

— Etapa 2. Corresponde a un hiato producido por erosión y/o ausencia de sedimentación. Se situaría al final del Würm III.

— Etapa 3 (Unidad 2). Situada en la interfase Würm III—IV, corresponde a una sedimentación de muy baja energía en un medio templado y muy húmedo, coincidente con una ocupación del Solutrense Medio-Superior. Únicamente se constata en el Vestíbulo.

— Etapa 4. Hiato estratigráfico, con desarrollo de claros procesos erosivos, que en el Vestíbulo originan la ausencia de unos 6.000 años del registro, y que en la Mina, junto con la Etapa 2, representa un vacío de más de 7.000 años.

— Etapa 5 (Unidad 3). Corresponde a las últimas etapas del Würm IV, y comienza con una sedimentación de baja a moderada energía, para dar paso a una intensa gelivación, con aporte de gelifractos autóctonos, que marca el momento más frío de la secuencia, y terminar con una sedimentación por arroyada difusa. Estos niveles contienen abundantes restos de una ocupación del Magdaleniense Superior con arpones.

— Etapa 6. Fase de erosión intensa, que termina siendo claramente fluvial, y que elimina unos 1.000 años del registro estratigráfico. Se sitúa en los últimos momentos del Pleistoceno superior, dado que está postdatada en  $10.860 \pm 160$  años BP.

— Etapa 7 (Unidad 4). Comprende el final del Pleistoceno superior y el comienzo del Holoceno, y corresponde a un conchero antrópico de adscripción epipaleolítica.

— Etapa 8. Erosión.

— Etapa 9 (Unidad 5). Ya claramente dentro del Holoceno, en esta etapa se produce una sedimentación de baja energía, con predominio de la arroyada difusa, y con procesos de alteración posteriores. Coincide con el comienzo de la ocupación neolítica de la Cueva, en un clima templado húmedo.

— Etapa 10. Fuerte erosión.

— Etapa 11 (Unidad 6). Sedimentación coluvionar que alterna con momentos de arroyada difusa, originándose posteriormente carbonataciones secundarias. Alternan momentos cálidos y secos con precipitaciones concentradas, con momentos templados y ligeramente más húmedos. La ocupación es neolítica y termina siendo calcolítica.

— Etapa 12 (Unidad 7). Erosión y sedimentación coluvionar, con carbonatación posterior y génesis de corteza estalagmítica, en un clima cálido y húmedo.

Esta secuencia muestra que en el yacimiento de la Cueva de Nerja están registrados los últimos momentos del Pleistoceno superior y gran parte del Holoceno, con varias etapas erosivas, algunas de gran intensidad. Una de estas etapas, la 6, situada entre las unidades litoestratigráficas 3 y 4, está marcada por una fuerte cicatriz erosiva, de origen fluvial, que en el Vestíbulo se rellena por aporte antrópico de valvas de moluscos, originando un conchero, y en la Mina aparece rellena por depósitos fluviales sobre los que yacen sedimentos finos ricos en valvas de moluscos. Las dataciones absolutas presentadas permiten situar con pre-

cisión esa etapa, entre los  $11.930 \pm 160$  BP y los  $10.860 \pm 160$  BP, lapso de tiempo en el que se encuentra el límite Pleistoceno superior-Holoceno. El tránsito del Tardiglacial al Postglacial se situaría en la base del conchero.

#### Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco del Proyecto «Investigaciones Prehistóricas en la Cueva de Nerja», subvencionado por el Patronato de la Cueva de Nerja, contando con el permiso administrativo de la Junta de Andalucía. Agradecemos a UBAR y a UGRA su diligencia en la realización de las dataciones absolutas, y a Federico Ramírez Trillo la delineación de la figura.

#### Referencias

- Aura Tortosa, J. E. (1986): *La Prehistoria de la Cueva de Nerja (Málaga)*, pp. 205-267.
- Aura Tortosa, J. E. (1989): *Tesis Doctoral*, Universidad de Valencia.
- Fumanal, P. (1986): *Trabajos Varios del S.I.P.*, nº 83, 208 pp.
- García Dueñas, V. y Avidad, J. (1981): *Motril, 1055, Mapa Geol. Esp. 1:50000 (2.ª serie)*, IGME.
- Hoyos Gómez, M. (1981): *R.A.C.E.F.N., P.I.C.G.*, I, 63-75.
- Jordá Pardo, J. F. (1986): *La Prehistoria de la Cueva de Nerja (Málaga)*, pp. 39-97.
- Pellicer, M. y Acosta, P. (1986): *La Prehistoria de la Cueva de Nerja (Málaga)*, pp. 337-450.

Recibido el 1 de febrero de 1990  
Aceptado el 23 de febrero de 1990

## Caracterización mineralógica de los sedimentos actuales del río Nervión (Vizcaya)

M. J. Irabien\*, F. Velasco\*

\* Departamento de Mineralogía y Petrología. Facultad de Ciencias. Universidad del País Vasco. Apdo. 644. E-48080 Bilbao.

#### ABSTRACT

*The modern sediments of the Nervión River have been investigated in order to determine the mineralogical composition of the bulk sample, and the distribution of the clay minerals in the 2-20  $\mu\text{m}$  fraction and the  $<2 \mu\text{m}$  fraction.*

**Key words:** mineralogy, clay minerals, modern sediments, Nervión River, Vizcaya.

*Geogaceta*, 8 (1990), 104-106.

## Introducción

El río Nervión discurre por las provincias de Alava y Vizcaya, atravesando algunos de los núcleos de población e industria más importantes del País Vasco. Drena, junto a sus principales afluentes, una superficie superior a 1.800 km.<sup>2</sup> En esta cuenca se hayan representados materiales sedimentarios de edad cretácica (areniscas, calizas y margas), siendo escaso el afloramiento de materiales terciarios y triásicos (Rat, 1959).

Con este trabajo se pretende caracterizar la naturaleza de los materiales geológicos que están siendo depositados en la actualidad en el cauce de este río, tanto en la zona sometida a la influencia marina, donde dominará la sedimentación sobre el transporte, como en el cauce alto, caracterizado por una tasa de transporte superior a la de sedimentación. El interés de este estudio se centra en los depósitos de fracciones finas (limo y arcilla), con capacidad para actuar como una excelente trampa geoquímica para la fijación de metales pesados. En la cuenca del río Nervión, el origen de estos metales aparece en una gran proporción estrechamente ligado a actividades antrópicas, siendo fruto de los vertidos causados por el intenso desarrollo industrial.

Los datos obtenidos, junto a los procedentes del estudio geoquímico que se está llevando a cabo en la actualidad, servirán para caracterizar y cuantificar la incidencia de la intensa actividad industrial sobre las características geológicas naturales de este área.

## Método

En las 18 estaciones establecidas se ha recogido sedimento del primer centímetro superficial, sometido a condiciones de oxidación. Sobre cada muestra hemos realizado un análisis de la distribución granulométrica, así como la extracción de la fracción menor a 2  $\mu\text{m}$  y la comprendida entre 2 y 20  $\mu\text{m}$ , para llevar a cabo la realización del estudio de los minerales de la arcilla por difracción de Rayos X. Este método es el utilizado también para la estimación semicuantitativa de la composición mineralógica sobre la muestra total. En todas las muestras estudiadas se ha determinado la cristalinidad de

la illita en base al índice de Kübler (Kübler, 1968), con objeto de facilitar el reconocimiento de su procedencia y de los posibles efectos sin y post-sedimentarios sufridos.

## Resultados

Los componentes mineralógicos principales de los sedimentos estudiados, determinados en base al estudio sobre muestra total, son los siguientes: cuarzo, calcita, feldspatos y filosilicatos (illita, clorita, caolinita e interestratificados). Otro mineral presente, aunque en cantidades variables, es la goethita, normalmente acompañada por otros

óxidos de hierro. De forma puntual se ha identificado la presencia de dolomita. Sin embargo, no hemos encontrado carbonatos de hierro ni otro tipo de silicatos diferente a los previamente señalados.

El estudio de los minerales de la arcilla realizado sobre la fracción <2  $\mu\text{m}$  (fig. 1) refleja la existencia, como fases predominantes en todas las estaciones de muestreo, de clorita e illita. Esta última es la mayoritaria, de manera que puede incluso superar en algunas muestras el 90% respecto al total de filosilicatos presentes. La caolinita aparece en bajas proporciones, restringida únicamente a los tramos más cercanos a la desembocadura del

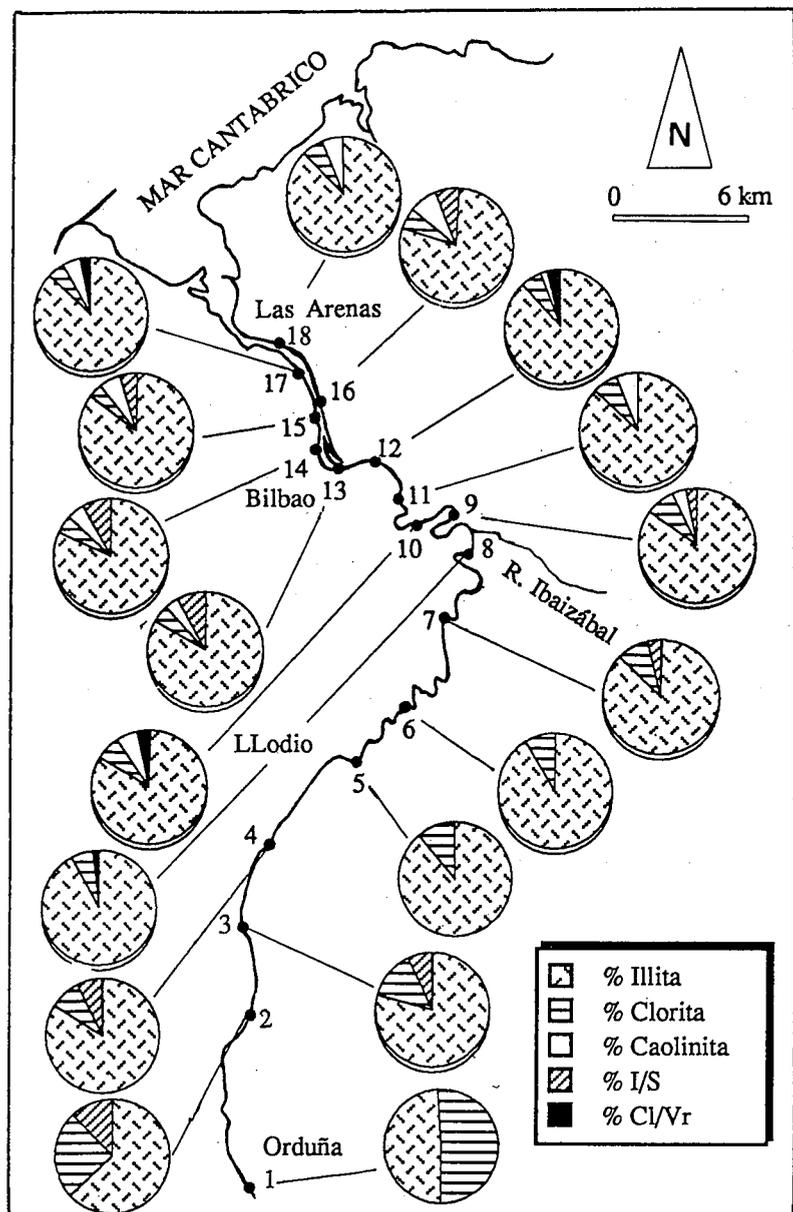


Fig. 1.—Distribución de minerales de la arcilla en la fracción <2  $\mu\text{m}$ , en el cauce del río Nervión (Vizcaya).

río Nervión, a partir de su confluencia con el río Ibaizábal. Como fases subbordinadas, en muy pequeñas cantidades, aparecen interstratificados del tipo clorita/vermiculita (Cl/Vr) e illita/esmectita (I/S), estos últimos caracterizados por la baja proporción de capas hinchables en su estructura.

Entre las fracciones  $<2 \mu\text{m}$  y  $2-20 \mu\text{m}$  es posible observar un fuerte paralelismo en relación con el contenido en los distintos minerales de la arcilla. Sin embargo, el estudio semicuantitativo muestra la tendencia de la illita a aparecer en cantidades algo mayores en el intervalo de partículas de tamaño  $<2 \mu\text{m}$ , si bien con unas características de menor cristalinidad, respecto a la fracción comprendida entre  $2$  y  $20 \mu\text{m}$ .

La granulometría de las muestras refleja una clara gradación, que tiende a la disminución del tamaño de grano hacia los tramos más bajos, y en la que es posible observar algunas anomalías puntuales.

## Discusión

La mineralogía expuesta, constituida esencialmente por cuarzo, calcita y filosilicatos, refleja un lógico carácter heredado, de acuerdo con la naturaleza geológica de la cuenca drenada. Sin embargo, hacia las zonas más bajas del río se observa un cierto déficit en el contenido en carbonatos, acompañado por el aumento de la cantidad de filosilicatos respecto al fondo general estimado. En cuanto a la mineralogía de las arcillas, donde la illita es la fase dominante, se muestra plenamente de acuerdo tanto cualitativa como cuantitativamente, con la determinada para la región drenada (Aróstegui, 1989).

En el estudio de las posibilidades de formación de nuevos minerales en este ambiente, resulta de fundamental

importancia conocer las características físico-químicas del medio (Eh, pH, salinidad, etc.). La globalidad de las medidas de pH realizadas en las aguas del río Nervión durante la realización de este trabajo muestran unos valores que se aproximan a la neutralidad, siendo ligeramente básicas en la parte alta del río y débilmente ácidas en el estuario. Este descenso del pH en las zonas más bajas del río, patente de manera más acusada en el estuario, coincide con un incremento en la cantidad de materia orgánica presente y con una mayor concentración industrial, responsable de numerosos y continuados vertidos ácidos. Por otro lado, no hay que olvidar que la propia dinámica natural del estuario ejerce una labor de «autocontrol» de estas propiedades físico-químicas, ya que la acción de las mareas supone una entrada diaria de agua marina ligeramente básica, que de alguna manera renueva la retenida en el estuario.

Si comparamos las condiciones naturales de este río con las de estabilidad para la formación de algunos minerales tales como caolinita, filosilicatos tipo 2:1 y calcita (definidas por Chesworth y Macías, 1981), este medio fluvial parece poco apto para la formación de nuevos minerales. Por lo tanto, el proceso de neoformación se revela como escasamente adecuado para explicar la aparición de caolinita restringida únicamente a las zonas más bajas del río, ya que este mineral precisaría valores de pH más bajos.

Sin embargo, esta ligera acidez de las aguas puede tener una gran influencia, reflejada en la disminución de carbonatos en las áreas más bajas del río. Como es sabido, la disolución de carbonatos a temperatura ambiente es un proceso muy sensible a los cambios en el pH, de forma que un pH ligeramente inferior a 7 altera de forma apreciable la constante de so-

lubilidad de la calcita, favoreciendo su destrucción (Boynton, 1980).

Como conclusión, se propone para los sedimentos estudiados un origen fundamentalmente detrítico, controlado estrechamente por la litología del área por la que discurre el río. Esto queda reflejado en el aumento de la cantidad de clorita en las zonas de influencia diápírica, así como en la aparición de caolinita ligada al drenaje de formaciones terciarias, más ricas que las cretácicas en este mineral. En el estuario se detecta una importante correlación entre el contenido de cuarzo y la fracción de tamaño arena, que puede interpretarse como ocasionada por la entrada de material de origen marino por la acción de las mareas. También es posible observar la influencia antrópica, fundamentalmente en el curso bajo del río, reflejada en la abundancia de óxidos de hierro relacionada con antiguas explotaciones mineras, en la disminución del contenido en carbonatos, así como en la aparición de anomalías granulométricas en el estuario, causadas por vertidos industriales.

## Bibliografía

- Arostegui, J. (1989): Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad del País Vasco.
- Boynton, R. S. (1980): Chemistry and Technology of Lime and Limestone: Ed. John Wiley & Sons, New Jersey.
- Chesworth, W. y Macías, F. (1981): *Clay Minerals*, 16, 43-52.
- Kübler, B. (1968): *Bull. cent. Rech. Pau-SNPA2*, 385-397.
- Rat, P. (1959): *Publ. de l'Université de Dijon*, XVIII, Presses Universitaires de France, 525 pp.

Recibido el 1 de febrero de 1990  
Aceptado el 23 de febrero de 1990