

## DISCUSIÓN II



## 9.1. MICROFACIES DE GALERÍA

La perspectiva microestratigráfica desarrollada en la investigación preliminar sobre los grupos de rellenos con contenido arqueopaleontológico de la Galería, los grupos G.II y G.III, caracterizaba las microfacies de los grupos de relleno por su zonación microestratigráfica (Vallverdú 1999) (tabla 9.1.1). La composición mixta en microfacies de los grupos de relleno parece indicar que existen cambios en los procesos de formación sedimentarios. Estos cambios pueden ser caracterizados mediante la clasificación de microfacies desarrollada para la colección de referencia.

Uno de los aspectos que desarrollamos en nuestra investigación inicial de Galería mediante microfacies (Vallverdú 1999) y la que se ha realizado con las fases de relleno (Pérez-González et al. 1999) es el significado de las discontinuidades sedimentarias. Esta problemática es de especial interés para precisar la cronología relativa del registro arqueopaleontológico y su contexto paleoambiental y afinar su interpretación litoestratigráfica (Blackwell 1993).

### **Interpretación de las fases de relleno de Galería mediante las microfacies**

Las microfacies de GI muestreadas contienen las estructuras microlaminadas de la magnetozona Matuyama. Con el cambio de magnetozona hemos registrado la secuencia compuesta por las microfacies de arena y limo amarilla lavada granular esférica y vesicular (F.5.1) y las microfacies de arena arcilla organomineral (F.4.3), descritas como murcielaguinas (Pérez-González et al. 1999). Las microfacies organominerales muestran modificaciones durante su enterramiento por las microfacies (F.5.1). Estas microfacies muestran en su base fenómenos de transporte solifluidal de los sedimentos endocársticos (F.5.1) y indican la redistribución de las microfacies de interior (Pérez-González et al. 1999). Estas modificaciones señalan procesos de sedimentación con tasas muy bajas de acreción y incluso erosión que se manifiestan con la naturaleza los contactos erosivos y angulares (Pérez-González et al. 1999). Estas modificaciones hacia techo se caracterizan más bien por la humectación, la tixotropía, aunque existen figuras de la desecación especialmente en los rasgos texturales fisurados. Por encima de la segunda murcielaguina, las modificaciones por el hielo de las murcielaguinas están más atenuadas. Esta atenuación está sugerida por las arenas mal lavadas que contienen las microestructuras granulares esféricas (F.5.1). Estos rasgos texturales contribuyen a la caracterización de régimen hídrico más mal drenado que proporciona más humedad. La formación de coladas de barro, donde la desecación criogénica no deja su impronta en las figuras

texturales, caracteriza a estas microfacies granulares esféricas del techo de GI. La humectación y la evolución de un mal drenaje también está evidenciado con la aparición de la soldadura (welding) en la microestructura (Kwaad y Múcher 1994).

A techo del muestreo las muestras micromorfológicas contienen fragmentos de costras estalagmíticas. Estas estalagmitas están dispuestas dentro de materiales sedimentarios endocársticos redistribuidos, de las microfacies 5. Esta conexión con microfacies 5 permite sugerir una posición *ex situ* de estas estalagmitas. Esta interpretación según la cual estos fragmentos estalagmíticos son redistribuidos cuestiona la identidad cronoestratigráfica de la base de la secuencia de Galería. Estas costras estalagmíticas muestran una posición análoga a las descritas para TGII (c) nivel 4 de Gil (Gil et al. 1987), muestra AT-B (Grün y Aguirre 1987).

Junto a los procesos sedimentarios de redistribución de las microfacies de interior durante la formación de GI post Matuyama hay que añadir los procesos de modificación postdeposicional. Los caracteres texturales han sufrido importantes modificaciones debidas a la albización, y la elu-iluvación de finos y sesquióxidos. Estas modificaciones afectan a los caracteres mineralógicos y texturales de estas microfacies 5.1. Estos procesos de albización que caracterizan estas microfacies y la elu-iluvación confirman la tasas de sedimentación baja. Estos procesos de transformación postdeposicional los hemos encontrado descritos en las rañas pleistocenas peninsulares (Benayas et al. 1991).

El cambio de microfacies en el contacto de GI-GII es muy sutil dentro de este escenario de modificaciones postdeposicionales caracterizadas por los movimientos de partículas en el interior del perfil. Puede caracterizarse por la aparición de arcillas rojas (figura 9.1.1, unidad 13) y el creciente mal drenaje de las superficies de los depósitos. Este contacto está formado las microfacies de arena y arcilla marrón vesicular (F.4.1.1). La acreción sedimentaria se ve ralentizada en la base de GII con la aparición de microestructuras vesiculares en las que la porosidad de figuras de desecación (Vliet-Lanoë 1985) y microestructuras laminares finas, conservadas localmente, indican la formación de un espeso lóbulo de soliflucción. En la base de TN2B, en TG7 de (Gil et al. 1987), este lóbulo está formado por la imbricación de arenas y arcillas laminares con microestructura globular esférica (F.4.1.1) y vesicular (F.4.1.2). En la base de este lóbulo, las microfacies granulares esféricas contienen arenas bien lavadas eluviales y segregaciones criptocristalinas fragmentadas

En las muestras de colada covacha, las microfacies muestran también la redistribución de facies de interior y caracterizan el nivel de campo de TZ designado como IId. Los rasgos eluviales de las microfacies de la base de GII de Covacha señalan esta fase de erosión de los depósitos de interior redistribuidos de GI, y las arenas mal lavadas de sus rasgos texturales el moderado drenaje de la superficie del depósito.

En TN-TG el mal drenaje de la superficie del depósito se expresa por la abundancia de la fracción fina, que implica la lentitud de la acreción sedimentaria, y la infiltración lateral en forma de microfacies microlaminares. También la aparición de fisuras horizontales de desecación rellenas de segregaciones criptocristalinas de hierro y fosfatadas indican el mal drenaje de la superficie de los depósitos sometidos



procesos de acumulación de materiales orgánicos y su impregnación por hierro cobran su mayor desarrollo en la secuencia estratigráfica de TG-TN (figura 9.1.2. muestra IV) Hay que recordar que estas microfacies microlaminares organominerales (F.4.3.1) se localizan ya desde la misma base de la discontinuidad de la magnetozona Brunhes, en G.I (figura 9.2.1, Muestra I). Estas microfacies microlaminares organominerales muestran los procesos de formación discutidos en la clasificación de microfacies sedimentarias de la colección de referencia. Estas acumulaciones organominerales muestran procesos de acumulación in situ, y enterramiento lento expresado por la distribución relacionada porfírica abierta de la FG y la FF. Los rasgos texturales microlaminados colmatan casi totalmente la porosidad vesicular yuxtapuestos a rasgos texturales eluviales, en forma de costra deposicional, para formar rasgos texturales elu-iluviales característicos de las microfacies microlaminares organominerales.

La identificación de la acumulación orgánica no es posible dada la ausencia de tejidos. La limitación fótica, por la ausencia de aberturas de Galería durante su formación, arranca desde la GI y señala un aspecto a relacionar con su interpretación. Otro dato observado en lámina es la ausencia de agregación, que limita la presencia a organismos vegetales endolíticos, y la ausencia de fitólitos. Pensamos que es necesario establecer metodologías y procedimientos para abordar la multicausalidad para bien caracterizar estas murcielaguinas, tal como o hemos discutido para las acumulaciones de carbones en las microfacies sedimentarias.

En la discusión de formalizada en la clasificación de microfacies sedimentarias hemos apuntado la asignación provisional a turberas degradadas mediante las descripciones de éstas en la literatura de referencia (Babel 1975)

Una interpretación con argumentos de estas acumulaciones orgánicas puede iniciarse mediante la distinción entre un proceso de formación geogénico y un proceso edáfico de paludificación (Arnold 1983). Como proceso geogénico, las acumulaciones orgánicas están ampliamente referenciadas en la litoestratigrafía del Pleistoceno Medio. En las latitudes medias del Oeste de Europa, existe la designación litoestratigráfica a depósitos orgánicos del Pleistoceno Medio y Inferior de carácter "templado" (Gibbard et al., 1991), por ejemplo las arcillas orgánicas Cromerienses de West Runton. Sin embargo, no siempre es clara su posición cronoestratigráfica y paleoclimática. Algunos de estos depósitos orgánicos, parecidos a podzoles de finales del Pleistoceno inferior y inicios del medio, son interpretados por representar movilizaciones profundas y no edáficas de hierro (Valentin y Dalrymple 1976a). Más indicativa es la naturaleza litológica de la turbera de "Herning type", que caracteriza la localidad epónima del último interglacial Eem, en el norte de Europa (Mangerud 1991). Los paleosuelos formados por sols lessivés (brown earths) y pseudogley en el noreste de Europa muestran una fuerte correlación con los procesos edáficos que señalan interglaciales (Catt 1986). En la parte alta del valle del Misisipi, los suelos enterrados húmicos de gley, pese a su carácter azonal y rango climático ancho, del gran grupo de suelos marrón grises podzólicos tienen una posición estratigráfica interglacial (Yarmouth) (Simonson 1954).

La interpretación de los procesos de formación de TN2B por pseudogley no es

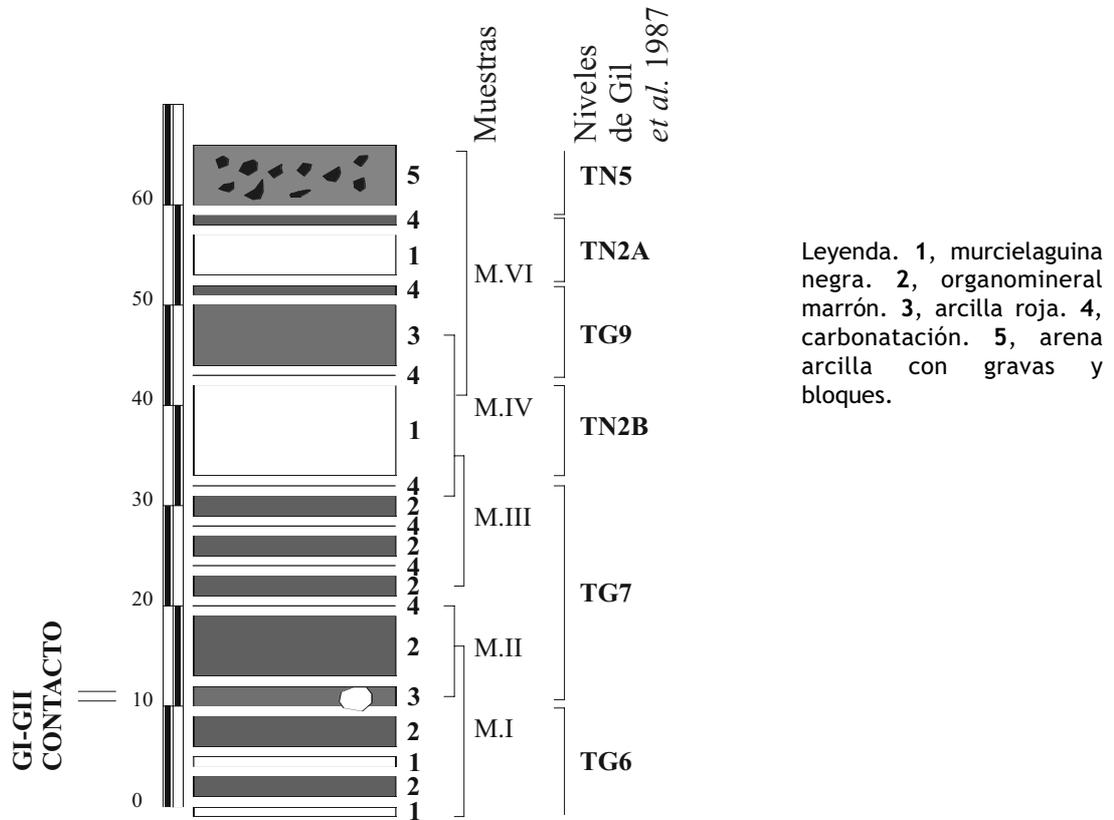


Figura 9.1.2. Croquis de la sección en el perfil de H23. Muestreo microestratigráfico del contacto G.I-G.II.

coherente con los procesos de edafoturbación y de iluviación detectados en TG7 con microfacies microlaminares microagregadas (F.4.3.2). En estas microfacies con rasgos texturales elu y iluviales y acumulación de componentes orgánicos señalan una sedimentación baja. El ambiente oxidante está indicado por los fenómenos de movilización y concentración del hierro, por los rasgos criptocristalinos y amorfos rojizos límpidos y opacos (manganeso) sobre los componentes orgánicos sedimentados y las estructuras sedimentarias microlaminares de TN2B.

El régimen de la humedad más regular, sugerido por los rasgos iluviales densos y microlaminados, y la naturaleza de los rasgos criptocristalinos de precipitación de hierro que impregnan la estructura sedimentaria microlaminar de TN2B, nos indican la movilización del hierro que caracteriza los procesos edáficos de empardecimiento (Benayas 1997). El régimen hídrico más regular, que manifiesta un buen drenaje de las formaciones de la Sierra, apunta al establecimiento de un clima más atlántico que mediterráneo en el techo de GIIa (TN2B-TG7)

Finalmente también la distinción del carácter geogénico o edáfico de la acumulación organomineral de estas microfacies microlaminares puede discutirse mediante la existencia de horizonación. Es de destacar la práctica ausencia de horizonación en las murcielaguinas de GI. Esta ausencia puede explicarse por las truncaduras-erosiones en

el contexto de la sedimentación baja y criogénica observada en G.I. En la también acumulación microlaminar organomineral de TN2B hay evidencias de la presencia de un horizonte eluvial en su techo. Este horizonte identificado en el campo como TG9, ha sido caracterizado como epipedión en la clasificación de microfacies (F.3.2.2). Tiene estructura sedimentaria microlaminar, agregación poliédrica subangular, microagregación, porosidad de canales y rasgos texturales eluviales y nódulos microglobulares rojizos criptocristalinos. Esta horizonación se produce significativamente durante la abertura de la cavidad con la formación de la sima de TN y la entrada de las microfacies con composición externa dominante, que forman el TG9 de Gil y separan TN2B del TN2A (figura 9.2.2, muestras IV y VI).

Durante la sedimentación del TN2B no existen estas condiciones de abertura de la cavidad ni los procesos de edafoturbación. La acumulación organomineral y la acumulación de hierro y manganeso son producidas por el régimen hídrico mal drenado, mientras que con la abertura de la cavidad la actividad biológica y los procesos de formación de suelo mejoran el drenaje de la superficie de los depósitos. Por las características de los fragmentos amorfos, planteamos la hipótesis que la acumulación de materia orgánica puede derivarse de la acumulación de los tejidos radiculares que han contribuido a debilitar el techo que posteriormente dará lugar a la formación de la Sima de TN. Esta hipótesis se apoya en la ausencia de una zona fótica durante la formación de la acumulación organomineral de TN2B, y las murcielaguinas de GI, que limitan el desarrollo de una cobertura vegetal en la cavidad.

Las dificultades de reconocimiento de esta compleja sucesión de acontecimientos registrados en la estratigrafía de GI y GII se deben a que podemos evidenciar una fase edáfica sobrepuesta a la acumulación organomineral de TN2B durante la abertura de la cavidad. Esta fase edáfica es seguramente estimulada por la formación de una zona fótica y también por la aparición de niveles coprogénicos in situ de murciélagos en el TG8 y techo de TN2A. Las transformaciones edáficas del TN2B en forma de revestimientos calcíticos pseudomórficos (de siderita ?) corresponden a esta fase en forma de horizonte de acumulación de carbonatos, por afloramiento de la capa freática rica en materia orgánica y bicarbonatada, y la existencia de un contraste en la estacionalidad de la humedad.

A los procesos de transformación edáficos detectados en TG8 (en la base de GIIb y techo de GIIa), con las microfacies microlaminares de arena y arcilla roja (F.3.2.2), se le sobrepone otra fase de transformación edáfica de horizontes profundos. Esta otra fase de registro de transformaciones edáficas está relacionada con la formación de un horizonte paleoargílico en los niveles de la base de GIIb (TG10C y D).

Los niveles de la base de GIIb, TG10 D y C, están formados por las microfacies de arena y arcilla roja (F.3.1.2) con bloques y gravas flotantes, microestructura de canales y agregación prismática. Esta fase de modificación postdeposicional por procesos edáficos en la cavidad señala el carácter mal drenado heredado de la posición del depósito sedimentario en el aparato cárstico de Galería. Este drenaje malo también está relacionado con la aparición de rasgos amorfos pseudomórficos negros y de pápulas deformadas que sugieren un régimen de humedad poco

Grupos de relleno	Niveles	Microfacies	Micro estructura	Transporte	Modificaciones post-deposicionales
GIV	TG12	F.2.1.2.	Vesicular	Hídrico Gravitacional	Crioturbación Humectación Desecación
		F.2.2.1	Masiva	Hídrico	Crioturbación
GIIIb	TG11 GSU1 a GSU6	F.1.1	Cavidades abiertas y cerradas	Gravitacional rápido y hídrico	Carbonatación Desecación Cumulación
		F.1.2.2.	Vesicular	Hídrico	Cumulación
		F.2.1.2 F.2.2.1	Vesicular	Hídrico Gravitacional	Crioturbación Humectación Desecación
GIIIa	TG11 GSU 7 A TG10A	F.2.1	Cavidades abiertas Vesicular	Hídrico Gravitacional (colada de barro)	Crioturbación Humectación Desecación
		F.2.2	Masiva Vesicular	Hídrico	Crioturbación
GIIb	TG10B TG10C-D	F.2.1	Cavidades abiertas Vesicular	Hídrico Gravitacional (colada de barro)	Crioturbación Humectación Desecación
		F.3.1.2	De canales Microagregada	Hídrico y gravitacional (colada de barro)	Decarbonatación Humectación Elu e Iluviación Cumulación Truncadura
GIIa	TG9-TN2A TN2B TG7 TG10cc	F.3.1.2	Microagregada	Hídrico	Decarbonatación Humectación Eluviación Bioturbación Cumulación
		F.4.3	Fisural organomineral	Gravitacional y hídrico	Paludificación Brunificación Impregnación Carbonatación
		F.4.1	Vesicular y granular esférico	Hídrico (colada de barro solifluidal)	Crioturbación Elu e Iluviación
GI	TG4 a TG6	F5.1	Vesicular y granular esférico	Hídrico (colada de barro solifluidal)	Crioturbación Albización Elu e Iluviación
		F.4.3	Fisural organomineral microagregada	Gravitacional y hídrico	Paludificación Brunificación Impregnación
		F.5.2	Vesicular	Hídrico	Albización Elu e Iluviación Impregnación

Tabla 13.1. Microfacies y su zonación estratigráfica, con sus principales implicaciones discutidas en la caracterización mediante los procesos de formación de sedimentos de los grupos de relleno.

contrastado. La intensidad de alteración fuerte y última de los fragmentos carbonatados también indica este régimen de la humedad del sedimento junto con los procesos de decarbonatación en la cavidad. Además, los revestimientos de limoarcilla, continuos entorno a grano, nos señalan a la erosión laminar. La formación de costras sedimentarias en la superficie del depósito, a su truncadura, no es evidenciada. Precisamente es la humectación y la actividad biológica señalada por la microestructura de canales la que incide en su integración en la agregación prismática y no preservación. De estos fenómenos de truncadura de los depósitos, y en general la preservación de rasgos texturales eluviales, sólo podemos observar líneas de gravas.

Esta fase puede caracterizarse por el transporte lento al interior de la cavidad sedimentos derivados de horizontes profundos de suelos rojos mediterráneos. Durante la formación de TG 10 D, C y B estos sedimentos derivados de suelos rojos muestran también estos procesos de modificación edáfica en Galería. Estas microfacies de arena arcilla roja decarbonatadas con gravas flotantes y agregación prismática (F.3.1.2) registran esta evolución con un drenaje de moderado a malo que señala las abundantes modificaciones tixotrópicas que indican sus abundantes segregaciones texturales. Estas modificaciones sugieren la paulatina aparición de caracteres edáficos vérticos en la evolución postdeposicional de G.IIb adquiridos en la cavidad. Los procesos de autocolmatación en FF señalados por la abundancia de las segregaciones texturales y distribución relativa porfírica indican el aumento del mal drenaje de la superficie del depósito y la estabilidad temporal de la geomorfa de G.IIb. El techo de este depósito está modificado por la crioturbación que exhiben las microfacies de arena y limo con gravas y bloques rojas (F.2.1). Este depósito representa una fuerte variación de los procesos de formación ya que muestra procesos de sedimentación rápida promovidos por la fragmentación de la pared de la cavidad. Así, si la base de G.IIb se caracteriza por una sedimentación lenta, truncaduras y homogeneización por edafoturbación (humectación y actividad biológica), en el techo de G.IIb hay una importante renovación de la superficie del depósito por acreción sedimentaria gravitacional en TN6. Este cambio parece pues el correlativo a la discordancia angular señalada en la diferenciación de GII y GIII (Pérez González et al. 1999).

La formación del depósito de G.III ha sido discutido con detalle en nuestra investigación inicial del relleno (Vallverdú 1999). En la parte basal, G.IIIa, con microfacies formadas durante unas condiciones frías y húmedas (Vallverdú 1999), las microfacies señalan modificaciones postdeposicionales de una fase. Esta evolución postdeposicional es jerarquizada por las modificaciones criogénicas tal como muestran las microfacies 2 de arena y limo rojo decarbonatado. Posiblemente esta decarbonatación es heredada de las formaciones superficies de la Sierra ya que en los rellenos, la sedimentación es rápida tal como sugieren el repetido espesor de las estructuras sedimentarias que muestran un transporte hídrico alternando con crioclastia gravitacional y alguna microfacies con transporte en colada cuando el descongelamineto criogénico es más acusado. La entrada de flujos hídricos que inundan la cavidad está indicada por las estructuras laminares con fuerte heterometría vertical. Su riqueza en componentes micácicos invoca la presencia de

acumulaciones eólicas en las pendientes de la Sierra no estabilizadas por la vegetación. Sin embargo, la actividad edáfica en las pendientes de la Sierra puede inferirse por la composición decarboxada de la fracción fina que caracteriza estas facies. La inundación de la cavidad por las microfacies de lechos con fuerte herometría vertical muestra abundantes rasgos eluviales con arena bien lavadas que sugieren la entrada de aguas en la cavidad durante la fusión de nieves.

Los procesos de carbonatación de las microfacies 1 permite emplazar un régimen de la humedad del suelo más contrastado característico de G.IIIb. Este régimen hídrico más contrastado señalado por la aparición de las microfacies 1, de arena y limo marrón amarillo calcítico y carbonatado, sugieren más aridez en las condiciones ambientales de formación. Estas microfacies se intercalan con las microfacies de arena y limo rojo decarbonatado marcando rápidos cambios en el registro de la humedad que pueden indicar como hipótesis de trabajo fases interestadiales-estadales. Estas microfacies calcíticas y carbonatadas marrón amarillas muestran mayor discontinuidad de la sedimentación hídrica. Esta falta de regularidad en la esorrentía que capta el relleno, ha sido interpretada por la ausencia de formaciones superficiales en la Sierra en la clasificación de facies. Esta escasa capacidad de retención hídrica de las formaciones superficiales de la Sierra puede fundamentar la hipótesis de trabajo para explicar la inundación de la cavidad por la entrada de aguas tras lluvias copiosas y concentradas. Esta mayor frecuencia de los ciclos de desecación está reflejada en los depósitos con la formación de lechos con gravas homométricas por gelifracción de la pared, que indican la fragmentación gravitacional de la pared que forma la caja de la cavidad, y que caracterizan el techo del grupo de relleno III (G.IIIb).

Las microfacies de G.IV parecen indicar un aumento de la humedad unida a la aparición de modificaciones criogénicas superficiales parecidas a G.IIIa.

### **Síntesis**

La microestratigrafía de Galería y la caracterización de las fases de relleno mediante las microfacies ha permitido caracterizar diferentes medios y procesos sedimentarios (Arche 1989) relacionados con una interpretación ambiental del depósito de Galería:

1, antes de la transición de materiales endocarsticos a exocársticos de G.I a G.II hemos identificado el transporte hídrico con las microfacies 5 en las que se registra la inversión magnética Matuyama. En la transición G.I a G.II las microfacies endocarsticas, con polaridad Bhrunes, hemos registrado una sedimentación gravitacional, de reptación solifluidal posiblemente asistida por flujos hídricos externos, que implican una redistribución de los materiales endocarsticos (F.5); y acumulaciones organominerales (F.4) in situ. Esta zonación microestratigráfica de las microfacies de G.I y las mecanismos de formación de las microfacies 4 y 5 apuntan al registro ambiental de la alternancia de condiciones frías (F.5) y condiciones cálidas (F.4) con una sedimentación muy baja y varias discordancias angulares.

2, la transición entre GII y GIII con discordancia angular está caracterizada por un medio sedimentario predominantemente gravitacional con microfacies homogénea

(F.3) que forma G.II, y un medio sedimentario mixto, predominantemente mixto y gravitacional, en la que existe una alternancia de microfacies (F.3, F.2, F.1). La interpretación ambiental de las microfacies de los medios sedimentarios señalan procesos de formación en condiciones cálidas con geoformas estables (G.II) y procesos de formación rápidos que registran cambios ambientales rápidos (G.III y G.IV) característicos de fases interestadiales y estadales (Allen et al. 1999; Andel y Tzedakis 1996).

Un aspecto interesante a destacar de la caracterización de las discordancias de los Grupos de relleno de Galería, ya sea la que caracterizan la abertura definitiva de la cavidad (G.I-G.II) como la que señalan el cambio en el medio sedimentario (G.II-G.III), es la aparición de mecanismos formadores de microfacies con características que pueden relacionarse con la sedimentación de períodos interglaciales y glaciares en entradas de cuevas y abrigos. A título estimativo, la integración interdisciplinar sobre Galería ha estimado para GII una asignación cronoestratigráfica dentro de un interglacial, *sensu lato*, mientras que para GIII le ha sido asignado una posición estratigráfica glacial (Rosas et al., 1998). Esta caracterización de los procesos de formación, que pueden sugerir períodos de sedimentación interglacial o glacial en la Sierra de Atapuerca, puede ser de gran ayuda para la interpretación de la integridad del registro sedimentario que poseen los rellenos de entrada de cavidad de la Sierra y su continuidad. En los rellenos de entrada de cueva y abrigos de varias regiones francesas del último ciclo glacial-interglacial (Campy et al., 1994), las variaciones de la amplitud y frecuencia de las lagunas sedimentarias en rellenos de entradas de cuevas y abrigos no son uniformes. Parece ser que estas diferencias entre regiones, y entre rellenos sedimentarios de la misma región, pueden ser causadas por la proximidad y el avance del frente glacial. Los procesos de destrucción del registro sedimentario causados por la activación de la red carstica y la solifusión son generalizados en los yacimientos cercanos a las regiones glaciares (Campy et al., 1994). En regiones alejadas de las zonas glaciares o de los fenómenos de fusión glacial, como en el Perigord francés, con clima atlántico atenuado (a 250 km. alejado de los Pirineos y a 150 km. del Macizo Central), existe una remarcable continuidad sedimentaria en los rellenos de entrada de cuevas y abrigos (Campy et al., 1994).

El registro sedimentario de los rellenos de entrada de cueva de la Sierra de Atapuerca, en una encrucijada de biomas y con un registro paleontológico-paleobiogeográfico caracterizado por taxones en el que destaca la ausencia de un registro faunístico glacial centroeuropeo (Made, 1999; 1999b; Rodríguez 1997), ¿puede compararse al modelo citado de las cuevas del Perigord con un periglacialismo atenuado? (Campy et al., 1994). La presencia de fenómenos de formación sedimentarios durante períodos glaciares, registrados en las microfacies de Galería y sugeridos por los datos cronoestratigráficos, señalan así un modo de registro sedimentario que favorece la preservación y la continuidad de sedimentos formados durante períodos fríos. Este modelo atenuado del periglacialismo, que parece contrastarse con las implicaciones bioestratigráficas y paleobiogeográficas, tiene que fundamentarse mediante estudios regionales, especialmente con la cronología de los fenómenos periglaciares registrados en la Sierra de la Demanda, origen de la cuenca del Arlanzón (Asensio et al. 1994).

## 9.2. MICROFACIES DE GRAN DOLINA

En la tabla 9.2.1 presentamos las microfacies que contienen los conjuntos estratigráficos (TD) del Pleistoceno inferior. Las tablas 9.2.2 y 9.2.3 detallan los resultados sobre el tercio superior de TD6, en el muestreo microestrigráfico del contexto sedimentario del Estrato Aurora. La tabla 9.2.4 presenta las microfacies escogidas de los depósitos del Pleistoceno medio de Dolina.

### TD4

La parte basal de TD4 está caracterizada mediante las microfacies 4.2. Su composición de arena y arcilla marrón flotantes totalmente decarbonatada contiene bloques y gravas de fragmentos de caliza cretácica y fragmentos de materiales sedimentarios relictos. La presencia de fragmentos clásticos permite establecer que pese a la renovación en caliza existente el depósito, la decarbonatación de la FF se produce en la cavidad. La presencia de los materiales relictos de microfacies de interior que, además, muestran una heterogeneidad de la intensidad de alteración, no sólo observable en los componentes sino en los rasgos, nos indica el carácter cumúlico de este depósito. Este carácter cumúlico en el origen de la FG y la FF ha de estar también reflejado en los mecanismos de transporte de los sedimentos.

La evolución postdeposicional también señala una concatenación desarrollada de modificaciones que permite caracterizar diversas fases de alteración. Estas fases de alteración muestran, sin embargo, un régimen de la humedad elevado tal como explica la misma naturaleza de las microfacies con total decarbonatación. Otras modificaciones son la decalcarización de los fragmentos carbonatados, la desferruginización o segunda iluviación mencionada en los paleosuelos de terrazas antiguas (Bornand 1987). Otros rasgos son la presencia de nódulos microglobulares de finos a medios rojizos y opacos junto a zonas con la fracción fina amarilla de límpida a un poco moteada, característica de procesos de pérdida y concentración de hierro con ciertos paralelismos con suelos documentados en rañas (Benayas 1997). Los límites claros, redondeo y carácter anhórtico de su fábrica interna posiblemente indiquen la fragmentación y redeposición de rasgos criptocristalinos de hierro coherentemente con el contexto cumúlico y la heterogeneidad de los componentes de estas microfacies laminares masivas.

La ausencia de rasgos texturales y el carácter prismático de la macroestructura señala los procesos de autoacumulación en fracción fina de depósitos con una larga estabilidad morfo genética y una evolución hacia el mal drenaje de la superficie del

*Micromorfología de las facies sedimentarias...*

Conjunto estratigráfico	Microfacies	Micro estructura	Transporte	Modificaciones post-deposicionales
TD4 (base)	F.4.2 Arena arcilla marrón totalmente decarboxada con lechos de bloques y gravas	Masiva	Gravitacional y hídrico	Humectación Decarboxación Brunificación Impregnaciones amorfas negras Cumulación Truncaduras
TD5 (base)	F.3.1.2 Arena y arcilla roja decarboxada con lechos de bloques y gravas	Microagreada	Gravitacional y hídrico	Bioturbación Cumulación Truncaduras
TD6 (Aurora Stratum)	F.4.3.2 Arena y arcilla marrón totalmente decarboxada microlaminar	Microagregada	Hídrico	Decarboxación Humectación Brunificación Impregnación Cumulación Iluviación
	F.1.2.1 Arena y limo marrón amarillo calcítico y carbonatado en lechos heterométricos	Masiva	Hídrico	Carbonatación Desecación Desferrificación Cumulación
	F.3.1.2 Arena y arcilla roja decarboxada en lechos con bloques y gravas	Microagregada	Gravitacional y hídrico	Decarboxación Carbonatación Humectación Desecación Bioturbación Argilización Cumulación Truncaduras
TD7 (base)	F. 1.2.2 Arena y limo marrón amarillo calcítico y carbonatado microlaminar	Vesicular	Hídrico	Cumulación
TD7 (techo)	F.1.1.1 Arena y limo marrón amarillo calcítico y carbonatado con lechos de gravas	Cavidades cerradas	Hídrico	Carbonatación Deferrificación Humectación Desecación Cumulación

Tabla 3.2.1. Principales caracteres y procesos descritos de las microfacies de los conjuntos estratigráficos del Pleistoceno Inferior de Gran Dolina.

depósito.

### **TD5**

Las microfacies de la parte basal de TD5 muestreada corresponden a una arena arcilla roja decarbonatada con bloques y gravas laminar (F.3.1.2). Esta muestra se localiza en una zona rica en FG y FF con clastos flotantes y gravas. Su estructura sedimentaria está indicada por líneas de gravas y bloques flotantes. Otros componentes son algunos fragmentos relictos.

Los fragmentos carbonatados muestran diferentes intensidades de alteración. Pero, sin embargo, los rasgos calcíticos son escasos. Esta ausencia de rasgos parece indicar una régimen de la humedad bien contrastado. Esto se observa en la microagregación y agregación granular que señala el buen drenaje de la superficie del depósito. El escaso desarrollo de procesos edáficos está marcado por la ausencia de rasgos texturales y abundantes pápulas y relictos de suelos. También existen rasgos de pérdida pero localizados. Además, hay nódulos anhórticos cristalinos. Entre los rasgos de fábrica existen agregados decarbonatados subsféricos. Las zonas decarbonatadas observadas son de difícil separación de los componentes sedimentarios relictos decarbonatados.

Esta escasa evolución de los procesos postdeposicionales indican la presencia de un sedimento derivado de suelo transportado a la cavidad. La evolución postdeposicional en la cavidad es limitada a los citados rasgos calcíticos de difícil separación de otros rasgos calcíticos anhórticos. El escaso desarrollo de los fenómenos edáficos indican una alta sedimentación durante este tramo stratigráfico. Este escaso desarrollo de los procesos edáficos en la cavidad, y la rápida acreción sedimentaria, ha sido señalada en la clasificación de microfacies mediante la hipótesis de trabajo que indica la formación de horizontes cámbicos de suelos rojos en la superficies de la Sierra. A falta de un muestreo más fino, los caracteres texturales con poca arcilla de estas muestras, más la microestructura microagregada, pueden ser indicios de un horizonte eluvial.

### **TD6-Estrato Aurora**

El Estrato Aurora compuesto por una secuencia en la que alternan las microfacies F.1.2.1 (arena y limo marrón amarillo calcítica y carbonatada con una estructura sedimentaria de lechos con fuerte heterometría vertical) y las F.4.3.2 (arena arcilla totalmente decarbonatada microlaminar). Esta secuencia ha sido caracterizada por la delimitación de unidades microstratigráficas (UM) elaboradas mediante las características texturales, microestructurales y la naturaleza de los límites, observados en lámina delgada en continuidad vertical (figura 9.2.1). Esta secuencia está limitada a muro y a techo por dos depósitos que contienen microfacies formadas por arenas y arcillas rojas decarbonatadas con bloques y gravas flotantes (F.3.1.2).

La secuencia de las microfacies del Estrato Aurora indican procesos de sedimentación rápidos. Las microfacies de arena y limo marrón amarillo calcítico y carbonatado muestran el registro de evolución postdeposicional de una fase que caracterizada por la carbonatación y la desferrificación con un régimen de la humedad con

estacionalidad acusada. La buena conservación de la estructura sedimentaria con una fuerte heterometría vertical invoca una carga turbulenta de arenas calcíticas y limos carbonatados. La carbonatación sugiere oscilaciones de la capa freática de origen pluvial. La preservación de la estructura sedimentaria señala un enterramiento rápido. La discontinuidad señalada por la carbonatación, que sugiere oscilaciones de la capa freática pluvial, permite emplazar una débil retención hídrica de las formaciones superficiales de la Sierra característico del contraste estacional del régimen de humedad de las microfacies 1 (ústico). Como hemos discutido en la clasificación de facies, estas microfacies 1 señalan las condiciones de humedad más secas de la clasificación. En la actualidad, las formaciones vegetales sólo están limitadas por las bajas temperaturas y no por la sequedad (Tarazona 1984).

Las microfacies de arena arcilla marrón totalmente decarbonatadas microlaminadas contienen una alteración última de los fragmentos carbonatados en forma de pseudomorfos fosfatados, muchos de ellos estalagmíticos que muestran la substitución de tejidos histológicos de vegetales (de tipo musgo estalagmítico) o la alteración sobre fragmentos carbonatados de talus endolíticos algales (Viles 1987). Su sedimentación microlaminar más la intensidad de alteración homogénea señalan un régimen de la humedad continua. Esta humedad regular indica así una mejora del drenaje de las superficies de los depósitos. Este drenaje está relacionado con la actividad biológica ya que en las UM del techo del Estrato Aurora arqueostratigráfico desarrollan una agregación poliédrica. La aparición de este régimen regular de la humedad en el suelo sugiere un aumento de la retención hídrica de los suelos de la Sierra. Este registro sedimentario de la cavidad, con un régimen de la humedad continuo, y retención hídrica en los suelos de la Sierra ha sido interpretado mediante la hipótesis de trabajo según la cual se establece un clima atlántico en la Sierra, el equilibrio de los suelos pardos (Duchaufour y Souchier 1984), correspondiente al bioclima de la cornisa cantábrica (Ibañez et al., 1997). Los procesos edáficos registrados en estas microfacies de arena y arcilla marrón totalmente decarbonatada microlaminar (F.4.3.2) muestran iluviación de revestimientos delgados polvorientos, orgánicos, y la movilización de hierro y manganeso como señala fracción fina límpida a poco moteada y abundantes pseudomorfos amorfos negros en la porosidad de canales (tabla 9.2.2).

El reconocimiento de las estructuras sedimentarias de transporte hídrico, microlaminar y con fuerte heterometría vertical, en las dos microfacies que se alternan en la formación del Estrato Aurora permite contrastar la presencia de un punto de agua en Gran Dolina tal como han sugerido otros investigadores del registro arqueopaleontológico (Carbonell 1998a; Díez et al., 1999; Sánchez Marco 1999). Esta sedimentación hídrica explica la presencia de procesos sedimentarios favorables a la separación y registro diacrónico de las ocupaciones humanas en el Pleistoceno Inferior de Gran Dolina. Con nuestra aproximación microestratigráfica hemos estimado las condiciones de deposición hídrica para valorar positivamente que existe la conservación de las relaciones espaciales del registro mediante un enterramiento de baja energía (tabla 9.2.3).

A techo de estas UM con las microfacies de arena arcilla marrón existen costras

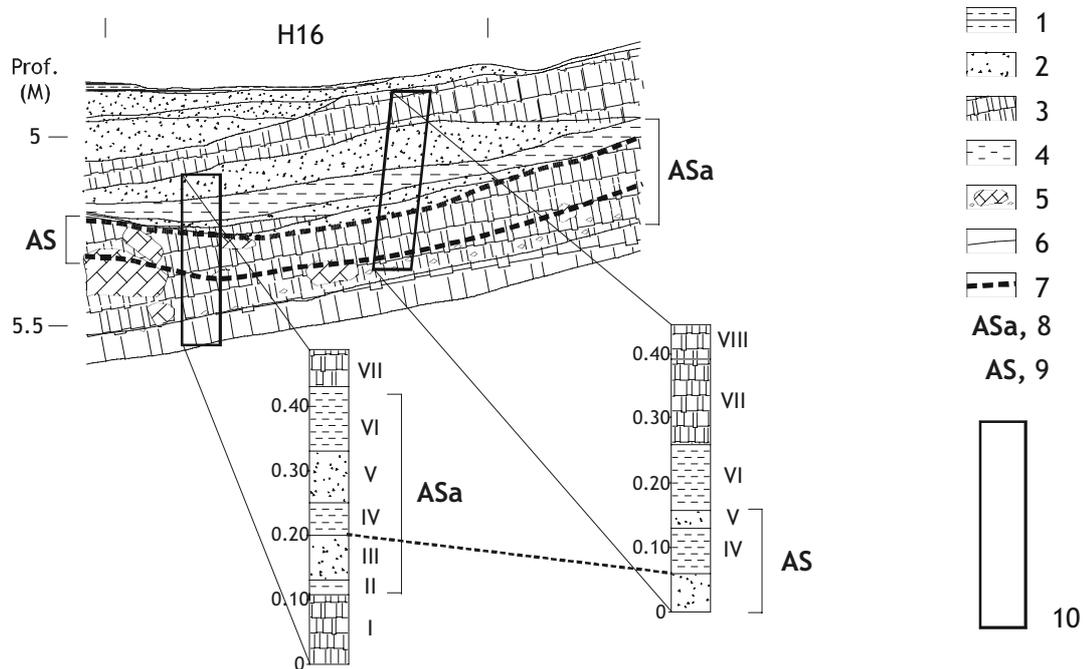


Figura 9.2.1. Perfil litoestratigráfico de la sección Oeste del tercio superior de TD6 en el sondeo de Gran Dolina. Definición de los límites de unidades microestratigráficas (UM) en cifras romanas. Los límites están establecidos con la ayuda de las láminas de gran formato muestreadas en continuidad. Existe un redefinición entre la descripción de campo y las microfacies determinadas en las unidades microestratigráficas.

Leyenda. 1, limos cementados de estructura laminar y arcillas prismáticas finas intercaladas rojo amarillentas. 2, arenas finas y limos marrón amarillos masivos con láminas cementadas con gravas. 3, arena y arcillas rojo-amarillo con gravas finas y medias dispersas con estructura prismática media a gruesa. 4, limo y arena fino amarillo rojizo con estructura poliédrica subangular con moteado blanco. 5, bloques y gravas. 6, límites claros en el campo. 7, límites del contexto sedimentario donde se localizan la mayoría de restos humanos coordinados cerca del perfil Oeste del sondeo. 8, AS: Aurora Stratum. 9, ASa: Aurora Stratum arqueostratigráfico. 10, posición de las muestras sedimentarias sin perturbar.

sedimentarias deposicionales. Estas costras sedimentarias deposicionales están más fragmentadas por la actividad biológica hacia techo de Aurora Estrato arqueostratigráfico (UM VI). Estas costras muestran láminas con arenas calcíticas que parecen anticipar la sedimentación de las microfacies de arena y limo calcítico y carbonatado marrón amarillo (F.1.2.1). Esta alternancia de microfacies en el Estrato Aurora arqueostratigráfico muestran una frecuencia alta de cambios ambientales. Esta alta frecuencia de cambios ambientales está actualmente bien establecida para caracterizar los períodos glaciares del Pleistoceno Superior (Allen et al. 1999; Andel y Tzedakis 1996), y parece que se está reconociendo en el registro sedimentario continuo marino del Pleistoceno medio (Oppo et al., 1998). Esto nos ha permitido inferir la hipótesis de trabajo, que esperamos mejorar, según la cual las ocupaciones humanas registradas en estas microfacies pueden situarse durante la sedimentación

*Micromorfología de las facies sedimentarias...*

U.M.	Intensidad de alteración de la FG	Rasgos texturales	Rasgos cristalinos	Rasgos cripto-cristalinos
I	Fuerte a última	Intercalaciones de arcillas polvorientas Costras sedimentarias fragmentadas	Impregnaciones y revestimientos de calcita	Pseudo-mórficos y hipo-revestimientos
II	Última	Revestimientos de arcillas polvorientas y playas lavadas		Pseudo-mórficos y agregados nodulares
III	Fuerte a última		Impregnaciones y revestimientos de calcita	Pseudo-mórficos y hipo-revestimientos
IV	Última	Revestimientos de arcillas polvorientas y playas lavadas Costras sedimentarias	Pocos nódulos y pseudo-morfos	Pseudo-mórficos y agregados nodulares
V	Fuerte a última		Impregnaciones y rellenos densos de calcita	Nódulos agregados
VI	Última	Revestimientos de arcillas orientadas Costras sedimentarias fragmentadas	Abundantes nódulos y revestimientos pseudo- mórficos	Pseudo-mórficos y agregados nodulares
VII	Fuerte		Impregnaciones y revestimientos de calcita	Pseudo-mórficos y agregados nodulares
VIII	Fuerte a última	Revestimientos y intercalaciones de arcillas polvorientas Costras sedimentarias fragmentadas	Impregnaciones y rellenos densos de calcita Nódulos	Pseudo-mórficos y revestimientos

Tabla 9.2.2. Microfacies, rasgos edáficos y intensidad de alteración de la fracción calcítica del tercio superior del nivel TD6-Estrato Aurora.

U.M.	Facies sedimentarias	Transporte	Regímen hídrico	Estimación ombro-térmica
I	F.3.1.2	Gravitacional lento con costras sedimentarias	Drenado moderado con déficit estacional contrastado	Cálido-seco
II	F.4.3.2	Hídrico lento de energía débil	Drenado moderado con déficit estacional poco marcado	Fresco-húmedo
III	F.1.2.1	Hídrico rápido de energía fuerte y media	Mal drenado con saturación estacional	Templado- seco
IV	F.4.3.2	Hídrico lento de energía débil	Bien drenado sin déficit estacional	Templado-húmedo
V	F.1.2.1	Hídrico rápido de energía fuerte y media	Mal drenado con saturación estacional	Templado- seco
VI	F.4.3.2	Hídrico lento de energía débil	Bien drenado con déficit estacional poco marcado	Templado-húmedo
VII	F.3.1.2	Hídrico rápido de energía coluvial fuerte y media	Mal drenado con déficit estacional poco marcado	Cálido-húmedo
VIII	F.3.1.2	Gravitacional lento con costras sedimentarias	Drenado moderado con déficit estacional contrastado	Cálido-seco

Tabla 9.2.3. Interpretaciones sobre el régimen hídrico y la estimación ombrotérmica de las microfacies y los agentes de transporte identificados en el tercio superior de TD6-Estrato Aurora.

de periodos glaciales del Pleistoceno Inferior final.

### TD7

Las dos muestras de TD7 son del grupo de microfacies 1 y entre ellas existe el cambio entre la magnetozona Matuyama y la magnetozona Brunhes.

La muestra basal de la magnetozona Matuyama sólo indica el carácter cumúlico de la sedimentación hídrica de baja energía con la perfecta conservación de la microlaminación (F.1.2.2). El rápido enterramiento preciso para la conservación de estas estructuras y la ausencia de registro postdeposicional argumenta regularidad del

régimen hídrico. Este carácter no es muy acorde con el grupo de microfacies 1 al que se encuentra emparentada la muestra mediante su composición mineralógica calcítica y carbonatada. Su contrastación con la observación del perfil de campo muestra que existen abundantes límites que indican paradas sedimentarias. Es significativa esta ausencia de transformaciones postdeposicionales para explicar la formación de estas costras sedimentarias que caracterizan un buen y rápido drenaje. Además, dentro el esquema de microfacies pensamos que puede existir cierta relación con las arenas y limos marrón amarillos de lechos con fuerte heterometría vertical descritos en el Estrato Aurora. Esta relación con las microfacies 1 en la formación de TD7 apunta a un esquema de escasa retención hídrica de las formaciones superficiales de la Sierra y transporte al interior de la cavidad de materiales poco alterados o sólo alterados por la fragmentación mecánica.

La microfacies de techo TD7 de la magnetozona Brunhes es un conglomerado con fragmentos de roca redondeados con mala selección. Estos fragmentos redondeados señalan un transporte hídrico de alta energía. La carbonatación no muestra gradación, es continua y densa, ni figuras de origen biológico. Esta cementación presenta abundantes rasgos calcíticos yuxtapuestos y sobrepuestos y carbonatados, películas de alteración y zonas con pérdida de hierro, y microesparitización (Kahle 1977), con una fase final de relleno incompleto con esparita equigranular de la porosidad de cavidades cerradas y aisladas. Su cementación esparítica a micrítica muestra los caracteres de la cementación en medios confinados sujetos a variación en el régimen de la humedad (Fedoroff et al. 1994). Los cristales esparíticos, sin alteración, son indicativos de una suela impermeable que caracteriza una paulatina instalación de una superficie del depósito mal drenada.

## **TD8**

Las microfacies seleccionada en la parte basal de TD8 muestra unos caracteres microestructurales formados por una porosidad vesicular y estructura sedimentaria de gravas flotantes. Contiene una distribución relativa gefúrica. Su textura es de arena y limo roja que la relaciona con las microfacies 2, concretamente con la F.2.1.2. Sus rasgos texturales muestran una abundante presencia de rasgos texturales iluviales en forma de rasgos polvorientos en la porosidad vesicular yuxtapuestos a la una agregación granular fina con la distribución gefúrica que indica procesos de lavado eluvial. Esta yuxtaposición de rasgos elu y iluviales representan un drenaje moderado de las superficies. Junto a los caracteres microestructurales vesiculares y la agregación granular existen fisuras de desecación que indican el registro figurado de las modificaciones criogénicas. La formación de lentejones de hielo también está registrado con alguna microestructura microlaminar conservada localmente. Destaca también la intensidad de alteración heterogénea, fuerte y última en los fragmentos de grava.

La interpretación de la microfacies seleccionada de TD8 base se fundamenta en las características de las microfacies 2. Así proponemos que estas microfacies de TD8 pueden interpretarse como una modificación criogénica de un depósito formado por el arrastre al relleno de cueva de suelos rojos. Estas modificaciones sobre suelos rojos

transportados los hemos evidenciado en el techo de GII de Galería pero en TD8 se dan en un medio moderadamente drenado o no tan mal drenado. Este drenaje moderado se expresa con los rasgos eluviales en forma de zonas de pérdida de fracción fina mediante la formación de la agregación granular con distribución G/F géfúrica.

La muestra del techo de TD8, en la zona de Iberomya, hemos muestreado un depósito con un espeleotema en la base y rico en microfauna de color pardo. Las microfacies identificadas las emplazamos en las microfacies 1, concretamente con las microfacies de lechos de gravas flotantes y lechos de gravas (F.1.1). Sus modificaciones postdeposicionales están por los procesos de carbonatación-decarbonatación y la iluviación de revestimientos microlaminados sobre caras de agregados y su integración (papulación). La recarbonatación se realiza via revestimientos microesparíticos grises pseudomórficos y pocos rellenos aciculares. Algunos de estos rasgos cristalinos engloban rasgos texturales iluviales.

La sedimentación de esta parte muestreada contiene en su base un fragmento de estalagmita incluida en la sedimentación de microfacies de arenas calcíticas y carbonatadas marrón amarillas. Los fragmentos carbonatados flotantes (F.2.1.2) en estas microfacies de la base de la muestra muestran una alteración débil y ausencia de rasgos cristalinos carbonatados. Esto nos advierte de un episodio de enterramiento rápido en la sedimentación. En la unidad superior existe una unidad microestratigráfica con acumulación de carbonatos en forma de revestimientos y pseudomorfos de canales gris microesparíticos. De forma gradual a esta acumulación le sigue hacia techo una UM en la que existen abundantes revestimientos polvorientos de arcilla roja fragmentados y pápulas, con huesos que muestran un doble película de alteración. La más externa es una película de alteración de intensidad de alteración débil mientras que la interior es amorfa blanca, la intensidad de alteración última de fragmentos carbonatados (Courty 1986). En la UM del techo del muestreo, continúan los revestimientos integrados y fragmentados, pápulas, junto con abundantes rasgos carbonatados pseudomórficos, densos, de color gris. Además de esta abundancia de rasgos cristalinos calcíticos y carbonatos hay agregados decarbonatados granulares subredondeados y también zonas en la que existe una decarbonatación como rasgo de pérdida.

La interpretación de estas diferentes unidades descritas muestran la formación de procesos edáficos de transformación postdeposicional en el relleno. Estos procesos son claramente paralelos a los procesos de horizonación, en este caso con la formación sobre un depósito de microfacies sedimentarias 1, de arena y limo calcítica carbonatada marrón amarillo, de un horizonte de acumulación cálcico (Bk o ca). La unidad microestratigráfica superior de la muestra con zonas decarbonatadas y alteración fuerte y última de carbonatos muestra rasgos de iluviación de arcillas rojas y integración (pápulas) en los rasgos cristalinos por las actividad rizosférica expresada por la presencia de canales y cámaras con revestimientos microesparíticos grises y arcillas microlaminadas espesas fragmentadas. Esta fase evidencia una segunda fase de carbonatación separada de la primera. El techo del depósito es truncado por un límite gradual que contiene agregados granulares subredondeados, totalmente decarbonatados, que interpretamos como el depósito resultante de un transporte de

un suelo rojo que trunca la superficie de estos horizontes muestreados.

La microfacies del corte y relleno, detectado en el perfil E durante el sondeo de Gran Dolina, contiene unas microfacies microlaminadas muy fragmentadas. Su naturaleza textural y mineralógica coincide con las microfacies 2. Su microestructura es laminar fina. El registro de las modificaciones postdeposicionales señalan a la crioturbación como principal dato a considerar junto con la carbonatación en fisuras de microesparitas grises. Los componentes de la muestra contienen una gran riqueza de micas.

### **TD9**

Las microfacies de las murcielaguinas de TD9 son un registro postdeposicional caracterizado por la sobreposición de al menos dos evoluciones edáficas. El carácter bien drenado en estas microfacies organominerales de TD9 expresado por la ausencia de revestimientos espesos, polvorientos, de capa freática (Fedoroff y Courty 1987b). La buena selección de los componentes siliciclásticos permite establecer una sedimentación rápida (Mücher y De Ploey 1989). Este buen drenaje inicial contrasta con el régimen de la humedad regular discutida en la clasificación de las microfacies 4 y la decarbonatación total que las enlaza con los procesos de formación de las terra rossa. Esta fase inicial ligada a la decarbonatación total y a la acumulación de componentes organominerales muestra también los fenómenos de movilización de hierro con un régimen de la humedad con poco contraste estacional en la evolución postdeposicional. Esta humedad regular está registrada también con los rasgos de pérdida de hierro expresada por la limpidez de la fracción fina amarilla y la aparición de nódulos microglobulares finos negro rojizos y opacos (hematites?). El drenaje bueno y rápido de la superficie inicial del depósito muestra una evolución hacia el drenaje moderado y la recarbonatación. Este cambio en el drenaje es evidenciado por un cambio en la regularidad de la sedimentación. Durante esta fase de recarbonatación se depositan fragmentos de microfacies organominerales reelaborados, como en TN2A, que son integrados por la actividad biológica y fragmentos carbonatados que muestran una alteración fuerte.

La actividad biológica responsable de la mezcla de intensidades de alteración, fuerte y última de los fragmentos carbonatados, puede señalar como hipótesis de trabajo, y basado en el modelo de en TN, la abertura de las fisuras del techo de Gran Dolina. Podemos considerar que la formación y acumulación gradual vertical de rasgos calcíticos (recarbonatación) en el techo de TD9 puede ser producto de la actividad biológica inducida por la abertura de Gran Dolina. Y esta actividad biológica a su vez afectar al régimen de la humedad del suelo con el aumento del contraste estacional de la humedad. De esta forma, el cambio de régimen de la humedad y del drenaje sugerido por la carbonatación y la reelaboración de microfacies organominerales microlaminadas señalen el efecto de la abertura de la cavidad más que un cambio climático.

### **TD10**

Las muestras contienen diferentes microfacies pero todas pueden agruparse en las

Conjunto estratigráfico	Microfacies	Micro estructura	Transporte	Modificaciones post-deposicionales
TD8 (base)	F.2.1.2 Arena y limo roja calcítica y decarbonatada con lechos de gravas flotantes	Vesicular	Hídrico y gravitacional	Crioturbación Elu y iluvación polvorienta Decarbonatación
<i>Cut &amp; fill</i> TD8	F.2.2.2 Arena y limo roja calcítica y decarbonatada microlaminar	Laminar	Hídrico y reptación	Crioturbación Decarbonatación Fragmentación
TD8 (techo)	F.1.1 Arena y limo marrón amarilla calcítica y carbonatada con lechos de gravas	Cavidades y microagregada	Hídrico gravitacional	Carbonatación Decarbonatación Iluviación Fragmentación Cumulación Truncadura Edafoturbación
TD9	F.4.3 Arena y arcilla marrón totalmente decarbonatado microlaminar	Fisural organomineral y de canales	Hídrico gravitacional	Carbonatación Paludificación Edafoturbación Brunificación Impregnación de sesquióxidos
TD10	F.3.1 y F.3.2.1 Arena y arcilla roja decarbonatada con lechos de gravas y sin gravas	Granular y de canales	Hídrico y gravitacional	Elu y iluvación Edafoturbación Decarbonatación Carbonatación Reptación Cumulación Truncadura
TD11B	F.2.1.1 Arena y limo rojo calcítico decarbonatado con lechos de gravas	Cavidades abiertas	Gravitacional y hídrico	Crioturbación Humectación Reptación
TD11	F.1.1 Arena y limo marrón amarillo calcítica y carbonatada con lechos de gravas y microlaminada	Cavidades abiertas, cerradas y vesicular	Hídrico y gravitacional	Truncaduras Cumulación Carbonatación Débil edafoturbación

Tabla 9.2.4. Principales caracteres y procesos descritos de las microfacies de los cniveles estratigráficos del Pleistoceno Medio de Gran Dolina.

que existe el registro del transporte de suelos rojos a los rellenos de Gran Dolina (F.3). Además, durante la formación de TD10 la evolución de la cavidad está marcada por su abertura definitiva al exterior (Hoyos y Aguirre 1995) de manera que los procesos de formación de suelo en la evolución del depósito son muy bien registrados. Estos procesos de transformación postdeposicional mediante procesos edáficos los vemos documentados en las microfacies de lechos de gravas en la que la alteración última y homogénea señala los procesos iniciales de autocolmatación de los depósitos por las arcillas de descalcificación (F.3.1.1). Nuestra interpretación sobre sus procesos de formación señalan la formación de espesos horizontes rojos que mediante su evolución interna de autoacumulación (Bornand 1987; Fédoroff y Courty 1987b), desarrollan paulatinamente un drenaje moderado en la superficie del depósito que contribuye a la infiltración lateral. Los pocos rasgos texturales están formados por revestimientos continuos de limoarcilla entorno a gravas y fragmentos óseos que indican la erosión laminar. La entrada de estas microfacies en las cavidades generan incisión. En las formaciones superficiales, las formaciones vegetales reducen estos episodios a erosiones laminares, sin incisión, y la acreción de sedimentaria de finos que también son arrastrados al interior de las cavidades.

Estas microfacies que muestran la acreción de FG y FF sin gravas también han sido muestreadas en TD10. Estas han sido caracterizadas como las microfacies 3.2.1. Tienen una estructura sedimentaria con límites sugeridos por lechos discontinuos de gravas, microestructura de canales y agregación prismática grande. En estas microfacies los procesos de formación de modificaciones edáficas están relacionados con la iluviación de arcilla, la alteración última de la FG calcítica y la formación de rasgos de fábrica en forma de clay skins. Estos materiales sedimentarios transportados muestran seguramente una decarbonatación heredada. No se observan rasgos calcíticos pese al drenaje de moderado a malo de la superficie del depósito. La agregación y este drenaje de moderado a malo señalan la adquisición de caracteres de horizontes vérticos en la cavidad. La estabilidad temporal del depósito caracteriza una sedimentación discontinua y la lentitud de la sedimentación muestra el contraste estacional de la humedad. La ausencia de rasgos eluviales señala el papel de la humectación y la actividad biológica en la homogeneización de las costras de deposición. Esta homogeneización señala al drenaje malo cuando el registro de costras sedimentarias es ausente, y se manifiesta en forma de intercalaciones tal como hemos sugerido en el grupo de relleno GII de Galería. Estas variaciones en la humedad, que pueden formar coladas de fango por reptación cuando el aporte lateral de una capa freática de origen pluvial interviene en la humectación y el reajuste o deslizamiento de la geoforma.

Las microfacies con lechos de gravas flotantes son más abundantes a techo de TD10. Estas microfacies raramente presentan rasgos texturales salvo la citada película continua residual limo arcillosa entorno a fragmentos de grava y restos óseos. Estos rasgos texturales a menudo muestran rasgos amorfos negros. Además de indicar la truncadura de la superficie del depósito por el drenaje moderado por autoacumulación de arcillas, la aparición de la erosión laminar muestra los caracteres de la acentuación del contraste estacional de la repartición de la humedad en el suelo. Sin embargo, la protección de la superficie del depósito existe, ya que ésta

muestra una desarrollada agregación prismática con abundantes cámaras y fisuras que señalan caracteres de horizontes vérticos. El desarrollo de esta macroestructura asegura una fuerte estabilidad a la superficie de la geoforma que permite desarrollar in situ una decarbonatación renovada eventualmente por los episodios de truncadura. Los procesos de homogeneización mecánicos de la edafoturbación desarrollan los procesos de envejecimiento de la geoforma observados también en los horizontes paleoargílicos de regiones áridas y semiáridas, caracterizados precisamente por la ausencia de rasgos texturales (Féodoroff y Courty 1987a).

### **TD11B y TD11**

Sus microfacies corresponden a las F.2.1.1 de gravas y cavidades abiertas. Esta arena y limo rojo presenta una intensidad de alteración débil y fuerte que indican la truncadura y resedimentación, procesos de reelaboración del registro sedimentario. Estos fenómenos de reelaboración están indicados por rasgos texturales eluviales como los revestimientos continuos compactos y espesos o rellenos sueltos mal lavados que sugieren una sedimentación con ausencia de colonización vegetal y erosión de la superficie del depósito. El enterramiento rápido es deducido por la preservación las distintas intensidades de alteraciones registradas en alteraciones y los pocos rasgos calcíticos formados por microesparita gris que indican precipitación químico-física. Además, existen zonas en la que existen rasgos de pérdida de carbonatos. En las muestras del contacto con TD11, las modificaciones por el hielo a techo muestran el fin de transformaciones criogénicas de débil amplitud ya que los rasgos texturales están formados por revestimientos continuos y los casquetes son compactos y mal lavados, con escasa granoclasificación granocreciente. Estas modificaciones postdeposicionales texturales por el hielo de baja amplitud pueden interpretarse como el resultado de coladas de barro posterior a lluvias intensas. Los rasgos texturales continuos entorno a gravas formados por el arrastre laminar pueden relacionarse con la acreción de las formaciones superficiales al pie de la Sierra. La escasez de los rasgos calcíticos y presencia de zonas con pérdida de carbonatos junto con la ocurrencia de rasgos texturales eluviales, señala el buen drenaje de la superficie, aunque estos muestren una escasa actividad biológica.

La muestra de la secuencia superior de TD11 contiene diferentes estructuras sedimentarias de las microfacies 1. Las estructuras sedimentarias con lechos de gravas llegan a no tener FG ni FF. Estos fragmentos de roca caliza están imbricados, pero no muestran redondeo. Si tienen FG y FF otras estructuras sedimentarias de lechos de gravas con una microestructura de cavidades abiertas rellenas con rasgos texturales eluviales. Estos rasgos eluviales son costras internas granodecrescentes, algunas sobrepuestas por arenas finas calcíticas a techo, que señalan la truncadura del depósito con una superficie sin cobertura vegetal, y inundación repentina de la cavidad y formación de una lámina de agua temporal. Estas microfacies no muestran actividad biológica.

Las microfacies microlaminadas de estas arenas calcíticas marrón amarillas conservan su estructura sedimentaria original que indica una buena preservación y rápido enterramiento. Existe, sin embargo, alguna modificación criogénica indicada por la

fragmentación pero el carácter polvoriento de los rasgos eluviales muestran que las precolaciones están cargadas de fracción fina, sobre suelo no helado. Estas microfacies pueden indicar una inundación de la cavidad.

Las microfacies de lechos con gravas flotantes y fragmentos de costras deposicionales grandes relictas están asociadas a una porosidad de canales con revestimientos microesparíticos grises. Esta actividad biológica puede ser la causa del carácter removido de los fragmentos de costras y pueden indicar cierta colonización vegetal de la superficie del depósito. Esta actividad biológica sugiere la existencia de un contraste hídrico menos pronunciado en la humedad del suelo. Pero la escasa amplitud de la edafoturbación, expresada por la débil homogeneización de los aún reconocibles fragmentos de costras deposicionales, sugiere una cobertura vegetal de tipo herbáceo. Estas modificaciones de escasa amplitud también las hemos observado en los perfiles de la Trinchera Oeste con estas mismas microfacies y abundantes queranas.

### Síntesis

La caracterización de los procesos sedimentarios y postdeposicionales registrados en las muestras de Gran Dolina mediante el estudio de las microfacies es relativamente parcial y inicial. Cada nivel de Gran Dolina muestreado contiene una secuencia deposicional, como los grupos de relleno de Galería, que hemos caracterizado mediante una o varias microfacies. El análisis de microfacies realizado en los niveles de Gran Dolina permite establecer un paralelo con Galería para caracterizar los

Nivel de Gran Dolina	Medio sedimentario dominante	Procesos sedimentarios dominantes	Microfacies
TD3-4	Desprendimiento	Bioquímicos	4
TD5	Aluvial	Físicos	3
TD6 (base)	Desprendimiento	Bioquímico	3
TD6-Estrato Aurora	Aluvial	Físicos	1 y 4
TD7	Aluvial	Físicos	1
TD8 (base)	Desprendimiento	Bioquímicos	3
TD8 (biozona <i>Microtus</i> )	Aluvial	Físico y bioquímico	1 y 2
TD8 ( <i>cut and fill</i> )	Aluvial	Físico	2
TD9	Desprendimiento	Bioquímicos	4
TD10 (base)	Desprendimiento	Bioquímicos	3
TD10 (techo)	Aluvial	Físico	2
TD11	Aluvial	Físico	1 y 2

Tabla 9.2.5. Descripción de las principales implicaciones del análisis de microfacies (Arche 1989) para los niveles de Gran Dolina.

rellenos próximos a la entradas de cueva de la Sierra de Atapuerca.

Los rellenos de entrada de cueva con facies de entrada (GII y GIII) en Galería han sido caracterizado por un cuerpo sedimentario de caída o desprendimiento, debris fall, tipo G.II; y un cuerpo sedimentario de abanico aluvial subterráneo tipo GIII-GIV (Pérez González et al., 1995). Los depósitos de caída contienen microfacies interpretadas

mediante procesos sedimentarios de equilibrio, mientras que los depósitos sedimentarios de abanico aluvial subterráneo contienen microfacies de procesos sedimentarios de erosión y/o depósito (Arche, 1989).

Con el estudio de las microfacies de los niveles de Gran Dolina podemos plantear la evidencia de un modelo basado en la existencia de un ciclo más o menos completo con dos medios de sedimentación en Gran Dolina. Este modelo en ciclo sedimentario enlaza la presencia de estructuras sedimentarias y litologías de las microfacies con la naturaleza de los procesos de sedimentación (tabla 9.2.5). Las microfacies 1 y 2 han sido interpretadas mediante procesos sedimentarios erosivos y de depósito rápidos, en cuerpos sedimentarios de tipo abanicos aluviales subterráneos y desprendimientos de gravedad (paellas); mientras que las facies 3 y 4, con procesos sedimentarios en equilibrio lentos, en cuerpos sedimentarios de desprendimientos de gravedad (bloques) y entrada hídrica de fangos. Este modelo inicial caracteriza la secuencia estratigráfica, con facies de exterior, de Gran Dolina mediante dos cuerpos sedimentarios con una geometría más o menos preservada.