



IGME

222

3-11

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

CIES

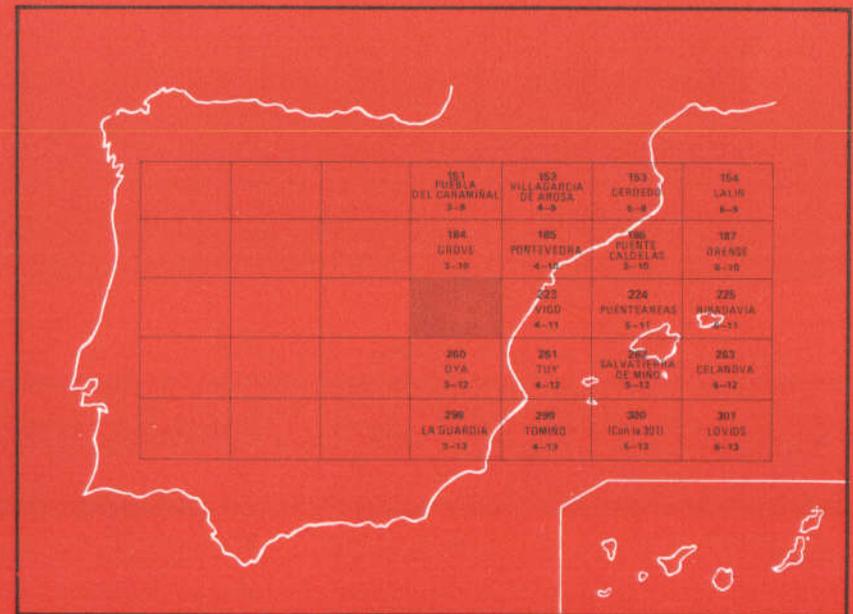
Segunda serie - Primera edición

INSTITUTO GEOLOGICO
Y MINERO DE ESPAÑA
RIOS ROSAS, 23 · MADRID-3

I.S.S.N.: 0373-2096

 SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

518



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA
E. 1:50.000

CIES

Segunda serie - Primera edición

**SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA**

La presente Hoja y Memoria ha sido realizada por GEOTEHIC, S.A. dentro del programa MAGNA, con normas, dirección y supervisión del I.G.M.E., habiendo intervenido los siguientes técnicos superiores:

Trabajo de Campo y Gabinete: José Abril Hurtado, Lcdo. en Ciencias Geológicas.

Asesoramiento: L. Guillermo Corretge Castañón, Universidad de Salamanca; Peter Floor, Universidad de Leiden (Holanda).

Supervisión I.G.M.E.: J. María Zapardiel Palenzuela, Ingeniero de Minas.

Dirección del Proyecto: Fernando García Salinas, Dr. Ingeniero de Minas.

Se pone en conocimiento del lector que en el I.G.M.E. existe para su consulta una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria constituida por:

- Muestras y sus correspondientes preparaciones.
- Informes petrográficos, micropaleontológicos y sedimentológicos de dichas muestras.
- Columnas estratigráficas de detalle.
- Fichas bibliográficas, álbum fotográfico y demás información varia.

Servicio de Publicaciones – Doctor Fleming, 7 – Madrid-16

Depósito Legal: M - 41944—1981

Imprime ADOSA – Príncipe de Vergara, 210 – Madrid-2

0 INTRODUCCION

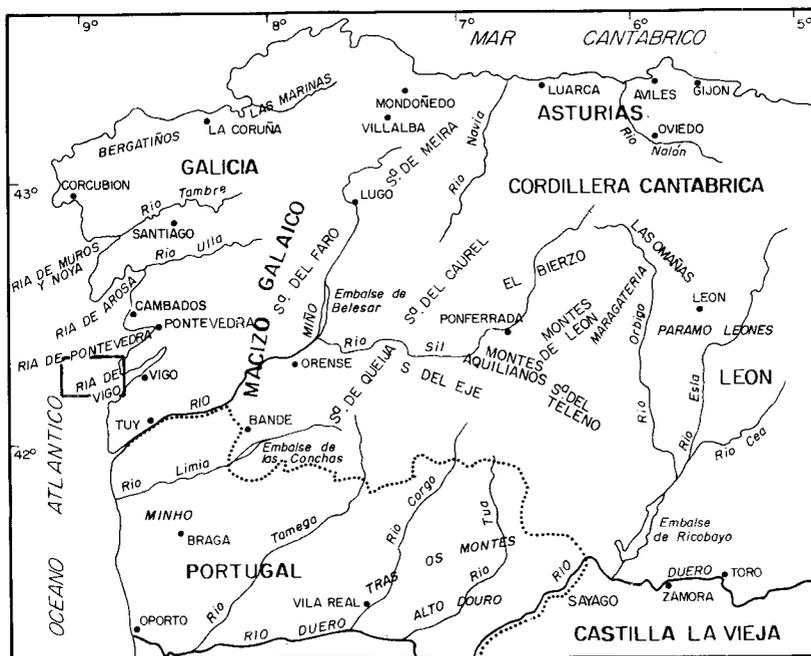
La presente Hoja número 03-11 (222) CIES, del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000, está situada en el sector NW de la Península Ibérica, entre las coordenadas geográficas $5^{\circ}10'$ – $5^{\circ}30'$ de longitud W (meridiano de Madrid) y $42^{\circ}10'$ – $42^{\circ}20'$ de latitud N.

Desde el ángulo de la geografía, la Hoja aparece casi totalmente ocupada por el Océano Atlántico, excepto el extremo oriental en donde emergen las Islas Cíes y el borde Oeste de la Península de Morrazo. Tanto las Cíes como el Morrazo constituyen sendos núcleos prominentes de cota máxima próxima a los 200 m (Alto Cíes, 190 m; Rajadas de Monte Agudo, 162 m; La Cestosa, 169 m, en la isla de San Martín; El Facho, 184 m, en el Morrazo, al W de Donón).

La costa es muy sinuosa y accidentada, sobre todo en la vertiente occidental de las islas y Costa de Soavela (Morrazo), con desniveles acusados que constituyen con frecuencia acantilados subverticales, en los que la erosión del oleaje es muy intensa desgajando enormes bloques rocosos que hacen inaccesible, por mar, e incluso por tierra, una buena parte de estas áreas costeras.

Es una zona casi despoblada, contabilizándose únicamente en las Cíes

una cierta población alóctona en la época estival, integrada por visitantes y campistas que moran en ellas durante algunos días. No existe una red de carreteras en esta Hoja, haciendo el servicio de comunicación por mar con las islas, una compañía naviera de Vigo.

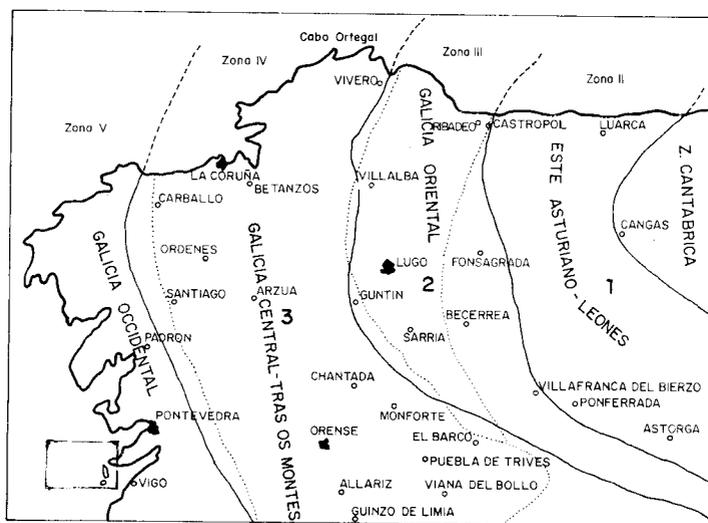


ESCALA APROXIMADA 1:3.500.000

Fig. 1.— Esquema de situación geográfica de la Hoja de Cíes (03-11).

Desde el punto de vista geológico, la Hoja constituye la prolongación norte del batolito de La Guardia-Oya y el complejo metasedimentario Monteferro-El Rosal (Hojas Magna núms. 03-12 y 04-12, IGME 1978). La Hoja se incluye dentro de la zona Centroibérica (Mapa Tectónico de la Península Ibérica, IGME 1972) cerca de la terminación de la Fosa Blastomilonítica. A su vez se incluye en la zona V de MATTE, Ph. (1968) de Galicia Occidental-NW de Portugal. Está formada por un cuerpo granítico de quimismo alcalino, que intruye al complejo metasedimentario indicado anteriormente, constituido por micasquistos, grauvacas y cuarcitas, atribuido por diversos autores al Precámbrico-Silúrico.

Han sido importantes, para la realización de este estudio, trabajos de ámbito regional y local entre los que se encuentran los de CAPDEVILA, R. (1969); MATTE, Ph. (1963-69); FLOOR, P. (1966); ARPS, C.E.S. (1970); NONN, H. (1966); VAN CALSTEREN et al. (1977) y BUISKOOL, J.M.A. et al. (1979) y cartografía a diversas escalas de ARIENSEN, F.H. (1974); TEN BOSCH, J.B.M. (1964); BREMMER, M.S.M.P. (1973); HENSEN, B.J. (1965); VAN HUMALDA; VAN ESYSINGA (1966); RENGERS, N. (1965); RODENBURG, J.K. (1968); VISSER, V. (1973) y VOGEL, W. (1967), sintetizados en la 1ª edición del Mapa Geológico de Galicia Occidental a escala 1:100.000 de la Universidad de Leiden, Holanda (1977).



LEYENDA		Cuadrículo de la Hoja, 1:50000, nº C3-11, CIES
		Límite aproximado de zonas paleogeográficas.
		Límite aproximado de dominios tectónicos.
		Dominio de pliegues de plano axial subvertical.
		Dominio de pliegues tumbados
		Dominio de pliegues tumbados y replgados

Fig. 2.— Esquema de distribución de zonas paleogeográficas del NW. de la Península Ibérica y dominios tectónicos principales (MATTE, P., 1968).

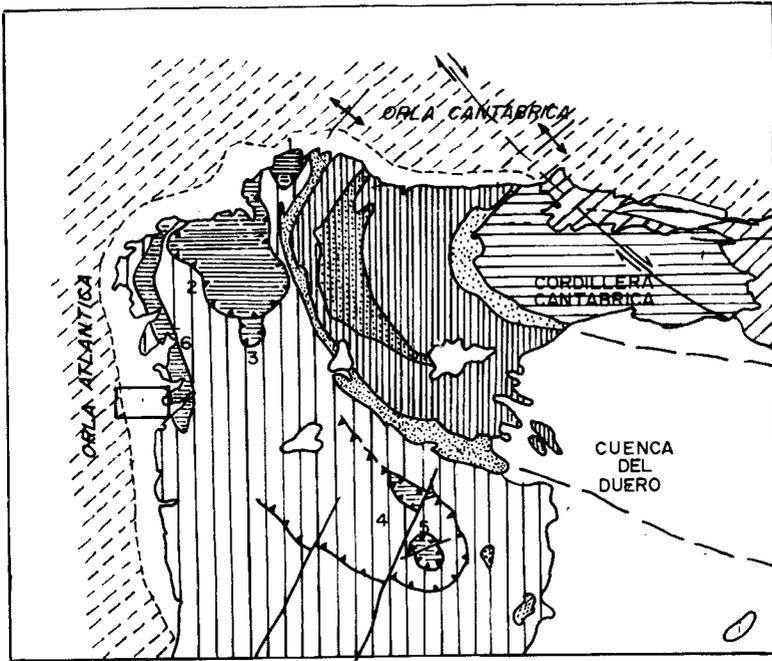


Fig. 3.— Esquema según el "Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares". Ed. IGME, 1972.

ESCALA 1:4.000.000

ZONAS DEL HERCINIANO DEL MACIZO IBERICO

-  ZONA CANTÁBRICA
-  Núcleo precámbrico del Antiforme del Narcea
- A  ZONA ASTUROCCIDENTAL-LEONESA y su continuación en los afloramientos paleozoicos de la cordillera ibérica (A, núcleo precámbrico del pliegue tumbado de Mondoñedo)
-  Núcleo precámbrico del antiforme del "Olio de Sapo"
- B  ZONA CENTROIBÉRICA A, afloramientos de "Olio de Sapo" B, Masios de Cabo Ortegal(1) Ordenes(2) Lalín(3) Bragança(4) Morais(5) y "foss" blastomilonítica(6).

ORLA MESOZOICA (Y PALEOGENA) DEL MACIZO IBERICO

-  ORLA ATLÁNTICA

CUENCAS TERCIARIAS

-  Cobertera terciaria en gran parte sobre el zócalo hercínico o sobre mesozoico no deformado, pero en parte también sobre áreas de deformación alpidica.

1 ESTRATIGRAFIA

La columna estratigráfica de la Hoja está muy poco definida, de una parte por la limitada extensión de los afloramientos metasedimentarios (algo más de 1 Km²), y de otra por la carencia total de vestigios fósiles determinativos. En consecuencia se hace difícil, si no imposible, la correlación con otras formaciones mejor conocidas de la región norportuguesa, único sistema válido, cuando se carece de elementos fósiles, para el establecimiento de la sucesión estratigráfica. Estas series han sido intruidas durante la orogenia hercínica por cuerpos graníticos de naturaleza alcalina.

Sobre este substrato indiferenciado se apoyan, mediante discordancia erosiva, aislados depósitos recientes de diversos origen y composición, siempre ligados a los procesos de alteración y degradación de las rocas infrayacentes.

1.1 PRECAMBRICO-SILURICO

1.1.1 Complejo Cabo D'Home-La Lanzada (PC-S, PC-Sq)

Constituye una formación metasedimentaria de litología diversificada, con niveles peléticos predominantes, entre los que se intercalan muy esporádicamente lechos areniscosos de potencia deci a métrica. También incluye horizontes más o menos grauváquicos y delgados niveles ampelíticos. Estas rocas no presentan rasgos suficientemente indicativos para su exacta correlación con las rocas comúnmente halladas en los complejos "xisto-grauváquico" del N de Portugal o las series supraordovícicas (probable Silúrico) de la Sierra de Argallo (04-13) TOMIÑO, IGME 1978). Por otra parte, la intrusión granítica ha asimilado en parte la serie metasedimentaria, corneificándola localmente y modificando en buena parte la composición y textura originales. Abundan en consecuencia de lo expuesto, los esquistos andalucíticos y micasquistos biotíticos, en los que la cristaloblastesis originada por el metamorfismo térmico es muy importante. La estratificación es sólo visible en los niveles cuarcíticos, apareciendo con frecuencia superficies de transposición mineral ("tectonic bandding") más o menos netas, lo que impide la aplicación correcta de los criterios de polaridad disponibles.

A modo de hipótesis de trabajo puede indicarse con cierta verisimilitud que este tramo metasedimentario podría corresponderse con el medio-superior del complejo Monteferro-El Rosal, definido en las Hojas del Sur (TOMIÑO y TUY, IGME 1978). En efecto, abundan los esquistos andalucíticos de grue-

sas andalucitas (en parte recrecidas por el metamorfismo térmico ocasionado durante la intrusión del batolito de Donón) entre los que se intercalan algunas cuarcitas de pequeño espesor, de tonos claros, carácter que no implica necesariamente una diferencia importante con las cuarcitas negras, ferruginosas, a las que se pasa gradualmente en otras zonas de esta unidad geológica.

Petrográficamente, los esquistos presentan al microscopio textura lepidoblástica, con cuarzo, moscovita y biotita, como elementos esenciales y turmalina, clorita (de biotita), circón, apatito y opacos, como accesorios. No aparecen minerales índice de metamorfismo, aunque debe considerarse de grado medio en zona de la biotita, el metamorfismo regional que ha dado origen a estas rocas, a partir de sedimentos arcillosos. Son frecuentes los fenómenos de turmalinización debidos a procesos de hidrotermalismo y neumatolisis posteriores.

Las cuarcitas contienen cuarzo y biotita (ocasional) como minerales principales y moscovita, turmalina, circón y opacos como accesorios. Los granos de cuarzo forman un mosaico equigranular, con abundante fracción recristalizada, apareciendo bandas laminares de micas irregularmente dispuestas en la fábrica de la roca. La textura es granoblástica y el grado de alteración bajo o nulo.

1.1.2 Enclaves metasedimentarios (PC—S)

Particularmente bien representados, aparecen en Cíes una serie de enclaves metasedimentarios a modo de bandas estrechas (menos de 50 m) de longitud variable, generalmente algunos centenares de metros.

Se trata de micasquistos y cuarzoquistos con signos de fuerte aplastamiento, parcialmente asimilados por el granito que los incluye. Son de color gris verdoso (dorados o marrones cuando predomina la biotita sobre la moscovita). La zona de contacto entre el granito y los micasquistos suele presentar vestigios de fricción mecánica tardía (deformación frágil), con superficies estriadas tapizadas de óxidos de hierro. Aparecen siempre con una esquistosidad de flujo vertical o subvertical muy neta casi N—S. Pese a que la composición y textura de estas rocas ha sido en buena parte modificada durante y después de la intrusión granítica que los engloba, pueden fácilmente asimilarse con las del Complejo Cabo d'Home-La Lanzada, descrito en 1.1.1.

Los afloramientos de estas bandas metasedimentarias se traduce en el terreno por largas vallanadas cubiertas de espeso matorral y potentes suelos vegetales muy evolucionados, haciéndose difícil, si no imposible, la toma de

muestras en roca fresca. Estas rocas han sido clasificadas como esquistos de dos micas (a veces con granate) y proceden del metamorfismo regional de sedimentos arcillosos, al que se superpone siempre un metamorfismo de contacto que ha generado biotitas, dispuestas oblicuamente a la esquistosidad. Su textura es granoblástica y en su composición entran como elementos esenciales la moscovita, biotita y cuarzo, y como accesorios granates oxidados (ocasional), turmalina, apatito, circón y opacos.

1.2 CUATERNARIO

1.2.1 Playas (Q_p) y dunas (Q_D)

Existen formaciones de playas en tres puntos de la costa E de las islas Cíes y en dos del extremo W del Morrazo. Las dunas tienen cierta importancia sólo en el Morrazo, adosadas a las playas situadas en esta península.

Unas y otras aparecen formadas por arenas blancas, cuarzosas, de grano fino a muy fino, uniformemente graduadas, con neto predominio de granos de diámetro milimétrico, sobre los de diámetro mayor y menor de un milímetro.

La presencia de granates, circones, andalucitas, apatitos, rutilos y turmalinas como componentes de la fracción pesada de estas arenas, se pone de manifiesto en los pequeños surcos de escorrentía que aparecen en la cabecera de las distintas playas, y muy especialmente en la de Milide, entre Punta Subrido y Rabalera (Cabo d'Home), en donde la concentración de esta fracción detrítica es notable.

La potencia de las dunas es muy exigua, en general, alcanzándose cuatro o cinco metros en playa Milide (Morrazo) y playa de Frejeiros (Cíes). En la primera zona aparecen diversos horizontes ferruginosos de grosor decimétrico, siendo más potentes en el muro de las dunas, apoyadas directamente sobre el substrato esquistoso. También aparecen incipientes lentejones de arenas más oscuras, mezcladas con restos de suelos vegetales, en las dos zonas citadas.

1.2.2 Depósitos recientes (Q_c , Q_{Al-C})

Aparecen irregularmente distribuidos tanto en Cíes como en el Morrazo, con afloramientos de extensión muy limitada. Se trata de suelos coluviales, (Q_c) eluvio y aluvio-coluviales (Q_{Al-C}) de pequeño espesor (menos de tres metros) que se apoyan fundamentalmente sobre el substrato granítico, en pequeñas áreas deprimidas o en el cauce del arroyo de Donón.

Están formados por arenas arcillosas con cantos dispersos, más o menos angulosos, en general muy poco "trabajados", lo que confirma un débil, si no nulo, transporte. El aluvial del arroyo de Donón (Q_{Al-C}) contiene gravas lavadas en algunos tramos, que han sido aprovechadas temporalmente como áridos rodados, en explotaciones de ámbito estrictamente local.

En el sector esquistoso de El Morrazo es más problemática la cartografía de formaciones superficiales de origen eluvio-coluvial, dado el exiguo espesor de las mismas, si bien puede afirmarse que existen en casi toda la zona, consecuencia del elevado grado de alteración y degradación del sustrato.

2 TECTONICA

2.1 INTRODUCCION

Desde el punto de vista tectónico y estructural este área se incluye en la zona V (Galicia Occidental—NW de Portugal) del Esquema paleogeográfico y dominios tectónicos del NW de la Península Ibérica (MATTE, Ph. 1968), a la vez que forma parte de la zona Galaico-Ibérica del Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares del IGME (1977) tal como se muestra en las figuras del apartado 0.

Se admite la existencia en esta región de, al menos, dos etapas tectónicas anteriores al Hercínico, si bien el estudio realizado en esta zona no las evidencia. No obstante, en el dominio del complejo Vigo-Pontevedra, denominado Vigo-Tuy en la Hoja de Tuy ((04-12), IGME 1978) han aparecido rasgos que manifiestan una esquistosidad prehercínica (posiblemente Precámbrico Superior) en el interior de algunos metablastos desarrollados durante las fases Hercínicas (FLOOR, P. 1966). En la zona de este estudio, la deformación y metamorfismo hercínicos han borrado en su totalidad los posibles restos de otros estudios metamórficos anteriores (Asíntica y Caledónica, como orogénias más comúnmente admitidas en el NW peninsular).

2.2 DEFORMACION HERCINICA

En el sector estudiado consta de dos fases principales de compresión superpuestas, prácticamente homoaxiales aunque con distinto ángulo de in-

mersión. Ambas se han acompañado de un importante flujo térmico, produciendo conjuntamente el metamorfismo regional y diversos procesos de granitización. A estas fases se deben los rasgos estructurales más representativos actualmente visibles, aunque posteriormente se han desarrollado otras fases tardías de mucha menor intensidad, pero de importancia morfogenética indudable. En la zona estudiada no han podido ser puestas de manifiesto.

2.2.1 Fase I (F_1)

a) Pliegues

Esta fase ha producido pliegues a todas las escalas, de plano axial bastante tendido hasta subhorizontal, acompañados del metamorfismo de las series. Se trata de pliegues casi isoclinales bastante apretados, del tipo 1C y 2 de Ramsay, con plano axial subhorizontal de rumbo aproximado N-S. Los efectos de esta fase han quedado borrados a menudo por los de la fase II, siendo muy difícil la observación directa (escala meso y micro) de estos pliegues en la zona estudiada. No obstante se conocen, en la región, pliegues de F_1 a todas las escalas.

b) Esquistosidad (S_1) y Lineaciones (L_1, L_2)

A la escala del afloramiento, esta fase ha producido una esquistosidad de flujo, que constituye el elemento planar más visible. Originalmente era de rumbo N-S (de acuerdo con la posición de este sector dentro del arco hercínico), aunque en campo aparece con orientaciones variadas a causa de pliegues de la segunda fase y/o fases tardías. Es muy penetrativa y puede ser bien medida en zonas en las que la F_2 no ha sido intensa. Por su parte las lineaciones L_1 (intersección de S_0 y S_1) son poco visibles (sólo en areniscas) aunque presumiblemente de orientación N-S y subhorizontales. La L_2 (intersección de S_1 y S_2) es visible en numerosos puntos, adoptando rumbos próximos a N-S aunque con ángulos de inmersión variables hasta 15° al S o al N.

2.2.2 Fase II (F_2)

Ha producido una deformación generalizada y metamorfismo local importante con esquistosidad de flujo en determinadas zonas y de crenulación y fractura en otras. Es la principal responsable de las estructuras de

plegamiento cartografiadas, que son además observables a escala meso y micro. Es una fase homooxial con la F_1 y de intensidad decreciente de W a E.

a) Pliegues

La limitada extensión de la zona impide la observación de macropliegues, aunque a escala métrica ha sido posible medir algunos ejes en la zona próxima al Faro del Cabo d'Home. Se trata de pliegues cerrados (ángulo entre superficies inclinadas próximos a 45°), de plano axial subvertical y geometría tipo 1C y 2 del esquema de clasificación de Ramsay, con engrosamiento en la zona de charnela, y estiramiento mineral paralelo al eje del pliegue.

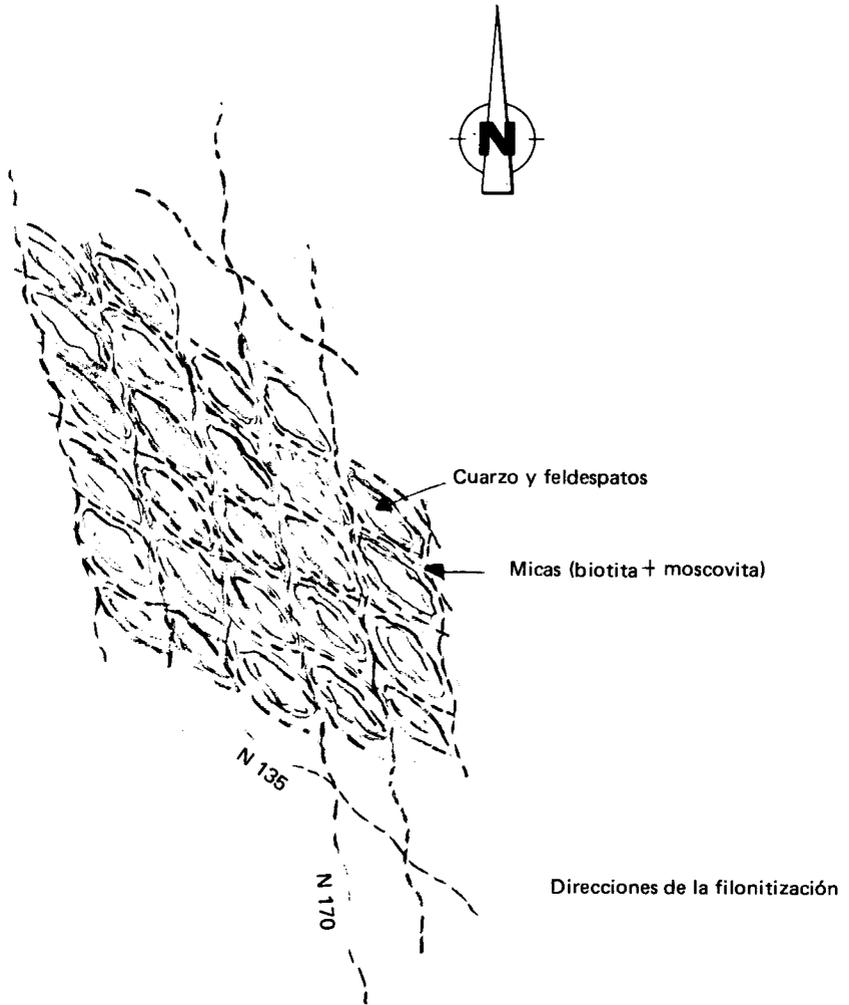
Se han medido asimismo ejes de micropliegues de arrastre que han servido como criterio de polaridad estructural, detectándose un amplio flanco normal de un gran anticlinal de F_2 , entre el Cabo d'Home y la Caseta de la Vigía, en la parte culminante del Morrazo. Los ejes tienen rumbo N 160° , con buzamiento axial débil hacia el S ($5-10^\circ$).

b) Esquistosidad

La F_2 ha desarrollado de manera local una esquistosidad de flujo semejante a la de la F_1 , y/o una esquistosidad de crenulación menos penetrativa pero muy ostensible. La S_2 de flujo es el elemento planar más visible en algunas zonas, enmascarando por completo a la S_1 preexistente. Es frecuente, sin embargo, encontrar gran dificultad en discernir si se trata de S_1 o S_2 en la zona costera de esta región, donde la F_2 es particularmente intensa, aunque no siempre ha llegado a borrar las superficies S_1 , sin introducir una nueva esquistosidad apareciendo como único elemento planar medible la S_1 , que adopta posiciones muy variables, consecuencia del repliegue de que ha sido objeto por la F_2 . La esquistosidad de crenulación S_2 es particularmente visible en las zonas de charnela de los pliegues métricos.

c) Foliación

La fase II es la responsable de la foliación secundaria (tectónica) visible en el macizo granítico de Cíes y Morrazo, así como en la mayor parte de los cuerpos graníticos hercínicos de la región, intruidos en la interfase 1-2 o que son claramente singenéticos con la Fase II. Se trata de una foliación muy visible, puesta de manifiesto por todos los minerales de hábito más o menos



Esquema de los fenómenos de cataclasis y filonitización en los granitos del Muelle (Crés)

planar (micas y feldespatos principalmente); se arrumba N 170 a N-S y es subvertical.

d) Lineaciones

La lineación L_2 de intersección entre las superficies S_1 y S_2 es visible con cierta frecuencia en la banda metasedimentaria del Morrazo. No lo es tanto la lineación de intersección de S_0 y S_2 , salvo en el límite con los bancos cuarcíticos de la Carretera del Faro. Ambas presentan rumbos aproximados N-S permaneciendo subhorizontales, en razón a la homoaxialidad de F_1 y F_2 .

Las lineaciones minerales en los planos S_2 son poco visibles aunque se han observado fenómenos locales de estiramiento mineral paralelos a los ejes de los pliegues.

2.2.3 Fases hercínicas tardías

Tras la actuación de las fases de deformación descritas F_1 y F_2 la región debió sufrir los efectos de otras fases tardías, puestas de manifiesto en zonas fuera de esta Hoja por pliegues de la S_2 bien visibles en general a pequeña escala. Se trata de pliegues en "chevrón" y de tipo "kink" con planos axiales de rumbo N 20 a N 60 y buzamiento variable al NW y SE pero próximo a subvertical. Es posible que a estas fases tardías se deban, en la zona de estudio, las ligeras variaciones observadas en el ángulo de inmersión de los ejes de pliegues de F_2 , aunque no han podido observarse incurvaciones francas de los mismos ejes curvos, por cuanto podrían interpretarse como débiles fenómenos de aplastamiento inhomogéneo.

2.2.4 Deformación tardihercínica

La elevación del macizo hercínico durante y después de la actuación de las fases de deformación y metamorfismo descritas, propició su desmantelamiento progresivo, a la vez que condicionó su transición a un comportamiento de tipo rígido frente a esfuerzos posteriores, Consecuencia de ello fue la aparición de varios sistemas de fractura, de orientación y funcionamiento muy diverso, aunque con componente horizontal generalmente acusada.

El esquema tectónico a escala 1:250.000 inserto en la presente Hoja, muestra de manera simplista, la orientación general de estos sistemas de fallas, así como su funcionamiento y naturaleza. Se trata de dos sistemas

principales conjugados, de orientación aproximada N 60-70 y N 160-170, subverticales, de tipo dextro y senestro alternativamente, según las zonas, y saltos parciales muy limitados. Estas fracturas determinan numerosas zonas de cizalla, en la que la cataclasis de las rocas afectadas es visible a escala de afloramiento (especialmente es visible en los granitoides y rocas afines). Es de resaltar la dirección N 40 como lineación estructural coincidente con la orientación general de las rías gallegas, claramente visibles en la geofoto del Satélite Landsat, (véase Documentación Complementaria) de esta región del NW peninsular.

El sistema de orientación N 160-170 ha sido aprovechado en una etapa póstuma de distensión para la implantación de los diques ácidos que jalonan la zona de estudio (Campo de las Hervas y Alto de Carnecido en Cíes, y Alto de Donón en Morrazo).

2.3 DEFORMACION POSTHERCINICA

No hay vestigio de nuevas etapas tectónicas hasta el final del Terciario, y más concretamente hasta el Pleistoceno, en la zona del estudio. En este período tienen lugar movimientos eustáticos y cambios climáticos importantes que propician condiciones morfogenéticas bien definidas desarrollándose sucesivos niveles de terraza y diversas rasas costeras, hoy desprovistas de depósitos, e incluso en partes erosionadas y borradas.

3 HISTORIA GEOLOGICA

El primer hecho constatable en la historia geológica de esta región es, sin duda, la implantación y desarrollo de un gran geosinclinal Precámbrico-Paleozoico, en el que se deposita una potentísima serie, fundamentalmente pelítica, con aislados episodios psammíticos y a veces con marcado carácter turbidítico. Respecto a los movimientos tectónicos acaecidos en él, no existen en esta zona vestigios que confirmen la etapa Asíntica, admitida por otros autores en el NW peninsular (MATTE, Ph. 1969 y LOTZE, F. 1956), aunque es presumible la no deposición de buena parte del Cámbrico y Ordovícico Inferior.

Durante la etapa Hercínica, estas series fueron metamorfoseadas y dislocadas, apareciendo las primeras intrusiones graníticas durante la interfase

1-2, continuando durante la F_2 , y alcanzando la actividad magmática su desarrollo final con la intrusión de las granodioritas tardías (Porriño y Caldas de Reyes, dentro de la zona de estudio). Esta actividad magmática póstuma ha debido solaparse en el tiempo con la etapa tardihercínica estudiada en 2.2.4, produciéndose los últimos episodios aplo-pegmatíticos, que han aprovechado las fracturas N 160 y N 40, para su emplazamiento.

Más tarde el Orógeno sufre un progresivo fenómeno erosivo, considerándose que los restos morfológicos más antiguos corresponden al nivel de cumbres de las sierras gallegas, y constituirían los elementos topográficos más importantes heredados del Mesozoico (NONN, H. 1966).

Durante el Terciario y Cuaternario el Macizo sufrió su elevación definitiva y consiguiente desmantelamiento, sucediéndose movimientos eustáticos de ascenso y descenso de bloques, y cambios de clima importantes, que propiciaron el establecimiento de altiplanos de erosión, rasas costeras y sucesivos niveles de terraza, en los principales ríos de la región (NONN, H. 1966 y TEIXEIRA, C. 1961).

4 PETROLOGIA

4.1 ROCAS METAMORFICAS

4.1.1 Metamorfismo regional

Afecta a toda la región y presenta caracteres de un metamorfismo regional de presión intermedia y elevado gradiente térmico. Comprende términos que oscilan entre la zona de la clorita hasta la de la sillimanita.

Aunque las muestras recogidas en El Morrazo no contienen minerales índice (véase Documentación Complementaria), el metamorfismo sufrido por las series metasedimentarias de la zona responde a la superposición de un metamorfismo regional de bajo grado y un metamorfismo térmico que puede alcanzar la zona de la sillimanita.

Las paragénesis estables más frecuentes encontradas en la serie metasedimentaria (esquistos y cuarcitas) del Morrazo son las siguientes:

- 1.— Cuarzo—moscovita—biotita.
- 2.— Cuarzo—moscovita—biotita—andalucita.
- 3.— Cuarzo—moscovita—biotita—granate.

Las tres corresponden a la facies de la anfíbolita, zona de la biotita las

dos primeras y zona del granate la última. No ha sido hallada en esta Hoja metamorfitas correspondientes a la zona de la sillimanita aunque es presumible su presencia en las proximidades del granito de Denón y, sobre todo, en los cuerpos metasedimentarios enclavados en el granito de Cés, parcialmente digeridos por él.

4.1.2 Metamorfismo de contacto

Intimamente ligado a los últimos episodios de intrusión granítica, aparecen en la zona claros vestigios de un metamorfismo térmico superpuesto al metamorfismo regional estudiado en 4.1.1. Se caracteriza por la formación de cristales de biotita con cruceros oblicuos a la esquistosidad S_1 y de manera ocasional por la aparición de andalucitas y/o sillimanitas, desarrolladas a expensas de otros silicatos preexistentes. Estos minerales aparecen claramente posteriores a la F_1 y singenéticos o ligeramente anteriores a la F_2 . En puntos próximos a la zona estudiada han aparecido andalucitas sinfase 1 claramente recrecidas por la acción térmica de los granitos intruidos.

4.2 ROCAS IGNEAS

4.2.1 Granito de feldespato alcalino (γ^2)

Este tipo de rocas ocupa la mayor parte de la superficie sólida de la Hoja, incluyendo la práctica totalidad de las islas Cés y península del Morrazo.

A escala de afloramiento, se trata de granitos de dos micas, bastante leucocráticos en general, de grano medio y con disyunción variable, desde gruesas bolas (zonas costeras occidentales de Cés) a cuerpos pseudoestratiformes monoclinales (zona del muelle, en la isla de Monte Agudo y extremo occidental de grano muy grueso, e incluso porfiroide, estos últimos coincidiendo, en ocasiones, con zonas de cizalla, claramente detectables a meso-escala, con fenómenos acusados de filonitización).

El contacto del granito y esquistosidad más visible S_1 de la banda metasedimentaria del Morrazo forman un ángulo de unos 20 grados aproximadamente, que más al Sur aparece trastocada por pliegues de F_2 . Son frecuentes los enclaves de esquistos en granito y viceversa, en las proximidades del contacto aludido anteriormente. Ambos constituyen estrechas bandas paralelas al mismo.

Petrográficamente se ha clasificado como un granito de dos micas con cuarzo, microclina, plagioclasa (albita), biotita y moscovita como elementos principales y apatito, circón, clorita (secundaria) y opacos, como accesorios.

La textura de la facies común es granuda alotriomorfa y su grado de alteración de medio a bajo. La facies cataclástica es muy frecuente en algunas zonas (véase Mapa Geológico), mostrando entonces una marcada orientación de las micas y/o rasgos de filonitización. En ocasiones este granito ha sufrido una albitización y moscovitización intensas, sustituyendo parcialmente la microclina y biotita originales, como fenómenos tardíos de la etapa postmagmática.

4.2.2 Rocas filonianas (Fa)

Bajo este epígrafe se agrupan los numerosos, aunque dispersos y delgados filones de aplo-pegmatitas y cuarzo que jalonan los afloramientos graníticos y esquistosos de la Hoja.

Se trata en general de diques de potencia centí o decimétrica, de naturaleza ácida, (cuarzo, apalitas y pegmatitas), que han aprovechado para su emplazamiento algunas de las fracturas abiertas pertenecientes a los sistemas de fallas tardihercínicas descritos en 2.2.4 que han rejugado como fallas normales en etapas de distensión tardías. No presentan ningún tipo de mineralización (al menos de forma ostensible) de menas metálicas, y están formadas, en el caso más complejo, por cuarzo, feldespatos potásico y moscovita, aparte turmalina y biotita, que en ocasiones forman gruesos cristales.

Por último, cabe reseñar la presencia, en algunos diques de cuarzo de la zona, de importantes cantidades de andalucita, con gruesos cristales rosados interpenetrados con los de cuarzo. Este fenómeno es particularmente ostensible en Punta Subrido, cerca del faro meridional (Morrazo).

Relación de Análisis químicos de los principales tipos petrológicos de la Hoja

FACIES	ROCAS IGNEAS
	γ^2
Núm. de muestras	1
	—
SiO ₂	73,71
TiO ₂	0,13
Al ₂ O ₃	14,10
Fe ₂ O ₃ *	1,80
MgO	0,27
MnO	0,01
CaO	0,42
Na ₂ O	3,21
K ₂ O	4,56
P ₂ O ₅	0,15
M. V.	1,40

*Fe Total

Análisis realizados por el Departamento de Petrología y Geoquímica. Universidad de Salamanca.

5 GEOLOGIA ECONOMICA

5.1 MINERIA

Como se ha indicado anteriormente, la zona de estudio no presenta manifestaciones minerales de interés económico, de acuerdo con los datos disponibles (Mapas Metalogenéticos, Organismos pertinentes del Ministerio de Industria y Entidades mineras privadas).

Hay que reseñar, sin embargo, la conveniencia de estudiar, como posible mineralización de interés, la andalucita contenida en los esquistos y diques de cuarzo del extremo meridional del Morrazo, excepcionalmente abundante cerca del Faro de Punta Subrido.

Otro aspecto a considerar en el contexto minero de la Hoja, son las arenas de playas y dunas, portadoras siempre de una considerable fracción detrítica de minerales pesados, entre los que se han contabilizado con porcentajes estimativos entre el 1 y el 5 por cien los siguientes, en orden decreciente:

- Circón
- Casiterita
- Turmalina
- Apatito
- Magnetita
- Wolframita
- Ilmenita
- Sulfuros (blenda, piritita, calcopiritita, pirrotina? ... etc.)

5.2 CANTERAS

En el campo de las rocas industriales la Hoja contiene un importante volumen de materiales aprovechables como rocas ornamentales y piedras de construcción.

En efecto, el batolito granítico del Morrazo presenta características petrográficas y tectónicas que permiten la obtención de grandes bloques pétreos para el corte, serrado y pulido en planchas. La textura, color y aspecto general de estas rocas no presentan rasgos excepcionalmente valiosos, dentro de la industria de las rocas ornamentales, pero constituyen, sin

embargo, macizos rocosos con gran facilidad para la apertura de frentes de explotación de buena accesibilidad.

Una variante ornamental muy apropiada en estos granitos de dos micas es la talla de objetos ornamentales (tableros y paralelepípedos en general, piedras frontales y piezas de zócalo diversas) así como figuras, (capiteles, columnas, pirámides, bolas y objetos escultóricos en general), actividades que constituyen auténticas industrias artesanales tan arraigadas en la Galicia granítica.

5.3 HIDROGEOLOGIA

No existen rocas ni formaciones acuíferas en todo el ámbito de la Hoja. Existe, sin embargo, una gruesa capa de alteración y degradación de las rocas, capaz de constituir, en determinadas circunstancias, acuíferos someros dispersos de pequeña extensión y de muy limitadas reservas.

Es también destacable la posibilidad de obtención de acuíferos ligados a determinadas fracturas del substrato. La circulación hídrica a su través está generalizada por cuanto no son en ningún caso fracturas aisladas, sino que se encuadran en densas redes más o menos conjugadas entre sí y siempre interconectadas.

La esquistosidad y/o foliación es otro elemento estructural que condiciona la circulación y resurgencia de las aguas subsuperficiales. En efecto, reconocen este origen las pequeñas surgencias de la playa Milide (Morrazo) y playa de Roda (Cíes). Se trata de pequeños manantiales de caudal exiguo que llega a agotarse en la época estival.

Otro elemento hidrogeológico interesante lo constituye los enclaves metasedimentarios dentro del granito, cuya mayor impermeabilidad sella y almacena el agua infiltrada a través de la corteza granítica alterada, degradada y diaclasada. En consecuencia es frecuente hallar pequeños manantiales en las zonas bajas de estos enclaves.

Son factores desfavorables en el ámbito estricto de la presente Hoja, la limitada extensión de las rocas emergidas y su morfología, siendo presumible la evacuación directa al mar de notable cantidad de agua subterránea, a través de las fracturas que cuartejan el macizo rocoso.

6 BIBLIOGRAFIA

- ALBURQUERQUE, G.A.R. de (1973).— "The origin of enclaves in granitic rocks from northern Portugal". *Spec. Pub. Geol. Soc. S. Afr.*, 3, pp. 479-493.
- ANTHONIOZ, P.M. (1969).— "Etude pétrographique et structural des régions de Morais et Bragança (NE de Portugal)". *Tesis Univ. de Poitiers*. 410 págs.
- ANTHONIOZ, P.M. (1970).— "Etude des complexes polymétamorphiques précambriens de Morais et Bragança (NE de Portugal)". *Sciences de la Terre*, núm. 15, pp. 145-166.
- ARPS, C.E.S. (1970).— "Zircon in granites, gneisses and metasediments from western Galicia (NW Spain)". *Bol. IGME*, T. LXXXI-II-III; pp. 144-156.
- ARPS, C.E.S. (1970).— "Petrology of a part of the western galician basement between the rio Jallas and the ria de Arosa (NW Spain)". *Leids. Geol. Medelingen*, 46, 1, pp. 57-155.
- ARPS, C.E.S. et al. (1977).— "Geological Map of Western Galicia. Vigo-La Guardia". Escala 1:100.000. *Dpto. Petr. Min. y Cristal*. Universidad de Leiden. Holanda.
- ARPS, C.E.S. et al. (1977).— "Geological Map of western Galicia. Pontevedra". Escala 1:100.000. *Dpto. Petr. Min. y Cristal*. Universidad de Leiden. Holanda.
- ARTHAUD, F. y MATTE, Ph. (1975).— "Les décrochements tardihercyniens du sud-ouest de l'Europe. Geometrie et essai de reconstitution des conditions de la deformation". *Tectonophysics*. 25; pp. 139-171. Elsevier Sc. Publish. Co. Amsterdam.
- BARD, J.P.; CAPDEVILA, R. y MATTE, Ph. (1971).— "La structure de la chaîne hercynienne de la Meseta Ibérique: Comparaison avec les segments voisins". *Pub. Inst. Fr. du Pétrole*, 68 págs.
- BARD, J.P.; CAPDEVILA, R.; MATTE, Ph. y RIBEIRO, A. (1973).— "Geotectonic Model for the Iberian Variscan Orogen". *Nature Physical Science*. Vol. 241, pp. 50-52.
- BARD, J.P.; CAPDEVILA, R.; MATTE, Ph. y RIBEIRO, A. (1974).— "Le précambrien de la Meseta Ibérique". *PIGG, Confer. Liblice, Praha*, pp. 133-162.
- BARROIS, Ch. (1882).— "Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de Galice". *Mém. Soc. Géol. Nord*. t. 2, núm. 1. Lille.
- BIROT, P. y SOLE SABARIS, L. (1954).— "Recherches morphologiques dan le nord-ouest de la Péninsule Ibérique". *C.N.R. 5 Mem. et Docum.* t. IV. París. pp. 147-175.

- BUISKOOL TOXOPEUS, J.M.A.; HAALEBOS, P.E.M. y OVERMEEREN, F.A. van (1978).— "An outline of the petrology and structural geology of the Hercynian complex south of Vigo (Pontevedra, Spain)". *Cuad. Sem. Est. Cerámicos de Sargadelos*, núm. 27, pp. 93-110. Ed. Homenaje a I. Parga Pondal.
- CAPDEVILA, R. (1967).— "Extensión du métamorphisme regional hercynien dans le Nord-Ouest de l'Espagne (Galice Oriental, Asturies, León)". *C.R. Somm. Soc. de France*, fasc. 7. París.
- CAPDEVILA, R. (1969).— "Le métamorphisme regional progressif et les granites dans le segment hercynien de Galice Nord-Orientale (NW de l'Espagne)". *Tesis Doctoral. Fac. Sc. de Montpellier. Univ. de Montpellier*. 403 págs.
- CAPDEVILA, R.; CORRETGE, G. y FLOOR, P. (1973).— "Les granitoides varisques de la Meseta Ibérique". *B.S.D.F.*, (7), XV, núms. 3-4, pp. 209-228.
- CAPDEVILA, R. y FLOOR, P. (1970).— "Les différents types de granites hercyniens et leur distribution dans le Nord-Ouest de l'Espagne". *Bol. Geol. y Min.* t. LXXXI-II-III; pp. 215-225.
- CAPDEVILA, R. y VIALETTE, Y. (1965).— "Premieres mesures d'âge absolu effectués par le méthode au stronium sur des granites et michaschistes de la prov. de Lugo (NW de l'Espagne)". *C.R. Acad. Sc. París*. t. 260, pp. 5081-5083.
- CAPDEVILA, R. y VIALETTE, Y. (1970).— "Estimation radiométrique de l'âge de la deuxième phase tectonique hercynienne en Galice moyenne (NW de l'Espagne)". *C.R. Acad. Sc.*, t. 270, pp. 2527-2530.
- CORRETGE, L.G.; UGIDOS, J.M. y MARTINEZ, F. (1977).— "Les series granitiques varisques du secteur centre-occidental espagnol". *Coll. intern. CNRS, Rennes*, núm. 243.
- DENAEYER, M.E. (1970).— "Tectónica y diferenciación estructural de los granitos y gneises de la ría de Arosa (Pontevedra, Galicia)". *Bol. IGME*, t. LXXXI-II-III, pp. 164-168.
- DIV. GEOL. IGME (1974).— "Mapa Geológico de España". Escala 1:50.000, ORENSE, 06-10, *Serv. Publ. Min. Industria*.
- DIV. GEOL. IGME (1974).— "Mapa Geológico de España". Escala 1:50.000, RIBADAVIA, 06-11, *Serv. Publ. Min. Industria*.
- DIV. GEOL. IGME (1974).— "Mapa Geológico de España". Escala 1:50.000, CELANOVA, 06-12, *Serv. Publ. Min. Industria*.
- DIV. GEOL. IGME.— "Mapa Geológico de España". Escala 1:50.000, PUENTECALDELAS, 05-10, *Serv. Publ. Min. Industria (in press.)*.

- DIV. GEOL. IGME.— “Mapa Geológico de España”. Escala 1:50.000, TUY, 04-12. *Serv. Publ. Industria (in press.)*.
- DIV. GEOL. IGME.— “Mapa Geológico de España”. Escala 1:50.000, SALVATIERRA DE MIÑO, 05-12. *Serv. Publ. Min. Industria (in press.)*.
- ESBERT, R.M. y ORDAZ, J. (1977).— “Sobre las características físico-mecánicas de algunos granitos industriales de Galicia (2ª Parte)”. *Bol. Geol. y Min. IGME*. T. LXXXVIII, pp. 139-145.
- FLOOR, P. (1966).— “Petrology of an aegirine-riebeckite gneisbearing part of the Hesperian massif: The Galiñeiro and the surrounding area, Vigo, Spain”. *Leids. Geol. Meded.* Vol. 36, 204 págs. Tesis.
- FLOOR, P. (1966).— “Los metasedimentos y gneises graníticos antehercinianos”. *Leids. Geol. Medelingen*, 36, pp. 223-234.
- FLOOR, P. (1970).— “Session de travail consacrée à la subdivision des roches granitiques hercyniennes dans le NW péninsulaire”. *Bol. Geol. y Min.* T. LXXXI-II-III, pp. 245-248.
- FLOOR, P.; KISCH, H.J. y OEN ING SOEN (1970).— “Essai de corrélation de quelques granites hercyniens de la Galice et du nord du Portugal”. *Bol. Geol. y Min.* T. LXXXI-II-III, pp. 242-244.
- IGLESIAS, M. y CHOUKROUNE, P. (1979).— “Shear zones in the Iberian arc”. *Congreso sobre “Shear zones in rocks”*. Barcelona (in press.).
- IGME (1970).— “Mapa Geológico de España”. Escala 1:200.000, núm. 16, PONTEVEDRA y núm. 17, ORENSE. *Serv. Publ. Min. Industria*.
- IGME (1974).— “Mapa de Rocas Industriales”. Escala 1:200.000, núm. 16, PONTEVEDRA y núm. 17, ORENSE. *Serv. Publ. Min. Industria*.
- IGME (1975).— “Mapa Metalogenético de España”. Escala 1:200.000, núm. 16, PONTEVEDRA y núm. 17, ORENSE. *Serv. Publ. Min. Industria*.
- JULIVER, M.; FONTBOTE, J.M.; RIBEIRO, A. y CONDE, L. (1972).— “Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares (Escala 1:1.000.000)”. *IGME, Serv. Publ. Min. de Industria*.
- LOTZE, F. (1945).— “Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta”. *Geotekt. Forsch* n° 6; pp. 78-92.
- LOTZE, P. (1961).— “Sobre la estratigrafía del Cámbrico español”. *Not. y Com. IGME*, t. LXXV, Madrid.
- LOTZE, P. (1969).— “El Cámbrico de España”. *Mem. IGME*, 256 págs.
- MATTE, Ph. (1966).— “La schistosité primaire dans l’arc hercynien de Galice; variation de son pendage parallèlement et perpendiculairement aux structures et role des phases de deformation ultérieures”. En “*Etages tectoniques*”. *Univ. Neuchatel*, pp. 243-251.

- MATTE, Ph. (1968).— "La structure de la virgation hercynienne de Galice (Espagne)". *Travaux du Laborat. de Geol. Fac. Sc. de Grenoble*; t. 44, 128 págs.
- MATTE, Ph. (1968).— "Les kink-bands. Exemple de déformation tardive dans l'hercynien du Nord-Ouest de l'Espagne". *Tectonophysics*. 7 (4). Elsevier Publish. Co. Amsterdam; pp. 309-322.
- MATTE, Ph. y CAPDEVILA, R. (1973).— "La structure de la chaîne hercynienne dans l'ouest de la Péninsule Ibérique". *C.R. Acad. Sc. Paris*. T. 276.
- MATTE, Ph. y RIBEIRO, A. (1967).— "Les rapports tectoniques entre le Précambrien ancien et le Paléozoïque dans le Nord-Ouest de la Péninsule Ibérique: grandes nappes ou extrusions?". *C.R. Acad. Sc. Paris*; núm. 264, pp. 2.268-2.271.
- MATE, Ph. y RIBEIRO, A. (1975).— "Forme et orientation de l'ellipsoïde de déformation dans la virgation hercynienne de Galice. Relations avec le plissement et hypothèse sur la genèse de l'arc ibéro-armoricain". *C.R. Acad. Sc. Paris*; t. 280, pp. 2.825-2.828.
- MAUFFRET, A.; BOILLOT, G.; AUXIETRE, J.L. y DUNAND, J.P. (1978).— "Evolution structurale de la marge continentale au Nord-Ouest de la Péninsule Ibérique". *Bol. Soc. Geol. France*, t. XX, núm. 4, pp. 375-388.
- MEERBEKE, G.L.E. van; HILGEN, J.D. y FLOOR, P. (1973).— "Preliminary results of the investigation of the central Galician Schist area (Prov. of Orense and Pontevedra, NW Spain)". *Leidse. Géol. Medelingen*, t. 49, pp. 33-37.
- NONN, H. (1966).— "Les régions cotières de la Galice (Espagne). Etude géomorphologique". *Pub. Fac. des Lettres Univ. Strasbourg*. 591 págs.
- OENING SOEN (1970).— "Granite intrusion, folding and metamorphism in Central Northern Portugal". *Bol. Geol. y Min.* T. LXXXI-II-III, pp. 271-298.
- ORDAZ, J. y ESBERT, R.M. (1977).— "Sobre las características físico-mecánicas de algunos granitos industriales de Galicia. (1ª Parte)". *Bol. Geol. y Min. IGME*; t. LXXXI-II-III, pp. 65-71.
- PARGA PONDAL, I. (1963).— "Mapa petrológico estructural de Galicia". Escala 1:400.000. *IGME, Madrid*.
- PARGA PONDAL, I. (1963).— "Rocas y minerales de interés económico del Macizo Galaico". *Traba. de Lab. Geol. de Lage*, núm. 14.
- PARGA PONDAL, I. y LOPEZ AZCONA, J.M. (1965).— "Sobre la existencia de elementos escasos en los granitos de Galicia". *Not. y Com. IGME*, núm. 78; pp. 221-236.

- PARGA PONDAL, I. y TORRE ENCISO, E. (1953).— "Sobre una relación entre los tipos de disyunción de los granitos gallegos y su historia geológico-tectónica". *Not. y Com. IGME*, núm. 32.
- PARGA, J.R. (1970).— "Evolución del Macizo Hespérico en los tiempos ante-mesozoicos y sus relaciones con otras áreas europeas". *Bol. IGME*, T. LXXXI-II-III, pp. 115-143.
- PRIEM, H.N.A.; BOELRIJK, N.A.I.M.; VERSCHURE, R.H. y HEBEDA, E.H. (1965).— "Isotopic ages of two granites on the Iberian Continental Margin: the Traba granite (Spain) and Berlenga granite (Portugal)". *Spain Geol. Mijnbouw*, 44, pp. 353-354.
- PRIEM, H.N.A.; BOELRIJK, N.A.I.M.; VERSCHURE, R.H.; HEBEDA, E.H. y FLOOR, P. (1966).— "Isotopia evidence for Upper Cambrian or Lower Ordovician granite emplacement in the Vigo area North-Western. (Spain)". *Geol. Mijnbouw*, 45, pp. 36-40.
- PRIEM, H.N.A.; BOELRIJK, N.A.I.M.; VERSCHURE, R.H.; HEBEDA, E.H. y VERDURMEN, E.A. Th. (1970).— "Dating events of acid plutonism through the Paleozoic of the western Iberian Peninsula". *Ecolog. Geol. Hel.*, Vol. 63, 1, pp. 255, 274.
- RIBEIRO, A. (1974).— "Contribution à l'étude tectonique de Trás os Montes oriental". *Memoria núm. 24, Nova serie, Serv. Geol. de Portugal*.
- RIEMER, W. (1965).— "Untersuchungen am Ostrand der galicischen kristallizone (Spanien)". *N.J.B. Geol. Paläont. Abh.*, núm. 121.
- TEX, E. den (1978).— "El zócalo policíclico y su importancia en la evolución de la cadena Varisca en Galicia occidental". *Cuad. Sem. Est. Cerámicos de Sargadelos*, núm. 27, Ed. Homenaje a I. Parga Pondal, pp. 139-157.
- TEX, E. den y FLOOR, P. (1966).— "A blastomylonitic and polymetamorphic "graben" in western Galicia (NW Spain)". In "*Etages tectoniques*". pp. 169-178. Ed. La Baconnière, Neuchâtel.
- TEX, E. den y FLOOR, P. (1971).— "A synopsis of the geology of western Galicia". In "*Mistaire structurale du Golfe de Gascogne*". Ed. Technips, Paris, 13 págs.
- YPMA, P.J.M. (1966).— "Sumario de la mineralización metalífera y su génesis en Galicia Occidental (España)". *Leidse Geol. Medelingen*, 36, pp. 279-291.