54	83,96	5,6	0	34
4	0	90,99	9	111	17,11	68,46	8,1	3,26	38,03
5	0	96,72	3,27	61	19,67	68,85	6,55	0	55,1

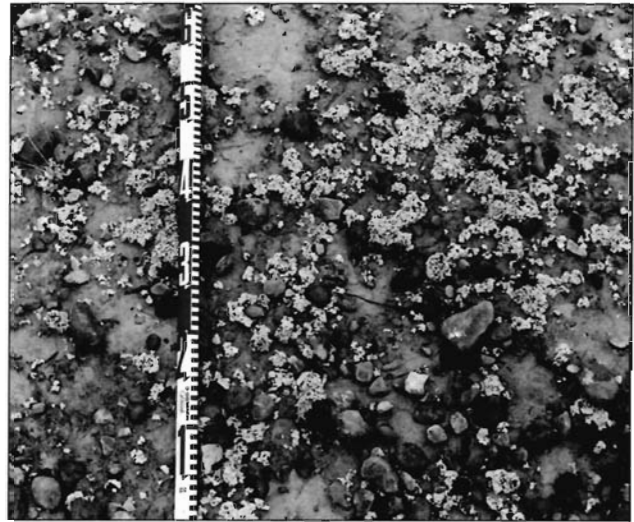


Lámina 2: Detalle de la superficie (Nivel 1A) con desarrollo de *stone pavement*. sobre el que se ha formado una colonia de *fungi*.



Lámina 3: Bifaz parcial elaborado sobre un guijarro de cuarcita.

IV.1. Estratigrafía

Los sedimentos de la serie parcial aluvial presentan una deposición discontinua y de estratificación semiverticalizada (65-75° NW). Las fallas de desgarre han producido discontinuidades entre los sedimentos (fig. 4). La actual erosión de los suelos de margas del sector es diferencial y depende en buena medida de los tipos de pendientes implicadas. Los gradientes superiores a 20-30° experimentan mayores procesos erosivos (Garg & Harrison, 1995). Las pendientes desarrolladas sobre los pedimentos son moderadas (<10°) y ligeramente cóncavas (tabla 3).

Tabla 3: Valores de las pendientes estudiadas

sectores	gradiente (medio)	gradiente (amplitud)	curvatura (° m)
1	2,5°	2-9°	+0,31
2	6,5°	10-3.4°	-0,36
3	3,5°	5-2°	-0,4
4	2°	1-6.5°	+0,29
5	3,8°	10-4°	-0,3

De la *Sección Las Toscas* se extrae una serie parcial (Messiniense) de más de 200 m. Esta sección pertenece al sistema aluvial documentado en la descrita *Sección El Chorrizo*. En la figura 4 reproducimos un esquema geológico y un perfil estructural de la misma. Se compone esta sección por los siguientes materiales de muro a techo (cota 150 m) (fig. 6):

- Tramo-1: Margas con yeso y algunas intercalaciones detríticas. No se conoce la base por estar interrumpida por una falla.
- Tramo-2: Corresponde a 25 m de areniscas, amarillentas arcillosas y poco consistentes, con abundante estructura en *cross bedding*. Los estratos están muy verticalizados; ocupa la totalidad de la falla septentrional que tiene mayor pendiente (ca. 20°).
- Tramo-3: compuesto por 15 m de conglomerados masivos (Gm) y areniscas (cota: 150), que se subdividen, a su vez, en: a/ 10 m. de conglomerados poligénicos de cantos muy rodados, clastosoportados y bien clasificados (10 cm Ø máximo; *Sd*: 0.35-0.50) de cuarcitas (Bético), calizas y sílex (Subbético) y areniscas (Tortonense inferior de la Sierra del Cajal); en la cumbre hay un nivel de areniscas (1 m) interestratificado y de naturaleza lentejonal; y b/ 5 m de

areniscas similares a las del Tramo-2, pero con *mega cross bedding*.

- Tramo-4: depósito de 15 m de margas blanquecinas (2.5 Y 8/2) nodulosas (rodamiento) con algunos niveles de areniscas margosas (*flutte cast* y *ripples* de corriente) en el muro, y abundantes cristales de yeso.
- Tramo-5: conglomerados poligénicos (5 m), similares a los del Tramo-3, pero con macro-cantos (1m Ø). Presentan éstos un núcleo de arenisca y envolvente de capas superpuestas y concéntricas, tipo *paper shalle*, dentro de los conglomerados.
- Tramo-6: margas blancas (20 m) similares a las del Tramo-4.
- Tramo-7: tres metros de conglomerados similares a los del Tramo-3, pero con cantos más pequeños (>2.5 cm Ø). Nivel de arenisca en el techo tipo *cross bedding*. La arenisca es de grano medio (0.25-0.50 mm, 2-1 Φ), muy redondeado y bien clasificado (0.25-0.50 mm; *Sd*: 0.35-0.50) Se aprecian niveles arcillosos (tipo *shale*) con láminas de cristales de yeso adheridas.
- Tramo-8: más de 100 m de margas similares a las de los tramos descritos, pero con mayor presencia de evaporitas (yesos) interestratificadas.
- Tramo-9: tenue depósito de cuaternario eluvial, en donde aparecen los restos arqueológicos.

Esta secuencia deposicional adopta un modelado tipo *pediment* o de superficie de erosión (Dohrenwend, 1994). Forma parte de un sistema abierto de erosión/deposición "*pediment association*" (Cook *et al.*, 1993). En la figura 5 reproducimos este modelo. Aquí los procesos erosivos se deben a cambios laterales de canales, *gullies* y *washes*. El registro estratigráfico (fig. 7) corresponde a una serie de perfiles establecidos sobre los suelos de margas en la pendiente coluvial erosionada nº 2 (fig. 2). Se inscriben en el Tramo-9 de la sección descrita.

Nivel-1A: superficie relicta del pedimento, con derrubio de molasa y abundante industria lítica asociada (*stone pavement*). Embutida en un nivel de 10-15 cm de sedimento meteorizado aluvial limo-arcilloso.

Nivel-1: 25 cm de margas meteorizadas (en el tramo superior) en proceso de edafización, de estructura limo-arcillosa subangular poliédrica media-fina, sin gravas, microcristales de yeso (1-2 mm).

Nivel-2 se encuentran lascas de *shales* que pasan a *shale* firme y no meteorizado (arcillas endurecidas de

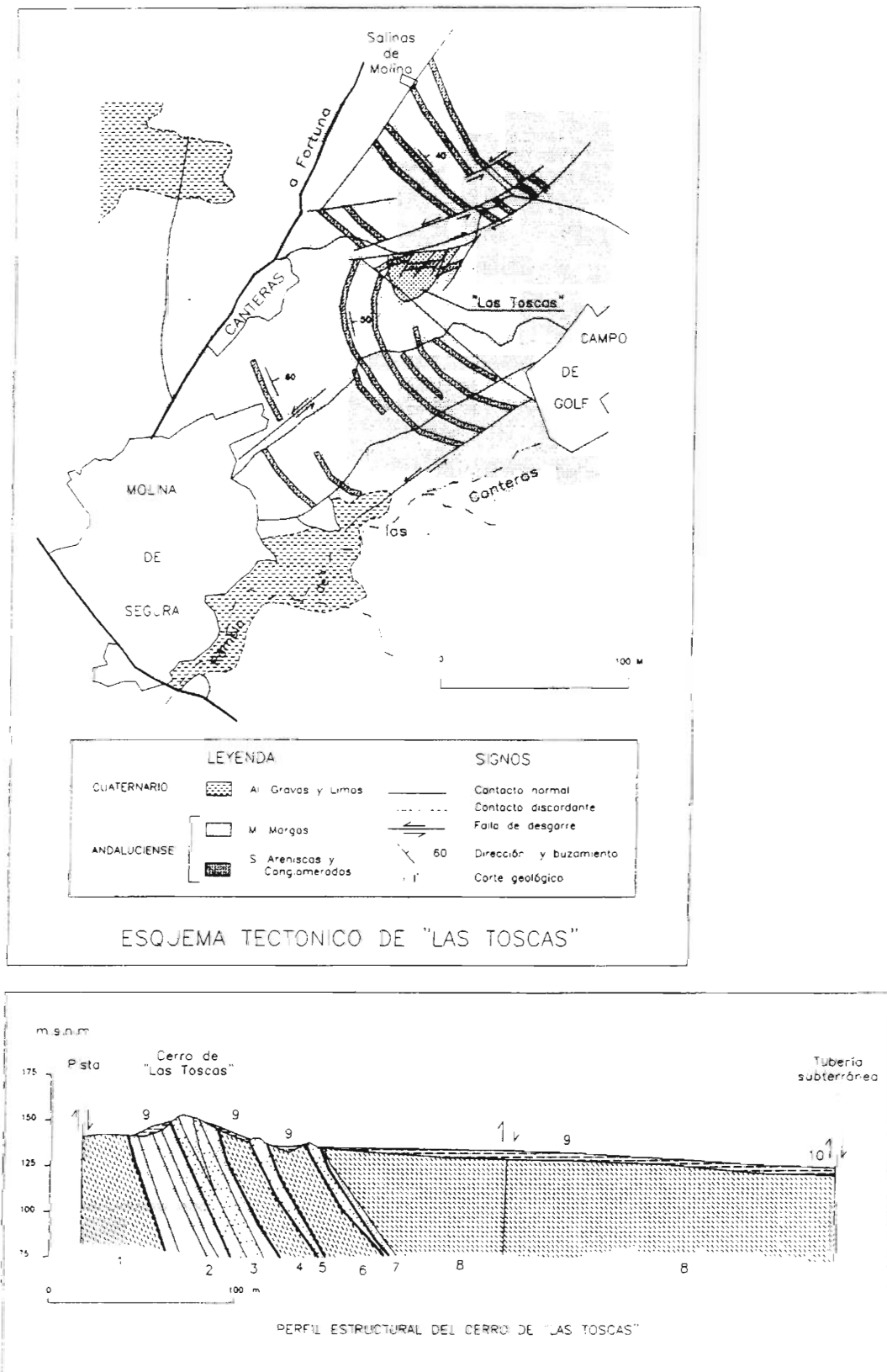


Figura 4: esquema geológico del área de estudio y perfil estructural (explicación en el texto).

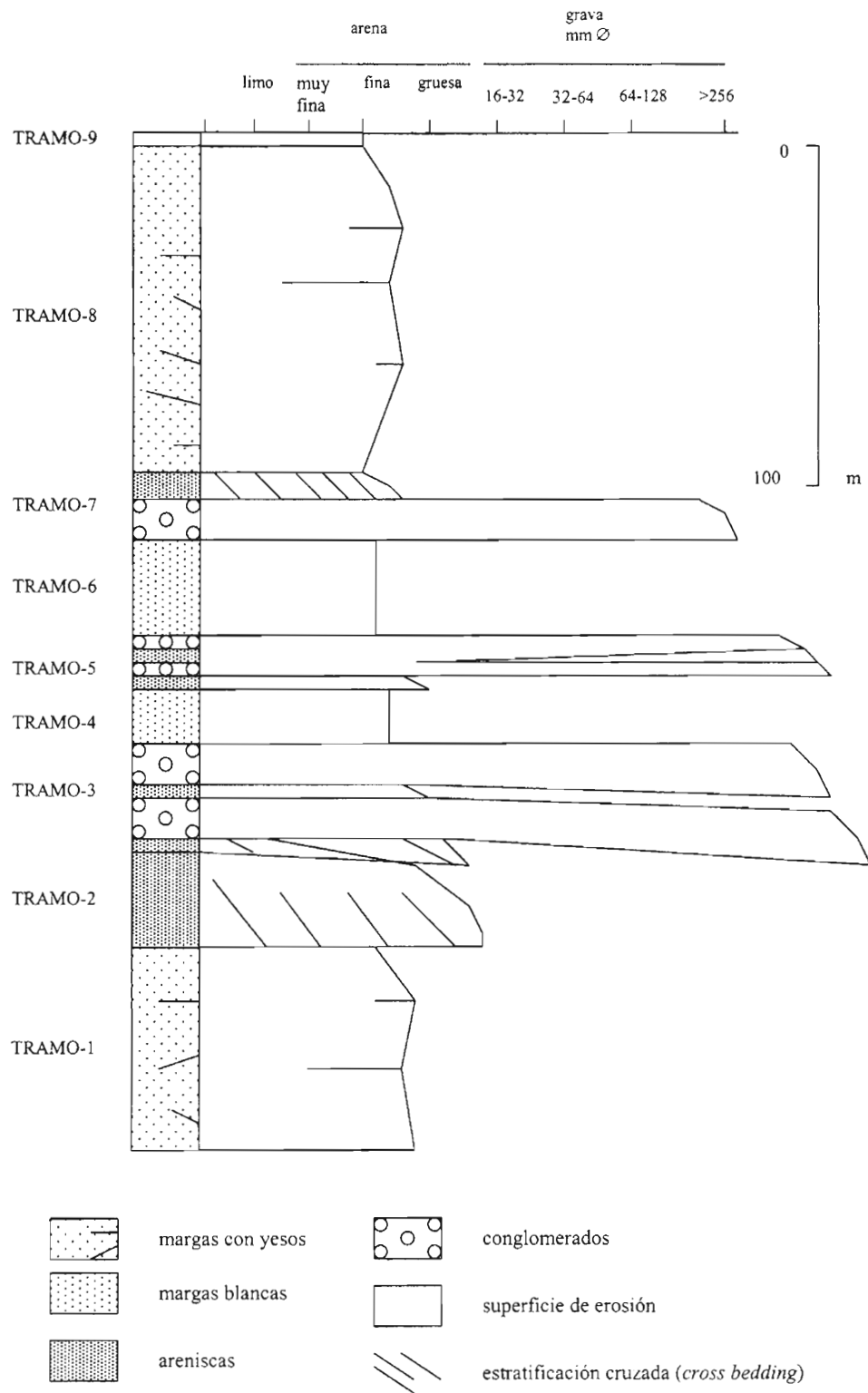


Figura 6: Columna estratigráfica del yacimiento (descripción de tramos en el texto).



Figura 2: Foto aérea del área de estudio, indicando las principales facies sedimentarias.

estructura hojosa) con granos metamórficos (0,05-0,5 mm Ø), (25- 30 cm)

Nivel-3: 10-15 cm gravas calizas y silíceas bien clasificadas (2-3 cm Ø) y redondeadas, débilmente cementadas con arenas. Límite erosivo (antiguo *lag* de gravas).

Nivel-4 margas compactas de estructura limo-arcillosa poliédrica subangular media y masiva; gris claro (5Y7. 5/2). 40-50 cm.

Nivel-5: >50 cm margas masivas de fracción ovoide (2-10 cm Ø), tipo *mudrock* conchoidal de tonos grises claros (5Y7.5/2) y grises oscuros (2,5Y5/2)

Sobre la superficie se forma un manto variable de clastos (*stone pavement*) (lám. 2). En este contexto, estos clastos proceden de un manto coluvial que ha sido erosionado. Se disponen alineados en los tramos distales de la pendiente y no presentan modelos de imbricación (por sistemas de deslizamiento o reptación); así como tampoco manifiestan morfologías transversales que indiquen rodamiento (fig. 8). Esto parece indicar un proceso hidráulico de evolución para pendientes incluso >33°

(Abrahams *et al.*, 1984, 1990). Los restos arqueológicos aparecen asociados a estos mantos y coinciden con los sectores de mayor densidad (fig. 8). No obstante, el origen de estos mantos es complejo y los procesos ligados a su funcionalidad como manto protector de la superficie contra la erosión son varios (efecto *soil splash*: Abraham *et al.*, 1994: Tab. 8.2; Nearing *et al.*, 1999). Se ha indicado que el aporte de limo y arcilla, rico en Ca²⁺, puede ser de origen atmosférico (McFadden *et al.*, 1987; Wells *et al.*, 1985) o hidráulico (*overland flow*) (Sullivan & Koppi, 1991; Nearing *et al.*, 1999). Sobre estos *Xeric Torriorthents* (Soil Survey Staff, 1994) la escorrentía es elevada (9%) y la infiltración baja-moderada (>5 mm/s⁻¹) (Martínez-Mena *et al.*, 1998).

Bajo la superficie se encuentra una subsuperficie (*crust*) de 5-10 cm que se compone de una costra densa y amorfa hasta un nivel suelto y granular (Gerits *et al.*, 1987; Howard, 1994). Debajo del *crust* se encuentra un horizonte (Nivel 2) de transición "*shard layer*" de 10-40 cm de material desagregado y meteorizado; se

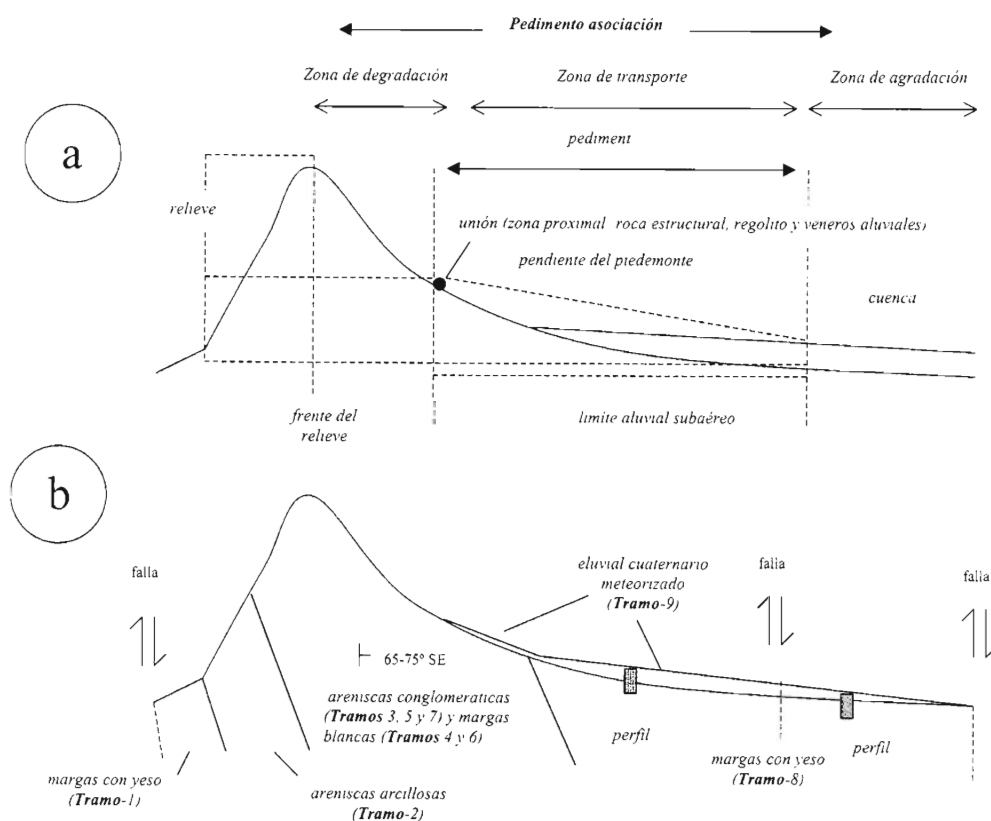


Figura 5: Modelo de relieve tipo *pediment* adoptado por los estratos semiverticalizados del abanico aluvial.

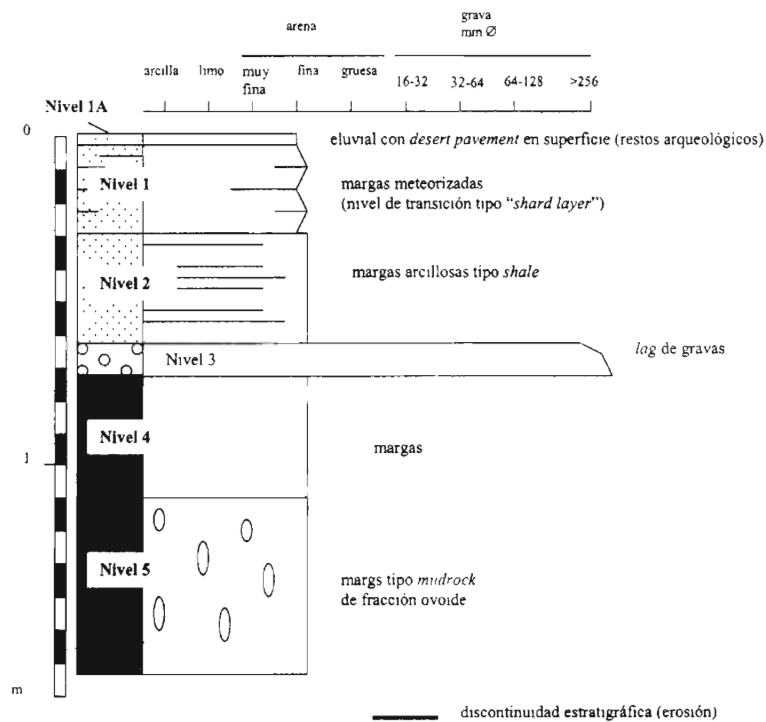


Figura 7: Localización del yacimiento dentro del contexto geológico de la Cuenca de Fortuna y situación de las secciones (adaptado de Dináres-Turell *et al.*, 1999).

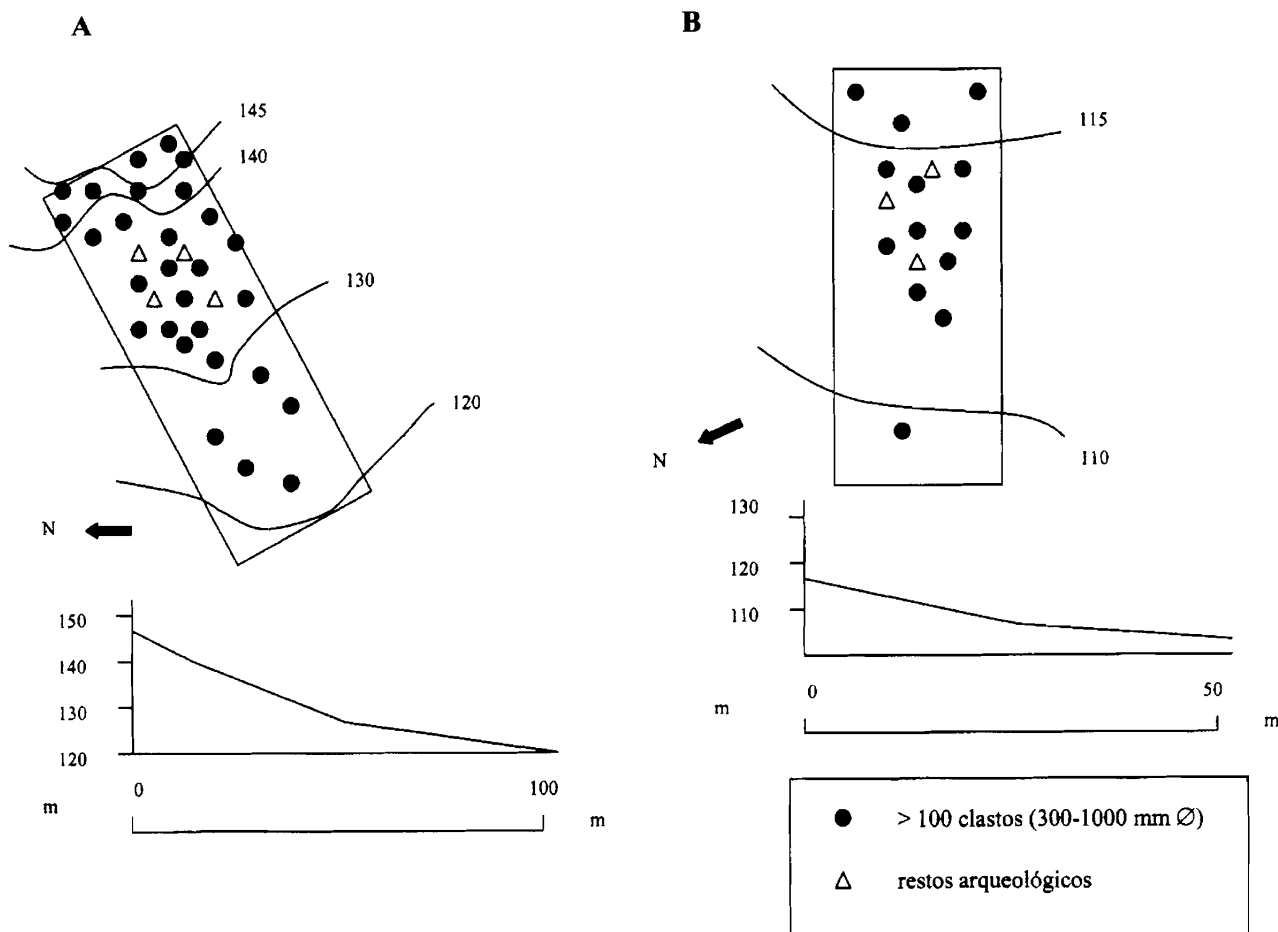


Figura 8: Planta de dispersión de restos arqueológicos sobre el Nivel 1A.

encuentran lascas de *shales* que pasan a *shale* firme y no meteorizado (arcillas endurecidas de estructura hojosa).

V. PROPIEDADES DE LOS SUELOS

La considerable acumulación de sales (CO_3Ca y $\text{SO}_4 2\text{H}_2\text{O}$) (tabla 7), bajos porcentajes (tabla 4) de materia orgánica y concentración catiónica en el extracto de saturación (fig. 10B), indica unos valores afines a estas superficies margosas generadas en medios salinos. Predomina la fracción de elementos finos (arcillas y limos), siendo las arenas finas (tablas 5 y 6; fig. 10A). En especial destaca el desarrollo de un horizonte arcilloso y muy carbonatado (Nivel 2) bajo el manto de cantos o *stone pavement*. La distribución de estos elementos indica un

proceso de iluviación y acumulación antiguo (Nettleton *et al.*, 1989; Nettleton *et al.*, 2000).

El pH alcalino y un alto contenido de cationes Na^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} y de granos de rocas metamórficas máficas (ricas en bases) acelera la producción de arcillas 2:1 del tipo illita. Según la concentración de cationes Na, Ca y Mg en el extracto (mq/l) (RAS) hay una tendencia a incorporarse el catión Na^+ en los complejos de cambio de los niveles inferiores (tabla 7 y fig. 10B); aspecto que también incrementa la alcalinización del medio. La conductividad (CE) indica la presencia de sales (yeso y halita) en el extracto de saturación y se incrementa en profundidad. Las sales (yeso) parecen heredadas de los minerales neógenos y el alto contenido de carbonato (>40%) del material geológico de partida.

Tabla 4: Relación de niveles documentados y contenidos de materia orgánica y Ph.

niveles	espesor (cm)	materia orgánica (%)	carbono/nitrógeno (%)	H ₂ O	ph	CIK
1A	0-15	0,20	3,1	8		7,3
1	15-40	0,19	1,4	8,1		7,3
2	40-65	0,14	-	8,5		7,5
3	65-70	0,14	-	8,5		7,7
4	70-115	-	-	8,5		7,7
5	>165	-	-	8,5		7,7

Tabla 5: Porcentajes de la fracción limo-arcillosa (expresada en mm) del total de la fracción < 2 mm.

niveles	arcilla (<0,004)	limo muy fino (0,004-0,008)	limo fino (0,008-0,015)	limo medio (0,015-0,031)	limo grueso (0,031-0,063)
1A	28,5	12,5	11,3	12,3	13,9
1	25	13	10,6	13,5	14
2	38,9	19,6	16,9	8,9	10,1
3	10,5	3,7	5,7	6,5	7,9
4	35,5	17	12,8	13,9	14,8
5	36	17,8	14,6	13,8	10,1

Tabla 6: Porcentajes de la fracción arena (expresada en mm) del total de la fracción < 2 mm.

niveles	arena muy fina (0,063-0,125)	arena fina (0,125-0,25)	arena media (0,25-0,50)	arena gruesa (0,50-1)	arena muy gruesa (1-2)
1A	8,1	5,6	5,2	2,1	0,5
1	7,5	6,5	6,2	3,1	0,6
2	3,5	2,1	-	-	-
3	22,5	20,5	11,6	8,9	2,2
4	3,5	1,5	-	-	-
5	3,5	3,3	0,7	-	-

Tabla 7 Distribución de sales y carbonatos y conductividad eléctrica específica (CE) en el perfil.

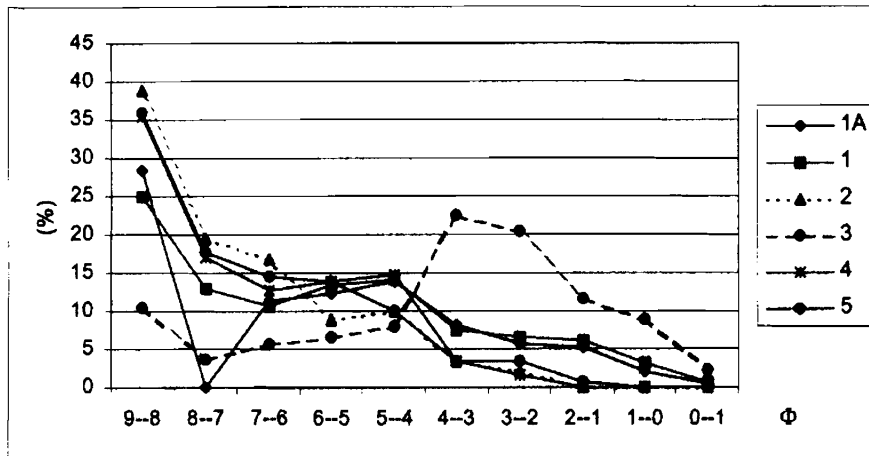
niveles	espesor (cm)	CO ₃ Ca (%)	yeso % SO ₄ Ca.2H ₂ O	CE (milimhos/cm [25°C])	sales solubles (%)
1A	0-15	43,2	2,8	2,2	0,04
1	15-40	42,8	3	5,2	0,06
2	40-65	71,5	39,9	7,4	0,17
3	65-70	54,7	41,8	11,6	0,12
4	70-115	57,8	48,9	13,3	0,47
5	>165	57,9	50,5	14,3	0,51

V.1. Evidencias de procesos de truncación

Los procesos erosivos experimentados por estas superficies han debido ser diferenciales. La alta concentración de Na⁺ intercambiable induce a un proceso de expansión y concentración que origina defloculaciones y dispersión de los agregados argílicos a partir de las vías húmedas (p.

ej. Faulkner *et al.*, 2000). Esto ha producido importantes pérdidas de suelo en los sectores anexos a los canales. En contrapartida, la consistencia de estas litologías margo-arcillosas, y de compuestos arcillosos 2:1 o expansivos, debe mucho a la asociación de arcilla y carbonatos. Esta combinación reduce los efectos de agrietamiento y de henchimientos superficiales (p. ej. Paarza *et al.*, 1998).

A



B

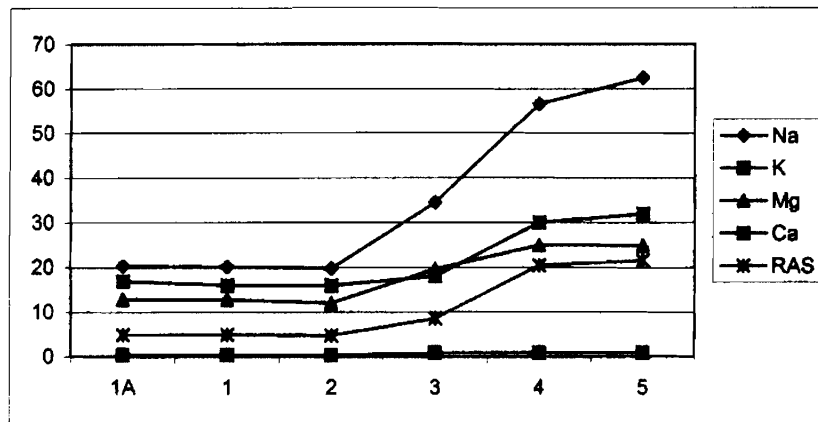


Figura 10A: Granulometría (log- Φ) de los niveles analizados; 10B: Distribución de cationes en el extracto de saturación en los niveles analizados.

Faulkner *et al.*, (2000), han indicado que la conductividad, Ph, y RAS (razón de adsorción del Na), así como el tamaño de la partícula, puede hacer inferir algunos cambios que indiquen cierta estabilización de los suelos. En este sentido, los suelos analizados presentan una fracción limo-arcillosa con un ligero contenido de arena muy fina (<0,125 mm) (fig. 10A). El contenido de arcilla es siempre considerable (>25%); siendo éstas del tipo illita. Sin embargo, se ha demostrado (Faulkner *et al.*, 2000) que la concentración de esmectita en los horizontes bajos del perfil inhibe la conductividad hidráulica y la formación de *pipes*. Asimismo, existen otros facto-

res que mitigan los procesos erosivos. La reducción de gradiente, desarrollo estructural del suelo, vegetación (costra biogénica superficial), cobertura superficial de derrubio lítico, reducción de sodio, yesos y carbonatos en superficie y reducción de partícula tienden a crear un mecanismo de autoestabilización natural del suelo (p. ej. Alexander *et al.*, 1994). Este conjunto de factores inhibe el desarrollo excesivo de *piping* y *gullyng*.

Sin embargo, el análisis de la composición mineralógica del Nivel 2, parece indicar que ha debido existir un proceso de erosión antiguo del horizonte superficial. La muestra analizada es una arcilla (tipo *shale*) (Nivel

2), muy endurecida por carbonatación; muestra características peculiares relacionadas con una diagénesis del material de partida. Se trata de un pequeño fragmento compacto de tonos claros que al microscopio de polarización aparece como una esparita arenosa recristalizada con una acusada heterometría de grano y una diseminación primaria de menas metálicas en pequeñas secciones de 30 a 40 micras de tamaño, parcialmente oxidadas. Los procesos de recristalización han dado lugar a la formación de cristales de calcita de hasta 200 micras de tamaño, que aparecen dispersos en la trama carbonatada. Los cristales de cuarzo son alargados o redondeados y suelen presentar bordes muy angulosos, lo que refleja un escaso transporte.

Esta muestra se caracteriza por una porosidad muy elevada, ya que contiene numerosas cavidades de disolución, algunas de tamaño milimétrico. En los bordes de estas cavidades aparecen pequeños cristales de calcita que han cristalizado tardíamente. El difractograma correspondiente a esta muestra se recoge en la figura 9A y contiene las reflexiones características de calcita (C) y cuarzo (Q), así como las más intensas de dolomita (D), yeso (Y) y mica (M). Teniendo en cuenta el poder reflectante de los carbonatos calcita y dolomita para la reflexión más intensa (104), la del cuarzo y el de mica y yeso, se ha establecido para esta muestra la composición semicuantitativa expresada en la figura 9B. Es por tanto, un material esencialmente carbonatado (72 % entre calcita y dolomita).

VI. DISCUSIÓN

La estratigrafía descrita forma parte de un manto coluvial de origen hidráulico y menor de 70 cm de espesor. Sin embargo, estos perfiles manifiestan un límite erosivo definido (Nivel 3) entre sedimentos meteorizados (Niveles 1A, 1 y 2) y las margas de los abanicos neógenos descritos (Niveles 4 y 5).

En esta misma cuenca se han estudiado superficies coluviales similares. Wright (1996; Wright & Wilson, 1979), en contra de los datos aportados por Briggs & Shishira (1985), encontró ciertas variaciones espaciales en estos mantos en un tramo de la Cuenca Mula-Fortuna (Albudeite); si bien no temporales. Estos autores determinaron una unidad (*Und. 6* de Wright, 1996: fig. 5) que se caracterizaba por su espesor (3 m), alto contenido de arcillas y grado de meteorización (limos: 43-44%; arcillas: 53-54%). Corresponde al depósito más

antiguo después de las terrazas o crestas relictas (*Paleorhithids* de la *Und. 1*); y se alimenta de las *pendientes de erosión* (Unds. 4 y 5). Sin embargo, en esta unidad no se apreciaron horizontes pedogenéticos (¿erosión?); aunque su formación pertenece muy probablemente a momentos del Pleistoceno Superior.

Nuestros datos indican que el proceso ligado a estos suelos subyace en sus características macromorfológicas (disconformidad erosiva sobre el substrato geológico) y físico-químicas (iluvación de sales solubles); de forma que su autoestabilización natural puede suceder sin la manifestación de horizontes pedogenéticos (p. ej. Alexander *et al.*, 1994); siendo, no obstante, la carbonatación del Nivel 2 un proceso que denota la erosión sufrida por los horizontes superiores.

Los datos aportados en este estudio parecen indicar que el modelo aboga por la previa existencia de un depósito de gravas dentro de un perfil meteorizado que fue desmantelado sobre la roca estructural al ser removida la matriz de finos durante procesos erosivos (p. ej. Oberlander, 1972). Se ha estimado (McHargue, 1981) que es necesario la erosión de 1-3 cm de sedimento aluvial para que se forme un *stone pavement* incipiente; después de 3-15 cm de erosión, se ha concentrado suficientes clastos para que se forme un *stone pavement* estable en superficie; asociado a clastos de 8-32 mm de tamaño. Este modelo lo hemos reproducido en la figura 11.

VII. CONCLUSIONES

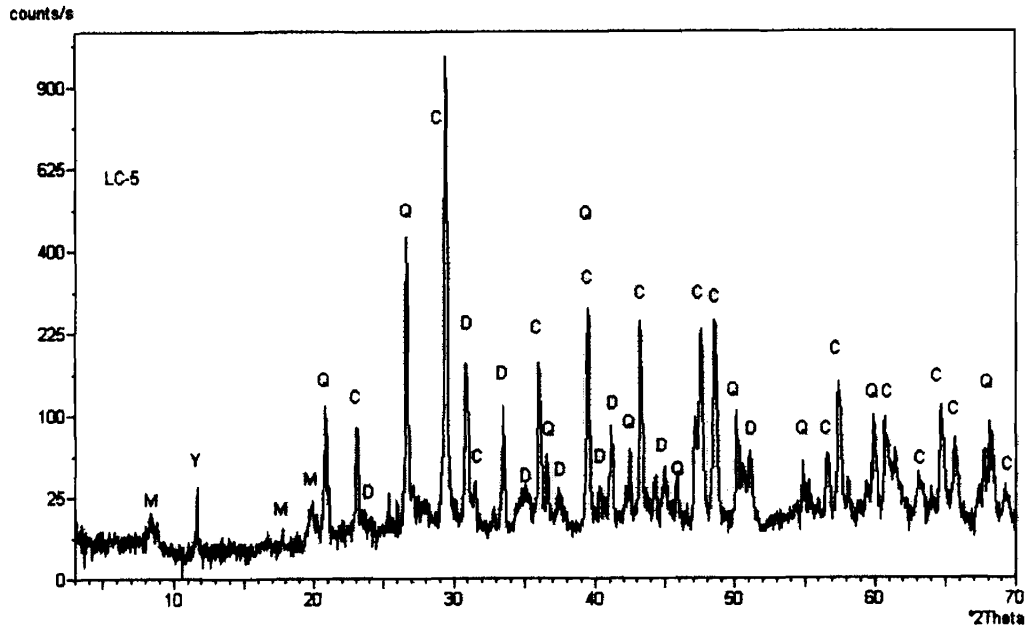
De los datos estratigráficos y sedimentológicos obtenidos podemos extraer los siguientes puntos:

1. La unidad coluvial descrita forma parte de un manto de origen hidráulico y menor de 70 cm de espesor. Sin embargo, estos perfiles manifiestan un límite erosivo definido (Nivel 3) entre sedimentos meteorizados (Niveles 1A, 1 y 2) y las margas de los abanicos neógenos descritos (Niveles 4 y 5).

2. Esta unidad es el remanente erosivo de un posible depósito que albergó clastos y restos arqueológicos. En la erosión debieron desempeñar un papel destacado la actividad tectónica comentada y procesos de *overland flow* sobre las superficies remanentes (*pediment*).

3. En la actualidad esta unidad aparece erosionada y los clastos y restos arqueológicos entran a formar parte de un modelo tipo *stone pavement*. Las características geomórficas denotan la presencia de un relieve relicto tipo *pediment*. Este estado se debe a un cambio progre-

A



B

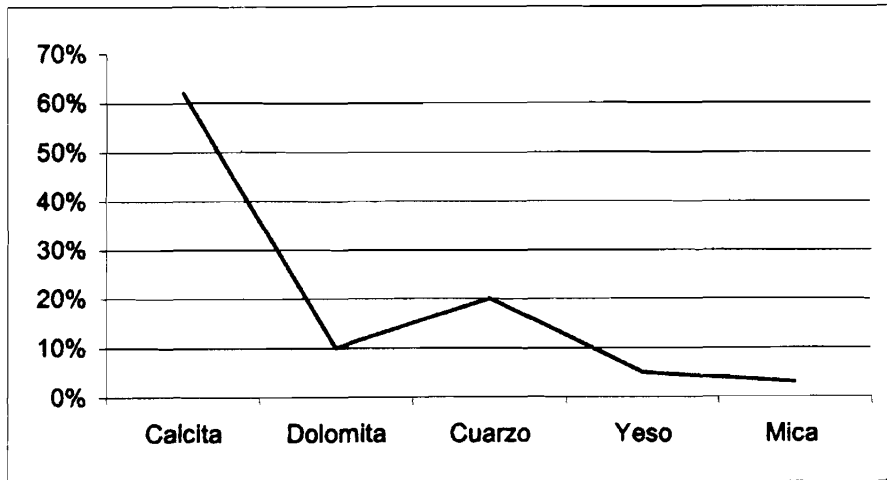


Figura 9A: Difractograma de las arcillas del Nivel 2; 9B: Composición mineralógica.

sivo desde un modelo de erosión extensiva a uno confinado y localizado en los ejes activos de drenaje. Asimismo, la instauración de un clima semiárido, así como cierta estabilidad tectónica desde el Pleistoceno Superior, parece haber contribuido a esta situación geomórfica (v. Silva *et al.*, 1992b).

4. Según las características físico-químicas de estos suelos, no hay razones en contra de argumentar un proceso de estabilización de estos *pediment* (Alexander *et al.*, 1994).

5. Sin embargo, sigue existiendo un problema o una ambigüedad sobre este proceso: al parecer los restos arqueológicos formaron parte de esta matriz coluvial; pero desconocemos si todos los restos se formaron bajo estas mismas condiciones o si se formaron una vez erosionada esta unidad. En consecuencia, no podemos precisar la cronología de estos procesos erosivos superficiales; si bien el modelo propuesto aboga por un medio sedimentario (edad Pleistoceno Superior) de carácter erosivo y con poco poder de agradación.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio deriva de un proyecto de investigación (CEC/DGC/SPH; N/Expte.: 646/2002) en el que ha colaborado el SACE (Servicio de Apoyo a las Ciencias Experimentales, Universidad de Murcia nº Proyecto: 6678) y el Departamento de Química Agrícola, Edafología y Geología de la facultad de Químicas, Universidad de Murcia. Estamos agradecidos a todos estos organismos por su colaboración.

BIBLIOGRAFÍA

- ABRAHAMS, A. D., HOWARD, A. D. & PARSONS, A. J. 1994: "Rock mantled slopes", en Abrahams, A. D. & Parsons, A. J (eds.) *Geomorphology of Desert Environments*, p. 173-212.
- ALEXANDER, R. W., HARVEY, A. M., CALVO, A., JAMES, P. A. & CERDÁ, A. 1994: "Natural stabilisation mecha-

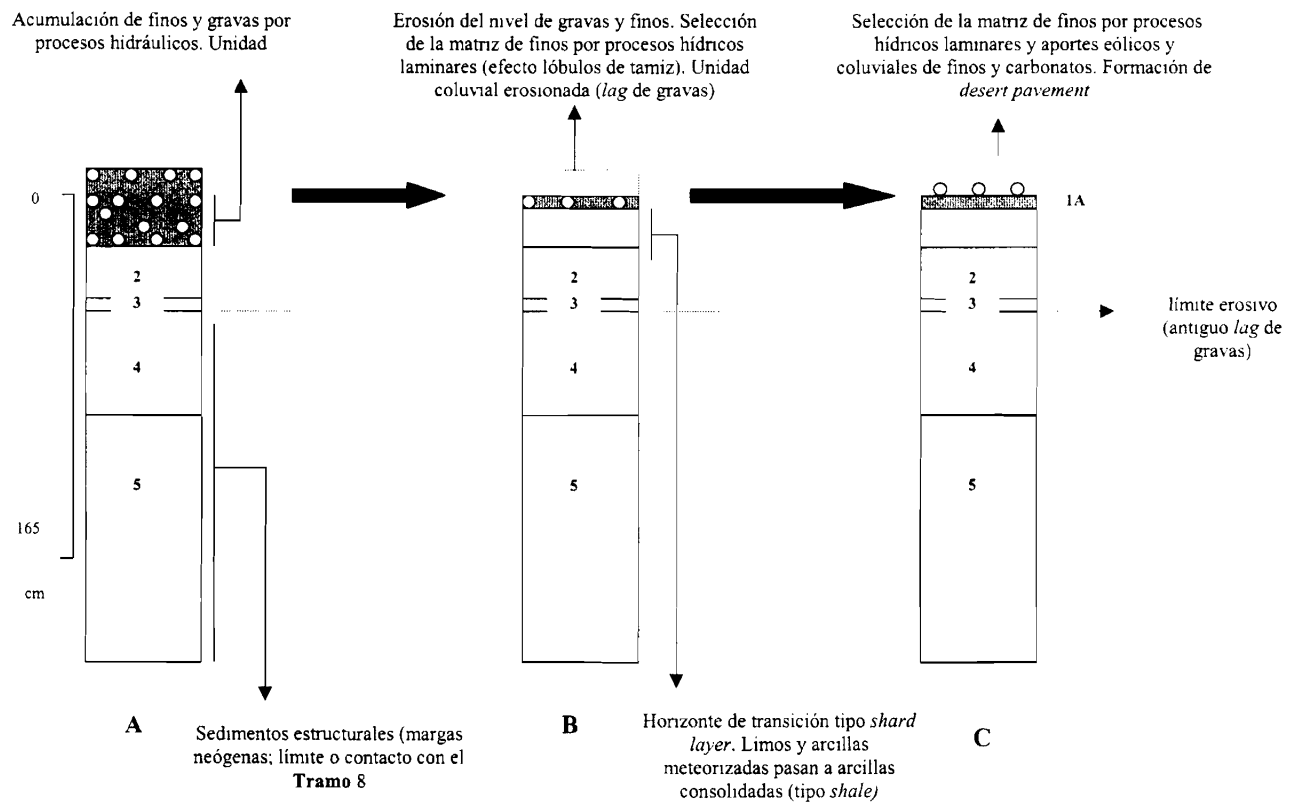


Figura 8: Modelo de formación y de erosión de la unidad coluvial

Figura 11: Modelo propuesto de formación y erosión de la unidad coluvial.

- nisms on badland slopes: Tabernas, Almería, Spain”, en Millington, A.C. & Pye K. (eds.) *Environmental Change in Drylands. Biogeographical and Geomorphological Perspectives*, p. 85-111.
- ALÍAS, J. L., SÁNCHEZ, G. & FERNÁNDEZ, T. 1982: “Características de los factores edafogenéticos relativos a los suelos de margas miocénicas de la provincia de Murcia”, *Anales de Edafología y Agrobiología*, 41, p. 475-495.
- ARTHAUD, M., MEGARD, M. & SEURET, M. 1977: “Cadre tectonique de quelques bassins sédimentaires”, *Bulletin du Centre-Recherches et Exploitations de Productes Elf-Aquitaine*, 1.1, p. 147-188.
- BAENA, J., BARRANCO, L. M., ZAZO, C., GOY, J. L., SOMOZA, L., BARDAJI, T., SILVA, P. G., ESTEVEZ, A., SÁNCHEZ, C. & RODRÍGUEZ T. 1993a: *Memoria y Mapa neotectónico, sismotectónico y de actividades de fallas de la Región de Murcia (E. 1: 200.000 y 1: 100.000)*. Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGM). Consejería de Política Territorial y Obras Públicas de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, Murcia.
- BAENA, J., ÁLVAREZ, F., BARDAJI, T., CALVO, J. P., ELIZAGA, E., GOY, J. L., RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, J., SILVA, P., SOMOZA, L. & ZAZO, C. 1993b: *Memoria y Mapa Geológico de la Región de Murcia (E. 1: 200.000)*. Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGM). Consejería de Política Territorial y Obras Públicas de la Comunidad Autónoma de la Región Murcia, Murcia.
- BEAUMONT, P. & OBERLANDER, T. M. 1971: “Observation on stream discharge and competence at Mosaic Canyon, Death Valley, California”, *Bulletin of the Geological Society of America*, 82, p. 1695-1698.
- BLAIR, T. C. & MCPHERSON, J. G. 1999: “Grain-size and textural classification of coarse sedimentary particles”, *Journal of Sedimentary Research, Section A: Sedimentary Petrology and Processes*, 69, 1, p. 6-19.
- BOËDA, E. 1994: *Le concept levallois: variabilité de les méthodes*. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique. Monographie du CRA 9, París.
- BOUSQUET, J. C. 1979: “Quaternary strike-slips faults in southeastern Spain”, *Tectonophysics*, 52, p. 277-286.
- BOUSQUET, J. C. & MONTENAT, CH. 1974: “Présence de décrochement NE-SW Plio-quaternaire dans le Cordillères bétiques orientales (Espagne)”, *Comptes Rendues a l'Académie de Sciences de Paris*, 278, p. 2617-2620.
- BRIGGS, D.J. & SHISHIRA, E.K. 1985: “Soil variability in geomorphologically defined survey units in the Albudeite area of Murcia province, Spain”, en Jungerius, P.D. (ed.) *Soils and Geomorphology, Catena Supplement*, 6, p. 69-84.
- DINARES-TURELL, J., ORTÍ, F., PLAYÁ, E. & ROSELL, L. 1999: “Paleomagnetic chronology of the evaporitic sedimentation in the Neogene Fortuna basin (SE Spain): early restriction preceding the “messinian Salinity Crisis”, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 154, p. 161-178.
- DOHRENWEND, J. C. 1994: “Pediments in arid environments”, en Abrahams, A.D. & Parsons, A.J (eds.) *Geomorphology of Desert Environments*, p. 321-353.
- FAULKNER, H., SPIVEY, D. & ALEXANDER, R. 2000: “The role the some site geochemical processes in the development and stabilization of three badland sites in Almería, Southern Spain”, *Geomorphology*, 35.1-2, p. 87-99.
- GARCÉS, M., KRIJGSMAN, W. & AGUSTÍ, J. 1998a: “Chronology of the late Turolian deposits of the Fortuna basin (SE Spain): implications for the Messinian evolution of the eastern Betics”, *Earth and Planetary Science Letters*, 163, p. 69-81.
- GARCÉS, M., KRIJGSMAN, W. & AGUSTÍ, J. 1998b: “Chronostratigraphic framework and the evolution of the Fortuna basin (Eastern Betics) since the Late Miocene”, *Basin Research*, 13.2, p. 199-216.
- GARCÉS, M. and KRIJGSMAN, W. 2000a: “Remagnetizaciones y migración de fluidos en la cuenca neógena de Fortuna, Cordilleras Béticas”, *Geotemas*, 1, p. 105-109.
- GARCÉS, M., KRIJGSMAN, W. AGUSTÍ, J. 2000b: “La cuenca neógena de Fortuna, Cordilleras Béticas: Magnetoestratigrafía y evolución tectonosedimentaria”, *Geotemas*, 1, p. 81-85.
- GARG, P. K. & HARRISON, A. R. 1992: “Land degradation and erosion risk analysis in SE Spain: a geographic information system approach”, *Catena*, 19.5, p. 411-425.
- GERITS, J., IMESON, A. C., VERSTRATEN, J. M. & BRYAN, R. B. 1987: “Rills development and badland regolith properties”, *Catena Supplement*. 8, p. 141-60.
- GILE, L. H. & GROSSMAN, R. B. 1979: *The desert Project Soil Monograph*. Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture.
- HOWARDS, A. D. 1994: “Badlands”, en Abrahams, A.D. & Parsons, A.J (eds.) *Geomorphology of Desert Environments*, p. 213-242.

- JONES, C. E. 1991: "Characteristic and origin of rock varnish from the hyperarid coastal of northern Perú", *Quaternary Research*, 35, p. 116-129.
- KAPPEN, L. LANGE, O. L., SCHULZE, E. O., BUSCHBOM, V. *et al.*, 1980: "Ecophysiological investigations on lichens of the Negev Desert VII. The influence of the habitat exposure on dew inhibition and photosynthetic productivity", *Flora*, 169, p. 216-229.
- KRIJGSMAN, W., GARCÉS, M., AGUSTÍ, J., RAI, I., TABERNER, C. & ZACHARIASSE, W. J. 2000: "The "Tortonian salinity crisis" of the eastern Betics (Spain)", *Earth and Planetary Sciences Letters*, 181, p. 497-511.
- KRUMBEIN, W. E. & JENS, K. 1981: "Biogenic rock varnishes of the Negev desert (Israel): an ecological study of iron and manganese transformation in cyanobacteria and fungi", *Oecologia*, 50, p. 25-38.
- LUKOWSKI, P. & POISSON, A. 1990: "Le bassin de Fortuna", en Montenat, Ch. (Coord.) (1990). *Les Bassins Néogènes du domaine Bétique Oriental (Espagne)*, Documents et Travaux IGAL, p. 303-311.
- MARTÍNEZ-MENA, M., ALBALADEJO, J. & CASTILLO, V. M. 1998: "Surface runoff generation in a Mediterranean semi-arid environment: Chicamo watershed SE Spain", *Hydrological Processes*, 12.5, p. 741-754.
- MARTÍNEZ-DÍAZ, J. J., MASANA, E., HERNÁNDEZ-ENRILE, J. L. & SANTANACH, P. 2001: "Evidence for coseismic events of recurrent prehistoric deformation along the Alhama de Murcia fault, southeastern Spain", *Acta Geológica Hispánica*, 36.3-4, p. 315-327.
- MARTÍNEZ-DÍAZ, J. J. & HERNÁNDEZ-ENRILE, J. L. 2001: "Using travertine deformation to characterize paleoseismic activity along a active oblique-slip fault: the Alhama de Murcia fault (Betic Cordilleras, Spain)", *Acta Geológica Hispánica*, 36.3-4, p. 297-313.
- MATHER, A. E., SILVA, P. G., GOY, J. L., HARVEY, A. M. & ZAZO, C. 1995: "Tectonics versus climate: an example from Late Quaternary aggradational and dissectional sequences of the Mula Basin, Southeast Spain", en Lewin, J., Mackling, M.G. & Woodward, J. (Eds.) *Mediterranean Quaternary River Environment*, p. 77-87.
- MCFADDEN, L. D., WELLS, S. G. & JERCINOVICH, M. J. 1987: "Influences of eolian and pedogenic processes on the origin and evolution of desert pavements", *Geology*, 15, p. 504-508.
- MCHARGUE, L. E. 1981: *Late Quaternary deposition and pedogenesis on the Aguila mountains piedmont, Southeastern Arizona*. Tucson, University of Arizona, M.S. Thesis.
- MONTENAT, CH. 1973: *Les formations néogènes et quaternaires du Levant espagnol (Provinces d'Alicante et de Murcia)*. Thèse de Doctorat de la Université de Orsay, Paris.
- MONTENAT, CH. (Coord.) 1990: *Les Bassins Néogènes du domaine Bétique Oriental (Espagne)*, Documents et Travaux de l'IGAL.
- MONTENAT, CH., OTT, PH., RODRIGUEZ, J. & SANZ, C. 1990: "Geodynamic evolution of the betic Neogene intramontane Basins, S and SE Spain", *Paleontología y Evolución Mem. Especial*, 2, p. 5-16.
- MONTOYA, P., ALBERDI, M. T., BLÁZQUEZ, A. M., BARTADILLO, L. J., FUMANAL, M. P., VAN DER MADE, J., MARÍN, J. M., MOLINA, A., MORALES, J., MURELAGA, X., PEÑALVER, E., ROBLES, F., RUIZ, A., SÁNCHEZ, A., SANDUZ, B., SORIA, D. & SZYNDLAR, Z. 1999: "La fauna del Pleistoceno inferior de la Sierra de Quibas (Abanilla, Murcia)", *Estudios Geológicos*, 55, p. 127-161.
- MÜLLER, D. W. & HSU, K. J. 1987: "Event stratigraphy and paleoceanography in the Fortuna basin (Southeast Spain): A scenario for the Messinian salinity crisis", *Paleoceanography*, 2, p. 679-696.
- NEARING, M. A., SIMANTON, J. R., NORTON, L. D., BULYGIN, S. J. & STONE, J. 1999: "Soil erosion by surface water flow on a stony, semiarid hillslope", *Earth Surface Processes and Landforms*, 24.8, p. 677-686.
- NEMEC, W. & STEEL, R. J. 1984: "Alluvial and coastal conglomerates: Their significant features and some comments on gravelly mass-flow deposits", en Koester, E.H. & Steel, R.J. (eds.) *Sedimentology of Gravels and Conglomerates. Canadian Society of Petrology and Geology, Mem*, 10, p. 1-31.
- NETTLETON, W. D., GAMBLE, E. E., ALLEN, B. L., BORST, G. & PETERSON, E. F. 1989: "Relict soils of subtropical regions of the United States", en Catt, J.A. & Bronger, A. (eds.) *Paleosols: Problems of Definition, Recognition and Interpretation. Catena Supplement*, 16, p. 59-93.
- NETTLETON, W. D., OLSON, C. G. & WYSOCKI, D. A. 2000: "Paleosol classification: problems and solutions", en Catt, J.A., Kemp, R., Felix-Henning, P. & Scholten, T. (eds.) *Recent and Paleo-pedogene-*

- sis as tools for modelling past and future global change. Catena*, 41, 1-3, p. 61-92.
- OBERLANDER, T. M. 1972: "Morphogenesis of granite boulder slopes in the Mojave Desert, California", *Journal of Geology*, 80, p. 1-20.
- PAARZA, N. E., LAMAS, F., IRIGARAY, C. & CHACÓN, J. 1998: "Engineering geological characterization of neogene marls in the southeastern Granada Basin, Spain. *Engineering Geology*, 50,1-2, p. 165-175.
- SÁNZ, C. 1990: "Geological evolution of the Betic Cordilleras in the Westerns Mediterranean from the Miocene to the present", *Tectonophysics*. 172, p. 107-119.
- SÁNZ, C. & VERA, J. A., 1992: "Stratigraphic record and paleogeographic context of the Neogene basins in the Betic Cordillera, Spain", *Basin Research*, 4, p. 21-36.
- SILVA, P. G. 1994: *Evolución geodinámica de la Depresión del Guadalentín (Murcia) desde el Mioceno superior hasta la actualidad: Neotectónica y Geomorfología*, Tesis Doctoral de la Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- SILVA, P. G., GOY, J. L. & ZAZO, C. 1992a: "Características estructurales y geométricas de la falla de desgare de Lorca-Alhama", *Geogaceta*, 12, p. 7-10.
- SILVA, P. G., HARVEY, A. M., ZAZO, C. & GOY, J. L. 1992b: "Geomorphological depositional style and morphometrics relation of Quaternary alluvial fans in the Guadalentín Depression (Murcia, SE Spain)", *Zeitschrift für Geomorphologie*, 36.3, p. 325-341.
- SMET, DE M. E. 1984: "Wrenching in the External Zone of the Betic Cordilleras, southern Spain", *Tectonophysics*, 107, p. 57-80.
- SULLIVAN, A. P. (ed.) 1998: *Surface Archaeology*. New Mexico University Press. Albuquerque.
- SULLIVAN, L. A. & KOPPI, A. J. 1991: "Morphology and genesis of silt and clay coating in the vesicular layer of a desert loam soil", *Australian Journal of Soil Research*, 29, p. 579-586.
- SUMNER, G., HOMAR, V. & RAMIS, C. 2001. "Precipitation seasonality in eastern and southern coastal Spain", *International Journal of Climatology*, 21.2, p. 219-247.
- UNEP, 1992: *World atlas of desertification*. Edward Arnold, Sevenoaks, UK.
- WELLS, S. G. DOHRENWEND, J. C., MCFADDEN, L. D., TURRIN, B. D. & MAHRER, K. D. 1985: "Late Cenozoic landscape evolution of lava flow surfaces of the Cima Volcanic Field, Mojave Desert, California", *Bulletin of the Geological Society of America*, 96, p. 1518-1529.
- WRIGTH, R. L. 1996: "An evaluation of soil variability over a single bedrock type in part of Southeast Spain", *Catena*, 27, p. 1-24.
- WRIGTH, R. L. & WILSON, S. R. 1979: "On the analysis of soil variability with an example from Spain", *Geoderma*, 22, p. 297-313.