

## **Evolución sedimentaria de una nava de la Sierra de Hoyo de Manzanares, Sierra de Guadarrama (Madrid, España). Implicaciones paleoclimáticas**

### **Sedimentary evolution in a depression of the Sierra de Hoyo de Manzanares, Sierra de Guadarrama (Madrid, Spain). Paleoclimatic implications**

**David Domínguez Villar**

*Departamento de Estratigrafía, Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM), Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense, 28040 Madrid.*

**PALABRAS CLAVE:** Procesos periglaciares, *Grèzes litées*, Periodo frío, Paleoclimático, Sierra de Guadarrama, España.

**KEY WORDS:** Periglacial process, *Grèzes litées*, Cold period, Paleoclimatic, Sierra de Guadarrama, Spain.

#### RESUMEN

La nava del Canto Hastial en la Sierra de Hoyo de Manzanares, es una depresión de origen tectónico a 1250 metros de altitud en la que ha quedado registrada de manera excepcional una pequeña sucesión estratigráfica en un área meramente erosiva. El registro ha permitido la distinción de tres periodos fríos que evidencian una dinámica periglacial, que alternan con periodos templados con dinámicas fluviales y gravitacionales. Los ambientes periglaciares en la actualidad están muy alejados de estas altitudes y su registro ha de relacionarse con climas fríos del pasado. La deposición comienza con un periodo frío y muy húmedo que tiene un progresivo enfriamiento. El cambio a condiciones templadas se produce rápidamente e implica también una disminución en la humedad ambiental. Nuevamente se registra un periodo frío que se instaura de manera progresiva hasta alcanzar las condiciones más severas reconocidas en la nava. El cambio a condiciones más templadas se produce nuevamente de manera brusca. El último evento frío registrado tiene menor duración e intensidad que los anteriores, indicando un carácter regresivo. Por último, se reconocen unas condiciones templadas que han perdurado hasta la actualidad. El registro parece desarrollarse desde el último periodo glacial, en comparación con los datos aportados por el glaciario del macizo de Peñalara.

#### ABSTRACT

A stratigraphic deposit in the Sierra de Hoyo de Manzanares has been discovered in a small depression of tectonic origin at 1250 metres of elevation. A succession of sediments was exceptionally preserved in a mostly erosive area. Two sections 1,9 and 1,2 metres deep were available in the lower and middle part of the depression, where the depth of the deposit is larger. It is possible to identify nine depositional units that shows alternating morphological dynamics. Coluvial materials have been described related with the gravitational dynamics. At present day, this kind of materials are deposited in most of the slopes of the depression. The fluvial dynamics were registered with systems of deficient drainage plains and alluvial cones. Currently, the fluvial dynamic in the depression is mostly erosive, excepts on the lower part where a small deficient drainage plain exists. Periglacial dynamics are present with different intensities. The presence of solifluction and thufurs or earth hummocks is related to a cold climate, although the fluvial depositional systems are preserved. Other periglacial dynamics are more intensens, like those related with the registered *grèzes litées* that imply a fluvionival dynamic and then a more severe cold climate. The periglacial dynamics at present are far from this elevations and the periglacial record must represent cooler climates in the past. In the sections has been possible to identify three cold periods related to periglacial dynamics alternating with temperate periods developing fluvial and gravitational dynamics. The sections began with a cold and very humid period that shows a progressive cooling. The following units represent a rapid transition to a temperate and less humid period. Progressively a new cold period is imposed, representing the coldest temperatures registered in the deposits of the depression. After this, again the climate changes to temperate conditions. A last cold event is registered, in a shorter and less intense cooling period. A last switch to temperate climate is registered until the actual depositional dynamics. No dates are available yet, but the correlation with the best studied record in the region, the glacier of Peñalara, shows that the record might be originated since the last glacial period, according to the similarities of the cold periods recorded.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Sierra de Hoyo de Manzanares es una elevación secundaria de la Sierra de Guadarrama (PEDRAZA, 1987) situada unos 15 kilómetros al sur de Cuerda Larga, y cuya máxima altura es de 1402 m.s.n.m. (Fig. 1). La sierra está compuesta por rocas graníticas que al meteorizarse generan un paisaje graní-

1250 m.s.n.m. La nava puede dividirse en tres sectores: inferior, intermedio y superior (Fig. 2). El inferior es una llanura de escasa pendiente con dinámica fluvial pseudoendorreica. La parte intermedia es una zona alomada en la que la red fluvial se ha encajado entre uno y dos metros dando lugar a una dinámica fluvial en las vaguadas, mientras que los depósitos gravitacionales se han acomodado

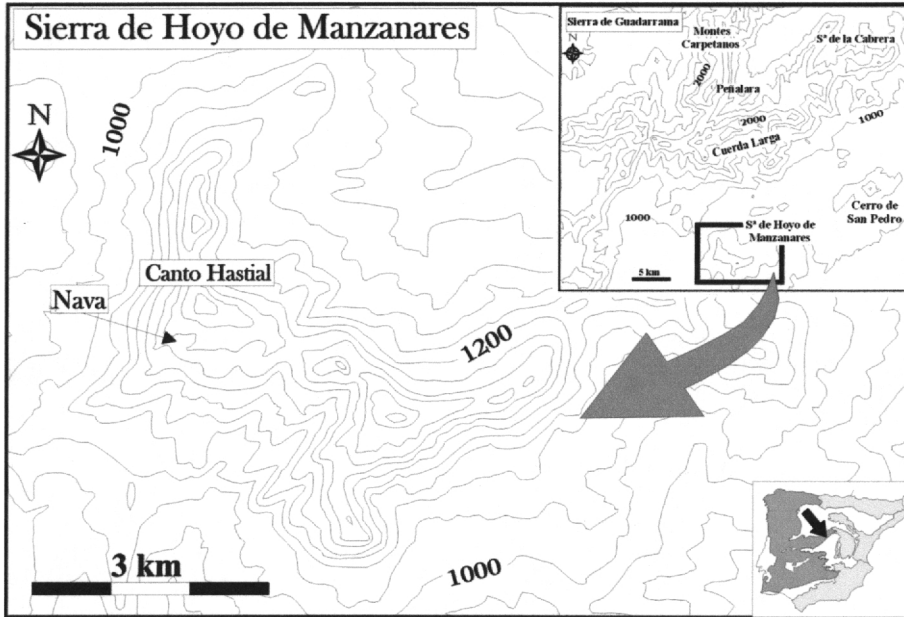


Fig. 1.—Mapa de localización.  
—Location map.

tico evolucionado de carácter meramente erosivo, siendo muy escasos los depósitos (DOMÍNGUEZ VILLAR, 2002). Con frecuencia la existencia de depósitos se ve relacionada con accidentes tectónicos que proporcionan un espacio de acomodación.

En el sector occidental de la Sierra de Hoyo de Manzanares, bajo la cumbre del Canto Hastial, el control estructural de la ladera sur ha favorecido la deposición de materiales detríticos en una pequeña fosa limitada por fallas E-W y WSW-ENE. Esta fosa de dirección E-W tiene unos 500 metros de longitud, aunque es en su parte inferior donde se depositan la mayoría de los sedimentos, con una altura mínima entorno a los

desde las vertientes hacia el interior de la nava por las lomas. A la parte superior de la nava no ha llegado todavía la incisión, y tan sólo se observa un escaso tapiz de materiales gravitacionales que se apoyan directamente en el sustrato granítico, que aflora con frecuencia.

Para el estudio de los sedimentos se ha tenido acceso a dos secciones localizadas en los sectores inferior e intermedio de la nava, donde la potencia de sedimentos es mayor. Se han obtenido así dos secciones denominadas C-1 en el sector intermedio y C-2 en el sector inferior de la nava, de 1,2 y 1,9 metros de profundidad respectivamente y que han sido representadas en las columnas estratigráficas de la figura 3.

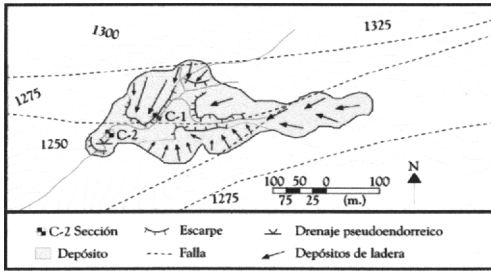


Fig. 2.—Esquema geomorfológico de la nava del Canto Hastial

—Geomorphological scheme of the Canto Hastial depression.

## 2. DEPÓSITOS DE LA NAVA DEL CANTO HASTIAL

### 2.1. Registro

En la sección C-1, localizada en el sector intermedio de la depresión, se han distinguido 9 unidades sedimentarias que describimos a continuación. Apoyándose sobre un sustrato granítico irregular se deposita una unidad limoarcillosa rica en materia orgánica con abundante arena dispersa, que presenta ocasionales canales con arenas bien seleccionadas y que progresivamente evoluciona a unas microbrechas angulosas clastosoportadas con frecuentes fragmentos de tamaño centimétrico en las que se pueden encontrar estructuras de canal. En la base se puede distinguir paleo-*thufurs* (SCHUNKE & ZOLTZI, 1988) o estructuras similares a microhinchamientos y también bloques subredondeados de tamaño en torno a los 30 centímetros. Por encima se reconoce la unidad 2: arenosa clastosoportada con una estructura de canal que erosiona ligeramente la unidad infrayacente. La unidad 3 se implanta sobre la unidad 2 erosionándola casi completamente, con una base irregular y techo plano. Es una unidad de arena limosa en la que se distinguen canales de arena clastosoportada y lentejones limoarcillosos muy restringidos. La unidad 4 tiene una base y techo planos y netos y se compone de una brecha clastosoportada con tamaños milimétricos a centimétricos. Las unidades 5 y 6 son una alternancia de arenas limosas y cuerpos arenosos y

limoarcillosos. Se pueden ver estructuras de canal con bases ligeramente erosivas, mientras que el resto de los cuerpos son masivos. Sobre ella, la unidad 7 es un cuerpo sedimentario litológicamente similar a la unidad 4: brecha clastosoportada que en esta ocasión presenta un canal con clastos que pueden alcanzar los 10 cm de tamaño y que erosiona puntualmente la unidad 6. Dentro de la sección se observa la pérdida de continuidad lateral de esta unidad. Por encima, las unidades 8 y 9 son dos sucesiones similares; limoarenosas, matrizsoportadas y con pequeños cantos dispersos, separadas por un nivel limoarenoso con mayor proporción de finos.

La sección C-2 se apoya sobre un sustrato granítico alterado. Tiene una primera unidad en la que se observa una base limoarcillosa muy rica en materia orgánica con arena y brechas dispersas. Por encima la unidad sigue con una arena matrizsoportada por un limo arcilloso rico en materia orgánica, y progresivamente evoluciona a una brecha clastosoportada. Toda la unidad presenta un aspecto masivo y caótico con cantos y bloques subredondeados de centiles superiores al medio metro que aparecen dispersos. De forma neta se apoya la unidad 2, de arenas limosas con niveles limoarcillosos poco continuos y pequeños canales de arena clastosoportada, terminando en un nivel limoarcilloso de gran extensión lateral. La unidad 3 se deposita con un contacto ligeramente erosivo sobre la unidad 2. Son unas arenas limosas con canales de arena clastosoportada y a techo se observa un aumento del tamaño de grano, incluso presencia de canales rellenos de microbrechas clastosoportadas. La unidad 4 tiene un paso progresivo desde la unidad 3 y está compuesta por un cuerpo de base horizontal y techo irregular de microbrechas clastosoportadas con cantos que pueden alcanzar tamaño centimétrico. Se observan canales rellenos de la misma brecha con tamaños ligeramente superiores a los del resto del paquete. La unidad 5 se deposita de manera neta en una alternancia de cuerpos limoarcillosos y arenolimosos, en los que se distinguen pequeñas estructuras de canal. La unidad 6 de base y techo horizontal se compone de una arena limosa masiva, granocreciente hacia techo y con cantos dispersos. A techo se distinguen pequeños niveles limoarcillosos de escasa continuidad lateral. La unidad 7 son unas arenas limosas matrizsoporta-

das con frecuentes cantos dispersos y de aspecto masivo. Por encima se deposita la unidad 8, arenolimososa y con cantos dispersos que aparecen ocasionalmente. La sección termina con la unidad 9 de base y techo planos, compuesta por unas arenas clastosopor-

2.2. Interpretación

Los sedimentos descritos representan una alternancia de materiales que se repiten y que han sido simplificados en las siguientes sucesiones.

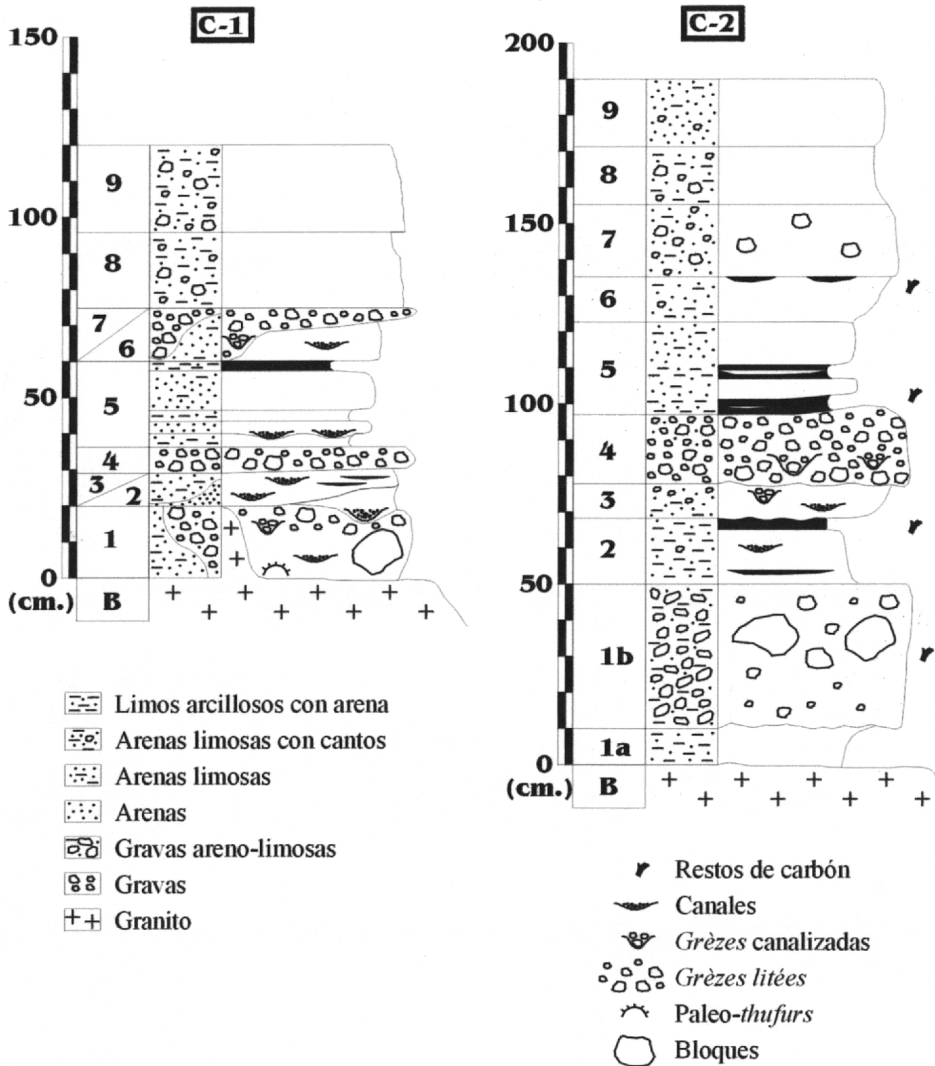


Fig. 3.-Columnas estratigráficas de las secciones C-1 y C-2 de la nava del Canto Hastial.  
-Stratigraphic sections C-1 and C-2 of the Canto Hastial depression.

tadas con algo de limo y presencia ocasional de cantos.

Cuerpos limoarenosos con ocasionales cantos dispersos, matrizsoportados y con una

fracción fina muy abundante. Se interpretan como coluviales con un origen gravitacional. La presencia de materiales más o menos gruesos estaría relacionada con la mayor o menor severidad de las condiciones ambientales, de tal manera que una disminución de materiales gruesos estaría en relación a periodos más cálidos y/o una mayor humedad que produciría un mayor aporte de finos.

Cuerpos de brechas clastosoportadas con escasa matriz y tamaños milimétricos a centimétricos. Este tipo de materiales fue descrito por GUILLIEN (1951) como *grèzes litées* y se relaciona con ambientes periglaciares (MALAURIE & GUILLIEN, 1953). Se encuentran también ocasionales canales de base erosiva que son rellenos por brechas de un tamaño de grano mayor al del resto del depósito. Este tipo de materiales es interpretado como producto de una dinámica fluvionival (DEWOLF, 1988) en la que los sedimentos se depositan mayoritariamente bajo un manto nival que durante su fusión efectúa un intenso lavado de la matriz dejando las *grèzes litées*.

Los cuerpos más comunes presentan una alternancia de capas masivas de arena limosa con cantos ocasionales, niveles limoarcillosos en lentejones o de mayor extensión lateral, y niveles arenosos con estructuras de canal de base erosiva con frecuencia clastosoportados y extensión lateral muy limitada. Estos materiales se interpretan como sedimentados por un sistema fluvial restringido en el que no se reconoce un drenaje continuo y se producen flujos eventuales como mantos de arroyada y con frecuencia existen zonas encharcadas o mal drenadas, siendo los canales dispersos y pequeños, de carácter efímero y transitorio.

Por último se reconocen cuerpos masivos de arenas limosas, con cantos ocasionales, matrizsoportadas, pero con arena predominante. Son interpretados como cuerpos de flujos masivos producto de pequeños conos aluviales. El aumento de los fragmentos del depósito puede estar relacionado con unas condiciones ambientales más severas.

Por tanto, se han reconocido las dinámicas gravitacional, fluvionival y fluvial con sistemas de drenaje restringido y conos aluviales. De ellas, en la actualidad se pueden reconocer la dinámica gravitacional y fluvial en sistemas restringidos, que se corresponden con los depósitos y la morfología actual.

En la base de ambas secciones se observan bloques subredondeados de gran tamaño que difícilmente podrían haber sido transportados por dinámicas como las aquí descritas. Han sido interpretados como *corestones* (TWIDALE, 1982) producto de etapas de alteración granítica previas, que son muy frecuentes en la zona (DOMÍNGUEZ VILLAR 2002) y que han quedado englobados por el depósito, teniendo un transporte nulo o muy restringido y en relación a movimientos en masa.

El aspecto caótico de la unidad 1 de la sección C-2 está indicando la sucesión de flujos solifluidales favorecidos por la mayor pendiente y condiciones climáticas frías que tuvieron lugar durante su deposición. Esto explica que los bloques estén englobados en la unidad y no en la base de la misma. No obstante, la distinción de dos subunidades en esta unidad ha de deberse a un movimiento mayor, que favorece el despegue de la parte superior del depósito sobre una subunidad limoarcillosa más plástica. Esto es producto de un deslizamiento que genera una cicatriz observable todavía en la actualidad en forma de escarpe entre los sectores inferior e intermedio de la nava y un pequeño lóbulo en la parte baja del depósito. Este deslizamiento es posterior a la deposición de esta unidad como se verá más adelante.

### 2.3. Correlación

La correlación de las dos secciones ha sido posible gracias a las variaciones ambientales registradas en los materiales como es el caso de las *grèzes litées*, que tienen lugar independientemente de los factores locales de cada sección.

Las secciones estudiadas están separadas por un escarpe que marca el paso del sector inferior donde se localiza C-2 y en la que se reconoce una llanura no encajada, y el sector intermedio en el que se reconoce una incisión de la red fluvial que genera unas lomas en las que se localiza la sección C-1. De este modo, entre ambas secciones existe un escarpe que unido a la pendiente de la nava hace que C-1 se encuentre unos 3 metros por encima de C-2. Dicho escape se originó a lo largo de la deposición de la nava, por lo que la correlación indica una evolución conjunta para las dos secciones antes de

la formación del escarpe y una evolución independiente una vez generado el mismo.

En la sección C-1 se reconocen tres episodios con *grèzes litées* que están indicando ambientes periglaciares a estas altitudes. El primero evoluciona muy progresivamente desde ambientes fluviales y es rico en materia orgánica, un segundo episodio que es el mejor desarrollado y un tercero de menor entidad y que se pierde lateralmente. En la sección C-2 en la parte inferior de la nava, se observa un primer episodio rico en materia orgánica que a techo tiene tamaños de grano más gruesos y desarrollo de *grèzes litées* en ocasiones deformadas. La unidad 4 de esta sección representaría el mayor desarrollo de *grèzes* en C-2, al igual que la unidad 4 de la sección C-1. No se vuelven a reconocer más *grèzes litées*, sin embargo se reconoce en la unidad 7 la existencia de cantos de mayor tamaño y más frecuentes en comparación con las unidades 6 y 8 depositadas también en conos aluviales, lo que nos está indicando la mayor rigurosidad ambiental. Entonces, podemos relacionar la unidad 7 de C-2 con las *grèzes litées* de la unidad 7 de la sección C-1 que como podíamos ver perdían continuidad lateral.

De este modo podemos ver en la figura 4, que la correlación de unidades coincide con la distinción de los 9 cuerpos sedimentarios descritos para cada sección. Nótese también la existencia de una superficie erosiva que se reconoce en las dos secciones entre las unidades 2 y 3, que es más acusada en la sección C-1 en el sector intermedio de la nava, pero que ha de representar un acontecimiento generalizado en la depresión.

### 3. RECONSTRUCCIÓN PALEOGEOGRÁFICA

A partir de las dos secciones y atendiendo a la orografía y la dinámica actual, se ha realizado una reconstrucción paleogeográfica para cada unidad deposicional. Apoyándonos en la figura 5, se explica a continuación la evolución de la nava.

La deposición en la nava comienza debido a un aumento puntual del espacio de acomodación, posiblemente relacionado con el movimiento de alguna de las fracturas que la limitan.

El inicio de la sedimentación tiene lugar con una dinámica fluvial, en la que se reco-

nocen procesos fríos por la existencia de *thufurs* o microhinchamientos, así como flujos solifluidales. La abundancia de materia orgánica en el depósito, indica la alta humedad ambiental que se reconoce a lo largo de la deposición de esta primera unidad. Progresivamente la dinámica fluvial va evolucionando hasta reconocerse ambientes fluvionivales con desarrollo de *grèzes litées*. Aunque no existen datos, es probable que en las partes marginales de la nava se mantuviese una dinámica gravitacional con un progresivo aumento de la influencia nival, en la que los neveros debieron llegar a preservarse durante gran parte del año.

La unidad 2 representa un brusco cambio a condiciones más templadas, en las que se instaura un régimen fluvial en la llanura interior, mientras que en los márgenes de la nava se desarrolla la dinámica gravitacional. El brusco cambio en contenido orgánico indica la disminución de las precipitaciones además de la temperatura y desliga la mayor proporción orgánica de la proximidad del sustrato. La unidad 3 es de similares características, sin embargo entre ambas se puede reconocer una cicatriz erosiva a lo largo de toda la nava, lo cual se ha relacionado con el aumento de la torrencialidad dentro de un periodo templado que abarcaría las unidades 2 y 3.

En la unidad 4 se depositan nuevamente *grèzes litées*, que están indicando el desarrollo de una dinámica fluvionival y por tanto un nuevo descenso en las temperaturas. En este caso el paso desde la unidad 3 es también progresivo aunque bastante más rápido que el enfriamiento anterior. La unidad es potente y homogénea, lo que está indicando una duración prolongada de los ambientes fríos y probablemente unas condiciones más severas que en el periodo frío anterior.

La unidad 5 se instaura también bruscamente y representa una dinámica fluvial que evidencia nuevamente condiciones templadas, con una nava que desarrolla dinámica fluvial en el interior y gravitacional en sus márgenes.

En este momento de la evolución tiene lugar un cambio importante en la nava. Se produce un deslizamiento del sector inferior que va a provocar que se desarrolle un desnivel entre los sectores inferior e intermedio que queda representado por un escarpe reconocible todavía en la actualidad. Se produce también un lóbulo en la parte más baja del

sector inferior y en los sedimentos se observa una deformación dentro de la unidad 1 que implica la distinción de una subunidad de despegue a base. No parece haber unas

A consecuencia de este deslizamiento se genera un desnivel entre los sectores inferior e intermedio, lo que va a conllevar que bajo unas condiciones ambientales similares se

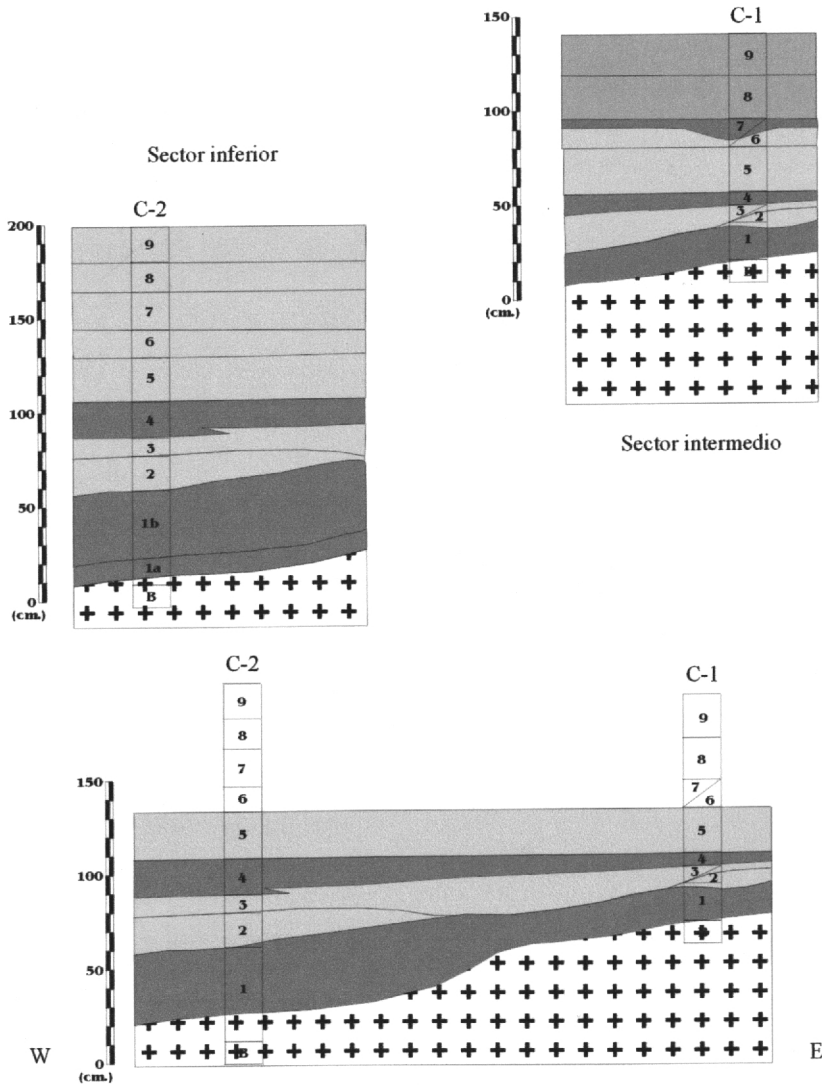


Fig. 4.-Correlación de las secciones C-1 y C-2.  
 -Correlation of the sections C-1 and C-2.

condiciones de humedad que justifiquen el deslizamiento, sin embargo el escarpe coincide con una de las fracturas que atraviesan la nava por lo que pudo deberse al movimiento de la falla.

desarrollen sistemas deposicionales distintos. De esta manera, en la unidad 6 para el sector intermedio se reconoce una dinámica fluvial similar a la de la unidad 5, mientras que en la parte inferior se desarrollan conos

aluviales favorecidos por el gradiente de pendiente. A partir de este momento, en el sector intermedio de la nava se va a ir produ-

una manera mucho más restringida, con escaso espesor y perdiéndose lateralmente. De este modo, las *grèzes litées* no llegan a

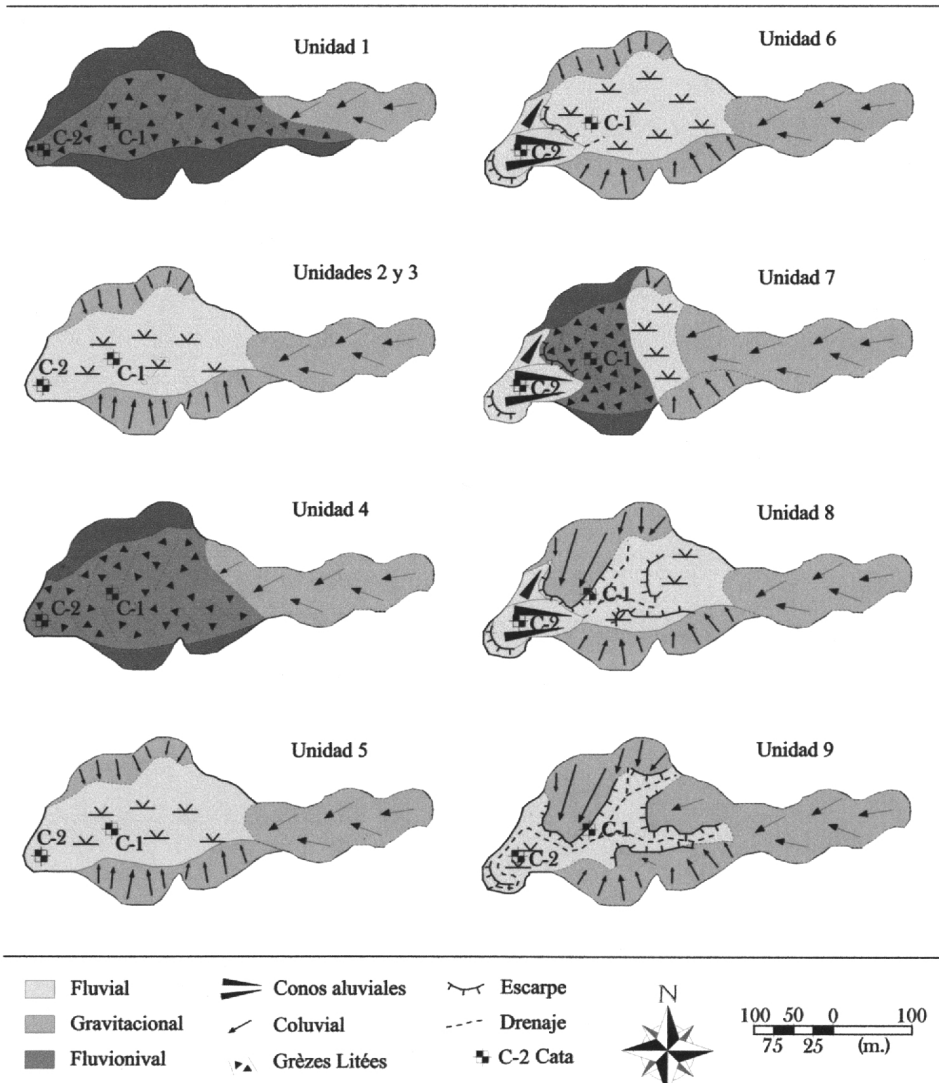


Fig. 5.-Reconstrucción paleogeográfica de la nava del Canto Hastial.  
-Paleogeographic reconstruction of the Canto Hastial depression.

ciendo una incisión de la red de drenaje para equilibrar el desnivel producido.

En la unidad 7 se vuelven a reconocer *grèzes litées* en el sector intermedio, pero de

desarrollarse hasta el sector inferior, donde se mantiene el sistema de conos aluviales. No obstante, sí se observa un aumento en la granulometría y en la presencia de cantos de



mayor tamaño, lo cual implica unas condiciones más severas. Climáticamente este episodio está representando un pulso puntual de poca duración y menor intensidad que los anteriores, pero en el que las temperaturas debieron descender considerablemente para que se desarrollasen dinámicas fluvionivales nuevamente.

La unidad 8 vuelve a recuperar las dinámicas fluviales y gravitacionales de forma brusca lo que indica una vuelta a condiciones templadas. En el sector inferior de la nava se siguen desarrollando conos aluviales similares a los reconocidos en la unidad 6. Sin embargo, en el sector intermedio se ha perdido la actividad fluvial reconociéndose materiales gravitacionales. Esto es debido a que la incisión de la red de drenaje ha alcanzado ya en este momento el punto de la sección, dejando la loma fuera del alcance de la dinámica fluvial. De esa manera, los materiales gravitacionales aumentan su distribución desde los márgenes de la nava, internándose hacia el interior de la misma por las lomas disectadas.

En la unidad 9 se reconoce la dinámica actual, en la que la incisión fluvial ha alcanzado el nivel de base del sector inferior y el sistema de conos aluviales ha sido sustituido nuevamente por una dinámica fluvial con problemas de drenaje. Por su parte la incisión ha ido remontando, alcanzado todo el sector intermedio y comienza en la actualidad a incidir en el sector superior. Por ello, la dinámica gravitacional ocupa gran parte de los sectores intermedio y superior de la nava.

#### 4. IMPLICACIONES PALEOCLIMÁTICAS

En la nava del Canto Hastial han quedado registrados tres periodos fríos de diversa magnitud que alternan con periodos templados. El contenido de materia orgánica o los procesos erosivos, aportan puntualmente información adicional acerca de las condiciones de humedad reinantes y su distribución. Con estos datos se puede reconstruir una evolución de las variaciones ambientales en este lugar.

El registro comienza con un clima fresco y muy húmedo que tiene un enfriamiento muy progresivo. Este periodo termina bruscamente y se desarrolla otro más templado con una disminución neta de la humedad y

probablemente un régimen de precipitaciones más torrencial. Nuevamente se puede reconocer un periodo frío que se instaura de manera progresiva, pero mucho más rápido que en el caso anterior. Este periodo debió de ser prolongado en el tiempo y probablemente más severo que el anterior ya que no se observan recesiones durante todo su registro. Al igual que el anterior periodo frío, termina bruscamente instaurándose nuevamente un periodo más templado. Se reconoce un último evento frío, que debió tener mucha menor duración que los anteriores y cuya intensidad es menor, marcando un carácter claramente regresivo respecto a los anteriores. En adelante se reconocen unas condiciones templadas cuyas variaciones ambientales debieron ser mucho menores. No obstante, la disminución de tamaño del material dentro de unidades gravitacionales puede estar indicando unas condiciones más cálidas y/o más húmedas durante un corto periodo de tiempo.

No existe todavía una cronología absoluta de este emplazamiento. Tampoco es posible establecer una cronología relativa en relación a niveles de terraza como la realizada en otros emplazamientos de este tipo (PEDRAZA & FERNÁNDEZ, 1981; PEÑA & JIMÉNEZ, 1993 y GONZÁLEZ MARTÍN *et al.*, 2000). Por ello se ha realizado una comparación con otros registros que aporten datos paleoclimáticos regionalmente.

La nava del Canto Hastial se encuentra a 1250 metros de altura, muy por debajo de las condiciones descritas para las zonas con periglaciario actual con solifluxión continua o retardada (FRÄNZLE, 1978 y BROSCHE, 1978), que se sitúan por encima de los 2000 metros. Las condiciones ambientales que produjeron los materiales periglaciares de la Sierra de Hoyo de Manzanares están muy alejadas de las actuales.

Los límites de los procesos periglaciares de la Sierra de Guadarrama fueron estudiados por FRÄNZLE (1978). Según este autor, tal y como podemos ver en la figura 6, durante el último máximo glacial, el piso subnival se situaría por debajo de los 1.900-2.000 metros, reconociéndose un dominio de los materiales helados hasta los 1.000-1.100 metros y ambientes similares a los de la tundra de ese límite hasta los 700 metros.

Según estos límites los materiales de la nava debieran compararse con emplazamientos que tengan registro desde el último perio-

do glacial. Los emplazamientos periglaciares mejor estudiados del Sistema Central Español pertenecen mayoritariamente a zonas de alta montaña y su cronología es post máximo

## 5. CONCLUSIONES

La nava del Canto Hastial en la Sierra de Hoyo de Manzanares ha registrado la

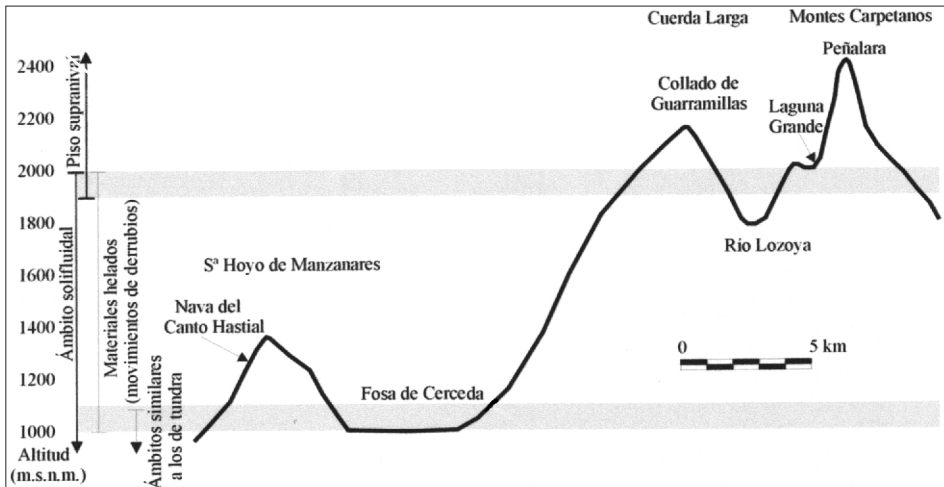


Fig. 6.—Perfil de la sierra de Guadarrama mostrando los límites altitudinales de los procesos periglaciares en el último máximo glacial (según datos de FRÄNZLE, 1978).

—Profile of the sierra de Guadarrama, showing the altitudinal limits of the periglacial process in last glacial maximum (according to data of FRÄNZLE, 1978).

glaciar (PEDRAZA, 1994) por lo que no son apropiados para la correlación. Por ello, la nava del Canto Hastial ha sido comparada con el glaciario de Peñalara que representa el registro mejor estudiado para este intervalo en la región y que dista tan sólo una veintena de kilómetros.

El macizo de Peñalara tiene registrados tres periodos fríos importantes evidenciados por tres frentes morrénicos principales (OBERMAIER & CARANDELL, 1917), que han sido asignados a la última glaciación (FRÄNZLE, 1978). El primero de ellos tiene un escaso desarrollo aunque ha alcanzado las cotas más bajas. El segundo frente morrénico es el más desarrollado. Un último frente morrénico se sitúa entorno a los circos y es claramente regresivo (CENTENO *et al.*, 1983 y ACASO *et al.* 1998).

La similitud de los datos obtenidos en los dos emplazamientos hace pensar que ambos registros son coetáneos y que indican manifestaciones de procesos distintos debido a la diferencia de altitud ante unas condiciones climáticas regionales similares.

existencia de tres periodos fríos de carácter periglacial. Se puede distinguir un periodo frío muy húmedo, un segundo periodo que representaría las condiciones más frías y prolongadas durante el registro y un tercer evento de menor duración e intensidad de carácter claramente regresivo. La alternancia de dinámicas periglaciares y fluviales o gravitacionales ha resaltado el valor como indicador paleoclimático de depósitos como las *grèzes litées*, permitiendo la distinción de diversas fases de desarrollo de periglaciario dentro del último periodo glacial. Esto ha sido posible gracias al estudio de una zona no perteneciente a la alta montaña, y en la que la dinámica periglacial no tiene un comportamiento continuo, registrándose fuertes contrastes en el depósito. Como ha podido comprobarse, el estudio paleoclimático de ambientes fríos de alta montaña se ve complementado con el realizado en ambientes periféricos a él, que han preservado un registro más completo.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecer las observaciones y toda la ayuda prestada por el Dr. Javier de Pedraza Gilsanz a lo largo de este trabajo, así como su interés en la evolución de la investigación y su apoyo en el desarrollo de la misma.

Recibido el día 10 de diciembre de 2003

Aceptado el día 25 de febrero de 2004

## BIBLIOGRAFÍA

- ACASO, E., CENTENO, J. D. & PEDRAZA, J. 1998. Nuevas aportaciones al modelo evolutivo del glaciar de Peñalara, Sistema Central Español. *In: Investigaciones recientes de la Geomorfología española*. A. GÓMEZ ORTIZ & F. SALVADOR FRANCH, Eds., págs. 691-696. S.E.G. Barcelona.
- BROSCHÉ, K. U. 1978. Formas actuales y límites inferiores periglaciares en la Península Ibérica. *Estudios Geográficos*, **39**: 131-161.
- CENTENO, J. D., PEDRAZA, J. & ORTEGA, L. I. 1983. Estudio geomorfológico, clasificación del relieve de la Sierra de Guadarrama y nuevas aportaciones sobre su morfología glaciar. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geológica*. **81** (3-4): 153-171.
- DEWOLF, Y. 1988. Stratified slope deposits. *In: Advances in periglacial geomorphology*. M. J. CLARCK, Ed., págs. 91-110. J. WILEY & SONS Ltd. Chichester.
- DOMÍNGUEZ VILLAR, D. 2002. *Morfoestructura del borde de la Sierra de Guadarrama*. 257 págs. Tesis de Licenciatura, Universidad Complutense de Madrid. (Inédita).
- FRÄNZLE, O. 1978. Formaciones glaciares y periglaciares en el sector oriental del Sistema Central. *Estudios Geográficos*, **39**: 363-418.
- GONZÁLEZ MARTÍN, J. A., ASENSIO, I., FERNÁNDEZ, A., GARCÍA R., GONZÁLEZ AMUCHASTEGUI, M. A., GUERRERO, L. & RUBIO FERNÁNDEZ, V. 2000. Acumulaciones de origen frío en el modelado de los paisajes de la Rama Castellana del Sistema Ibérico y de la Submeseta Sur. *In: Procesos y formas periglaciares en la montaña mediterránea*. J.L. PEÑA, M. SÁNCHEZ-FABRE & M.V. LOZANO, Eds., págs. 149-160. Instituto de Estudios Turolenses. Teruel.
- GUILLIEN, Y. 1951. Les grèzes litées de Charentes. *Revue de géographie des Pyrénées et du Sud Ouest*, **22**: 155-162.
- MALAUURIE, J. & GUILLEN, Y. 1953. Le modelé cryonival des versants meubles de Skansen (Disko, Groenland). Interprétation générale des grèzes litées. *Bulletin de la Societe Géologique de France*, **3**: 703-721.
- OBERMAIER, H. & CARANDELL, J. 1917. Los glaciares cuaternarios de la Sierra de Guadarrama. *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Serie Geológica*. **19**, 1-94. Madrid.
- PEDRAZA, J. 1987. Geología y relieve. *In: La naturaleza de Madrid*. E. FERNÁNDEZ GALIANO & A. RAMOS FERNÁNDEZ, Eds., págs. 11-67. Consejería de Agricultura y Ganadería. Comunidad de Madrid. Madrid.
- 1994. Periglaciariismo del Sistema Central Español. *In: Periglaciariismo en la península Ibérica, Canarias y Baleares*. A. GÓMEZ ORTIZ, M. SIMÓN TORRES & F. SALVADOR FRANCH, Eds., págs. 147-164. Monografías de la S.E.G., 7. Granada.
- PEDRAZA, J. & FERNÁNDEZ, P. 1981. Geomorfología y Cuaternario. *In: Mapa Geológico de España, E. 1:50.000*. Hojas 577-578. Bohoyo-Arenas de San Pedro. IGME. Madrid.
- PEÑA J. L. & JIMÉNEZ, A. 1993. El modelado de laderas en el curso medio del río Guadalquivir (Serranía de Albarracín, Prov. de Teruel). *El Cuaternario de España y Portugal*. Tomo I, págs. 129-134 IGME & AEQUA, Madrid.
- SCHUNKE, E. & ZOLTZI, S. C. 1988. Earth hummocks (thufurs). *In: Advances in periglacial geomorphology*. M. J. CLARCK, Ed. 231-245. J. WILEY & SONS Ltd. Chichester.
- TWIDALE, C. R. 1982. *Granite landforms*. 372 págs. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam.

