

## MÉTODOS Y TÉCNICAS



## 2. GEOARQUEOLOGÍA

La integración de métodos y técnicas, mediante problemáticas de investigación comunes entre la arqueología y las ciencias de la tierra, o geociencias, se ha formalizado mediante la disciplina denominada geoarqueología (Butzer 1989; Davidson y Shackley 1976; Waters 1992). Este desarrollo transdisciplinar de la investigación arqueológica se establece por el origen común de ciencias naturales y sociales, y la diferenciación de dominios de problemáticas específicas. De esta forma transdisciplinas como la geoarqueología han ido adquiriendo una parcela dentro del continuo del conocimiento arqueológico. Esta fundación de la geoarqueología acompaña un movimiento de institucionalización basado en la definición de preguntas y respuestas arqueológicas derivadas de la aplicación dialéctica, o cada vez menos mecánica, interdisciplinar.

La geoarqueología está fundamentalmente desarrollada por geólogos, geógrafos físicos, y en menor medida edafólogos. Esta especialización de base en la formación de los geoarqueólogos ha sido el itinerario del desarrollo institucional de las disciplinas científicas. De esta manera, podemos reconstruir nexos temporales muy estrechos de la institucionalización entre geociencias y arqueología prehistórica (Cuvier 1992). El avance y los saltos en el conocimiento arqueológico han requerido una importante discusión dialéctica entre las problemáticas arqueológicas y las transdisciplinares. Este acercamiento a las problemáticas arqueológicas de las geociencias ha producido una reformulación y desarrollo de disciplinas como la geoarqueología y la zooarqueología.

La geoarqueología de esta manera interviene en la diferenciación académica de la arqueología, según la estructura académica y científica de cada país. Pero su desarrollo contiene dos bifurcaciones bien marcadas en el tiempo, que permiten ordenar la zona de interacción entre geociencias y arqueología prehistórica (figura 2.1):

- 1.- el dominio de solapamiento entre la arqueología prehistórica y las geociencias originado durante la institucionalización de la arqueología prehistórica. Esta interacción permite una importante modificación de las geociencias hacia el estudio

de formaciones superficiales (Cailleux 1946). El desarrollo de conocimientos sobre la paleogeografía y la estratigrafía regionales del Cuaternario, donde se inserta el estudio de sistemas deposicionales muy particulares como rellenos a pie de cornisas y cuevas. Este interés hacia el cuaternario recibe escasa atención en el itinerario curricular, y la especialización del geoarqueólogo se realiza fundamentalmente durante el tercer ciclo.

2.- el dominio de solapamiento entre la arqueología y las geociencias originado durante la formación de transdisciplinas en arqueología. Esta interacción está constituida por la aparición de métodos y técnicas de las geociencias para caracterizar la interpretación arqueológica. De esta manera, podemos considerar la institucionalización de la geoarqueología en los itinerarios curriculares de segundo ciclo de las estructuras académicas. Los objetivos de este dominio de conocimiento se centran en la noción del hombre como agente geomórfico. La interacción ya no es entre geociencias y arqueología prehistórica sino que afecta a toda la arqueología (Gasche y Önhan 1983).

Este movimiento trazado en la interacción entre geociencias y arqueología nos sitúa en la discontinuidad de objetivos derivados del carácter acumulativo del conocimiento científico. Entre la geoarqueología implicada en la institucionalización de la arqueología prehistórica y la geoarqueología implicada en la caracterización de la antropización existe un importante salto conceptual y técnico.

La geoarqueología además de ocupar parte del espacio de investigación derivado de la caracterización paleoecológica y ambiental del yacimiento y la región, ha incorporado técnicas para validar la interpretación antrópica mediante el registro sedimentario. La contrastación de la antropización tradicionalmente se ha realizado a partir del estudio del registro antrópico y su análisis contextual. El análisis contextual, más interesado en el yacimiento que en los objetos (Butzer 1989), se ha apoyado principalmente en los resultados de las investigaciones sobre la distribución espacial, la arqueostratigrafía y más recientemente los remontajes (Petraglia 1992). Así, podemos entrever una zona de solapamiento entre técnicas arqueológicas y técnicas de las geociencias para articular resultados geoarqueológicos. De esta forma, nuestra investigación del nivel J del Abric Romaní va a centrarse en la confrontación entre los resultados del análisis microscópico en lámina delgada y la distribución espacial y estratigráfica del registro coordinado. Esta confrontación pretende establecer una metodología de aproximación multiescalar al registro antrópico y natural del nivel J (figura 2.2).

### **Ciencias del suelo y geoarqueología**

El análisis de la contribución de las ciencias del suelo en la investigación arqueológica indica un aumento de su participación muy sincrónicamente relacionado con la fundación de la geoarqueología. Esta participación está discutida por Holliday y otros (Holliday et al., 1993). Esta discusión propone otorgar a las ciencias del suelo, entre todas las geociencias, una escala de investigación y objetivos muy próxima a la geoarqueología. Sin embargo, esto contrasta con la incorporación relativamente tardía de los estudios de las ciencias del suelo en arqueología (Cornwall 1958; Limbrey

PREHISTORIA

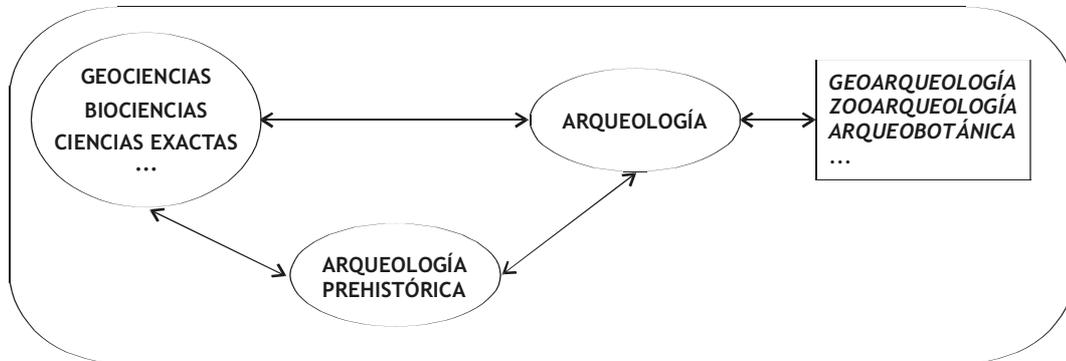


Figura 2.1. Interacción de dominios de conocimiento y Prehistoria.

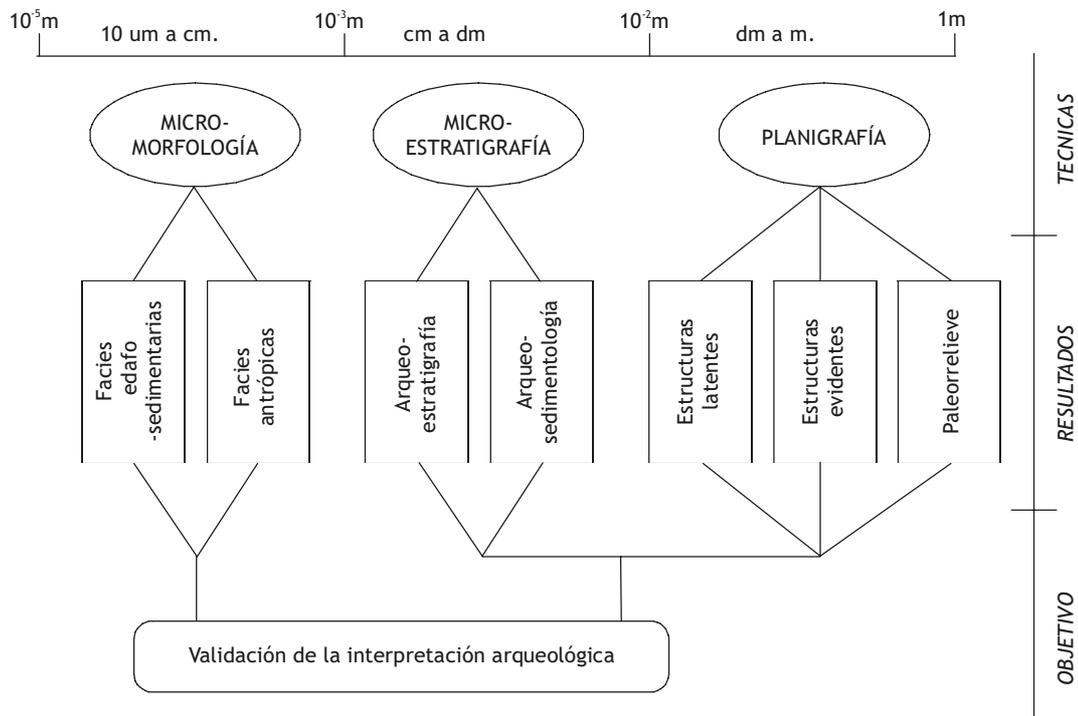


Figura 2.2. Principales técnicas de análisis y escala espacial, resultados y objetivo de la aproximación geoarqueológica desarrollada en el nivel J del Abric Romaní.

1975). En arqueología prehistórica, la interacción con las ciencias del suelo la podemos enraizar con el desarrollo de las geociencias (Louis 1945). Esta interacción se realizó mediante las investigaciones principalmente de paleosuelos de contextos arqueológicos, considerados marcadores estratigráficos en los yacimientos arqueológicos (Catt 1986; Leighton 1937) y formadores de la evolución del paisaje regional (Dalrymple 1958; Simonson 1954). Pero ha sido el desarrollo de los estudios sobre el impacto humano en el paisaje y en el registro sedimentario de los yacimientos el que ha producido este solapamiento tan pronunciado entre las de las ciencias del suelo y la arqueología. La micromorfología de suelos ofrecía la posibilidad de operar en el registro sedimentario con la distinción analítica de las modificaciones humanas (Dalrymple 1958). Además, las ciencias del suelo y la micromorfología recogen en sus aplicaciones la actividad humana en sus investigaciones (Chartres et al., 1994; Jonguerius 1970). Esta interacción entre ciencias del suelo y arqueología se ha desarrollado más en Estados Unidos mediante la formulación de propuestas transdisciplinares como la edafoarqueología (Foss et al., 1992; Scudder et al., 1996).

### **Micromorfología de suelos y sedimentos arqueopaleontológicos**

La micromorfología de suelos es la observación mediante el microscopio polarizante de la organización y los componentes del suelo, mediante láminas delgadas fabricadas a partir de muestras sin perturbar, y eventualmente completada con observaciones de los bloques pulidos. La micromorfología fue pensada para completar la experimentación o la observación de campo de aspectos relativos a la génesis y el funcionamiento de los suelos (Bullock 1985; Fédoroff et al., 1994; Miedema 1997). La descripción micromorfológica está estandarizada y actualmente se realiza con el sistema aparecido en 1985 (Bullock et al., 1985). Para la interpretación arqueológica existe un referencial en la que se recoge sus principios de base y principales aplicaciones en arqueología de la micromorfología de suelos (Courty et al., 1989). Obviamente para la investigación de suelos y sedimentos arqueológicos en lámina delgada hay que añadir los referenciales principalmente de las ciencias del suelo, la petrografía sedimentaria y la mineralogía (Adams et al., 1997; Douglas y Thompson 1985; Elf-Aquitaine 1975; FitzPatrick 1990; FitzPatrick 1993; Freytet y Verrecchia 1989; Gómez Gras 1997; Leighton y Pendexter 1962; Verrecchia 1989). Los detalles de la preparación de muestras y construcción de láminas delgadas están regidos según la especificidad de las muestras siendo recomendable espesores no superiores a 25 micras (Brewer 1964; Courty et al., 1987; Murphy 1986). Su generalización se ha producido con la aparición de materiales para favorecer la impregnación y la fabricación de láminas de tamaño apto para la investigación de los caracteres micromorfológicos (12 x 6 cm) (Courty et al. 1987; Goldberg 1980; Goldberg 1983; Miedema 1997; Solé Benet 1991).

En el estudio de sedimentos arqueopaleontológicos la micromorfología puede considerarse un análisis de base, dentro de la cadena escalar de otros análisis de componentes orgánicos y minerales. Pero es necesario señalar su posición intermedia en la cadena escalar del registro sedimentario, que abarca desde las observaciones de campo hasta los microanálisis. La aplicación de análisis sedimentarios a componentes separados provenientes de muestras perturbadas en los yacimientos arqueológicos

(Courty et al. 1989), y especialmente prehistóricos (Farrand 1975; Goldberg y Laville 1991; Laville 1973; Miskovsky 1974), han precisado generalmente del apoyo morfoescópico. Esta caracterización morfoescópica es complementaria a la caracterización elemental, molecular y substancial, y en parte ha sido promovida por la importancia de los componentes antrópicos y paleobiológicos evidenciados en los rellenos arqueológicos (Brochier 1983b; Goldberg 1979; Schiegl et al., 1996; Wattez y Courty 1987). El estudio de los sedimentos mediante láminas delgadas de muestras no perturbadas facilita la comprensión del registro sedimentario ya que mantiene la organización espacial de los componentes sedimentarios minerales y orgánicos. Sin embargo, sea la necesidad de determinar cuantitativamente algunos de los componentes o las limitaciones del poder de separación de la microscopía óptica, por ejemplo para los fosfatos, una investigación geoarqueológica exhaustiva necesita del tratamiento de muestras perturbadas y seleccionadas (Jenkins 1994; Mestour 1996; Perrenoud 1996).

La utilización de láminas delgadas de gran formato, tal como se recomienda para el estudio de horizontes edáficos (FitzPatrick 1990; FitzPatrick 1993), concuerda con una aproximación edafosedimentaria a las formaciones superficiales y a los rellenos de cueva de la Sierra de Atapuerca. Denominamos edafosedimentos al continuo que engloba los sedimentos, los suelos y los sedimentos derivados de suelos que determinamos durante el análisis de las muestras en láminas delgadas. La articulación entre arqueología prehistórica y paleosuelos es una vía de desarrollo de gran interés para las ciencias de la Tierra, el Cuaternario y la Paleoecología humana, con buenos ejemplos en medios sedimentarios loésicos en la que existen la intercalación de paleosuelos y ocupaciones pleistocenas (Catt 1986; Fédoroff y Courty 1987b). Sin embargo, en sedimentos de cueva esta aproximación edafosedimentaria es más singular y ha sido diseñada para caracterizar la colección de referencia de sedimentos de la Sierra de Atapuerca. Planteamos superar un límite que en la naturaleza de los depósitos estratigráficos no existe. Así consideramos que los rellenos de cueva de la Sierra de Atapuerca son muy próximos a las formaciones superficiales de la Sierra. En el yacimiento de Galería, Pérez-González et al. (1995; 1999) caracterizan los grupos de relleno II a VI por su origen exocárstico. Otra línea de evidencia que indica la interacción entre el exterior de la Sierra y los rellenos de la Trincheras del Ferrocarril está presente en la misma evolución de la ladera cretácica de la Sierra y la formación de simas, conductos verticales. A medida que se rellenan de sedimentos, estos materiales registran procesos de evolución superficial y subsuperficial edáficos y diagenéticos. Estos rellenos cercanos a la entrada de la cueva no representan el microhábitat húmedo y sin oscilación térmica que caracterizan las cuevas profundas (García de Pedraza 1975). Los rellenos de Gran Dolina y Galería los consideramos más bien como formaciones superficiales, registros sedimentarios que junto las terrazas fluviales (Bornand 1978), constituyen un preciado y singular archivo de la paleogeografía y el paleoambiente del cuaternario español (Carbonell 1998b; Rosas 1999).

Acotando los resultados micromorfológicos a los estudios de yacimientos arqueopaleontológicos podemos indicar una discontinuidad en el tratamiento del registro sedimentario fundamentada en la singularidad de los sedimentos

antropogénicos respecto a los sedimentos naturales (Butzer 1989; Courty 1992; Schiffer 1987):

1. Micromorfología de suelos y sedimentos arqueológicos que registran los procesos de formación naturales. Los resultados tratan de la formación y evolución postdeposicional del registro sedimentario de los yacimientos; suponen una continuación de la intervención geoarqueológica para la caracterización paleoecológica de las secuencias estratigráficas de la sedimentología tradicional y los estudios del cuaternario regional. La micromorfología es especialmente apta para la determinación de suelos, sedimentos derivados de suelos y sedimentos, pero especialmente paleosuelos (Dalrymple 1958; Fédoroff y Courty 1987b; Fédoroff y Goldberg 1982; Goldberg 1992; Solé Benet et al., 1988). De esta forma, la micromorfología interviene en la cadena de análisis para la caracterización de los sistemas deposicionales (origen, medio de transporte y evolución postdeposicional), y la cronología relativa de especialmente de yacimientos pleistocenos (Abdessadok et al., 1997; Bertran 1994; Courty 1986; Goldberg 2000; Vliet-Lanoë 1986). Con la pérdida de peso de cuaternaristas en la modelación cronoestratigráfica de las secuencias sedimentarias por el avance de las técnicas radiométricas, algunos geoarqueólogos se han centrado en los procesos de formación y deformación del registro sedimentario y arqueológico (Bertran 1994). Sin embargo, la interpretación paleoambiental, surgida de la interpretación de microfácies o de observaciones de campo, puede orientar la contextualización de resultados radiométricos de secuencias con importantes incertidumbres, especialmente para el Pleistoceno (Blackwell 1993; Vallverdú 1999). También, la caracterización micromorfológica de los sedimentos puede contribuir al estudio contextual de los sistemas sedimentarios para evaluar la puesta a zero de minerales, o estimar la evolución de la humedad para modelizar la absorción de radionúcleos en cronoestratigrafía ESR, TL y U/Th (Vliet-Lanoë y Laurent 1996).

2. Micromorfología de suelos y sedimentos arqueológicos de formación antrópica, antropogénicos. Los resultados tratan de establecer las actividades humanas formadoras de sedimentos. La identificación y análisis de estos sedimentos forman el cuerpo de materiales considerados como el núcleo de trabajo del geoarqueólogo (Stein y Rapp 1985). La micromorfología de suelos y sedimentos antropogénicos se ha abordado mediante la experimentación (Bergadà 1993; Davidson et al., 1992; Goldberg y Whitbread 1993; Wattez 1988), y la acumulación empírica que ha permitido la formación de un referencial de microfábricas de depósitos antropogénicos y paleobiológicos (Cammis 1999; Courty et al., 1994a; Gé et al., 1993; Macphail et al., 1997; Matthews et al., 1997; Wattez 1990; Wattez et al., 1989). Esta aproximación ha sometido las observaciones estratigráficas de campo y su análisis a una contrastación para determinar las implicaciones sobre las ocupaciones humanas y su modo de registro sedimentario. Ha abierto una fuente de información para la experimentación etnoarqueológica y una conexión con la microarqueología (Goldberg et al., 1994; Matthews 1994; Rosen 1993). El desarrollo de los estudios sobre la micromorfología de depósitos de origen antrópico y su incidencia en el discurso arqueológico queda constatado mediante su presencia en los coloquios del XIII congreso de la UISPP (Castelletti y Cremaschi 1996).

## Descripción de láminas delgadas

A continuación exponemos una lista de los descriptores más utilizados procurando señalar la fuente bibliográfica de origen del término.

### *Descriptores generales*

Los descriptores generales pueden encontrarse en las descripciones de las microfacies naturales y antrópicas. La mayoría de descriptores han sido extraídos de Handbook for Soil Thin Section Description (Bullock et al. 1985).

### Límites

Sedimentológico

Edáfico

Antrópico

### Tipo de contacto

La observación de los límites es muy variable en razón de las partículas o estructuras observadas. Para contextualizar la observación se recomienda especificar el aumento en el que se observa. Para aumentos cercanos a x100, existen los tipos de contacto expuestos en la tabla 2.1 (FitzPatrick 1990).

<i>Tipo de contacto</i>	<i>Distancia de cambio</i>
Abrupto	< 100 $\mu\text{m}$
Claro	100-500 $\mu\text{m}$
Difuso	500 1000 $\mu\text{m}$
Gradual	> 1000 $\mu\text{m}$

Tabla 2.1. Tipos de contactos y características microscópicas de la distancia de cambio.

### Forma del contacto

- Recto
- Irregular
- Ondulado

### Espesor (Waters, 1992)

Lámina fina: 3cm - 10 cm

Lámina muy fina: 1cm -3cm

Micro lámina: 3 - 10 mm

Micro lámina fina: 0 mm - 3 mm

**Estructuras sedimentarias**

Las estructuras sedimentarias han sido tratadas en lámina delgada mediante una aproximación basada en el tamaño de las láminas, la geometría de sus límites (tipo de contacto y forma del contacto) y la forma geométrica (disposición) (figura 2.3) (Campbell 1967). Para las microfacies antrópicas del nivel J hemos definido:

1. Estructura sedimentaria laminar. Forma de contacto recto a ondulada; y tipo de contacto gradual. Espesor entorno a 1 cm. Disposición paralela continua
2. Estructura sedimentaria microlaminar. Forma del contacto recto a ondulado; y tipo de contacto claro a abrupto. Espesor entre 2 y 5 milímetros. Disposición no paralela y discontinua.
3. Estructura sedimentaria estratificada. Forma del contacto ondulado y tipo gradual. Espesor superior a 2 centímetros. Disposición no paralela y continua.

Pero también hemos contemplado otras indicaciones para caracterizar las estructuras

<i>Caracteres</i>		<i>Interpretación</i>
Microestructura		
Masiva	Distribución aleatoria y ausencia de selección	Turbulencia fuerte del fluido de transporte (eólico o hídrico) y sedimentación rápida
Estratificación centimétrica a decimétrica	Granoclasificación pero con distribución por forma y densidad aleatoria	Transporte hídrico de turbulencia media
Estratificación milimétrica o inferior	Granoclasificación, orientación subhorizontal de los granos según su eje mayor. Selección selectiva según densidad	Transporte de débil a muy débil turbulencia
Laminación en volutas milimétricas		Flujo temporal con fluctuaciones importantes en la velocidad

Tabla 2.2. Caracteres diagnósticos de las estructuras sedimentarias según su talla y composición en la escala de lámina delgada (Courty 1990).

sedimentarias, por ejemplo según su granoclasificación (tabla 2.2) o la laminación centimétrica empleada para caracterizar las estructuras sedimentarias de Atapuerca (Courty 1990; Humbert 1976). Para las microfacies sedimentarias de Atapuerca

<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>
Muy Dominante	>70%
Dominante	50 - 70%
Común	30 - 50%
Frecuente	15 - 30%
Poco	5 - 15%
Muy poco	<5%

Tabla 2. 3. Caracterización y estimación de la frecuencia en porcentajes [Bullock et al., 1985].

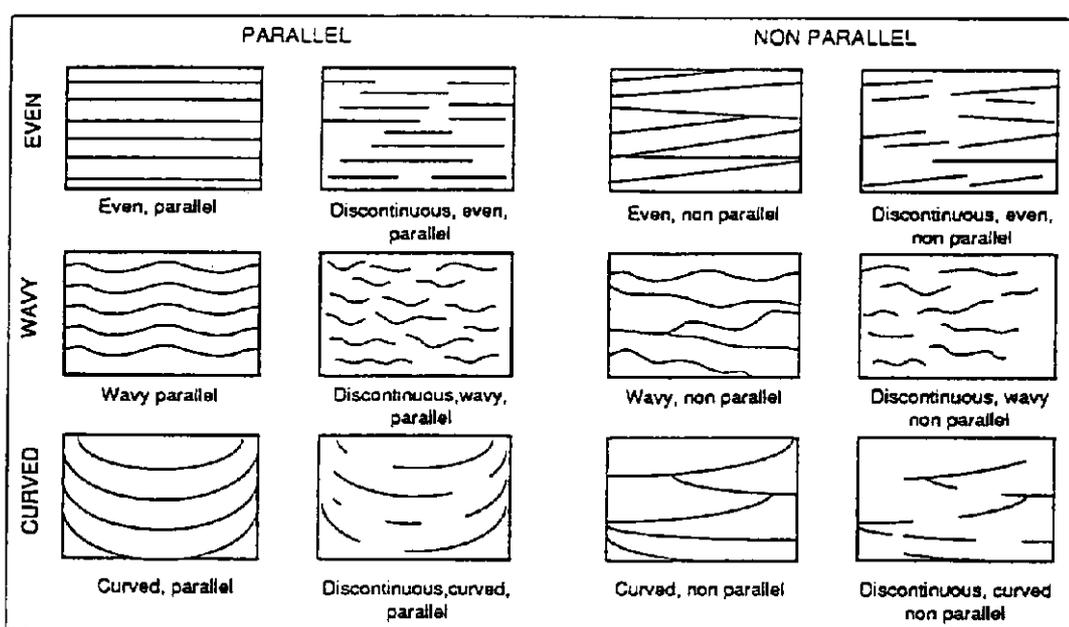


Figura 2.3. Formas elementales de láminas (o estratificaciones) (Campbell 1967)

<i>Abundancia</i>	<i>%</i>
Muy abundante	> 20 %
Abundante	10 - 20 %
Bastante	5 - 10 %
Ocasional	2 - 5 %
Raro	< 2 %

Tabla.2 4. Caracterización y estimación de la abundancia en porcentajes (Bullock et al., 1985)

hemos descrito las estructuras sedimentarias según su contenido en gravas. Sin contenido en gravas: laminares centimétricas y microlaminares. Para microfacies sedimentarias con gravas: gravas y gravas flotantes.

Frecuencia

La frecuencia permite estimar semiquantitativamente, mediante patrones (Bullock et al. 1985; FitzPatrick 1990; FitzPatrick 1993), el porcentaje para desarrollar descripciones (tabla 2.3).

Abundancia

La abundancia es una estimación para componentes relativamente escasos (tabla 2.4), especialmente utilizada para semicuantificar microvestigios antrópicos, o

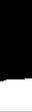
Muy redondeado	Redondeado	Sub redondeado	Sub angular	Angular	
					Tabular
					Ovoide
					Subesférica
					Esférica

Figura 2.4. Forma, establecida según el grado de redondez (Bullock et al. 1985).

categorías de tamaños (tabla 2.5).

Forma

Las clases de forma se aplican según las características del componente o agregado. Las formas geométricas se relacionan con las formas cristalinas mientras que estructuras como los agregados o de partículas sedimentarias existen listas

nominales (Bullock et al. 1985; FitzPatrick 1990; FitzPatrick 1993). También estas estructuras se pueden describir mediante su clase de redondez y angulosidad (figura 2.4).

Rugosidad del contorno

Liso: sin ángulos. Rugoso: con numerosos ángulos.

Limites entre partículas

Contraste, en polarización cruzada y en polarización paralela, se han establecido 3 grados. Prominente: se puede distinguir fácilmente mediante el color, tamaño, birrefringencia. Distinto: algunas propiedades como el color, son comunes. Débil: es poco visible. Las diferencias de color, o tamaño de rasgos son poco distintos.

Nitidez, en polarización cruzada y en polarización paralela. Nítido: límites abruptos entre el color o tamaños. Claro: transición de color o tamaños inferior a 60  $\mu\text{m}$ . Difuso: transición de color o tamaños superiores a 60  $\mu\text{m}$ .

Variabilidad entre clases de constituyentes

La variabilidad consiste en las diferencias entre un constituyente y otros constituyentes que pertenecen al mismo tipo.

Baja. Pocas diferencias en una de las características entre individuales de la misma clase.

Media. Diferencias moderadas en una o varias características entre individuales de la misma clase.

Alta. Fuertes diferencias en una característica, moderadas en otras o muchas entre individuales de la misma clase.

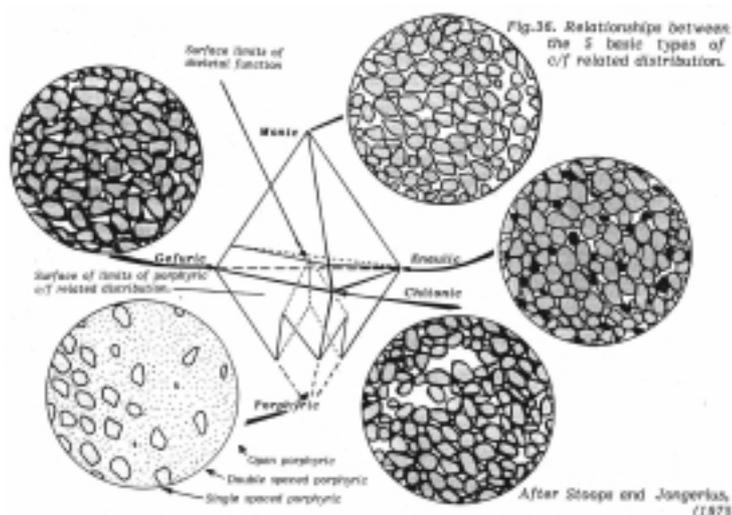


Figura 2.5. Representación gráfica de la distribución relativa de la fracción gruesa (FG) y la fracción fina (FF) (Bullock et al, 1985).

Patrones de orientación

Básica. Orientación de componentes respecto a otros mismos componentes del tipo.

Patrones de distribución

Básica. Distribución que concierne a los mismos tipos.

Relativa. Distribución respecto a otros de tipo diferente.

Distribución relativa G/F

Porcentaje fracción gruesa (FG) versus fracción fina (FF). Denominada fábrica elemental por Kubiena, Stoops y Jonguerius (Stoops y Jonguerius 1975) proponen un límite oscilante entre el tamaño de la FG y la FF según cada caso (límite de la razón FG/FF). Este procedimiento no está limitado a la descripción de la contextura de la matriz sino también a fábricas de orden superior como la microestructura o rasgos edáficos. 5 casos son adoptados (figura 2.5) (Stoops y Jonguerius 1975):

Mónica: sólo la fracción gruesa está presente

Gefúrica: los granos de la fracción gruesa están recubiertos por puentes de fracción fina

Chitónica: los granos de la fracción gruesa están revestidos de fracción fina

Enáulica: la fracción fina está entre granos formando generalmente agregados

Porfírica: los granos de la fracción gruesa están englobados en la fracción fina.

Tamaños de partículas

Los tamaños de partículas las aplicamos principalmente a los microvestigios antrópicos y a estructuras (tabla 2.5). Para la denominación de partículas sedimentarias por tamaños empleamos:

Arcilla: < 2µm.

<i>Tamaño</i>	<i>Medidas</i>
Micro	2 a 50 µm
Meso	50 a 500 µm
Macro	500 a 5 000 µm
Mega	5 a 50 mm

Tabla 2.5. Tamaños de componentes en lámina delgada (Bullock et al. 1985).

Limo: 2µm - 50 µm. Limo grueso, 30 - 50 µm. Limo fino 2 a 30 µm.

Arena: 50 a 2000 µm. Arena fina, 50 - 200 µm. Arena media, 200µm - 500µm. Arena gruesa, 500µm -2000µm.

Grava: 2 mm - 6.4 mm. Grava fina, 2 a 4 mm. Grava gruesa, 4 a 6.4 mm.

Bloque: mayor que 6.4 mm. Bloque pequeño, 6.4 a 256 mm. Bloque > 256 mm.

### Madurez textural

Representa el grado de desarrollo que han alcanzado los procesos de transporte y sedimentación, y si estos han sido selectivos o no (figura 2.6).

Escala de madurez de Folk (Adams et al. 1997; Folk 1951):

Immadero, sedimento con más del 5% de matriz arcillosa, granos mal clasificados y escaso redondeamiento.

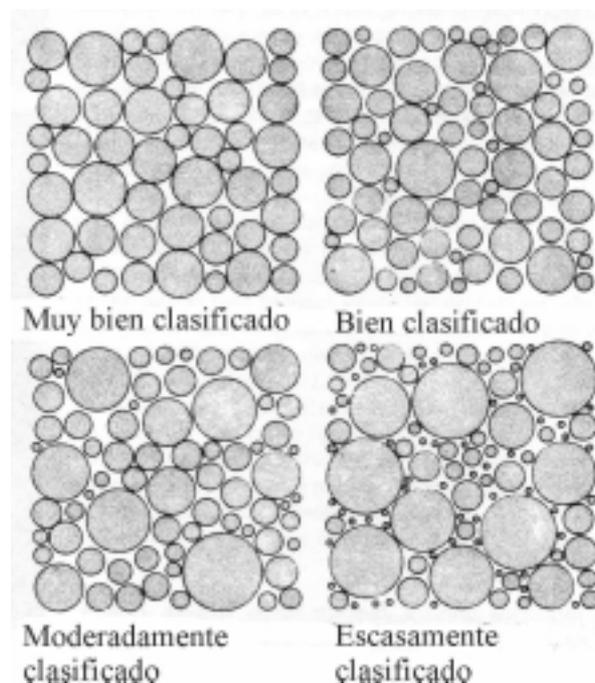


Figura 2.6. Clasificación o selección de sedimentos en lámina delgada (Adams et al., 1997).

Submaduro, matriz arcillosa inferior al 5%, con granos mal clasificados y poco redondeamiento.

Maduro, escaso o nulo contenido en arcilla; granos bien clasificados, pero poco redondeados.

Supermaduro, el sedimento carece de arcilla, con granos bien clasificados y redondeados.

### **Microestructura**

La estructura es la disposición de los componentes sólidos y los huecos, su forma y talla en mano. La microestructura es la observación y descripción en continuo de los componentes sólidos y los huecos mediante la ayuda de técnicas microscópicas, más

allá de 5 aumentos. La capacidad del suelo de organizarse en agregados se denomina agregación. Materiales heterogéneos pueden estar constituidos de más de un tipo de microestructura.

Dos grandes clases de microestructuras

1, microestructuras sin agregados, con huecos: con macrohuecos y con microporosidad.

2, microestructuras con agregados.

### Agregados

El agregado es el resultado de la aglomeración, organización natural de los constituyentes del suelo (Baize y Jabiol 1995)

Agregados esféricos. Agregados equidimensionales, limitados por caras curvas, no acomodadas. Los grumos tienen porosidad intragregada. Si es inferior al milímetro es un microgrumo. Los gánulos no son porosos, son microporosos.

Agregados laminares. Disposición según el grosor de agregados con caras generalmente rugosas y planas, y extremos angulosos.

Agregados en bloque o poliédricos. Disposición equidimensional, de caras planas. Los extremos angulares forman agregados bloque angular; los extremos son redondeados forman agregados de bloques subangulares.

Agregados prismáticos. Disposición vertical del eje mayor, de caras planas y a menudo rugosas

### Grado de agregación

Tres grados de agregación (Fédoroff et al. 1994; Stoops 1997):

Desarrollado. Los agregados, separados unos de otros por huecos.

Moderado desarrollo. Agregados están en parte, al menos 2/3, separados por fisuras.

Poco desarrollado. Los poros interagregados son raros, al menos de 1/3 a 2/3, formados por algunas fisuras no conectadas o cavidades policóncavas.

Nulo. Ausencia de poros interagregados.

### Tipos de huecos

(Bullock et al. 1985; Fédoroff et al. 1994; Stoops 1997):

Hueco de empaquetamiento: huecos de los componentes básicos del suelo sueltos. Empaquetamiento simple: huecos entre componentes básicos. Empaquetamiento compuesto: huecos entre agregados. Empaquetamiento complejo: huecos entre agregados y componentes básicos.

Macrohuecos:

Vesículas: huecos lisos, con curvas simples, con una fuerte tendencia a la esfericidad y acomodados total o parcialmente, con distribución subhorizontal no interconectados.

Cavidades: huecos irregulares, normalmente no interconectados con huecos de la misma talla, lisos o rugosos.

Canales: huecos circulares a subesféricos, arqueados, de diámetro variable, asociados a cámaras, con extremos redondeados.

Cámaras; huecos irregulares, conectados por canales, paredes lisas y no cilíndricos.

Fisuras: huecos con un eje largo mucho mayor que la anchura, acomodados y parcialmente acomodados, con extremos abruptos y cambios de dirección marcados. Pueden ser rectilíneos, incurvados, sinuosos, en zig-zag.

### ***Componentes minerales***

#### Birefringencia, isotropía y anisotropía

Los rayos de luz polarizados (luz paralela) del microscopio al pasar a través de gases, cuerpos amorfos y cristales del sistema isométrico mantienen el mismo plano de vibración. Tienen el mismo índice de refracción en todas las direcciones: son ópticamente isótropos. Mientras, la luz polarizada que atraviesa cuerpos anisótropos se desvía en dos rayos polarizados, con planos de vibración normales, originando el fenómeno óptico de la doble refracción (Shelley 1975). Estos dos rayos pueden detectarse en el microscopio óptico mediante el analizador (en luz analizada o cruzada) ya que permite determinar los colores de interferencia, y deducir la mayor diferencia entre los índices de refracción del mineral anisotrópico (birrefringencia).

#### Tipos de granos minerales de calcita

Según su tamaño y forma (Verrecchia 1989):

Micrita: partículas de 3 a 5  $\mu\text{m}$

Microsparita: cristales de 5 a 15  $\mu\text{m}$

Esparita: cristales más grandes de 15  $\mu\text{m}$

#### Formas cristalinas

Automorfo: los cristales están limitados por caras cristalinas perfectamente expresadas.

Subautomorfo: los cristales están limitados por solo algunas caras cristalinas.

Xénomorfo: cristales sin caras cristalinas.

#### Alteración de carbonatos

Definición de corrosión: disgregación parcial resultante del incremento local de la abundancia de limos calcíticos en la masa basal (Courty et al., 1994b). En micrita y

microesparita: corrosión periférica, micrita de color marrón. En esparita: corrosión en los planos de clivación, contornos irregulares y iridación con pequeñas cavidades; atenuación de la transparencia de los cristales grandes.

La intensidad de alteración de los fragmentos carbonatados y la formación de rasgos calcíticos permite estimar las características del régimen de la humedad y la velocidad de enterramiento y posibles reelaboraciones. Esta aproximación ha sido desarrollada en rellenos de cueva y de abrigo Holocenos (Courty 1986).

#### Rasgos de acreción de carbonatos

Formación de revestimientos y hiporevestimientos en canales. Impregnaciones de la masa basal con concentraciones de baja densidad cristalina. Nódulos en la masa basal con concentración media a fuerte y contornos difusos o netos.

#### **Masa basal**

La masa basal señala a los componentes gruesos y finos que forman el suelo o el material de base, diferente a los rasgos edáficos cuando estos no son impregnativos. Masa basal también se utiliza en particular para describir el material de base de los rasgos.

#### Fábrica

Disposición, talla y forma de la fracción fina (FF) estudiada generalmente en luz polarizada cruzada.

Micromasa Término general para definir el material fino de la masa basal.

#### Fábrica de birrefringencia de la fracción fina

Descripción en luz polarizada cruzada de los colores de interferencia y su naturaleza. Tipos de contextura de birrefringencia de la fracción fina: no diferenciada, cristalina, moteada y estriada.

#### Descripción de la naturaleza de la fracción fina

Color, en luz polarizada normal. Limpidez: hialina o limpia; microcontrastada: moteada, punteada, turbia. Colores de interferencia.

#### **Rasgos edáficos**

Unidades formadas por procesos edáficos actuales o pasados. Unidades de contextura en materiales de suelo reconocible del material adyacente por una diferencia en la concentración de uno o más componentes (Bullock et al. 1985).

#### **Rasgos antrópicos**

Los rasgos antrópicos son el resultado de la presencia humana. La investigación micromorfológica de rasgos antrópicos en el registro sedimentario puede ocupar muchas escalas en la investigación arqueológica y paleoecológica. Una presentación

sumaria de los distintos aspectos susceptibles de ser tratados mediante la micromorfología se encuentra en *Soils and micromorphology in archaeology* (Courty et al. 1989). A continuación desarrollamos las principales guías de referencia para la interpretación de los rasgos antrópicos utilizados. Principalmente se refieren al impacto térmico, las transformaciones estructurales antropogenéticas en superficies de actividad, depositos antropogenéticos y identificación de microvestigios (Courty et al. 1989; Courty et al. 1994a; Gé et al. 1993; Macphail et al. 1997; Wattez 1990; Wilson 1997).

### **Clasificación de microfacies**

La descripción de las láminas delgadas inicialmente se realizó con una aproximación mecánica, derivada de la sistemática de los criterios de descripción de la micromorfología de suelos y la petrografía sedimentaria (Adams et al., 1997; Bullock et al. 1985; Douglas y Thompson 1985; Elf-Aquitaine 1975; Fédoroff et al., 1994; FitzPatrick 1990; FitzPatrick 1993; Freyter y Verrecchia 1989; Gómez Gras 1997; Leighton y Pendexter 1962; Verrecchia 1989). Esta aproximación conduce a la repetición y a la larga exposición de los caracteres (Aristoteles 1995). Esta aplicación mecánica tuvo que rehacerse para describir los caracteres comunes de las unidades microestratigráficas, caracteres comunes extraídos de modelos de formación de microfacies sedimentarias y antrópicas. Sin embargo, para hacer un modelo, un sistema, una ordenación, hace falta que todo sea abarcado (Buffon 1905). Estos modelos están fundamentados en la independencia lógica de los caracteres de determinación, en una clasificación natural (Hempel 1988), para adquirir un elevado alcance sistemático. Mediante muchas aproximaciones a la clasificación, hemos averiguado empíricamente la adecuación a la sistemática de la clasificación natural propuesta. De esta manera hemos tratado de evitar al menos uno de los obstáculos que hacen peligrar la investigación en historia natural: la ausencia de método (Buffon 1905). Esperemos que el lector, abierto a la complejidad de la lectura micromorfológica, considere las descripciones y las interpretaciones derivadas como simples explicaciones de unos modelos que pueden ser mejorados con la discusión pluridisciplinar y la formación continua del investigador.

La clasificación desarrollada en esta tesis doctoral se encuadran en la elaboración de modelos pero que se encuentran en diferente estado de elaboración o desarrollo. Finalmente, tenemos de resaltar el hecho que estas clasificaciones son el resultado de un largo trabajo de ordenación y principalmente de selección de la información de la población de muestras analizadas. Su aplicación mecánica a otros contextos o poblaciones de muestras, de otros yacimientos o incluso niveles, puede provocar un fuerte desajuste entre hechos y datos.

### ***Clasificación de microfacies del nivel J del abric Romaní***

El modelo del nivel J del abric Romaní se ha elaborado con la estimación de la intensidad de alteración de los fragmentos de roca carbonatadas. La variable intensidad de alteración de los fragmentos de roca carbonatada se ha utilizado en otros rellenos de cueva y abrigos, y comparado con medios deposicionales actuales (Courty 1986). Esta investigación (Courty 1986) traza una aproximación apoyada en la

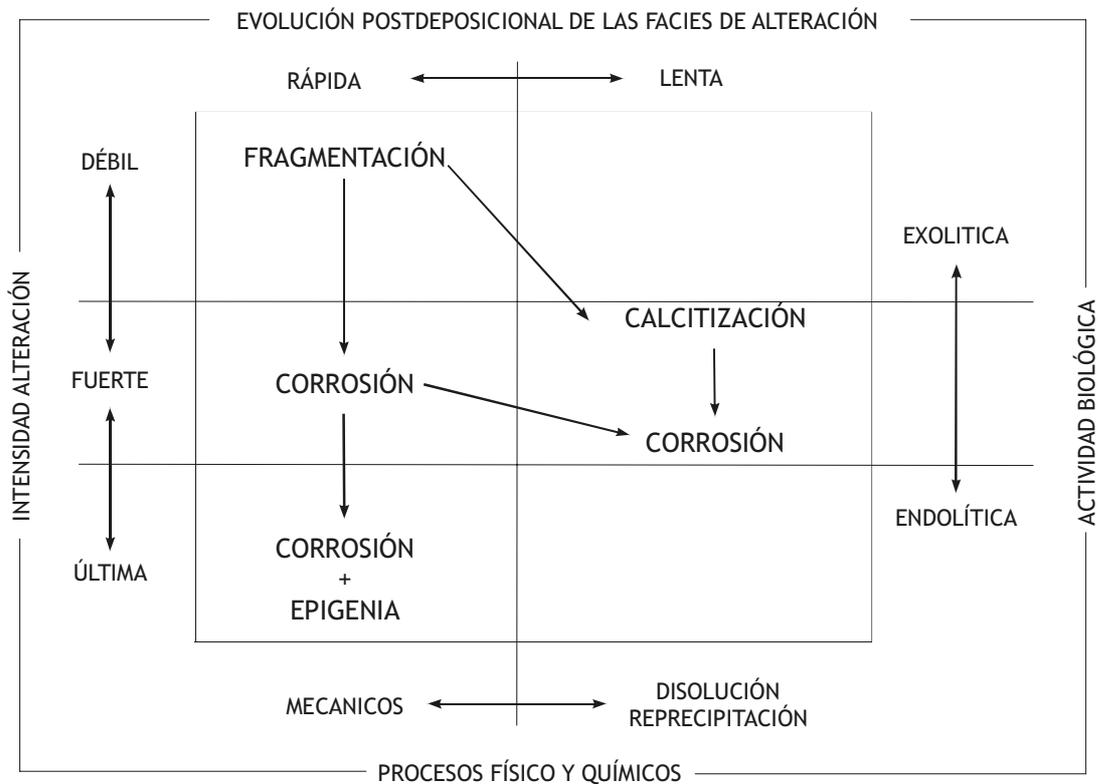


Figura 2.7. Procesos de redistribución de los carbonatos y posición de los procesos de formación de la intensidad de alteración de los fragmentos carbonatados descritos en las facies sedimentarias (basado en Courty, 1986).

interpretación del subsistema pared y el subsistema relleno sedimentario. Los parámetros utilizados para caracterizar estos dos subsistemas están detallados en la figura 2.7. Estos parámetros están descritos principalmente con un esquema que sistematiza:

- 1.- La Fracción Gruesa (FG). Frecuencia, naturaleza -biocristalina o cristalina. Relación Fracción Gruesa /Fracción Fina (FG/FF). Forma de la fracción gruesa.
2. Estructura sedimentaria y microestructura.
3. Rasgos edáficos
4. Rasgos antrópicos.

Las principales interpretaciones versan sobre:

1, la lentitud o la rapidez de la sedimentación expresada mediante el desarrollo de los procesos postdeposicionales mecánicos (frecuencia de la fracción gruesa, naturaleza y forma) o de disolución precipitación (rasgos edáficos cristalinos calcínicos /carbonatados).

2, la naturaleza endolítica o exolítica de la actividad biológica relacionada con el registro de las intensidades de alteración débil, fuerte y última de los fragmentos de

roca carbonatada mediante la caracterización de los procesos mecánicos de fragmentación, la calcitización y la corrosión.

Finalmente, la expresión de la ordenación de estos parámetros se establece mediante la definición de microfacies mediante los caracteres texturales, color y microestructura.

La clasificación de facies antrópicas del nivel J del abric Romaní parte de una ordenación por el tipo de estructura sedimentaria al que se le añaden sistemáticamente diferentes parámetros como la estimación de la frecuencia de materiales quemados y la microagregación. Esta clasificación no parte de un modelo basado en un esquema inicial (modelo) bien desarrollado. Es innegable el hecho que al utilizar un parámetro como la estimación de la frecuencia de componentes quemados puede ser un útil inicial para describir los procesos de antropización entorno a zonas de combustión o IACE. Sin embargo mediante la definición de la estructura sedimentaria (grosor, forma y tipo de límites) y la microestructura hemos interpretado mecanismos de formación antropogenéticos de registro sedimentario como la dispersión, el desplazamiento y el cubrimiento de sedimentos (Courty et al. 1994a; Gé et al. 1994). En esta clasificación hemos generado subtipos principalmente relacionados con las modificaciones postdeposicionales de los mecanismos de formación antrópico mediante la descripción de la porosidad, el desarrollo de la agregación y la distribución FG/FF.

#### ***Clasificación de la colección de referencia de microfacies de la Sierra de Atapuerca***

El modelo para la clasificación de microfacies de la colección de referencia de la Sierra de Atapuerca tiene la fundamentación más analítica de las tres clasificaciones elaboradas para esta tesis doctoral. Un esquema inicial de los procesos de formación, que caracterizaría una aproximación con un método deductivo, es casi ausente. Esta clasificación parte principalmente de procedimientos establecidos por la petrografía sedimentaria (Gómez 1997; Humbert, 1976): según la granulometría y la composición calcítica y carbonatada expresada por su frecuencia.

La clasificación pretende ordenar las unidades microestratigráficas, determinadas en lámina delgada mediante sus límites, mediante la fracción calcítica-fracción carbonatada con un límite establecido entorno las 30 micras. Este procedimiento fue desarrollado para la clasificación de microfacies de Galería (Vallverdú 1999). La ampliación de materiales sedimentarios provocado por la formación de la colección de referencia ha fundamentado una revisión de los criterios de clasificación empleada para Galería. La estimación de la Fracción gruesa calcítica (FGc) y la Fracción fina carbonatada (FFc) es de especial interés para trabajar con las facies de exterior o exocársticas (Perez González et al. 1995; 1999). Las microfacies sedimentarias muestreadas en depósitos endocársticos, en G.I de Galería, las hemos caracterizado por los procesos de lavado, de albización, que registran.

La descripción ha sistematizado, después de adquirir un valor sistemático mediante múltiples aproximaciones (Hempel 1988):

1, componentes texturales y estimación de la FGc/FFc

2, estructuras sedimentarias y microestructuras

3, rasgos edáficos

Finalmente, con una aproximación basada en la idoneidad de varias aproximaciones para adquirir un valor sistemático de una clasificación natural (Hempel 1988), la denominación de las facies intenta recoger caracteres de campo y caracteres extraídos del análisis de las microfacies. Hemos combinando la textura, el color determinado sobre la fracción fina en lámina, la mencionada estimación FGc/FG y FGc/FF, y el tamaño de la FMG (bloques y gravas) descrita en el campo.