

## **Contribución al proceso de jerarquización de componentes sedimentológicos a partir de prácticas ponderales y volumétricas: el ejemplo del depósito aluvial de Errekaleor (Vitoria-Gasteiz)**

**Andoni Sáenz de Buruaga**

En Estratigrafía Analítica la definición de las estructuras estratigráficas traduce una síntesis jerárquica de temas sedimentológicos y arqueológicos. La jerarquización, por lo tanto, constituye un instrumento racional de ordenación de los diferentes componentes de una estructura estratigráfica. Así, sobre la observación de los agregados sedimentarios, la jerarquización actúa como el factor esencial de determinación cuantitativa o cualitativa secuencial de la definición estructural. Por ello, una unidad estratigráfica aglutina una sucesión de rangos de diferente medida dentro de una jerarquía. En consecuencia, el concepto de estructura deviene en sinónimo de secuencia cartegorial ordenada jerárquicamente.

Aceptando, pues, el papel relevante de la jerarquía, nos hemos propuesto como objetivo preciso de este trabajo la contrastación de dos recursos experimentales de fácil aplicación orientados a definir jerárquicamente el sedimento en aras a valorar su grado de pertinencia: los ensayos a partir de prácticas volumétricas y del peso de las muestras.

La dinámica por pesos es frecuentemente utilizada en los estudios edafológicos de cara a determinar los porcentajes de las fracciones granulométricas (cfr., p.e., A. Martínez Cortizas y C. Moares Domínguez, 1995).

Nosotros, por nuestra parte, hemos venido operando en las actuaciones arqueológicas de campo -concretamente, desde la primera experiencia definición estratigráfica analítica en los depósitos pleistocénicos de la cueva de Arrillor (Murua-Zigoitia, Araba) en

1989- con cálculos de volúmenes. Una aproximación a su mecánica operativa se incluyó en uno de los trabajos recogidos en el número anterior de esta misma revista (Aguirre, M., López Quintana, J.C., Ormazabal, A. y Sáenz de Buruaga, A. 1999). En ese mismo artículo, algunas imprecisiones en la maquetación definitiva del texto alteraron erróneamente el cuadro relativo a las clases granulométricas (*Op. cit.*, p. 8) que ahora subsanamos:

<b>Fracción</b>	<b>Dimensión máxima</b>	<b>Denominación granulométrica</b>
Gruesa	> 10 cm	Bloque
	10 - 2 cm	Clasto
Media	2 cm - 2 mm	Grava
Fina	2 - 0,02 mm	Arena
	0,02 - 0,002 mm	Limo
	< 0,002 mm	Arcilla

Para llevar a cabo la experiencia se ha elegido como material de base una muestra de sedimento de la formación aluvial del interesante corte estratigráfico de Errekaleor (Vitoria-Gasteiz). El trabajo de campo -en lo que respecta a la identificación estratigráfica, toma de sedimentos e informaciones de interés complementario- se llevó a efecto los días 10, 11 y 18 de Agosto de 2000<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Conste nuestro agradecimiento a P. Lobo Urrutia por su desinteresada ayuda en la toma de muestras.

## 1. El corte estratigráfico de Errekaleor (Vitoria-Gasteiz).

Se encuentra ubicado en las cercanías del barrio de Errekaleor, a unos 2,5 km al SE de Vitoria-Gasteiz. Su existencia se explica a consecuencia de la explotación de una antigua cantera de áridos, de diseño topográfico triangular y de unos 7500 m<sup>2</sup> de superficie, ya en desuso, encajada entre la línea de ferrocarril Madrid-Irún y un camino rural que, en recorrido paralelo al Alto de Arkaia enlaza Errekaleor con las pequeñas localidades de Arkaia, al E, y Elorriaga, al N (coordenadas UTM; x=529193; y=4743658; z=550) (fot. 1).



*Foto 1. Vista general de la cantera de Errekaleor desde el alto de Arkaia.*

Hoy día, la hondonada, utilizada como vertedero de escombros, ofrece una buena perspectiva estratigráfica en su corte N y bastante más limitada, a consecuencia del progresivo relleno industrial, en el W (fot. 2). El relieve que la circunda es en buena parte



*Foto 2. Estado actual de la cantera: vista parcial de los cortes W (a la izquierda) y N (a la derecha) y relleno de escombros.*

llano y dedicado a la explotación agraria, preferentemente de cereales y remolacha. Sólo en la zona más meridional se presenta una ligera pendiente asociada a la ladera correspondiente del perfil erosionado del Alto de Arkaia.

La estratigrafía de Errekaleor refleja básicamente los grandes patrones sedimentarios que caracterizan la sucesión de los depósitos cuaternarios en este tramo de la Llanada Alavesa y cuya descripción y génesis se ha abordado en los últimos años en relación a trabajos edafológicos (Iñiguez, J., Sánchez-Carpintero, I., Val, M.R., Romeo, A. y Bascones, J.C. 1980), geomorfológicos (Latasa, I. 1992) e hidrogeológicos (Arrate, I. 1994; VV.AA. 1995).

En términos generales, dos formaciones sedimentarias plenamente diferenciadas configuran el registro estratigráfico cuaternario de Errekaleor (fot. 3).

### a. Complejo estratigráfico inferior (Errekaleor Ci).

En él son visibles 4m de potencia sin atisbarse en zona alguna el substrato rocoso que, a juzgar por lo documentado en contextos próximos, se caracterizaría por una alternancia de limolitas calcáreas grises oscuras, margas arcillosas y calcarenitas del Campaniense inferior-medio (VV.AA. 1995, p. 26).

Se trata de un conjunto sedimentario de clastos relativamente heterométricos -eventualmente se ha controlado algún bloque-, rodados, insertos en una matriz más menuda de gravas y de otros finos componentes esencialmente arenosos. La coloración dominante es amarillenta (Munsell, 10 YR 8/3, 10 YR 8/4). Su composición mayoritaria en clastos nos inclina a definir analíticamente esta serie como *Cai* (Clastos amarillos inferiores)<sup>2</sup>.



Foto 3. Formación aluvial (inferior) sucedida por los horizontes edáfico y biótico de un suelo policíclico (superior) en el corte N de la cantera.

<sup>2</sup> Terminológicamente se seguirán las convenciones propuestas en 1998 para la Estratigrafía Analítica (cfr. *Krei*, 3, p. 3-5).

Litológicamente, los cantos son fundamentalmente calizos y más esporádicamente cuarcíticos y areniscosos, advirtiéndose incluso algún fragmento de sílex asociado eventualmente a formas fósiles. Por lo común, se hallan recubiertos de una película de precipitación de carbonato cálcico.

La formación se ofrece relativamente homogénea, pudiendo quizás ser subdividida en varias estructuras a partir de las diferentes direcciones en el sedimento, consecuencia de sucesivos procesos aluviales. Además, a techo de este complejo global se advierte un tramo con sensible presencia de lentejones arenosos de coloración amarilla más intensa (Munsell, 10 YR 8/8, 10 YR 7/8), junto a precipitaciones travertínicas más blanquecinas.

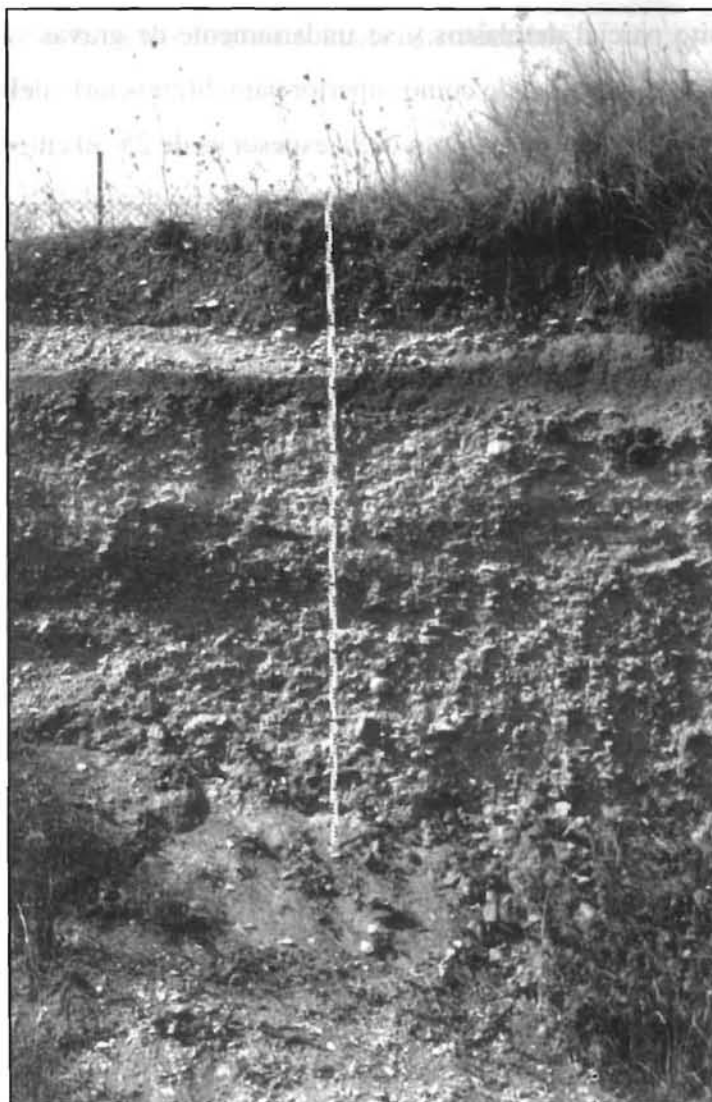
Genéticamente, el complejo estratigráfico inferior de Errekaleor parece vinculado a un antiguo medio fluvial de corrientes anastomosadas o de canales entrecruzados, denominado también como de ríos *braided*.

#### **b. Complejo estratigráfico superior (Errekaleor Cs).**

Tras un neto contacto estratigráfico brusco y lineal, una original formación de suelo policíclico caracteriza el relleno sedimentario superior de Errekaleor. En este nuevo complejo se advierte, a lo largo del recorrido pleno del corte disponible, la presencia de un paleosuelo, en la mitad inferior de la formación, definido por dos horizontes edáficos sucesivos -uno de iluviación en la base (horizonte B) sobre el que descansa otro eluvial (horizonte E)-, y, en la mitad superior, de un otro horizonte correspondiente al frente biótico de un suelo temporalmente más evolucionado (horizonte A).

Como decimos, la sucesión de estos tres horizontes se sigue en la integridad del corte visible, siendo las superficies de estratificación entre todas estas estructuras relativamente planas. Sólo en el tramo más septentrional de la banda W se advierte una anomalía muy puntual: un ligero y limitado depósito aluvial de cantos, en apariencia bastante similares a los del más masivo complejo inferior, corta erosivamente en ese área la totalidad del horizonte E y la parte meso-superior del B.

De muro a techo la sucesión estratigráfica regular, con el añadido de esa alteración local, refleja precisamente en aquel perfil noroccidental la siguiente ordenación (fot. 4):



*Foto 4. Perfil noroccidental de la cantera de Errekaleor incluyendo un depósito parcial de clastos sobre el paleosuelo y bajo el horizonte biótico más superior.*

*Aln*: depósito regular arcillo-limoso reguzco (Munsell, 10 YR 4/2), correspondiente al horizonte edáfico de iluviación del paleosuelo (horizonte B). Su espesor circunda los 25 cm de potencia, reduciéndose sensiblemente en ese punto del perfil noroccidental a consecuencia de la señalada acción erosiva de un depósito superior de clastos.

*Ale*: depósito regular arcillo-limoso beige (Munsell, 2.5 Y 7/4), perteneciente al horizonte edáfico de eluviación del paleosuelo (horizonte E). Su potencia se halla próxima a los 20 cm, desapareciendo puntualmente en el perfil noroccidental por la erosión del inmediato depósito suprayacente de cantos.

*Cas*: depósito parcial de clastos y secundariamente de gravas y arenas amarillas (Munsell, 10 YR 7/3), especificado como superior para diferenciarlo del muy similar *Cai*, como se ha descrito, más inferior y masivo. Su espesor es de 25-30 cm y se halla limitado topográficamente a ese perfil septentrional de la banda occidental del corte, erosionando aquí de forma íntegra la estructura estratigráfica infrayacente de *Ale* e incluso los tramos superior y medio de la aún más inferior *Aln*.

*Almc*: depósito regular arcillo-limoso marrón (Munsell, 10 YR 5/) con complementario aporte de clastos calizos de distribución aleatoria. Corresponde al horizonte biótico de un suelo (horizonte A) cronológicamente más reciente que el paleosuelo definido por las estructuras *Ale* y *Aln*. Su potencia oscila entre 45 y 50 cm, e incluye frecuentemente una importante presencia de raíces, especialmente en su tramo más superior, donde, a la máxima incidencia de la alteración mecánica, como efecto de la explotación agraria, ha sucedido la instalación de un herbazal, bastante degradado y muy reciente, de escasos cm de espesor; tramo que, si bien mantiene las mismas características que el resto del depósito en la composición granulométrica, conlleva diferencialmente una mayor densidad de raíces, de preferencia finas, y una consecuente intensificación en la coloración del sedimento, deviniendo ligeramente algo más oscuro en ese piso extremo.

El origen del complejo estratigráfico superior de Errekaleor debe, por su parte, asociarse, en términos generales, a deposiciones fluviales características de ríos meandriiformes, singularizadas en este caso por un proceso de horizonación estructurado en dos frentes de meteorización de un suelo policíclico: el frente de edafogénesis, en la mitad inferior, representante del ciclo más antiguo y caracterizado por el desarrollo sucesivo de dos horizontes, de iluviación B y de eluviación E, y el frente biótico, en la mitad superior, testimonio del ciclo más reciente, representado por un horizonte A alterado mecánicamente en su tramo más superficial.

Complementariamente, el mapa de suelos de Álava incluye la zona en los vertisoles, frecuentemente asociados a cambisoles vérticos y cálcicos, propios de áreas relativamente llanas, y de régimen por lo normal xérico (Iñiguez, J., Sánchez-Carpintero, I., Val, R.M., Romeo, A. y Bascones, J.C. 1980, p. 46 y mapa escala 1:200000).



## 2. La muestra sedimentológica y su tratamiento

De cara a abordar el experimento se ha seleccionado una muestra perteneciente al tramo medio del complejo estratigráfico inferior *Cai* de Errekaleor, extraída de una columna levantada en el perfil noroccidental del corte. Se justifica la elección por su contenido de las tres grandes fracciones granulométricas (fot. 5).



*Foto 5. Detalle del tramo medio del complejo estratigráfico inferior de Errekaleor en el perfil noroccidental.*

Aparentemente el lote parece caracterizado por la presencia de clastos, siendo más secundarias las gravas y las partículas finas, preferentemente éstas de tipo arenoso. Todo ello se encuentra altamente rodado. La coloración amarillenta en fresco antes señalada (Munsell, 10 YR 8/3, 10 YR 8/4), se ofrece ahora en seco como más intensamente amarilla (Munsell, 2.5 Y 7/4). El peso total de la muestra alcanzó los 2964,4 gr, estimándose su volumen en 1250 ml.

Para llevar a cabo la toma de datos ponderales y volumétricos de cada una de las fracciones se procedió inicialmente a su discriminación por medio de un juego de cribas

superpuestas de 2 cm y 2 mm de malla. La superior retendría los elementos gruesos; la inferior haría lo propio con los medios, dejando además filtrar los componentes más finos. Complementariamente se eliminaron por frotamiento aquellas partículas más finas impregnadas en las paredes de los elementos más gruesos y medios. De seguido, se verificaron con un calibre las dimensiones de un buen número de piezas que merced a alguna particularidad morfológica se habían introducido en una fracción no propia: especialmente, varios clastos alargados con un diámetro mayor superior a 2 cm incluidos anómalamente en la fracción media. Por último, una vez bien determinada cada fracción, se pesaron en una balanza de precisión, obteniéndose los siguientes valores:

*Peso total de la muestra:* 2964 gr

*Fracción gruesa:* 1669,7 gr (56,3%)

*Fracción media:* 698,6 gr (23,6%)

*Fracción fina:* 596,1 gr (20,1%)

De acuerdo con estos datos, el conjunto vendría definido preferentemente por materiales gruesos, en su totalidad clastos. Las gravas casi suponen una cuarta parte del total y los elementos finos, integrados prioritariamente por arenas, son los más minoritarios, si bien suponen la quinta parte del efectivo ponderal (fig. 1, superior).

Concluido el ensayo por pesos se llevó a efecto el análisis volumétrico. Para ello cada una de las fracciones se vertieron en un recipiente graduado con lectura mililítrica, disponiéndose para cada caso de una cantidad estimada de agua. Si para las fracciones gruesa y media las lecturas de los cambios de volúmen del fluido se hicieron inmediatamente tras el vertido de sus correspondientes elementos, en el caso de la fracción fina la estimación se demoró algo más al deber aguardarse a la decantación final de las escasas partículas arcillosas. Tras ello, los resultados fueron los siguientes:

*Volumen total de la muestra:* 1250 ml

*Fracción gruesa:* 660 ml (52,8%)

*Fracción media:* 300 ml (24,0%)

*Fracción fina:* 290 ml (23,2%)

En esta ocasión también los elementos gruesos resaltan como los constituyentes esenciales de la muestra, resultando los medios y finos más secundarios, con valores próximos a un cuarto del total del volumen en cada caso (fig. 1, inferior).

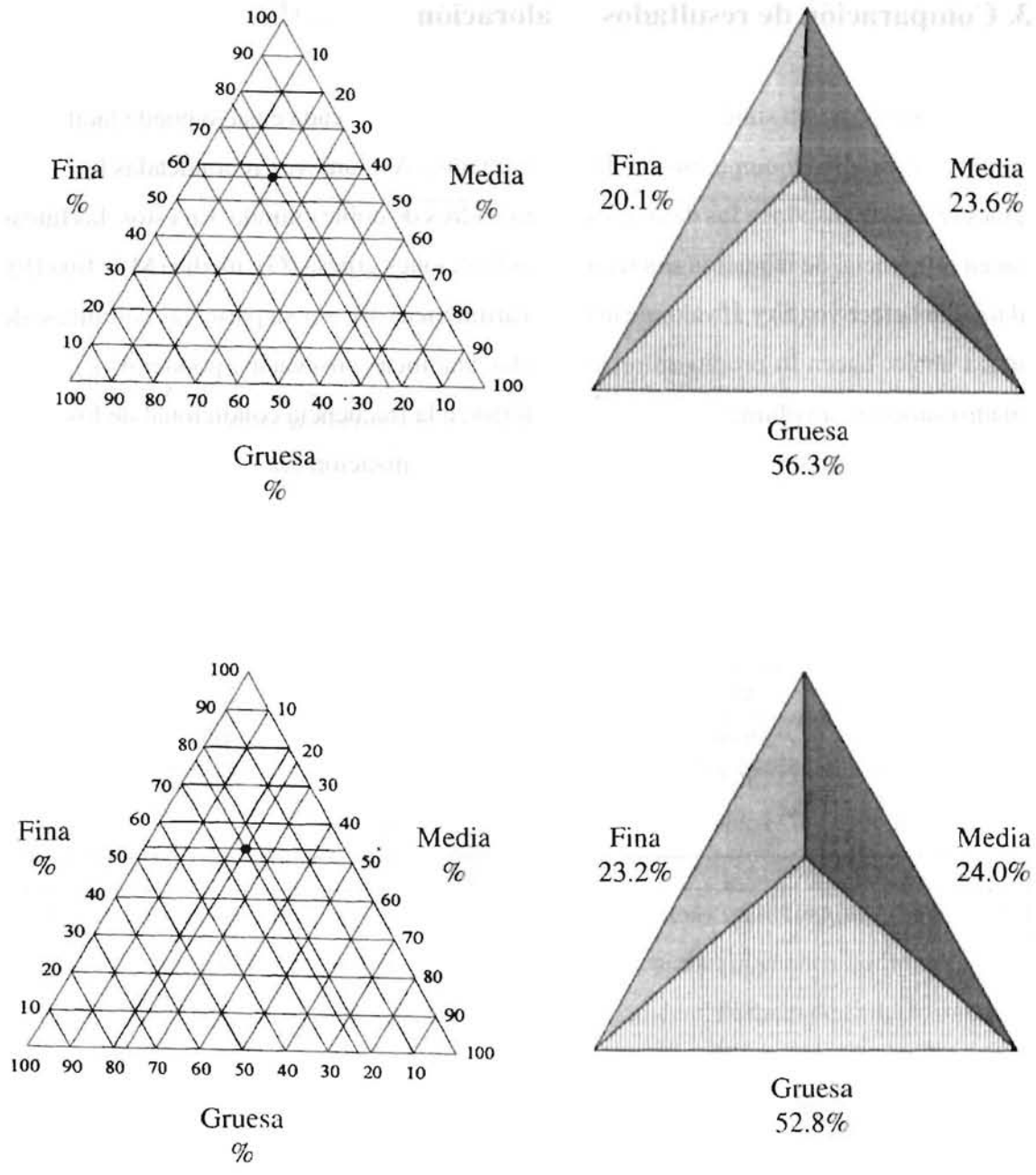


Figura 1. Diagramas triangulares de las fracciones granulométricas: en la parte superior, a partir del ensayo ponderal; en la inferior, del volumétrico.

### 3. Comparación de resultados y valoración

Una exposición sintética y ordenada de los valores de cada ensayo puede facilitar la mejor comparación y comprensión de los resultados. Así, una vez redondeadas las cantidades reales, se disponen los datos en sendos cuadros de doble entrada. En estos, las líneas hacen referencia, de izquierda a derecha, a las fracciones gruesa (G), media (M) y fina (F), al total del efectivo ( $\Sigma$ ) y al valor de la media aritmética (m); por su parte, las columnas, de arriba abajo, hacen lo propio en relación a las analíticas ensayadas, ponderal (P), en el cuadro superior, o volumétrica (V), en el inferior, a la frecuencia condicional de los valores reales (f), y, finalmente, de cara a una óptima visualización gráfica, a la desviación de la frecuencia con la media aritmética (f-m).

He aquí la síntesis de los datos cuantitativos:

	G	M	F	$\Sigma$	m
P	1670	699	596	2965	988,3
f	.563	.236	.201	1	.333
f-m	+.230	-.097	-.132		

	G	M	F	$\Sigma$	m
V	660	300	290	1250	416,7
f	.528	.240	.232	1	.333
f-m	+.195	-.093	-.101		

En líneas generales, ambos ensayos, como ya se ha afirmado, ponen de manifiesto el alto componente de la fracción gruesa y el papel más secundario de la media y fina. La visualización de sus valores reales, de los porcentajes y del histograma de frecuencias por relación a la media (fig. 2), revela, dentro de unas orientaciones bastante comunes, ciertas diferencias que quizás en algunos casos puedan llegar a adquirir visos de relevancia para con la definición estructural del lote.

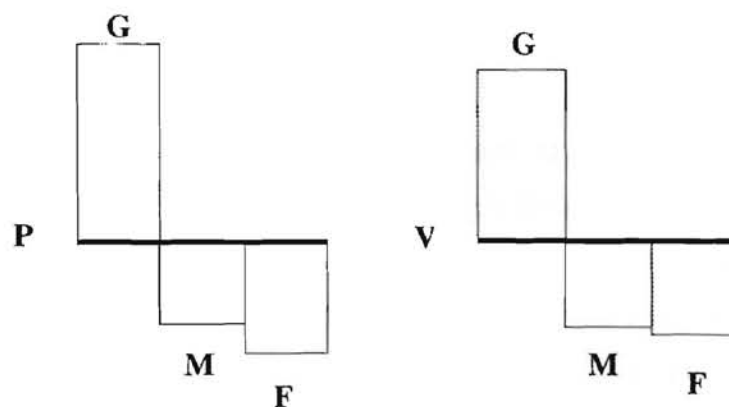


Figura 2. Histogramas de frecuencias de pesos (a la izquierda) y volúmenes (a la derecha) por relación a la media aritmética.

Así, desde el punto de vista de las frecuencias, la fracción que se ofrece más estable es la media (23,6% en P y 24,0% en V), advirtiéndose mayores alteraciones en la gruesa (que de un 56,3% en P decrece a un 52,8% en V) y en la fina (que de un 20,1% en P aumenta a un 23,2% en V). Al margen de que las desviaciones en cada caso no sean excesivas (-3,5% en G; +0,4% en M; y, +3,1% en F), es interesante señalar esa relativa estabilidad de M y las opuestas orientaciones en los valores de G y F, pudiendo acaso intuirse una causalidad mutua en esas divergencias. De ser así, el problema debiera enfocarse hacia la determinación de los posibles factores directos condicionantes. En este sentido, inicialmente y desde el prisma teórico, quizás debieran al menos contemplarse la incidencia de las densidades de las rocas y la capacidad de absorción de fluido por determinadas partículas. En cualquier caso, el hecho verificado es que ambos recursos procuran ciertas distorsiones a considerar, a pesar de que en este ejemplo -y siempre desde la perspectiva de las frecuencias- se muestren como muy secundarias.

Paralelamente, si además de esa comparación porcentual, se contemplan conjuntamente los valores relativos a las cantidades reales de los casos, esa ligera diferencia apuntada pudiera ahora bien verse incrementada. Especialmente en lo que hace referencia a los efectivos de la fracción fina por relación a la media: muy próximos en V y más diferenciados en P.

La aplicación del test khi 2 de forma sucesiva a esos valores puede contribuir a poner de relieve la medida de la intensidad en las relaciones entre cada secuencia categorial

ordenada decrecientemente; es decir, a profundizar en las homogeneidades y diferencias entre los dos ensayos.

En efecto, el cálculo de la secuencia estructural (Laplace, G. 1974 y 1978; Laplace, G. y Livache, M. 1975) precisa el grado de significación estadística entre los componentes de cada conjunto:

P: G /// M / F

V: G /// (M F)

Así, si en la ordenación de las categorías se advierte una común secuencia, en lo que respecta a la medida de ese orden pueden señalarse ciertas similitudes y heterogeneidades significativas.

Con ambos procedimientos la fracción gruesa constituye, lógicamente, la categoría dominante, distinguiéndose de las otras por rupturas altamente significativas (///). Por contra, la distribución del efectivo entre fracción media y fina varía según se opere con uno u otro recurso: conforme a la analítica ponderal se advierte una discontinuidad significativa (/) entre la más importante cantidad de gravas y la más limitada de componentes finos; diferencia que no se sigue del análisis volumétrico donde la divergencia entre ambas fracciones es muy ténue, deviniendo estadísticamente en categorías homogéneas (entre paréntesis). Sin duda que estas variaciones tienen que ver con el anteriormente citado incremento experimentado por las partículas finas en la práctica volumétrica y la relativa estabilidad que con ambos recursos parece asistir a la fracción media. La igualmente anterior alusión a la alteración experimentada por los elementos gruesos no tiene sin embargo significación especial ahora, tanto en cuanto en ambos casos las diferencias cuantitativas entre ellos y los restantes son muy pronunciadas.

El concepto de la significación estadística es de necesaria contemplación en aras a establecer una definición jerárquica pertinente del componente sedimentario. El ejemplo que hemos propuesto no plantea problemas a la hora de definir la categoría dominante del conjunto, los clastos, mas suscita un interesante debate de cara a reflejar complementariamente en la definición analítica algunos de los otros agregados; debate que, de acuerdo a las fluctuaciones observadas, bien pudiera hacerse extensivo especialmente a aquellos registros sedimentarios determinados por la presencia mayoritaria de partículas menos gruesas.

El problema se plantea, así, en enunciados más generales: ¿cuál de los recursos puede aceptarse como más fidedigno, es decir, qué instrumento de medida procura la lectura más aproximadamente veraz de la muestra real?

Líneas atrás ya se ha hecho referencia a algunos de los factores que podían inferir en la deducción de los valores para cada caso. De un lado, que un agregado de rocas diferentemente densas y conjuntamente de dilatada heterometría pudiera inducir a errores en la estimación ponderal de aquellas fracciones granulométricas más propias (gruesa y media): en nuestro ejemplo, la litología de los clastos es casi uniformemente caliza, mientras que la de las gravas, además de elementos calizos, incluye otros más variados cuarcíticos, areniscosos, e, incluso, eventualmente, alguno hematítico. De otro lado, que la capacidad de absorción de agua por algunas de las partículas más finas, especialmente de caracterización arcillosa, pudiera provocar ciertas alteraciones en su estructura, y, en casos puntuales, como los de las arcillas expansivas, conllevar algunas modificaciones volumétricas: la muestra que hemos analizado es casi totalmente de composición arenosa, estimándose por lo tanto como mínimos los aportes de limos y arcillas.

Sin duda que la resolución de la cuestión suscitada no pasa por un solo ejemplo. Será necesario aplicar esta dinámica a una buena muestra de depósitos sedimentológicos de diferenciadas composiciones. Nuestro objetivo se limita esencialmente a llamar la atención de una problemática, a partir de las oscilaciones aquí controladas, que pueden provocar algunos recursos instrumentales pertinentes orientados a definir jerárquicamente los sedimentos. De acuerdo con la experiencia en este caso abordada, la particular composición litológica y granulométrica del lote, junto a la posible inestabilidad que colateralmente puede llegar a circundar a las estimaciones ponderales, y la ligerísima aportación de elementos arcillosos en nuestra serie, nos hacen, en principio, seguir albergando razonables garantías en la analítica de deducción volumétrica.

## Bibliografía.

AGUIRRE, M.; LÓPEZ QUINTANA, J.C.; ORMAZABAL, A. y SÁENZ DE BURUAGA, A. 1999. «Determinación práctica del sedimento en el campo y jerarquización de componentes sedimentológicos en Estratigrafía Analítica». *Krei*, 4, p. 3-27.

ARRATE, I. 1994. *Estudio Hidrogeológico del Acuífero Cuaternario de Vitoria-Gasteiz (Araba, País Vasco)*. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea. Leioa (Bizkaia).

IÑIGUEZ, J.; SÁNCHEZ-CARPINTERO, I.; VAL, R. M.; ROMEO, A. y BASCONES, J. C. 1980. *Mapa de suelos de Álava*. Ed. Diputación Foral de Álava - Departamento de Edafología de la Universidad de Navarra.

LAPLACE, G. 1974. «De la dynamique de l'analyse structurale ou la typologie analytique». *Rivista di Scienze Preistoriche*, 29, p. 3-71.

LAPLACE, G. 1978. «Analyse matricielle de la contingence. Niveaux et réseaux d'homogénéités». *Dialektikê*, 1978, p. 7-27.

LAPLACE, G. y LIVACHE, M. 1975. «Précisions sur la démarche de l'analyse structurale». *Dialektikê*, 1975, p. 8-21.

LATASA, I. 1992. «Depósitos detríticos cuaternarios de la Llanada Alavesa (Cuenca del río Zadorra)», en A. Cearreta y F. M. Ugarte (eds), *The Late Quaternary in the Western Pyrenean Region*. Bilbao, 1992. p. 361-372.

MARTÍNEZ CORTIZA S, A. y MOARES DOMÍNGUEZ, C. 1995. *Edafología y Arqueología. Estudio de yacimientos arqueológicos al aire libre en Galicia*. Ed. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela.

VV. AA. 1995. *Estudio Hidrogeológico del Sector de Salburua (Vitoria-Gasteiz). Orientación para la toma de medidas tendentes a la recuperación de sus zonas húmedas. Estudio preliminar*. Grupo de Hidrogeología. Departamento de Geodinámica. Facultad de Ciencias. Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea. Leioa (Bizkaia), enero de 1995.