

posiblemente, a que el diagrama experimental con el cual se compara no está totalmente indexado, lo que podría indicar que éste no es de gran calidad.

En el dicromato de plata existe buena correspondencia. Sin embargo faltan en el listado del ordenador los valores de intensidad correspondiente a algunas reflexiones. Esto es debido a que el programa elimina automáticamente aquellas intensidades relativas cuyo valor es menor de 0,5; se trata, no obstante, de valores de intensidad débil que pueden ser recuperados modificando la sentencia del programa que los elimina.

BIBLIOGRAFIA

- DURIF, A. y AVERBUCH-POUCHOT, M. T. (1978).—Structure du Dichromate d'Argent: $Ag_2Cr_2O_7$. *Acta Cryst. B* 34,3335-3337.
- FRONDEL, C. (1962).—*The System of Mineralogy of Dana*. vol. 3, 7.^a ed. Wiley and Sons. New York.
- JOINT COMMITTEE ON POWDER DIFFRACTION STANDARDS. *Powder Diffraction File*. International Center for Diffraction Data. Swarthmore, Pennsylvania.
- MEGAW, H. D. (1973).—*Crystal Structures: a working approach*. W. B. Saunders Co. Philadelphia.
- MOREIRAS, D. (1980).—Estudio cristalográfico de colorantes azoicos: Acido 4-dimetilaminoazobenceno 2' carboxílico (Rojo de Metilo) y Clorhidrato de 2,4-diaminoazobenceno dihidratado (Crisoidina SL). *Tesis Doctoral*. Universidad de Oviedo.
- MOREIRAS BLANCO, D. y SOLANS HUGUET, J. (1973).—Difracción de rayos X y espectroscopía de absorción de la serie Alumbre crómico potásico-Alumbre aluminico potásico ($KCr(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$ - $KAl(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$). *Breviora Geol. Ast.*, XVII, 33-37.
- WYCKOFF, R. W. G. (1953).—*Crystal Structures*. Interscience Publishers. New York.

Andrés Pérez-Estaún (*).—CARACTERISTICAS GEOQUIMICAS DE LAS ROCAS BASICAS DEL COMPLEJO DE CABO ORTEGAL: REVISION DE LOS DATOS EXISTENTES

El Complejo de Cabo Ortegal se sitúa en la Zona Centroibérica (Cordillera hercínica de la Península Ibérica) y constituye uno de los macizos de rocas máficas y ultramáficas con alto grado de metamorfismo que se encuentran en dicha zona. Está formado por una serie de unidades alóctonas superpuestas en las que están presentes neises, rocas básicas y ultrabásicas que han sufrido generalmente un metamorfismo catazonal (Fig. 1). Entre los numerosos problemas que plantea la interpretación de estos macizos se encuentra el de la naturaleza y origen de las rocas básicas y ultrabásicas presentes.

En este trabajo se pretende realizar una revisión e interpretación de los datos geoquímicos de las rocas básicas del Complejo de Cabo Ortegal con base a los análisis ya existentes. Un estudio de este tipo permite caracterizar geoquímicamente estas rocas, poner de manifiesto la homogeneidad o heterogeneidad química de los distintos grupos de rocas básicas y aproximarse a la interpretación sobre la situación geotectónica en que se emplazaron los magmas que dieron lugar a las mismas. Es preciso señalar, no obstante, que el metamorfismo y la fuerte deformación sufrida por las rocas básicas del Complejo de Cabo Ortegal, hacen difícil el caracterizar geoquímicamente de un modo preciso a las mismas.

(*) Departamento de Geotectónica, Facultad de Geología, Universidad de Oviedo. España.

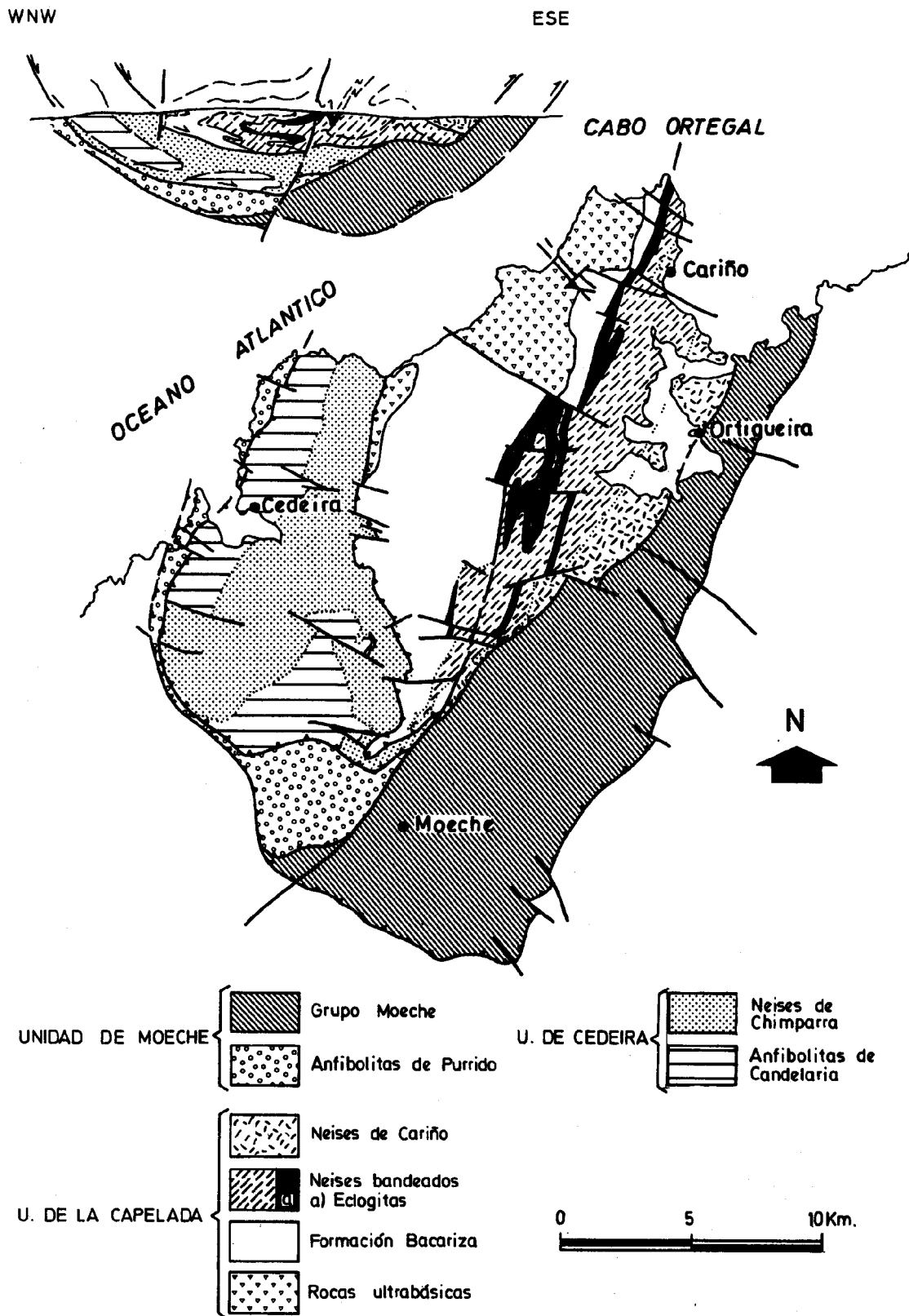


Fig. 1.—Esquema geológico y corte del Complejo de Cabo Ortegal (BASTIDA y otros, in litt.).

LAS ROCAS BASICAS DE CABO ORTEGAL

Las rocas básicas ocupan un porcentaje elevado de las rocas que afloran en el Complejo de Cabo Ortegal. Dentro de este Complejo, BASTIDA y otros (in litt.) han distinguido tres unidades superpuestas tectónicamente y separadas por cabalgamientos: Unidad de Moeche, Unidad de Cedeira y Unidad de La Capelada. Las rocas básicas de las unidades de Cedeira y La Capelada han sufrido un metamorfismo polifásico, en el que el grado más elevado se alcanza durante la primera fase, llegándose a un metamorfismo catazonal, y va seguido de una retrogradación progresiva hasta la facies de los esquistos verdes (VOGEL 1967, BASTIDA y otros in litt.). Las rocas básicas de estas dos unidades son las que aquí se van a tomar en consideración ya que las que forman parte de la Unidad de Moeche (Anfibolitas de Purrido principalmente) han sufrido una historia geológica diferente. Dentro de las unidades antes mencionadas, VOGEL (1967) ha diferenciado entre las rocas básicas: las Granulitas de la Formación Bacariza, las Anfibolitas de Candelaria (con abundantes relictos de facies granulíticas), las Eclogitas de Monte Castrillón y otros cuerpos lenticulares de eclogitas situados entre los Neises bandeados. Una distribución precisa de los afloramientos de estas rocas básicas puede encontrarse en las hojas geológicas a E 1 : 50.000 de Cariño (FERNÁNDEZ POMPA y FERNÁNDEZ MARTÍNEZ 1976) y Cedeira (FERNÁNDEZ POMPA y MONTESERÍN 1976) y en la hoja E 1 : 200.000 de La Coruña (BASTIDA y otros, in litt.). De acuerdo con la estructura de las unidades de Cedeira y La Capelada puede observarse que las rocas básicas aquí estudiadas se sitúan estratigráficamente entre rocas ultrabásicas y neises. Por otra parte estas anfibolitas son muy heterogéneas, pudiendo observarse desde rocas claramente gabroicas en su parte baja a anfibolitas con niveles muy ricos en plagioclasas y a anfibolitas muy oscuras y uniformes, con epidota, en el techo. Las estructuras que presentan estas anfibolitas evidencian la existencia de varios episodios de deformación que van desde una milonitización inicial muy intensa a la formación de grandes pliegues isoclinales cortados posteriormente por los cabalgamientos que dan lugar al emplazamiento del Complejo de Cabo Ortegal en su actual posición, y a los últimos pliegues que forman el gran sinforme que actualmente se define en la cartografía. Una descripción detallada de la estratigrafía, estructura, metamorfismo y edad de estas rocas puede encontrarse en BASTIDA y otros (in litt.) y MARCOS (1982).

GEOQUIMICA DE LAS ROCAS BASICAS

Los primeros datos geoquímicos de las rocas básicas de Cabo Ortegal fueron obtenidos por VOGEL (1967). Posteriormente, CALSTEREN (1978 a, b), con un número escaso de muestras, propuso un modelo geoquímico para todas las rocas básicas y ultrabásicas del Complejo de Cabo Ortegal, estableciendo la hipótesis de que dichas rocas se formaron en relación con un «mantle plume». Este autor distingue cuatro grupos de rocas que, de acuerdo con sus conclusiones, serían diferentes entre sí desde el punto de vista geoquímico. Estos cuatro grupos

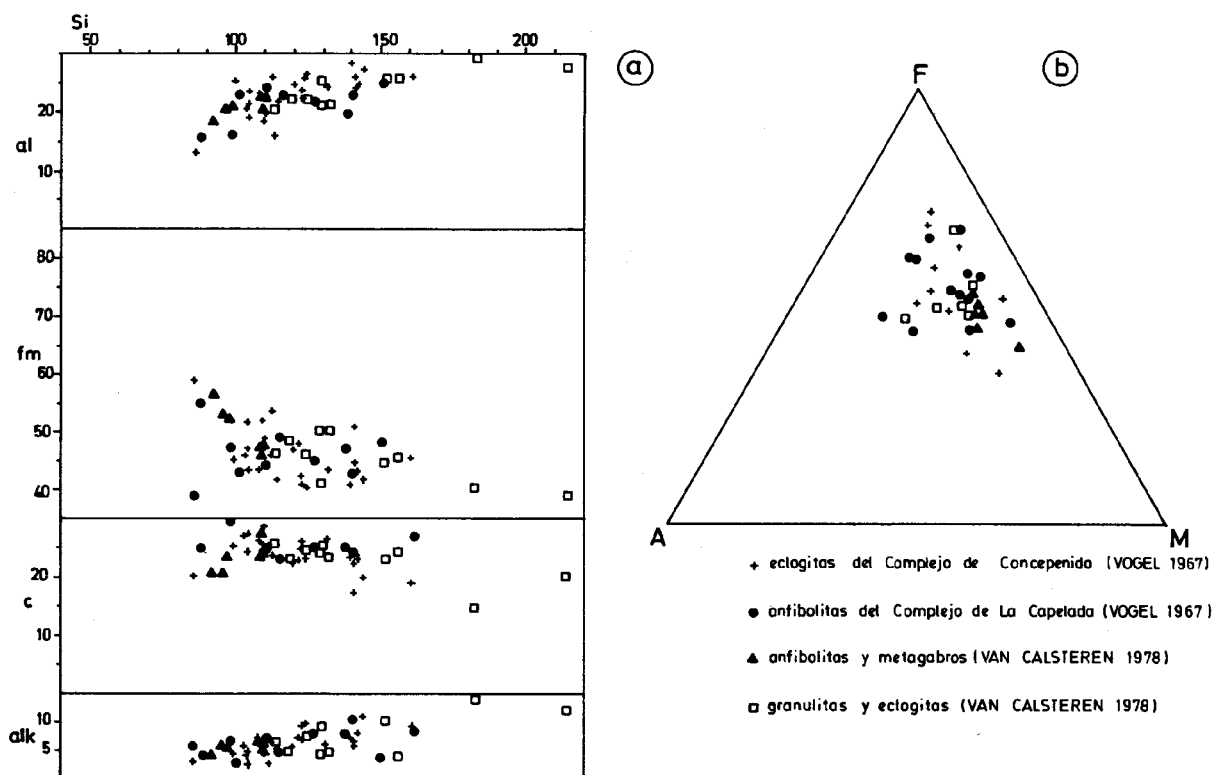


Fig. 2.-a) Diagrama que relaciona los parámetros de Niggli al, fm, c y alk con el parámetro si, para las rocas básicas del Complejo de Cabo Ortegale; b) Triángulo AFM de las rocas básicas de Cabo Ortegale.

estarían formados por las lezolititas, las piroxenitas, las anfibolitas y metagabros, y las granulitas y eclogitas. Por otra parte, hace corresponder las anfibolitas y metagabros con toleítas del tipo de las de Hawai y las granulitas y eclogitas con basaltos continentales.

Con el fin de caracterizar lo más ampliamente posible las rocas básicas de Cabo Ortegale, en el estudio geoquímico que se sigue se usarán los análisis de eclogitas (incluidas en los Neises bandeados) y de Anfibolitas de Candelaria (Complejo de La Capelada) publicados por VOGEL (1967), así como los datos de anfibolitas, metagabros, granulitas y eclogitas de CALSTEREN (1978 a). De todos modos, la falta de deseables y suficientes análisis de elementos incompatibles y de tierras raras, hace que con el estudio de los elementos disponibles (elementos mayores y algunos incompatibles) sólo pueda presentarse un modelo geoquímico muy elemental.

Anfibolitas, granulitas y eclogitas, de acuerdo con su composición catenormativa, corresponden a basaltos, olivino y cuarzo normativos (VOGEL, op. cit.). Utilizando los parámetros de Niggli «al, fm, c, alk» y proyectándolos en relación con el parámetro «si» puede demostrarse que todo este grupo de rocas muestran una tendencia geoquímica común (Fig. 2 a). Las eclogitas, anfibolitas, granulitas y metagabros presentan valores muy similares de los parámetros citados, quedando proyectados en el diagrama de la figura 1a a lo largo de las diferentes bandas que en él se delimitan, sin que se puedan separar unas rocas de otras. En el triángulo AFM (Fig. 2b) usado normalmente para definir la naturaleza toleítica o calcoalcalina del magma original, puede observarse que tampoco existen diferencias entre

los distintos tipos de rocas, no pudiendo determinarse la naturaleza exacta del magma por no existir datos correspondientes a los términos ácidos e intermedios que permitan trazar una tendencia clara.

La naturaleza original de las anfibolitas, granulitas y eclogitas parece corresponder a basaltos toleíticos, tal como puede verse en los diagramas $\text{SiO}_2/\text{FeO}^*/\text{MgO}$ (Fig. 3a, considerando la separación entre basaltos calcoalcalinos y toleíticos propuesta por MIYASHIRO 1975), $\text{SiO}_2-(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ (Fig. 3b, con la separación entre basaltos alcalinos y toleíticos de MACDONALD y KATSURA, 1964) y el de $\text{Zr}-\text{P}_2\text{O}_5$ (Fig. 3c, diagrama con elementos incompatibles propuesto por FLOYD y WINCHESTER, 1975). Por otra parte, el contenido en Al_2O_3 de las rocas básicas de Cabo Ortegal se sitúa normalmente entre el 14 y el 16 %, lo cual es también común en basaltos toleíticos (PIBOULE 1977).

Para establecer un modelo que permita perfilar la situación geotectónica en que han sido emplazadas rocas del tipo de las aquí estudiadas, se han propuesto muchos diagramas, de los cuales, los más fiables, son los que se basan en la geoquímica de los elementos incompatibles. De las rocas básicas de Cabo Ortegal se poseen un cierto número de análisis de elementos mayores, pero no de elementos incompatibles, y por este hecho, se han seguido también alguno de los métodos de discriminación de ambientes tectónicos que tienen en cuenta elementos mayores. De entre estos métodos, se han utilizado las funciones discriminantes establecidas por PEARCE (1976), F_1 y F_2 . También se ha usado el triángulo $\text{TiO}_2-\text{K}_2\text{O}-\text{P}_2\text{O}_5$ establecido por PEARCE y otros (1975) para distinguir basaltos oceánicos y no oceánicos, aunque esta diferencia no es tan neta y quizás el campo de los basaltos oceánicos representa en realidad a basaltos toleíticos formados en condiciones de «rifting» (ver FLOYD y WINCHESTER 1975). Estos dos métodos plantean ciertos problemas e imprecisiones al ser usados en rocas alteradas o metamorfizadas, por lo que las conclusiones deben ser matizadas.

En el triángulo $\text{TiO}_2-\text{K}_2\text{O}-\text{P}_2\text{O}_5$ (Fig. 3d), un porcentaje muy alto de las muestras de anfibolitas, granulitas y eclogitas de Cabo Ortegal caen en el campo de los basaltos oceánicos o en el campo de las toleítas formadas en áreas de «rifting», según el criterio adoptado en la interpretación. Según PEARCE y otros (1975), este triángulo puede usarse para rocas volcánicas frescas y cuando se trata de rocas metamórficas se produce un enriquecimiento en K_2O que hace que los puntos se desplacen hacia la parte inferior del mismo (campo de los basaltos no oceánicos). De acuerdo con este análisis, las muestras de Cabo Ortegal podrían originalmente situarse todavía más cerca del vértice superior y mostrar por tanto un carácter más oceánico.

De acuerdo con los campos establecidos por PEARCE en el diagrama F_1-F_2 (Fig. 3e), la mayor parte de las muestras de rocas básicas de Cabo Ortegal caen en el campo de los basaltos oceánicos y de las toleítas pobres en potasio.

La existencia de algunos análisis de elementos incompatibles (CALSTEREN 1978 a) ha permitido utilizar algunos diagramas referentes a estos elementos. Entre ellos se ha reproducido el diagrama $\text{Ti}-\text{Cr}$ (PEARCE 1975), que permite diferenciar basaltos de fondos oceánicos de basaltos de arcos de islas. En la Fig.

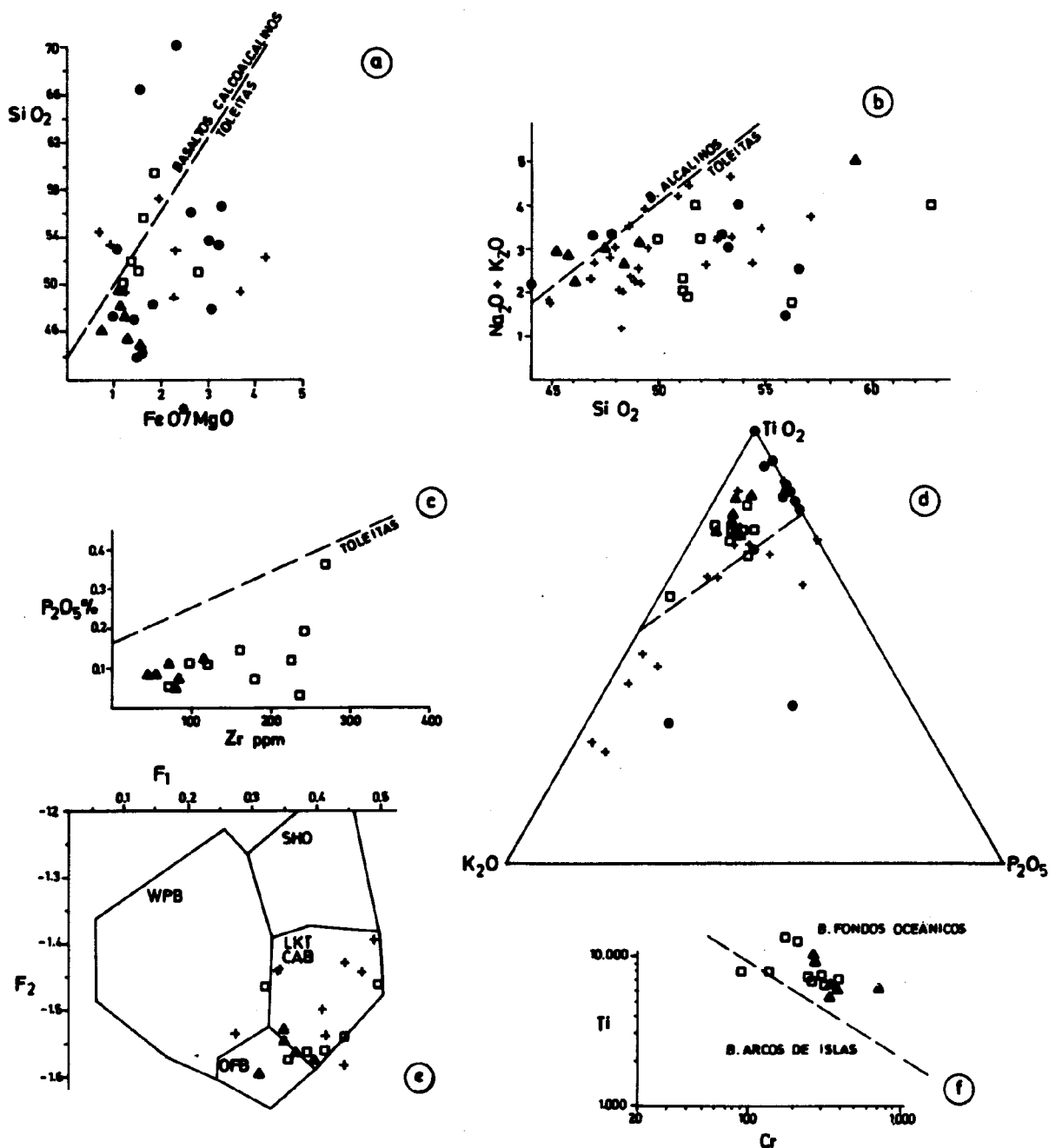


Fig. 3.-Diagramas químicos discriminantes. a) Diagrama SiO_2 - FeO^*/MgO ; FeO^* , hierro total. b) Diagrama SiO_2 - $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$. c) Diagrama Zr - P_2O_5 . d) Triángulo TiO_2 - K_2O - P_2O_5 . e) Diagrama de las funciones discriminantes F_1 y F_2 ; SHO: shoshonitas, CAB: basaltos calcoalcalinos; LKT: toleitas pobres en potasio; OFB: basaltos de fondos oceánicos, WPB: basaltos intraplaca. f) Diagrama Ti - Cr . Símbolos como en la figura 1.

3f puede observarse que anfibolitas, granulitas y eclogitas se sitúan en el campo de los basaltos de fondos oceánicos.

Puede concluirse que, de acuerdo con los datos disponibles, las eclogitas incluidas en los Neises bandeados, las Granulitas de Bacariza y las Anfibolitas de Candelaria, forman una tendencia geoquímica común. Originalmente, debieron ser principalmente basaltos toleíticos que se formaron en zonas oceánicas y con gran probabilidad durante un proceso de «rifting». Por otra parte la sucesión litológica que presentan las rocas de las unidades de Cedeira y La Capelada, con

rocas ultrabásicas en su base seguidas hacia arriba por rocas básicas, parece ser compatible con la sucesión que se obtendría en una secuencia ofiolítica. Estas conclusiones deben ser consideradas como el punto de partida para futuras investigaciones geoquímicas.

BIBLIOGRAFIA

- BASTIDA, F., MARCOS, A., MARQUÍNEZ, J., PÉREZ-ESTAÚN, A. y PULGAR, J. A. (in litt.).—Mapa Geológico de España E. 1 : 200.000, Hoja n.º 1 (La Coruña). Memoria explicativa. *Inst. Geol. Min. España*.
- CALSTEREN, P. W. C. VAN (1978 a).—Geochemistry of the polymetamorphic mafic-ultramafic complex at Cabo Ortegal (NW Spain). *Lithos*, 11, 61-72.
- (1978 b).—Geochronological, geochemical and geophysical investigations in the high-grade mafic-ultramafic complex at Cabo Ortegal and other pre-existing elements in the Hercynian basement of Galicia (NW Spain). *Leidse Geol. Meded.*, 51, 57-61.
- FERNÁNDEZ POMPA, F. y FERNÁNDEZ MARTÍNEZ, F. (1976).—Mapa Geológico de España E. 1 : 50.000, Hoja n.º 1 (Cariño). *Inst. Geol. Min. España*.
- y MONTESERIN, V. (1976).—Mapa Geológico de España E. 1 : 50.000, Hoja n.º 7 (Cedeira). *Inst. Geol. Min. España*.
- FLOYD, P. A. y WINCHESTER, J. A. (1975).—Magma type and tectonic setting discrimination using immobile elements. *Earth Plan. Sci. Letters*, 27, 211-218.
- MACDONALD, G. A. y KATSURA, T. (1964).—Chemical composition of Hawaiian lavas. *Jour Petrol.* 5, 82-133.
- MARCOS, A. (1982).—Revisión e interpretación de los datos isotópicos de edad en las rocas del Complejo de Cabo Ortegal (Galicia, NW de España). *Brev. Geol. Astúrica*, 26 (1-2), 1-10.
- MIYASHIRO, A. (1975).—Island arc volcanic rocks series: a critical review. *Petrologie*, 1, 177-187.
- PEARCE, J. A. (1975).—Basalt geochemistry used to investigate past tectonic environments on Cyprus. *Tectonophysics*, 25, 41-67.
- (1976).—Statistical analysis of major element patterns in basalts. *Jour. Petrol.*, 17, 15-43.
- PEARCE, T. H., GORMAN, B. E. y BIRKETT, T. C. (1975).—The TiO_2 - K_2O - P_2O_5 diagram: a method of discriminating between oceanic and non-oceanic basalts. *Earth planet. Sci. Letters*, 24, 419-426.
- PIBOULE, M. (1977).—Utilisation de l'analyse factoriale discriminante pour la reconnaissance de la nature des magmas parents des amphibolites. Application à quelques metabasites du Rouergue et du Limousin (Massif Central Français). *Bull. Soc. Geol. France*, 19, 1.133-1.143.
- VÖGEL, D. E. (1967).—Petrology of an eclogite and pyrigarnite-bearing polymetamorphic rocks complex at Cabo Ortegal, NW Spain. *Leidse Geol. Meded.*, 40, 121-213.