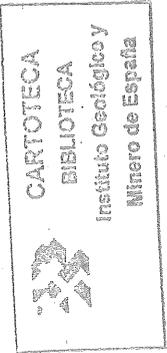


INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

ESCALA 1:50.000

EXPLICACIÓN

DE LA

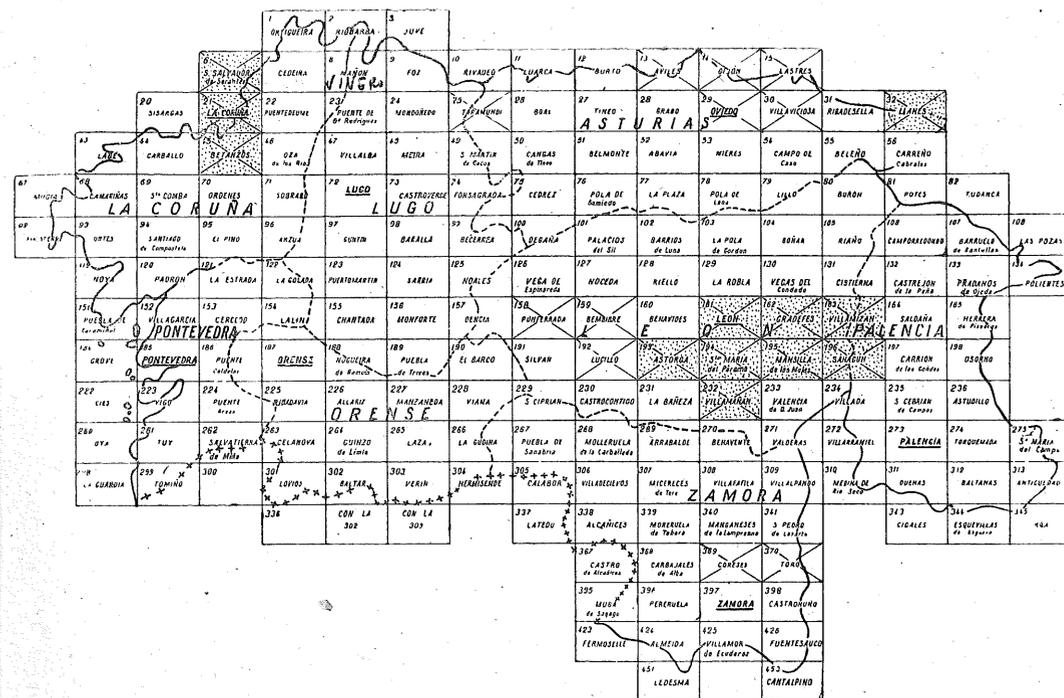
HOJA N.º 45

BETANZOS

(LA CORUÑA)

MADRID
TIP.-LIT. COULLAUT
MANTUANO, 49
1950

PRIMERA REGIÓN
SITUACIÓN DE LA HOJA DE BETANZOS, NÚM. 45



El Instituto Geológico y Minero de España hace presente que las opiniones y hechos consignados en sus Publicaciones son de la exclusiva responsabilidad de los autores de los trabajos.

 Publicada
  En prensa
  En campo

Esta Memoria explicativa ha sido estudiada por los Ingenieros de Minas D. PRIMITIVO y D. ALEJANDRO HERNÁNDEZ-SAMPELAYO.

PERSONAL DE LA PRIMERA REGIÓN GEOLÓGICA:

Jefe	D. Alfonso de Alvarado.
Subjefe ..	D. Carlos Orti.
Ingeniero	D. Manuel Zaloña.
Ingeniero	D. José M. López de Azcona.
Secretario	D. Alejandro H. Sampelayo.

ÍNDICE DE MATERIAS

	Páginas
I. Bibliografía	5
II. Datos geográficos	9
Interpretación del relieve	9
Orografía	11
Hidrografía	12
III. Geología	15
Granito	16
Estrato Cristalino	17
Cambriano y Paleozoico	18
Terrenos modernos	19
IV. Metamorfismo	21
Disposición aureolar de la Hoja	22
Rocas eruptivas (Clasificación química)	25
Notas acerca de la escuela suiza	29
Apreciación de dificultad	31
Acerca de los granitos	32
Exposición resumida del Sr. Cotelo Nevía	37
Conclusiones	39
Líneas de antigua tectónica	45
La situación de los arcos hercinianos	45
Forma de las grietas	46
Rocas sedimentarias y metamórficas	48
Líneas indicadoras de moderna tectónica	54
Eruptivas distintas del granito	60
De las rocas verdes gallegas	60
El dique volcánico de Larazo-Las Cruces	63
Quimismo gabrodiorítico. Carácter pacífico	67
V. Nuevos recorridos en la Hoja de Betanzos	71
Recorrido al E. y SE. de la Hoja de Betanzos	74
Depresión de Cambre	77
Excursión de enlace	81
Recorridos geológicos	84
Zona de pórfidos	88
Recorridos y parajes (rocas)	90
Pórfidos del Mesoiro	90
Zona granítica (Oeste)	90
Rocas cristalinas de Betanzos	92
Granitos (Oeste)	94
Algunos aspectos de las rocas cambrianas	96
VI. Tectónica	97
VII. Petrología	99
Análisis micrográficos	99
VIII. Minería	109
Región arsenical	110
Filones	110
Estaño y wolfram.	111
Caolín	112
Aguas minero-medicinales	112

I

BIBLIOGRAFIA

1835. GUILLERMO SCHULZ: *Descripción geognóstica del Reino de Galicia*.—Madrid.
1838. JOSÉ VAREA Y AGUIAR: *Historia de Galicia* (1.^a parte).—Ferrol. Imprenta Taxonera.
1882. CHARLES BARROIS: *Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice*.—Lille.
1883. JOSÉ MACPHERSON: *Sucesión estratigráfica de los terrenos arcaicos en España*.—Pág. 21. Madrid.
1888. MANUEL MURGUÍA: *Galicia*.—Barcelona.
1892. MANUEL MARTÍNEZ SANTISO: *Historia de la ciudad de Betanzos*. Betanzos.
1832. J. F. N. DELGADO: *Contributions a l'étude des terrains anciens du Portugal*.—Comun da Com dos Trab. Geol., t. II, fasc. II. Lisboa.
1901. JOSÉ MACPHERSON: *Ensayo de historia evolutiva de la Península Ibérica*.—Madrid.
1904. CELSO GARCÍA DE LA RIEGA: *Galicia antigua. Discusiones acerca de su geografía y de su historia*.—Pontevedra.
- 1904-1907. J. F. N. DELGADO: *Contribuição para o estudo dos terrenos paleozoicos*.—Comun do Sev. Geol. de Portugal, t. VI. Lisboa.
1910. RAMÓN DEL CUETO y ANTONIO M.^a DE IRIMO: *La minería en Galicia*.—La Coruña.
1913. PRIMITIVO H. SAMPELAYO: *Estudio geológico de la costa de la provincia de Lugo*.—Bol. Inst. Geol. España, t. XXXIV. Madrid.
1914. V. SOUSA BRENDAO: *A faixa occ. das Phyllites porphyto blásticas do Precâmbrico do Distrito de Avaro*.—Comun. da Com do ser. Geol. de Portugal. Lisboa.

1915. PRIMITIVO H. SAMPELAYO: *Nota sobre la fauna paleozoica de la provincia de Lugo.*—B. I. G. E., t. XXXIV. Madrid.
1915. — *Nota adicional al estudio de la denudación de la costa en la provincia de Lugo.*—Bol. Inst. Geol. Esp., t. XXXVI. Madrid.
1916. — *Algunos yacimientos prehistóricos de las provincias de Lugo y Madrid.*—Bol. Inst. Geol. España, t. XXXVII. Madrid.
1922. — *Hierros de Galicia (t. I).*—Mem. Inst. Geol. Min. Esp. Madrid.
1931. — *Hierros de Galicia (t. II).*—Mem. Inst. Geol. Min. Esp. Madrid.
1932. GONZÁLEZ QUIJANO: *Avance para la evaluación de la energía hidráulica de España.*
1932. PARGA - PONDAL: *Petroquímica de una anfibolita de Riboira (Galicia).*
1935. PRIMITIVO H. SAMPELAYO: *Hierros de Galicia (t. III, dos fasc.).* Inst. Geol. Min. Esp. Madrid.
1935. — *El Sistema Cambriano.*—Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
1935. I. PARGA-PONDAL: *Ensayo de clasificación cronológica de los granitos gallegos.*—Anais da faculdade de Ciencias do Porto. Porto.
1936. DOMINGOS JOSÉ ROSAS DA SILVA: *Granitos do Porto.*—Araujo a Sobrinho Luct. Porto.
1940. WALTER CARLÉ: *Geologische Rundschau.*
1942. PRIMITIVO H. SAMPELAYO: *El Sistema Siluriano.*—Inst. Geológico y Min. Esp. Madrid.
1942. J. M. COTELO NEIVA: *Contribuição para o estudo da Geoquímica da alteração dos granitos.*—Bol. da Soc. Geol. de Portugal, vol. I, fasc. III. Porto.
1943. J. M. COTELO NEIVA: *A idade dos granitos portugueses.*—Bol. de Soc. Geol. de Portugal. Porto.
1943. J. M. COTELO NEIVA: *Contribuição para o estudo dos granitos portugueses.*—Direção Geral de Minas e Serviços Geológicos. Lisboa.
1944. COTELO NEIVA: *La muscovite dans les pegmatites, etc.*—Incompleta. Biblioteca portuguesa, etcétera.
1944. J. M. COTELO NEIVA: *Gresenização e leus factores Geoquímicos.*—Porto.
1944. J. M. COTELO NEIVA: *Aspectos erosivos dos granitos porfíroides.*—A. P. P. P. dos Ciências. Porto.
1944. J. M. COTELO NEIVA: *Considerações sobre o quimismo dos xistos do Alto Douro.*
1944. P. y A. H. SAMPELAYO: *Datos geológico-mineros de la zona de Betanzos.*—Estudios Geográficos n.º 15.

1945. C. TEIXEIRA: *Algunos aspectos da Geologia dos granitos do norte de Portugal.*—Soc. Geol. de Portugal. Porto.
1947. C. TEIXEIRA: *Posição geológica dos granitos portugueses.*—Faculdade de Ciências da Universidade. Lisboa.
1948. DR. J. M. COTELO NEIVA: *Serpentines et serpentiniçation.*—Estudos, notas e trabalhos do Serviço de Fomento Mineiro D. Gral. Minas e Serviços Geológicos. R. Santos Pousada, 297, 1.º Porto (Portugal).
1948. DR. ARTUR CÂNDIDO DE MADEIROS: *Algunas formações montmorilloníticas portuguesas.*—E. N. é T. do Serviço de Fomento Mineiro.
1948. DR. D. J. ROSAS DA SILVA y DR. J. M. COTELO NEIVA: *Montmorillonite dans les pegmatites granitiques et le problème de la montmorillonitisation.*—Los fenómenos de montmorillonitización están casi ausentes, por la escasez de grandes pegmatitas feldespáticas.
1948. J. PARGA-PONDAL und G. MARTÍN CARDOSO: *Die Lithium pegmatite von Lalin in Galizien.*
1948. J. M. COTELO NEIVA: *Rochas e Minerios da Regao Bragança-Vinhais.*

II

DATOS GEOGRÁFICOS (*)

La Hoja de Betanzos (n.º 45 del Mapa 1:50.000), en el centro de la línea de depresión más NO. de Galicia, pertenece a la provincia de La Coruña, situada entre los ríos costeros Mandeo y Allones, y comprendida entre los 43º20' y 43º10' de latitud y los 4º50' y los 4º30' de longitud Oeste del meridiano de Madrid. Mide 27,167 metros de longitud por 18,725, según el meridiano, o sean 508,702 kilómetros cuadrados de extensión superficial en el rectángulo de la Hoja, pero teniendo en cuenta que en el ángulo NO. se abarca un triángulo del Océano Atlántico que tiene 5,3 kilómetros cuadrados, la superficie real de la Hoja de Betanzos será de 503,402 kilómetros cuadrados.

INTERPRETACIÓN DEL RELIEVE

Visto en conjunto el NO. de Galicia en su posición geográfica y de Estrato Cristalino, puede apreciarse que la orografía se caracteriza por la alineación, en serie paralela, de pequeños pero empalmados macizos, en dirección NE.-SO., que es la de los pliegues hercinianos en esta zona de la Península y cuyo rumbo se demuestra, en primer término, por el chaflán que desde la Estaca de Vares pasa por La Coruña y remata en Finisterre, y después por todas las líneas orográficas e hidrográficas que se desprenden hacia el Océano Atlántico, en las rías llamadas bajas y altas de Galicia; en el mismo sentido se ofrecen las direcciones de los ríos hacia el Cantábrico, y hasta en la depresión que, arrancando de las rías centrales, se prolonga por

*) Algunos de estos datos se incluyeron en nota presentada al Congreso de Geografía de Santiago, septiembre de 1943.

parte de las cuencas del Miño y Sil, hasta cerca de la provincia de León, pues son siempre ortogonales hacia ellas las series topográficas u orogénicas y las depresiones labradas por el embate de las aguas marinas o fluviales. Esta observación autoriza a suponer una coincidencia entre las líneas geológicas y geográficas, o sea que los pliegues hercinianos arrumbados al NE. buzando NO. pueden suponerse como desaparecidos en el macizo arcaico-granítico del NO. de la Península, pero representados por las líneas orogénicas de las corridas montañosas, entre los ríos atlánticos paralelos.

En resumen, vemos cómo los estudios tectónicos y erosivos nos demuestran la coincidencia de las curvas geológicas y de ablación con las de los plegamientos, y cómo esos arcos señalan líneas de debilidad tectónica, es lógico que por ellas se hayan producido venidas metalíferas.

En la superficie de la Hoja de Betanzos no se han encontrado fósiles, y la separación y nomenclatura de los distintos terrenos se hace por las características litológicas y por datos empíricos. Dos clases de terrenos se diferencian esencialmente en la zona de Betanzos-Coruña: el granítico y el pizarroso, pero dentro de éste los estratos pizarrosos dominantes ofrecen presentaciones de mayor o menor metamorfismo, que hacen dudosa en varios puntos su atribución al Arcaico o al Cambrosiluriano, únicos terrenos de posible duda.

En el mapa hipsométrico se aprecia que desde una alineación de sierras del Cabo Peñas, en Asturias, a Viana do Castelo y Braga, en Portugal, sierras de Tineo, de los Picos, del Caurel, de San Mamed y Peneda, se van marcando hacia la costa barreras de montañas y depresiones con la misma orientación NE.-SO., y en alternancias que rematan en la truncadura de la Estaca de Vares (Lugo) a Finisterre (Coruña), dando frente al océano, en la banda más aplastada de relieve, de 0 a 200 metros de máxima altitud.

Detallando esta síntesis orográfica vemos que a las culminaciones de Tineo, Caurel y Peneda sigue la depresión, ahondada por las cuencas del Miño y Navia, de recorridos opuestos; más burda en su alineación es la serie de montes que se encuentran siguiendo hacia el NO. y que puede considerarse constituida por sierra de la Bobia (Vegadeo), Meira (Lugo), Sarria, Faro y el Testeiro (Pontevedra). Las cuencas del Ulla, Magdalena y Eo marcaron el nuevo descenso en las fajas, y la última línea de montes queda un poco aislada al NE. y representada por las sierras de La Loba y La Carba, en Lugo. Desde ahí ya se marca de 600 a 200 metros, en suave y constante disminución, la nueva depresión, que se agota en el mar desde los 200 metros hasta Ortigueira, Coruña y Corcubión.

OROGRAFÍA

Comprende nuestra Hoja el centro de la zona que, suavemente montañosa, mirando al NO. desde la Estaca de Vares al Finisterre, se ofrece limitada al SE. por las sierras longitudinales en la tirada occidental de Lugo, desde Puentes de García Rodríguez y Gestoso, siguiendo por la sierra de La Loba, Cordal de Montouto y su derivación de Curtis de Mesía con los montes de la Tieira. En esa banda ondulada, y desde los cordales de Monfero, al NE., y los de La Coruña y Jalo (*), al SO., quedan comprendidas, con suave separación, las cuencas de los pequeños ríos de Mandeo y Usera, que van a salir al mar por Betanzos y La Coruña, habiendo nacido al Súr entre la Coba da Serpes de Guitiriz y la Tieira.

Hay una gran diferencia de relieve dependiente de la petrología; la mitad occidental, granítica, ofrece alturas hasta de 520 metros, las cuales, desde el ángulo SO., se prolongan, con los montes de Xalo, hasta encima de Carral, y aun al descender el nivel hacia la costa lo hace paulatinamente, y las alturas de 120 metros quedan tocando a la playa de Alba, en la esquina NO., junto a las colinas de Sabón y San Tirso de Oseiro, siendo consecuencia de la mayor dureza de la roca la punta Cancela y Alba, y hasta la isla Castelete, próxima a la costa. En cambio, la mitad oriental, desde el meridiano de La Coruña, como pizarrosa, se aplana más, y desde los 300 a 380 metros de cota, en el borde sur, llega a las cotas de 40 a 80 entre las rías de La Coruña (Pasaje) y Betanzos. Culminaciones individuales casi no existen, pues se funden con el resto de las alturas; las que se pueden citar corresponden al borde meridional de macizo del granito y son: monte Cotoril, 480-540; montes de Xalo, 500, y montes de Santa Leocadia, 320 a 360 metros.

(*) Varios nombres de inicial J se pronuncian, variablemente, con X, y con la variación los insertamos.

HIDROGRAFÍA

Las aguas vierten hacia el NO., todas en recorridos más o menos sinuosos, pero obedeciendo a la inclinación general de la zona iniciada desde los montes de Jalo, Castro Mayor y del Gato, formando en conjunto la zona suave de la costa.

Aguas de tres ríos: Mandeo, que sale al mar en Betanzos; Mero, que desemboca en La Coruña, y Allones, representado en una pequeña porción a poniente.

La ría del Burgo (Coruña) y la de Betanzos se prolongan algunos pocos kilómetros al Sur, con desproporción de las anchuras de sus ríos; su separación es de lomas tan suaves que, como nombre anti-guó, se conocía por Valle de las Mariñas al formado por la ría de Burgo y el río Mero hasta Orto (fuera de la Hoja), enlazándose hacia Saliente con la depresión de la ría de Betanzos hasta Gumil, en el afluente de Monfero (*). En cambio, la separación del Mero y del Allones es áspera, como corresponde a país granítico, y se marca enérgicamente por la corrida que, desde los montes de Jalo, corren en granito y estrato cristalino hasta San Adrián y Punta Nariga (Malpica).

Hidrográficamente las aguas de la Hoja de Betanzos pertenecen a la llamada vertiente del Oeste, en el mapa hidrológico del Consejo de la Energía y en la zona triangular determinada por los límites izquierdos de la vertiente del Este-Oeste, El Miño y el Tambre, quedando la hidrografía, en esa zona costera del chafalán NO., concretada por los ríos de escaso recorrido: Jallas, Allones, Mero, Mandeo, Eume y Sor, de los cuales sólo nos atañen los centrales.

El Allones no tiene en nuestra Hoja más que su nacimiento, en las aguas de Pedrouzo (Salgueiras); se origina con el arroyo Das Lavandeiras, o de Corcello, que recibe el nombre de Grande al engrosar, y Allones en Boimir, desde donde, en unos cuatro kilómetros, y con escaso pero constante caudal, corre hacia occidente, hasta desaparecer de la Hoja. El Mero tiene casi todo su recorrido en nuestra zona; después de su nacimiento, al norte de los montes de la Tieira, constituye en esencia el llamado, de antiguo, Valle de Las Mariñas y desagua en La Coruña, dando lugar a la ría del Burgo.

El Mandeo sólo está representado en el ángulo NE. de la Hoja;

(*) Toda esta disposición de puertos llanos y ondulados encaja, lógicamente, con la parte pizarrosa.

nace y corre como el Mero, con el cual se desliza paralelamente, produciendo parte de las Mariñas, y sale por la ría de Betanzos a la gran escotadura rocosa entre Sada y Puente deume.

Las aguas superficiales de la Hoja de Betanzos son constantes, atemperando su caudal a las épocas y sin que se produzca ningún aprovechamiento industrial o agrícola.

Los arroyos afluentes y los pequeños ríos, que podríamos llamar de segundo orden en la Hoja, son los siguientes, contando de Norte a Sur y de poniente a levante:

En el NO., y desembocando directamente en el mar por la playa de Alba, están los ríos Seijedo y Arteijo, con rumbo NO., casi paralelos y separados por el monte Arteijo; son cursos rápidos y sin ondulaciones que parecen demostrar, por el sentido de sus aguas rejuvenecidas, el hundimiento del país hacia el Noroeste y su alzamiento Sudeste.

El afluente más importante del río Mero es el río Valiñas, que es el primero de su izquierda; nace en los montes de Xalo, en el granito, y en San Julián de Almeira contribuye a la rápida formación de la ría de Pasajes. Los afluentes segundo y tercero, también a la izquierda del Mero, son el río Breja y el Barces, que nacen igualmente en las estribaciones del Xalo, para unirse al Mero en el llano pizarroso de Cambre y, por fin, como menos importante, el río Govía, cuarto afluente izquierdo del Mero, que nace en Castro Mayor (475 metros) para incorporarse en San Esteban de Vivente.

La lluvia correspondiente a Betanzos es alta, como ocurre en toda Galicia, llegando en cualquier punto, de los 500 a 1.000 milímetros anuales. La zona de lluvia mínima, dentro de la Hoja, es el valle de las Mariñas, es decir, la relativa depresión que va a unirse con las dos capitales de Lugo y Orense, mientras que la máxima (1.000, 1.100 y 1.200 mm. y superiores) se concentra en la parte montañosa, que es la occidental de la Hoja.

Damos los datos meteorológicos de La Coruña, muy semejantes a los que corresponderían a Betanzos, y que hemos podido reunir gracias a la amabilidad de los empleados del Observatorio Meteorológico.

DATOS CLIMATOLÓGICOS DEL OBSERVATORIO DE LA CORUÑA

Años	Enero ..	Febrero	Marzo ..	Abril...	Mayo...	Junio ..	Julio...	Agosto ..	Sepbre..	Octubre	Novbre.	Diebre..	TOTAL
	Promedio de temperaturas máximas												
1927	12,3	13,3	14,5	15,8	18,4	19,6	21,7	21,1	19,2	19,2	14,6	13,5	16,9
1928	13,0	14,3	14,8	15,4	16,4	19,9	24,2	22,2	21,9	18,4	15,2	12,9	17,3
1929	12,4	13,6	15,7	16,0	16,3	21,4	22,2	22,0	21,7	18,7	15,6	14,5	17,5
1930	13,4	11,3	14,9	13,9	17,2	18,8	21,1	22,2	21,8	18,8	16,5	14,5	17,0
1931	12,4	12,5	15,8	15,6	17,0	21,2	21,0	21,8	20,7	18,8	16,5	12,4	17,1
1932	13,3	10,8	14,3	13,5	16,7	18,8	20,1	24,1	23,1	21,8	15,7	13,6	17,1
	Promedio de temperaturas mínimas												
1927	7,4	6,1	9,0	10,0	12,4	13,1	15,2	14,5	12,6	12,0	7,6	8,6	10,7
1928	8,2	8,6	9,2	9,3	10,7	13,7	16,9	13,0	14,5	13,2	9,7	6,7	11,2
1929	6,4	8,9	7,5	8,9	9,7	14,1	15,6	14,1	14,1	12,5	10,8	9,0	10,9
1930	7,3	5,5	8,0	8,7	11,0	13,2	14,4	14,8	14,1	11,8	9,4	8,6	10,5
1931	6,7	6,9	9,0	8,1	10,2	13,9	14,1	15,3	12,4	10,8	9,7	5,0	10,5
1932	5,9	3,7	7,5	7,0	9,7	12,5	13,3	15,4	14,2	11,6	10,0	7,4	9,8
	Cantidad mensual de lluvias												
1927	141,6	126,3	127,8	43,9	56,1	34,8	55,3	71,2	153,1	53,8	103,6	140,8	92,6
1928	105,1	59,5	120,5	179,0	195,6	47,3	3,2	76,5	40,7	137,3	119,5	120,7	99,5
1929	45,0	86,8	12,2	54,2	91,0	18,2	38,0	11,1	8,1	126,6	210,7	222,9	77,9
1930	142,3	122,6	97,4	153,2	43,6	57,6	133,1	28,8	60,6	135,5	103,0	143,8	103,8
1931	106,0	109,5	115,4	64,9	93,3	27,8	73,0	46,8	54,4	67,5	199,6	39,5	82,8
1932	144,9	10,6	114,1	151,0	92,0	35,9	48,2	9,7	257,6	185,8	82,7	365,4	123,0

III

GEOLOGÍA

El límite actual del macizo Primario gallego hacia Oriente, mirando a los terrenos proterozoicos, no responde sino a un estado transitorio en la evolución geográfica de esta región. Al Este, el granito y las formaciones cristalinas se ocultan bajo las formaciones paleozoicas. Cuando los valles son suficientemente profundos, particularmente hacia el borde señalado, su profundización alcanza los estratos primarios que se descubren particularmente en la tierra llana lucense, y los cuales en su posición horizontal demuestran, tanto como cualquier otro síntoma, el papel resistente del macizo gallego en los antiguos movimientos tectónicos.

Inversamente, pequeños isleos respetados por la erosión en la linde pizarrosa de Lugo y La Coruña, indican una mayor extensión de los primeros períodos paleozoicos, confundidos, frecuentemente, con los agnostozoicos por su carencia, hasta ahora aparente, de restos organizados, y extendidos más a poniente del límite general actual.

Esta repetición de manchas de aspecto más moderno en la aureola de la masa cristalina granítica del NO., y su disposición paralela hacia la linde, en los rumbos NE. - SO., muestra la coincidencia de los isleos con los arcos de plegamiento que corresponden a los movimientos hercinianos.

Damos el índice de los terrenos.

GRANITO

El granito corresponde al macizo que de La Coruña corre de Norte a Sur hasta Pontevedra para entrar, después, en Portugal. Esta roca eruptiva, al igual que los otros terrenos geológicos, aunque, como es lógico, con menor arreglo, se dispone en bandas o tiradas envolventes, en cierto modo, de los contornos paleozoicos. El isleto de La Coruña no estaba marcado en el mapa geológico anterior, pues figuraba como Estrato Cristalino todo el occidente montañoso desde Carral.

Salvo pequeños manchones de capas pizarrosas, la separación del granito se hace por una línea suavemente flexuosa que, arrancando de la ría del Burgo, va hacia el Sur, tocando los montes de la Zapateira (247), que quedan en granito, y pasando por Fontemayor y Culleredo, continúa por Vilar, Santiago de Castelo, Pico Xalo (452), y, más al Sur, San Román de Encrobas, saliendo de la Hoja por Enfesta y el alto de Lousa (416); en resumen, toda la topografía áspera queda a Occidente, en granito.

El normal es el común de dos micas con diques de rocas más básicas, como las dioritas, y otras más ácidas, como filones de cuarzo y pegmatita.

En los altos de Castiñeira (289), extendiéndose hacia Cerveira y La Coruña, se encuentra un granito en el cual los cristales de feldespato, a veces con dimensiones de varios centímetros, se ponen en contacto, constituyendo una roca exclusivamente de cristales ortosa, con muy poca mica, que ofrece una hermosa presentación al pulido; esta clase de granito, de preferencia, y las más de esta zona, se explotan, no solamente para las edificaciones de las poblaciones próximas, particularmente La Coruña, sino que se prepara por casas especialistas, para el envío fuera del país en piezas labradas y, a veces, con pulimento. En Carral se encuentra un granito que hace contraste con el de gruesos cristales, pues se compone de granos menudos y alguna mica blanca, dominante entre los elementos accesorios en una roca compacta y de fácil labra, con la cual se ha hecho, en Carral, el monumento a los héroes de las libertades gallegas (1846).

ESTRATO CRISTALINO

Este terreno, el más irregularmente figurado en Galicia, es, desde luego, el menos preciso para su determinación, exceptuando algunas zonas néisicas y de rocas verdes con calizas, en la costa de Ortigueira y Moeche, hacia el interior de Galicia; todos los isleños intermedios, entre los que hay que incluir a los de Betanzos, se integran por rocas semejantes a las cambrosilurianas, no diferenciándose de ellas sino por la intensidad del metamorfismo, los primeros grados del cual son la pizarrosidad y el brillo; los elementos cristalinos son escasos en estas capas, dudosamente referidas al Cambriano, y que por grados van pasando a capas (Betanzos-Puentedeume) de aspecto francamente paleozoico.

Ni los rumbos de los estratos lustrosos, ni roca alguna detrítica en discordancia, autoriza al sostenimiento de este terreno, por lo que nos decidimos a su anulación en la Hoja, porque, además de la cristalinidad innegable de sus componentes, se dispone casi Norte a Sur, algo al NO., haciendo aureola con el macizo granítico, como sería lógico en el Arcaico levantado en la época prehercíniana, sin marcada discordia con los terrenos paleozoicos.

Los estratos son pizarrosos, casi siempre bastante silíceos, que se van soldando, al contacto eruptivo, llegando a ofrecerse como cuarcitas pizarrosas, que se explotan en canteras para construcción; también se encuentran, a veces, cuarcitas, que no ocurren en largas ni salientes tiradas.

El conjunto carece de dureza, y esto hace que el Holoceno compuesto de detritus, oculte gran parte del terreno, el cual lo extendemos en la representación a más superficie de sus asomos por la escasa potencia y completa esterilidad del Cuaternario, que lo oculta, y únicamente figuramos éste cuando sus depósitos, por su disposición y potencia, pueden servir para alguna explotación de adobes o alfarería, por modesta que sea.

En los afloramientos cristalinos apreciados, que se encuentran, particularmente, entre el río Mero y la línea del granito, las direcciones dominantes tienen buzamientos preferentes al SE.

Las clases principales de rocas que integran este terreno varían mucho de sanas a meteorizadas en su presentación, pues de muy duras y compactas en sus tonos azulados y zonas internas, pasan a las rocas caolinizadas, amarillas y muy deleznable, de donde se forman rápidamente los depósitos modernos.

En el apartado petrológico incluímos la reseña de las distintas rocas más llamativas.

CAMBRIANO Y PALEOZOICO

En Galicia, dentro de este terreno, no se ha podido concretar sino el Postdamiense o Cambriano superior con areniscas y psamitas del grupo de Ribadeo, conteniendo, como elemento paleontológico de identificación, *lingulas* y *algas*, colocadas corrientemente en disposición plana respecto a los estratos, con lo cual se diferencian, empíricamente, de los *Scolithus* ordovicienses, que son normales y perforantes en las capas de cuarcita o pizarra que los contienen. La distinción del Cambriano medio se ha hecho por las calizas, casi siempre representadas, y en el Georgiense o Cambriano inferior son las pizarras verdes el rasgo litológico dominante.

Queda, pues, la fijación del Cambriano subordinada al apoyo inmediato del Siluriano fosilífero, y así ocurre, lógicamente, que son precisas las determinaciones orientales hacia Mondoñedo y Ribadeo, pero se van perdiendo las referencias hacia Poniente, donde se esfuman las características de las rocas con los signos de metamorfismo producidos por el gran batolito eruptivo. Vivero es el último punto occidental donde se puede afirmar el Cambriano para los estratos inferiores al criadero de hierro ordoviciense; desde aquí, más al Oeste, ya las capas paleozoicas se distinguen como tales por sus facies, pero de modo sincero y fundado no se podría afirmar una diferencia entre pizarras cambrianas superiores (C₃ de nuestra clasificación) y las mismas del Siluriano inferior, pues ambos terrenos, Cambriano y Siluriano, se llegan a parecer en varios de sus tramos con los efectos metamórficos. Tal ocurre con los isleos del Barquero y sierra de la Loba, que son los anteriores y más próximos al de Betanzos que nos ocupa, y como se componen de pizarras azules de difícil determinación, proponemos finalizar con ellos la zona confusa en el proterozoico.

Debemos hacer constar, para las deducciones que se puedan hacer en tectónica, que el cambriano gallego no encierra pudingas ni acusa gran discordancia angular con los terrenos de su contacto natural; es decir, que carece de datos que demuestren un movimiento orogénico anterior al herciniano.

Las facies paleozoicas del último isleo figurado en el mapa de Galicia (1922) se inicia en El Ferrol, y por el macizo pizarroso de Puenteume llega hasta Betanzos. Sin embargo en esta Hoja, con nuevos estudios, nos abstenemos de figurar concretamente paleozoico alguno, en vista de la carencia de argumentos paleontológicos. Su disposición en conjunto es, como la del Siluriano, en grandes

arcos, el rumbo de los cuales es NE. hacia la costa, para irse cambiando hasta NO. hacia el interior.

Según las ideas anteriores, el trozo que en la Hoja de Betanzos podemos referir al paleozoico más antiguo se contiene en el ángulo NE. de la Hoja, a la derecha del ferrocarril a Madrid y río Mandeo. Sus estratos son pizarrosos, algo silíceos unas veces y arcillosos otras, de tonos azulados o gris, cuando no se encuentran meteorizados y cortados por frecuentes filoncillos de cuarzo, al hilo o transversalmente a la estratificación (Sedes, Montouto).

Los rumbos, aunque parecen dominantes al NE., tienen cambios muy marcados hasta el NO., en Bergondo.

Cuando las rocas están sanas son duras, de tono azulado, formando gruesos bloques al dividirse, en los cuales se marcan finas líneas de división; estas pizarras se utilizan en la construcción de las casas del país, y algunas veces están cortadas por asomos de roca eruptiva y granuda, diabasas o dioritas. Líneas moradas sesgadas señalan en el plano paleozoico metamórfico.

Las diferenciaciones de las rocas van en la parte petrológica.

TERRENOS MODERNOS

En este apartado incluimos todas las formaciones horizontales que variarán probablemente del Mioceno medio continental hasta los depósitos holocenos modernos. Los más antiguos consisten en arcillas compactas, de tonos rojizos a manchones con el aspecto de los estratos vindobonienses de la cuenca del Duero (León) y espesores de cinco a ocho metros, los cuales se encuentran situados en los altozanos que hacen divisoria entre los pequeños afluentes, como en el paso sobre San Pedro de Crendes.

Como pleistocenos o cuaternarios antiguos podemos citar a casi todos los descubrimientos arcillosos con aluviones de cuarzo y cuarcita, en cantos de diversas dimensiones, que enmascaran la superficie de los terrenos pizarrosos del Este y parte del granito occidental; aunque en menor proporción, estas tongadas supuestas miocenas se apoyan en las laderas de los ríos y arroyos, haciendo el papel de terrazas irregulares. Tanto en este Cuaternario antiguo (Diluviano) como en las arcillas modernas hay instalados algunos tejares de teja acanalada que representan una industria rudimentaria.

En las tongadas más altas de la arcilla se encuentran, a veces, nódulos calizos, quizá con tendencia a la representación caliza de los tramos más altos del Mioceno; esta penetración en caliza da una mayor dureza y consistencia a la arcilla.

Como Aluvial, suponemos los detritus fluviales, bien en forma de trítica, tal como los aluviones sueltos y lavados, o en limos potentes, dominante en los fondos al iniciarse las dilataciones de las rías y que tanto dificultan las fundaciones de las obras, como ocurrió en el puente de Salinas, que da paso a una carretera sobre la ría de Betanzos.

IV

METAMORFISMO

Al reanudar, temporalmente, las publicaciones acerca de Galicia tenemos una primera y obligada referencia a los métodos microquímicos de estudio de rocas, que tan rápido avance han logrado en la ciencia, cuando apenas se iniciaban al empezar (1910-1922) los estudios estratigráficos de Galicia. Estas líneas de elogio y crítica, van como aclaratorias al lector medio de nuestras hojas, las cuales están hechas al margen de la moda, que rehuímos, y ante los métodos de rápido examen que preconizamos, pero aun así hemos de exponer ligeramente los caminos ya iniciados y seguidos, particularmente si tienen técnica que, a fuer de minuciosa, parezca confusa, no muy apropiados para conducir, dentro o a través del territorio de la Hoja, a los frecuentadores y deseosos de lograr provecho o especulación.

Por otra parte, nuestra actividad profesional nos ha hecho ver la rápida propagación de conocimiento práctico con los métodos minero-industriales, estimables en su precisión, mientras que más bien inducen a desconfianza las elucubraciones fundadas sobre grandes extensiones rocosas estudiadas con muestras tan diminutas, escasas y difíciles, que exigen manos expertas para la exacta apreciación de la partícula difícilmente homogénea, como expresión corriente del promedio y estimar, sin gran conocimiento o suerte intuitiva, minerales y variaciones, para llegar a medir, y nombrar con acierto, una amplitud de roca, por medio de esa pequeña y formidable muestra. Observación y consejo que divulgamos, para tenerlos siempre presentes en estos métodos de arriesgada y sencilla pesadez.

En los cuatro primeros apartados de este capítulo, hasta la «Apreciación de dificultad», trataremos, con ideas elementales unas, y otras extractadas, de explicar cómo, ante los extensos problemas del metamorfismo, tan frecuentes en la Península, hay que recurrir a Comisiones de estudio petrográfico y químico de las rocas eruptivas y metamórficas, ya en marcha en otros países, para alcanzar el punto científico al día y consecuencias prácticas que se puedan derivar. Ello valdrá, también, de ruego a la Superioridad, para remediar el menoscabo de estos medios de estudio, ante la hermosa tierra gallega, baluarte incommovible y apoyo de reconquista geológica, en todas las tormentas tectónicas, sufridas por la Península.

DISPOSICIÓN AUREOLAR DE LA HOJA

Metamorfismo es el cambio de forma o estructura de los terrenos y rocas; con ampliación de concepto puede referirse al cambio de una roca en otra, disgregaciones, etc. (*). El origen del metamorfismo, es decir, su clase, puede ser muy diferente; el calor de una roca eruptiva intrusiva o efusiva, el producido por los movimientos o fricción de bloques pétreos, etc., hasta la acción destructora de los meteoros, desmoronando rocas y allanando montes. En sentido más estricto, que es el más frecuente, la referencia se hace al metamorfismo regional, al de contacto, incluyendo el de inyección y el metamorfismo dinámico.

La penetración de venas de aplitas o granulita, por ejemplo, en las pizarras arcillosas, enteras o fragmentadas, producen las rocas penetradas, gneis y migmatitas de tipo pseudosedimentario, que va de una milonita conglomerada (premetamorfismo) a una granitización y deformación completa, según la presión y la digestión o endomorfismo dominante de unas a otras rocas aureolares: cristalinas y sedimentarias. El término de metamorfismo regional se aplica, más bien, a las pizarras cristalinas con la significación de que se trata de transformaciones atribuibles a la presión elevada, a la temperatura creciente y a la acción del agua caliente de profundidad, circunstancias que pueden abarcar un trozo cortical de territorio. Como índice se supone que a honduras de 3.000 a 10.000 metros. (katamorfismo) fuera de distancia para las consideradas formaciones geológicas, la temperatura es de 100 a 300° C.; la presión de las rocas de 800 a 2.700 kilogramos, por centímetro cuadrado, y el agua, que produce gran movilidad, con 300 a 1.000° y gran presión, sin contar el agua juvenil o recién producida, que busca salida.

Por fin, los adalides del dinamometamorfismo, como Rosenbuchs, atribuyen las pizarras cristalinas a la transformación de las rocas eruptivas o sedimentarias por la acción de las presiones orogénicas. Así, y con recrystalizaciones, se producen los efectos miloníticos, quebrantado, estiramiento, deslizamiento y arrastres, o sea una tectónica o facies de nuevas rocas.

La Hoja de Betanzos corresponde a la mancha granítica gallega, la cual, unida a las de Portugal y Extremadura, y casi a punto de en-

(*) Aunque fuera de la Hoja, debe tenerse presente el metamorfismo de la caliza de Ortigueira pasando a oñcalcita.

lazarse con la central de España en Gredos y Guadarrama, constituyen un gigantesco isleo granítico, quizás el primero de Europa. Concretando la situación del gran batolito galaico-duriense, su eje, alargado en extremo, parece corresponder con una línea que, desde Coreubión (supuesto sin precisión matemática), siga la costa granítica gallega, rota por hundimientos isostáticos, hacia el mar y continúe, por Braga, Vizeu y Guarda, hasta volver a España por el isleo más pequeño de Garrovillas, en Extremadura. En cuanto nos apartamos de esa gran línea, en curva axial, particularmente al NE., el panorama petrográfico cambia y se hace aureolar. El granito, en el núcleo alargado que proponemos, es común, de dos micas y de tipo atlántico, mientras que, en cuanto nos corremos hacia los arcos tectónicos del ENE., aparecen los granitos porfídicos, luego de modo sintético, diques pegmatíticos y gran isleo aplítico, tipo en el que dominan granitos y gneis, con zonas en las que se suceden y barajan migmatitas y pizarras granitizadas que, desde verdaderos granitos sin cuarzo y con escasa mica, pasan a otras rocas elásticas, milonitizadas o granitizadas por presión. Continuando el esquema, en través hacia el NE., aparecen pizarras cristalinas, bastante micáceas, con silicatos de alúmina y otros minerales metamórficos, a veces anfíboles, turmalina, etc., que vuelven a pasar a las migmatitas, aplitas y en pocas repeticiones alternadas, y sin cambiar nuestra exploración NE., llegamos a los estratos paleozoicos de la aureola y, por fin, a capas zoogenas, cambrosilurianas, en el gran arco que, desde La Culebra, por Quiroga, llega a la costa recta de Ribadeo a Foz, con remate en corte de paralelo.

No hay duda en la fijación de estos arcos, esfumados respecto a dibujos menudos y concretos, porque ofrecen repetidamente, y en amplio, las apófisis pegmatíticas con estaño, wolfram, molibdeno, etc., representados en las grandes curvas del plano de criaderos minerales de 1922. (Hierros de Galicia, t. I.)

Para centrar nuestra hipótesis de colocación zonar, recordaremos de pasada que, al iniciarse las intrusiones de batolitos y diques eruptivos en los arcos de plegamiento y en las diaclasas de isostasia o fallas, bien aparentes en los criaderos mineros, es decir, en las amplias zonas intrincadas y laberínticas de granitos, gneis y rocas derivadas y afines hasta los sedimentos, se producen los fenómenos metamórficos, atenuándose hacia afuera y hacia arriba, es decir, alejándose del batolito, con señales mineralógicas nuevas, y al mismo tiempo, se influncian y digieren entre sí rocas eruptivas y sedimentarias en fenómenos de endomorfismo y exomorfismo.

Los fenómenos de metamorfismo en los contactos intrusivos suelen ser extensos y bien marcados en las comarcas granitoides y paleozoicas. Las rocas silíceas se endurecen, pero son las pizarras arcillosas o algo sabulosas las que sufren mayor transformación. Desde los 1.000 ó 1.500 metros de distancia, desde la ventana del ba-

tolito, a partir del contacto, se hacen más compactas, y en su masa aparecen manchitas carbonosas, nódulos y cristales, principalmente de los silicatos de alúmina rómbicos: andalucita, chiastolita, stauro-lita, etc. Más cerca del contacto disminuye y aun se suprime la pizarrosidad hasta llegar a las piedras corneanas o cornubianitas, y así quedan, en el ejemplo más corriente, señaladas las tres aureolas. Los neominerales metamórficos, como los silicatos rómbicos en las pizarras y las escapolitas cuadráticas en las calizas, por ejemplo, son muy interesantes para presumir situaciones de aureola. En nuestra zona gallega, los minerales más llamativos y de mayor interés son la casiterita, con frecuencia unida al wolfram, y el cortejo neumatólitico que les acompañan: mispickel, turmalina, topacio, micas litíferas, etcétera.

En los alrededores del granito son muy frecuentes las metamorfosis de rocas por endomorfismo. La menor temperatura en el contacto suele cambiar la estructura en porfídica, y por fusión de los sedimentos próximos al magma granítico produce las rocas híbridas y migmatitas. Fenómenos frecuentes de endomorfismo zonar los hemos citado en Asturias (Guía del Congreso Geológico Internacional, 1926), al transformarse en dioritas las apófisis graníticas, por enriquecimiento en cal de los feldespatos, que pasan a plagioclasas en los afloramientos calcáreos de la aureola (Acadiense).

En resumen, admitidas las zonas verticales y la ingerencia y transformación de sedimentos a rocas metamórficas, vemos que tienen caracteres comunes a las eruptivas (cristalinidad), y a las sedimentarias (capas). En la zona superior (epizona) temperatura baja, sin recristalización, pero con minerales hidratados; en la mesozona, mayor presión, cristales paralelos, minerales fibrosos, aciculares y hojosos y por fin la zona inferior, o cataforma, con muy elevadas temperaturas y recristalización completa, texturas granudas, minerales anhidros y quimismo de las rocas eruptivas profundas. Es decir, desde los cristales puros en profundidad, a las sales hidratadas y descompuestas que se desprenden fácilmente.

Los gneis son las rocas principales entre los asomos metamórficos, unas veces derivados del metamorfismo del granito (ortoneis) y otros derivados del metamorfismo de las capas sedimentarias (paraneis). Un ejemplo: hay pizarras anfibólicas, la composición de las cuales corresponde a la de gabros y diabasas, pero también pueden derivarse de las margas, por intrusión.

Otros ejemplos de dificultades, por semejanzas de quimismo son: rocas análogas con nombre distinto, según los sistemas cualitativos y cuantitativos, particularmente en las zonas metamórficas, y dentro de un magma, por ejemplo el referente a nuestra Hoja, en el de gneis aplíticos, se pueden enumerar hasta diez especificaciones (Tröger).

ROCAS ERUPTIVAS

Ante la inmensa variación de las rocas eruptivas producida por la alternancia de sus minerales, formas y texturas diferentes de agregación, se impuso la separación de los minerales esenciales, dejando los secundarios para matices o especificaciones de composiciones semejantes. Los minerales esenciales se agruparon lentamente en cuatro apartados:

1. Cuarzo (sílice).
2. Silicatos feldespáticos, ricos en alúminas, álcalis y metales alcalino-térreos, sin hierro ni magnesia; tienen pequeño peso específico; blancos o incoloros cuando frescos, comprenden los feldespatos monoclinicos y triclinicos y los feldespatoides blancos. Los dos grupos primeros: sílice y silicatos feldespáticos, forman los llamados elementos blancos y también siálicos (de Sial = Si y Al). (Brunsh.)
3. Silicatos ferromagnesianos, con muy poco o nada de álcalis y alúmina; ordinariamente coloreados y comprenden: piroxenos, anfíboles, biotita, olivino y
4. Minerales metálicos y elementos accesorios: magnetita, ilmenita, oligisto, apatita, rutilo, zircón, titanita, etcétera.

Los minerales de los grupos 3 y 4 forman los elementos negros, llamados félicos (de fem = Fe y Mg).

El análisis de una roca eruptiva normal debe comprender las bases siguientes: SiO_2 , TiO_2 , P_2O_5 y accidentalmente ZrO_2 — SO_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 y accesorios — Cr_2O_3 , V_2O_5 .

MgO — FeO — CaO accidentalmente SrO — CuO — ZnO
 MnO — BaO — NiO

Na_2O — K_2O y con frecuencia Li_2O .

De estas bases no todas tienen la misma importancia. Los componentes principales son:

SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , CaO , MgO , K_2O , Na_2O , según la marcha del análisis; las cantidades de cada componente son variables en cada roca, pero sus relaciones están sujetas a leyes fijas. Así ocurre que K_2O , Na_2O , CaO , unidos a la alúmina (Al_2O_3) se combinan con la sílice, formando feldespatos en su mayor parte. La magnesia y el óxido de hierro forman metasilicatos con la sílice; si queda todavía más sílice libre se presenta en forma de cuarzo, pero si hubiese escasez de SiO_2 se forman silicatos muy ricos en álcalis (feldespatoides) y si el dominio correspondiese a las bases FeO y MgO se formarían ortosilicatos. Si la cantidad de alúmina no basta para saturar la cal viene a resultar esta base en los metasilicatos, pero si aun todavía es menor la cantidad de alúmina, el exceso de sosa (Na_2O) y más rara

vez el de potasa (K_2O) reemplazan a la alúmina. Es decir, que se desprenden reglas de asociación, pero teniendo presente que, pequeñas modificaciones, pueden dar lugar a grandes variaciones. Quedan fuera la biotita, entre los ortosilicatos y los minerales metálicos entre los elementos básicos, pues hasta en las rocas muy silíceas pueden presentarse.

Hay algunas leyes de asociación: el cuarzo y los feldespatoideos se excluyen; el cuarzo y el olivino rara vez se unen; los piroxenos y los anfíboles alcalinos faltan en las rocas ricas en feldespatos básicos, como los plagioclasas ricos en cal.

Por fin, y en conjunto, puede admitirse que cualquier anomalía dificulta la representación gráfica y el cálculo de la composición mineralógica, a base del análisis químico.

La observación detenida del análisis de las rocas ha hecho surgir las fórmulas químicas y de proporciones llamadas parámetros magmáticos y la representación gráfica de las rocas por medio de sus parámetros y números repartidos en diagramas o figuras geométricas, planos o poliedros, que ofrezcan sus ángulos, aristas y zonas para la interpretación rápida de grupos magmáticos, y de ellos avanzar hacia los valores individuales y específicos.

De ese modo han ido surgiendo grupos y diferenciaciones con relaciones de génesis y representación de tipos magmáticos, y en ellos series de acidez a basicidad, y así en pocos años, en formidables avances, se ha llegado a la puntualización de 31 familias, con unas 800 especies, separadas por quimismo y modo de yacer (Tröger). Al arreglo y agrupación de parámetros se han dedicado eminentes petrógrafos de Europa y América, ideando varios sistemas de agrupación, pero preferentemente nos referiremos al método del profesor suizo Sr. Niggli, pues, con orden perfecto de sus argumentos y gran estilo didáctico, está logrando, particularmente en Europa, una escuela de generalización tan conveniente, como la bondad del sistema.

El insigne geólogo don Maximino San Miguel de la Cámara ha tenido el acierto de publicar, en la Sección de Petrografía del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, tres trabajos, que son: «Las clasificaciones mineralógicas cualitativas y cuantitativas» (1941), «La composición química y las clasificaciones de las rocas eruptivas» (1942) y «Diccionario Petrográfico» (1944), los cuales facilitarán notablemente el conocimiento y propagación de las especulaciones petrográficas, que tan precisadas de impulso se encuentran en nuestro país. En el cuadro de la clasificación que propone como general, se insertan 31 familias con unas 800 rocas, separadas, en cada familia, en intrusivas, filonianas y efusivas, y expone después la manera de evaluar los parámetros que tienden a fijar la relación entre los elementos claros y oscuros, los álcalis y la cal, el cuarzo y el feldespato, los feldespatos y los feldespatoideos y los álcalis entre sí. Y después detalla, para idea de la formación de rangos en los magmas,

las teorías de dos escuelas: la norteamericana y la suiza de Niggli. Los americanos establecen, como parámetro fundamental, la relación siálico fémico entre la sílice, alúmina y álcalis, a la cal, hierro y magnesia, y se determinan cinco clases por medio de la citada relación (siálico-fémico).

Clases:

I	Persálica	Siál./fém.	> 7
II	Dosálica	—	entre 7 y 1,667
III	Sialfémica	—	— 1,667 y 0,60
IV	Dolfémica	—	— 0,60 y 0,143
V	Perfémica	—	< 0,143

Las subdivisiones (subclases) se basan en las proporciones de parte de los grupos siálico y parte de los grupos félicos:

- Parte 1. Cuarzo (c), feldespato (F) feldespatoide (1).
Parte 2. Corindón (c), zircón (2).

Sial:

- Parte 1. Piroxeno (p), olivino y ortosilicato de cal (O), magnetita, hematites, ilmenitas, rutilo, titanita, perowskita (M).
Parte 2. Apatito, fluorita, pirita, etc. (A),

Siguen órdenes en las clases, rangos, subrangos, etc., siempre con parámetros y sus relaciones, y divisiones fundadas en las escrupulosas determinaciones de análisis químico de todos los minerales de la roca. Y con las observaciones, cálculos y hasta grafismos finamente conducidos, se ha llegado a la determinación de 77 tipos de magmas, divididos en tres apartados:

- A. Tipos predominantemente pacíficos. Serie calcoalcalina.
B. — — atlánticos. Serie alcalinosódica.
C. — — mediterráneos. Serie alcalinopotásica.

Se debe añadir:

- A. Magmas graníticos.
— dioríticos.
— gabroides y anortósicos.
— ultrabásicos.
B. Magmas granítico alcalinos y pulasquíticos.
— foyáuticos.
— essexíticos theralíticos.
C. Magmas graníticos.
— sieníticos.
— monzoníticos.
— ultrabásicos.

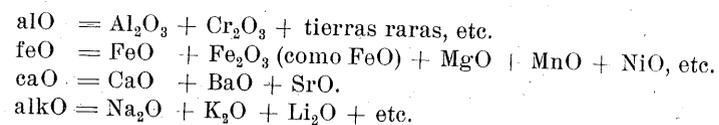
Según el profesor Sr. San Miguel las denominaciones de «carácter atlántico, carácter pacífico y carácter mediterráneo», corresponden a los tres grandes grupos que, observando los diagramas representativos de los análisis de numerosas rocas, se han establecido y admitido universalmente en la moderna petrografía. Primeramente se dividieron todas las rocas eruptivas en dos grandes series, la calco-alcalina y la alcalina, basándose en que numerosos análisis, en los que existía aproximadamente igual cantidad de sílice, las proporciones de las bases se veían variar principalmente según dos direcciones. Una parte de los análisis muestran altos valores para los álcalis y, en general, también para la alúmina; otros presentan valores moderados o pequeños. Los pertenecientes a la primera categoría forman las rocas de la serie alcalina, y las otras la serie calco-alcalina.

Pero se vió pronto también que los yacimientos de rocas calco-alcalinas están ligados a los bordes de cadenas de montañas que deben su origen a fenómenos orogénicos recientes; así, los volcanes de la costa pacífica, desde América del Sur hasta las Islas de la Sonda, arrojan únicamente lavas calco-alcalinas. Por el contrario, los volcanes asentados en restos de montañas antiguas, ordenados a lo largo de líneas de fractura, emiten lavas alcalinas, como ocurre en Cabo Verde, Canarias, España, Italia y centro de Europa. Teniendo esto en cuenta, se ha llamado a la serie alcalina «Familia Atlántica», y a la calco-alcalina «Familia Pacífica», y a las rocas, según tengan los caracteres químicos de una o de la otra, las asignan un carácter atlántico o un carácter pacífico. Posteriormente se ha visto que no todas las rocas encajan exactamente en esas dos series o familias, y ha sido preciso establecer una tercera serie o familia con un grupo de rocas caracterizadas por el predominio de la potasa, muy bien desarrollada en nuestra Península y en las erupciones modernas de la cuenca mediterránea occidental, a la cual se ha señalado con el nombre de «Familia Mediterránea».

NOTAS ACERCA DE LA ESCUELA SUIZA (*)

De las referencias de los Sres. San Miguel de la Cámara y Parga y Pondal, tomamos las sucintas explicaciones respecto a los métodos petrográficos que, quizá, se podrían llamar «Quimo-gráfico-magmáticos», y que, sin duda, han producido un gran avance en el estudio y conocimiento de las rocas eruptivas y metamórficas.

Del análisis, de cada roca, teniendo en cuenta los grupos mineralógicos, se desprenden los números moleculares que, para el cálculo, se expresan, en esquemas, así agrupados:



de los que resultan:

$$\text{al} = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3 \times 100}{\text{al}_2\text{O}_3 + \text{feO} + \text{caO} + \text{alkO}}$$

$$\text{fm} = \frac{\text{feO} \times 100}{\text{al}_2\text{O}_3 + \text{feO} + \text{caO} + \text{alkO}}$$

$$\text{c} = \frac{\text{CaO} \times 100}{\text{al}_2\text{O}_3 + \text{feO} + \text{CaO} + \text{alkO}}$$

$$\text{alk} = \frac{\text{alkO} \times 100}{\text{al}_2\text{O}_3 + \text{feO} + \text{CaO} + \text{alkO}}$$

$$\text{o sea, } \text{al} + \text{fm} + \text{c} + \text{alk} = 100$$

A este grupo básico se le contraponen los radicales ácidos de la roca: SiO₂, TiO₂, ZrO₂, P₂O₅, H₂O, CO₂, y los menos frecuentes, SiO₃, Cl₂, S, etc., calculando sus valores por la fórmula:

$$\text{si} = \frac{\text{SiO}_2 \times 100}{\text{al}_2\text{O}_3 + \text{feO} + \text{CaO} + \text{alkO}}$$

que se aplicará, igualmente, a todos los radicales ácidos citados.

(*) Nos referimos, principalmente, al sistema de Niggli, fundado sobre los de Rosenbusch 1907) y el de Johansen.

A esas fórmulas se añaden, como importantes para la clasificación magmática:

$$K = \frac{K_2O}{alKO}; \text{ mg } \frac{MgO}{feO}$$

considerándose que, para la interpretación de la mayoría de las rocas eruptivas y metamórficas, son suficientes los valores

si — al, fm, c, alk — k, mg.

Para hacer más sencilla la comparación se recurre a formar gráficos con estos números. Si los valores

$$\begin{aligned} al &= 100 \\ fm &= 100 \\ c &= 100 \\ alK &= 100 \end{aligned}$$

se colocan en los vértices de un tetraedro regular, la proyección de los distintos tipos de rocas, según la variación de los números fundamentales, se produce en regiones de tetraedros en su zona de campo magmático, extendiéndose los supuestos sedimentos hacia el vértice al; los químicos: caliza, yeso, cal, etc., hacia AlK-c, etc., y por medio de estos artificios gráficos, de positiva ayuda y sencillez, más que completamente precisos, se van logrando los grupos magmáticos en zonas del tetraedro, traducidos después a curvas y diagramas.

Por fin, estos brillantes métodos que, no obstante sus caminos difíciles, pacienzudos y llenos de riesgos y rectificaciones, fascinan y van ensanchando la petrografía de todos los países y terrenos geológicos, indican el camino que hay que seguir y queda justificada la formación de una comisión de Petrografía y Metamorfismo, la cual ante Galicia y su complicación magmática y enormes aureolas de metamorfismo, pudiese proceder a estudios y especulaciones prometedoras de muchos descubrimientos, en tierra sólo estudiada en su geología estratigráfica, para ir situando y preparando la explotación de la riqueza minera.

Apreciación de dificultad

Como síntoma de dificultad, insertamos un antiguo cuadro del notable geoquímico F. W. Clarke, con el análisis medio de las rocas de la litosfera:

	Rocas eruptivas 95 por 100	Arcillas y pizarras 4 por ciento	Areniscas 0,75 por 100	Caliza 0,25 por 100	Media
SiO	59,87	58,10	78,33	5,19	59,79
Al O	15,02	15,40	4,77	0,81	14,92
Fe O	2,58	4,02	1,07	0,54	2,63
FeO	3,40	2,45	0,30	>	3,33
MgO	4,06	2,44	1,16	7,89	3,98
CaO	4,79	3,11	5,50	42,57	4,82
Na O	3,39	1,30	0,45	0,05	3,28
K O	2,39	3,24	1,31	0,33	2,96
H O	1,86	5,00	1,63	0,77	1,98
TiO	0,72	0,65	0,25	0,06	0,71
ZrO	0,03	>	>	>	0,03
CO	0,52	2,63	5,03	41,54	0,74
P O	0,26	0,17	0,08	0,04	0,25
S	0,11	>	>	0,09	0,10
SO	>	0,64	0,07	0,05	0,02
Cl	0,07	>	>	0,02	0,07
Fl	0,02	>	>	>	0,02
BaO	0,11	0,05	0,05	>	0,10
SrO	0,04	>	>	>	0,04
MnO	0,10	>	>	0,05	0,09
NiO	0,03	>	>	>	0,03
Cr O	0,05	>	>	>	0,05
Va O	0,03	>	>	>	0,02
Li O	0,01	>	>	>	0,01
C	>	0,80	>	>	0,03
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Ahora bien, como en las rocas arcillosas sedimentarias aparecen con frecuencia óxidos metálicos en pequeñas proporciones, se hace evidente la semejanza de composición de rocas eruptivas a pizarras y la enorme dificultad de ordenación de magmas, y más teniendo en cuenta que ha de operarse con rocas sanas, en todas sus partes, y minerales. Las muestras medias representativas de las rocas y sus tránsitos dan números difíciles de lograr concretamente en análisis precisos, determinados sobre escasas cantidades.

ACERCA DE LOS GRANITOS

Al iniciar consideraciones y estudios respecto a los granitos de Betanzos, hay que establecer como fundamental la gran semejanza y hasta identidad en muchos casos, si se buscan homologías, entre granitos gallegos y portugueses. Ello es evidente, y quizás el argumento más ostensible, y uno de los fuertes, se refiere al paso de los granitos de Pontevedra y Orense a Portugal y enlace, dentro del gran isleo galaico-duriense, entre los granitos de Zamora, Salamanca y Extremadura, con los paralelos portugueses, sin que haya separación fronteriza, pues las rocas, cristalinas y eruptivas en tiradas corrientes de NO. a SE., cortan la frontera sesgadamente.

Los estudios de granitos luso-gallegos, referentes a su clasificación y cronología, son:

1892. J. F. N. DELGADO: *Contributions a l'étude des terrains anciens du Portugal*.—Comun da Comdos Trab. Geol., t. II, fasc. II. Lisboa.
- 1904-1907. J. F. N. DELGADO: *Contribuição para o estudo dos terrenos paleozoicos*.—Comun do Sev. Geol. de Portugal, t. VI. Lisboa.
1914. V. SOUSA BRENDAO: *A faixa occ. das Phyllites porphyto blásticas do Precámbrico do Distrito de Avare*.—Comun. da Com do ser. Geol. de Portugal. Lisboa.
1935. I. PARGA PONDAL: *Ensayo de clasificación cronológica de los granitos gallegos*.—Anais da Faculdade de Ciencias do Porto.
1936. DOMINGOS JOSÉ ROSAS DA SILVA: *Granitos do Porto*.—Araujo a Sobrinho Luct. Porto.
1942. J. M. COTELO NEIVA: *Contribuição para o estudo da Geoquímica da alteração dos granitos*.—Bol. da Soc. Geol. de Portugal, vol. I, fasc. III. Porto.
1943. J. M. COTELO NEIVA: *A idade dos granitos portugueses*.—Bol. de Soc. Geol. de Portugal. Porto.
1943. J. M. COTELO NEIVA: *Contribuição para o estudo dos granitos portugueses*.—Direção Geral de Minas e Serviços Geológicos. Lisboa.
1944. J. M. COTELO NEIVA: *Grésenização e seus factores Geoquímicos*.—Porto.
1944. J. M. COTELO NEIVA: *Aspectos erosivos dos granitos porfíroides*.—A. P. P. P. dos Ciências. Porto.
1945. C. TEIXEIRA: *Algunos aspectos da Geologia dos granitos do norte de Portugal*.—Soc. Geol. de Portugal. Porto.
1947. C. TEIXEIRA: *Posição geológica dos granitos portugueses*.—Faculdade de Ciências da Universidade. Lisboa.

Nos referimos, primero, al estudio de los granitos gallegos por Parga Pondal (1935), y exponemos sus ideas y supuesto. Considera el granito como la roca representativa de Galicia que, con la homóloga portuguesa, forma la región natural de características más destacadas de la Península.

Supone que son varias las erupciones que han originado las manchas graníticas repartidas por Galicia y el norte de Portugal.

Para abordar ese supuesto comprende, razonablemente, que hacen falta tres estudios; uno, *geológico*, con las relaciones entre granitos y rocas que los contengan; segundo, *petrográfico*, que informe detalladamente de la composición mineralógica y genético estructural de los granitos y rocas unidos, y, tercero, *geoquímico*, quimismo de los magmas graníticos fundamentales y rocas con ellos relacionados, para seguir la diferenciación magmática correspondiente y los procesos de diferenciación análogos, ya estudiados en otras regiones.

Se refiere con escrúpulo, buscando antecedentes, a los estudios anteriores: Schulz, Barrois y Macpherson, en España, y al detallar más, con referencia a Schulz, cita tres clases: granito ordinario (el más frecuente), granito porfídico, también muy generalizado, y el granito gnésico, menos extendido, forma la transición entre el gneis y las pizarras micáceas. De Barrois expone la descripción microscópica del granito de Lugo (porfídico de Schulz). Expone la idea de Macpherson y le atribuye la clara demostración de la edad precambriana de los terrenos cristalofílicos gallegos, como consecuencia de las presiones tangenciales y grandes plegamientos experimentados por Galicia y toda la Península Ibérica en época anterior al período cámbrico (NE.-SO.). Después, también admite el geólogo gaditano, con las mismas pruebas, que desde el supradevoniano a los «albores del secundario» se deben suponer dislocaciones de inmensa trascendencia y magnitud, paroxismal. Las ideas del Sr. Macpherson, siempre acerca de la tectónica peninsular, ofrecen dos grandes compresiones, huroniana NE., y la herciniana NO., «explicándose, por la combinación de ambos, el actual complejo tectónico de Galicia».

«Este conjunto de hechos descubiertos por Macpherson», inducen al Sr. Parga-Pondal a aceptar la posibilidad de la existencia de, *por lo menos tres*, épocas diferentes de aparición de granitos, o, en general, de rocas eruptivas, en Galicia, y cree que, efectivamente, las investigaciones geológicas, petrográficas y geoquímicas, confirman, por lo menos, utilizando los datos de que hoy se dispone, esta suposición.

Es la primera, *la época arcaica*, cuyos granitos son los más antiguos de todos los conocidos en Galicia, y que se acercan mucho a los gneises producidos, posteriormente, por metamorfismos locales, como los gneises inyectados, etc. En este grupo de granitos, creemos (Parga), que deben incluirse los granitos gnésicos de Schulz, y que

nosotros hemos observado, siguiendo la costa de Niñones y Corme, hacia el Sur, por la ría de Lage, y que en Traba se ponen en contacto con un granito herciniano, según veremos.

Se caracteriza este granito por un gran predominio de los minerales sálicos sobre los félicos, lo que explica un gran predominio de la moscovita sobre la biotita, la cual, muchas veces, falta por completo. Los feldespatos se encuentran en un estado de avanzadísima descomposición caolínica. Explicándose así, que sea en este granito donde se encuentren los más importantes yacimientos de caolín de Galicia, como son los de Lage y Buño, que ocupan grandes extensiones.

Indudablemente, y como dice Schulz, se notan, en este granito, tendencias a la ordenación paralela en sus componentes, lo que le da un aspecto gnéisico que le distingue fácilmente de los granitos posteriores.

«Este granito se halla atravesado por numerosos filones pegmatíticos, a veces turmalínicos, que representan un avanzado estado de descomposición, y que se hallan orientados, principalmente, en dirección Norte-Sur. Al mismo tiempo, se observan en este granito los pocos filones de lamprófidos que se han podido ver en Galicia; están constituidos por corridas bastante alteradas que llegan a tener hasta dos metros de ancho y atraviesan el granito en dirección perpendicular a las pegmatitas, o sea, de Este a Oeste. Su edad es, indudablemente, posterior a las pegmatitas, por cortarlas siempre que las encuentran, hecho que, por otra parte, está perfectamente de acuerdo con las actuales teorías de diferenciación magmática. Sirva como ejemplo de estos lamprófidos los que hemos observado, por primera vez, en la ría de Lage, a la que atraviesan en toda su extensión varios filones, y cuyo estudio químico juzgamos de gran interés para el mejor conocimiento de estos antiguos granitos.»

El segundo momento de intrusiones graníticas, es el originado por la compresión huroniana, la cual, como demostró Macpherson, adquirió en Galicia inusitada amplitud. No es de extrañar, pues, que los granitos que hicieron erupción en esta época, adquirieran un importante desarrollo en la zona occidental gallega. A nuestro entender, deben atribuirse a esta época las grandes masas de granitos que cubren las provincias de Orense, Pontevedra y parte de La Coruña; granito que Schulz denomina común, debido a su gran abundancia.

Este granito huroniano se halla constituido, generalmente, por cuarzo, feldespatos blancos bastante alterados y moscovita y biotita, estando ambas micas, aproximadamente, en la misma proporción. Su textura es maciza, no presentando, como el anterior, estructura gnéisica, o sea, que sus elementos no muestran ni el menor indicio de orientación paralela. La alteración de los feldespatos es siempre bastante avanzada, penetrando profundamente en su masa, lo que

hace muy difícil lograr, aun en profundas canteras, ejemplares cuyos feldespatos no presenten alguna alteración.

Estos granitos huronianos se hallan cruzados por numerosas pegmatitas, especialmente en las zonas más externas de los grandes macizos, y que penetran, frecuentemente, en forma de apófisis y filones en las rocas adyacentes más antiguas. Estas pegmatitas suelen estar muy mineralizadas, perteneciendo, muy probablemente, a ellas, las conocidas pegmatitas de berilo, casiterita, wolframita, espodumena, etc., que han hecho célebre esta zona occidental de la Península Ibérica.

La tercera y más reciente época de erupciones graníticas en Galicia coincide con las grandes intrusiones que tuvieron lugar, como consecuencia del gran plegamiento herciniano.

Como hemos visto, a esta edad atribuye Macpherson, y con él los geólogos posteriores, las grandes intrusiones de granitos y pórfidos que forman parte de la Sierra de Guadarrama, así como los granitos de Toledo, y las numerosas manchas de Andalucía occidental, Extremadura, Portugal y Galicia.

Efectivamente, existe en Galicia un tipo de granitos, ya destacados por Schulz con el nombre de porfídicos, que se diferencian por múltiples conceptos de los granitos a que ya hemos hecho referencia.

Los granitos hercinianos, los más modernos de Galicia, presentan un estado de perfecta conservación que los diferencian claramente de los tipos más antiguos, huronianos y arcaicos.

«Petrográficamente se distinguen de ellos, en primer lugar, por la frescura de sus feldespatos, unas veces blancos, y otras rojizos o verdosos, pero siempre con una gran tendencia a formar fenocristales que destacan de la pasta granítica, justificando con el nombre de porfídicos a que ya hemos hecho referencia. En segundo lugar, se diferencian, también, claramente de los granitos anteriores por la ausencia total de moscovita o mica blanca, no presentando otra mica que la biotita. A este carácter de la presencia o ausencia de moscovita o biotita en los diferentes granitos le damos gran significación, y sobre él insistiremos, más concretamente, en otra ocasión.»

Como ya hizo resaltar Schulz, la alteración de estos granitos es puramente superficial, disgregándose los feldespatos fácilmente y ocasionando esos grandes bloques redondeados que se observan y distinguen claramente en las zonas donde existe este granito.

«Otro hecho que distingue estos granitos de los anteriores, es la ausencia que presentan de pegmatitas y lamprófidos, y la abundancia, en cambio, de gabarros, o sean bolsadas de productos básicos, ricos en biotita, debidos a un comienzo de diferenciación. Este fenómeno indica, juntamente con su carácter porfídico, que estos granitos han sufrido un enfriamiento rápido que los solidificó en un período no avanzado de su diferenciación magmática. De esta manera nos ex-

plicamos, también, las distintas facies que presentan aun dentro de una misma mancha, como sucede en la de Puentoáreas, donde hemos encontrado granitos sumamente ácidos, con ortosa y biotita, y otros bastante básicos donde abunda la plagioclasa y la hornblenda, mineral este que, en ciertas zonas de algunas manchas, reemplaza totalmente a la biotita, y que, unido a la falta de cuarzo, transforma estos granitos en verdaderas sienitas».

Otro hecho que demuestra igualmente la escasa diferenciación de conjunto que han experimentado estos granitos, es, a nuestro entender, la presencia que se observa en ellos de aplitas no diferenciadas como única roca filoniana. Estas aplitas son de grano muy fino y de unos diez a veinte centímetros de anchura. Sirvan de ejemplo las que hemos observado en Bugarín (Ponteáreas) y en Polo Maceira (Negreira).

«Un carácter geoquímico de los granitos hercinianos gallegos y que no poseen los granitos más antiguos, por lo menos según las investigaciones hasta ahora efectuadas, es la presencia en sus magmas de elementos de las tierras raras. Así, nosotros, hemos descubierto en los granitos de la mancha de Ponteáreas la presencia de ortita, o sea un silicato de las tierras del cerio, y, muy recientemente, hemos encontrado que las arenas acumuladas como producto de disgregación de la facies hornbléndica del granito de la ría de Arosa, contiene gran cantidad de monacita, o sea, como es sabido, un fosfato de las tierras del grupo del cerio.»

El profesor Parga Pondal, supone que los granitos que, sin argumentación, refiere al movimiento herciniano, ofrecen tres marcas típicas: son porfídicos, carecen de mica blanca y son los que contienen tierras raras en su magma: ortita, monacita, etcétera.

Están en contacto de gruesas aplitas, pero no están atravesados por pegmatitas. En realidad, ninguna de esas características son rotundas, porque la mica negra señala metamorfismo, porque los porfídicos parecen dominar en las aureolas, y por fin, porque las tierras raras proceden de pegmatitas, no siempre ausentes de esos granitos hercinianos.

EXPOSICIÓN RESUMIDA DEL SR. COTELO NEIVA

El muy distinguido petrógrafo Sr. Coteló Neiva, en su incansable afán de abordar asuntos nuevos y buscarles solución, publica los dos estudios que indicamos (1943 y 44), acerca de la edad de los granitos; y otro, muy bien orientado, en la misma relación, acerca de las épocas de metalogenia de diferenciación magmática en Portugal.

De los granitos de Vizeu, estudiados al microscopio y por su quimismo, con los números de Niggli, deduce que se trata de rocas eucristalinas sobresaturadas, peraluminosas, de un granito potásico; textura porfiroide, base media de dos micas, con predominio de la biotita. Este granito, frecuente tipo medio, según la expresión paramétrica y clasificación de Lacroix, resulta un granito calco-alcalino, ortosi-plagioclásico-monzónico. El tipo de filiación es magmático engadinitico de Niggli, perteneciente a una serie calco-alcalina, es decir, a provincia petrográfica de tipo pacífico en el NO. de la Península Ibérica y en las Beiras, extendiéndose hasta el centro de España, y el supuesto es que la intrusión del magma del que se derivaron estos granitos, está relacionada con la fase saálica de los movimientos hercinianos, deducción apoyada en otro trabajo (1944), «A idade dos granitos portugueses».

En este nuevo estudio el petrólogo Coteló Neiva, reconoce la dificultad de fijar la edad de los granitos que afloran en el macizo Hespérico, y el distinguido petrógrafo exige, para realizarlo bien, con gran sentido, el estudio sistemático de las manchas graníticas y sus productos de diferenciación, estudio tanto minero-petrográfico como petroquímico y petrogenético, acompañado del correspondiente a los fenómenos metasomáticos y metamórficos, y seguido del agrupamiento consciente de las formaciones graníticas, por parentesco magmático y localizaciones geomorfológicas, basado, a su vez, en profundo conocimiento de la estratigrafía y tectónica peninsulares; sólo así se podría conducir a seguras y buenas conclusiones.

La generalidad de los intentos de clasificación cronológica de los granitos ibéricos, supone que se han basado en el grado de alteración, especialmente sobre la caolinización de los afloramientos, y otras veces por los contactos, admitiendo, como bien precarios, los fundamentos de tales criterios, pues no todas las formaciones están expuestas del mismo modo a las acciones erosivas, físicas o químicas, y aun algunas de este último tipo se pueden dividir en fenómenos pneumatolíticos e hidrotermales, los cuales, a veces, dan lugar a descomposiciones hidrolíticas, originarias de sustancias coloidales.

El contacto nítido entre granitos de aspecto diferente no creemos, con Coteló Neiva, que sirva como señal fehaciente de edad distinta. Hay, en efecto, en el macizo Hespérico, granitos porfídicos de dos

micas (predominio de biotita), tocando con otros de grano medio y dos micas, en los cuales la inmiscibilidad podría ser debida a la diferente presión en su unión.

No rechaza por completo el distinguido geólogo de Porto, la posibilidad de una intrusión antecambriana, representada por ortoneis, a partir de los granitos por metamorfismo regional, y Coteló Neiva, con otros científicos, supone que el gran plegamiento gallego pudiese provenir del paroxismo de esa fase. Las demás fases orogénicas, desde el Devoniano, no le parecen aceptables para explicar intrusiones graníticas.

En resumen, acepta la fase saálica (final herciniana), situada en el rothliegende, como la representativa de la fase paroxismal de los movimientos hercinianos de Portugal, sin convencerse de que la fase asturiana haya afectado a Portugal.

El estefaniense de Buçaco aparece metamorfozido por contacto con granito del grupo geoquímico de los restantes granitos del macizo Hespérico, con los que está relacionado; es decir, que resulta probada la intrusión más allá del estefaniense medio.

La fase saálica, situada entre el rothliegende inferior y el superior debe haber sido la paroxismal de los movimientos hercinianos de Portugal, y en la península, en Miño y Beira, según Coteló Neiva, sin llegar a la fase Asturiana.

El estudio del quimismo de los granitos hespéricos, ya analizado por Coteló Neiva, en su publicación *Yazigas portuguesas de casiterita e de volframita* (Porto, 1944), permite aclarar que se refieren a la serie calco-alcalina, afiliándose, en su mayoría, en el magma engadinítico de Niggli, y las demás en los magmas aplito-granítico y yosemitítico, con tipos intermedios dentro, siempre, del tipo magmático normal. Los números característicos de esos granitos y sus representaciones prácticas permiten reconocer una comunidad genética para los granitos hespéricos y admitir un magma ácido fundamental del que derivan todas estas piedras berroqueñas.

Por otra parte, los granitos que afloran en el macizo Hespérico son de quimismo calco-alcalino y ofrecen absolutas afinidades geoquímicas y minero-petrográficas entre sí, formando grupo característico y bien definido.

Los granitos que se pudiesen referir a movimientos alpidicos representarían quimismo distinto, por lo cual supone muy improbable su existencia.

Al continuar espigando en los numerosos y bien intencionados estudios del profesor Coteló Neiva llegamos a otro simultáneo, el de la edad de los granitos del macizo Hespérico que acabamos de examinar. Este trabajo sincrónico al que nos referimos se llama (1944, J. M. Coteló Neiva) *Épocas de Metalogenia de Diferenciação magmática em Portugal* (Publicações de Museu e Laboratorio Mineralogico e Geologico da Faculdade de Ciencias do Porto, n.º XXXIX, 2.ª serie).

Este trabajo que, desde nuestro punto de vista gallego, no tiene la amplitud de Portugal, presenta en cambio la ventaja de reunir muchos datos en series metalogénicas: estaños y su cortejo; piritas; cromitas; manganeso, etc., claro que con el riesgo de que cada venida metalífera no sea precisamente de tiempos distintos, sino algunas simultáneas. En las conclusiones se concentra muy bien el pequeño e interesante trabajo, por lo cual preferimos ofrecerlas estrictamente, para ir formando el cúmulo de razonamientos del destacado geólogo en este renacimiento científico lusitano.

Conclusiones

De la exposición sumaria se deducen:

- 1.^a Son cuatro en Portugal las épocas metalogénicas de diferenciación magmática: una permiana, otra carbonífera, otra de meso al supradevoniano y otra posterciaria, pero sin fijación de período.
- 2.^a En la época permiana se formaron los yacimientos hipotermales de wolfram y casiterita, hipotermales de scheelita, pegmatitas de uranio y radio y otros mesotermales sulfurados, a veces con oro y plata. Todos derivados por diferenciación de un magma de clan calco-alcalino. Yacen en las Beiras, Douro Litoral, Minho, Tras os Montes y Alto-Douro.
- 3.^a En la época metalogénica carbonífera se depositan los yacimientos mesotermales de la faja piritosa de Alemtejo, por soluciones residuales del magma que originó los pórfidos y porfidos alemtejianos.
- 4.^a En la época neo o meso-devoniana se forman los yacimientos de magnetita de Alemtejo, unos de segregación magmática y otros pirometasométicos relacionados con intrusiones magmáticas de tonalitas, dioritas, gabros y doleritas, rocas del mismo tronco que van diferenciando cristalizaciones, algunas veces sulfuros.
- 5.^a Las cromitas de Braganza y Vinhais son segregaciones magmáticas de un magma peridótico de otra época metalogénica imprecisa. Por fin,
- 6.^a Supone que los yacimientos de manganeso y de hematites de Alemtejo son sedimentarios, pero sin excluir la posibilidad de haber sufrido acciones de metamorfismo hidrotermal.

El mismo insigne petrógrafo Dr. Coteló Neiva, en 1944, pródigo en sus inquietudes expresadas acerca de las actividades magmáticas en Portugal, publica un estudio «Manifestações de actividade magmática em Portugal» (Bol. Soc. Geol. de Portugal, vol. IV, fase. I y II. 1944).

En este estudio hay un interesante párrafo que no resistimos a concederle con su inserción, y a nuestro parecer, el interés que encierra:

La existencia en el macizo Hespérico de granitos posteriores al paleozoico que admiten algunos autores, la supone improbable. Si existiesen, al relacionarse con los movimientos alpinos deberían ofrecer un quimismo de tipo distinto al de los granitos hercinianos. Afirma que su quimismo sería diferente porque las manifestaciones magmáticas alpínicas, relacionadas con granitos, como son las dioritas que se encuentran como facies marginal del batolito granítico de Sintra, ya en la orla occidental Caino-mesozoica, son de tipismo típicamente alcalino-sódico (supongo mediterráneos).

Ahora bien, los granitos que afloran en el macizo Hespérico son todos de quimismo calco-alcalino y presentan absolutas afinidades geoquímicas y minero-petrográficas, formando, entre sí, un grupo característico y bien definido. Por eso encuentra el Dr. Coteló Neiva muy improbable la existencia de granitos alpínicos en el macizo Hespérico.

Cualquier estudio acerca del granito es difícil, porque en esta roca varían en límites bastante amplios: la constitución mineralógica, la textura, el aspecto externo y hasta la composición química. En Portugal, lo mismo que en Galicia, se da toda la serie, desde los granitos aplíticos hasta los intrusivos muy definidos. La profundidad de consolidación varía casi desde la superficie hasta 500 y 6.000 metros de hondura. Temperaturas de 600° a 900° en grandes espacios de tiempo. La mayoría de las veces se supone que la granitización fué sintectónica (sincinemática) o postectónica y muy próximos a la orogenia. Al plutonismo suceden en general fenómenos volcánicos y a veces al contrario, una vulcanización parece subsiguiente al plutonismo granítico. En cuanto a las rocas graníticas portuguesas, cuando son antiguas (consolidación antes del fin del paleozoico), forman la estructura principal del macizo Hespérico.

Los guijarros de granito en los conglomerados del estefaniense de Oporto demuestran no sólo granitización anterior, sino origen de las arcosas detríticas carboníferas.

La mayoría de los granitos galaico-durienses tienen que ser post-silurianos, pues metamorfinizan estratos ordovicienses (*).

(*) Recuerdo de la cita de F. Neri Delgado.—P. H. Sampelayo.

Teixeira generaliza un punto muy interesante: «En muchos puntos aparece cortado el granito por diques y filones diversos: unos aplíticos, otros porfídicos o pegmatíticos, otros lamprofídicos o doleríticos y aun basálticos. Se trata de rocas posteriores al granito formadas en hendiduras de épocas diferentes».

En resumen, según el profesor de Lisboa, es lógico pensar en las intrusiones graníticas antesilurianas, pero al menos en Portugal lo que sobre ellas se puede decir corresponde más bien al dominio de la hipótesis. El supuesto de granitización de fase asturiana es probable porque los conglomerados carboníferos (estefanienses) del afloramiento duriense-beirano contienen cantos rodados de pizarras silurianas llenas de cristales de chialolita.

Es evidente que muchos afloramientos graníticos del norte de Portugal son postsilurianos, pues cortan y metamorfinizan las rocas gotlandienses; en Galicia no se pueden lograr esas apreciaciones, visibles sólo hacia el pico de Miravalles (Asturias-Galicia-León).

Desde luego hubo gran intrusión posteriormente a las capas del estefaniense medio duero-beirense. Por otro lado, la altura de que se formaron los conglomerados autunienses de Buçaco demuestran que el macizo de las Beiras y el gallego de Miño se formaron al final del carbonífero.

Galicia, por desgracia, carece de sedimentos antracóliticos y permianos.

Las acciones orogénicas rompieron las capas y apoyos de granito consolidado en el permiano, y por las grietas entraron productos magmáticos. Algunas disposiciones, en Portugal, llegan a formar bordes litorales, y ciertas disposiciones geológicas que se observan en las orlas meso-cenozoicas portuguesas (Sintra ?) pueden estar con ellas relacionadas. En Peniche se aprecia cómo parte del Lías se colocó sobre bloques graníticos, ya ajustados.

¿Hasta qué época alcanzan las intrusiones modernas? El macizo de Cintra parece posterior al turonense a juzgar por las relaciones estratigráficas y ya formado al extenderse los conglomerados oligocenos.

1945. CARLOS TEIXEIRA: *Alguns aspectos da geologia dos granitos do norte de Portugal.*—Publicações da Sociedade Geologica de Portugal.

Carlos Teixeira, geólogo de avanzada, uno de los primeros que llevan brillantemente la enseña del renacimiento científico en la geología portuguesa, sin más elogios porque el afecto puede ofuscar preferencias, sale nuevamente a la palestra con un estudio acerca de los granitos del norte de Portugal. Es brillante y discreto, con todo el acopio de datos que creo se precisan al plantear un análisis y estudio de resolución.

Son tres páginas, que voy a reproducir porque no ganaría la claridad, ni la galanura con mi extracto difícil, pues sus exposiciones eficaces, son precisamente esuetas y cortantes; lamento quitarle la elegancia del habla portuguesa.

«Se supone, con fundamento, que este larguísimo macizo de granito (*) estaba consolidado antes del final del paleozoico; pero divergen los autores en cuanto a la cronología y hasta en el número de las intrusiones magmáticas. De hecho la edad de los granitos del Noroeste peninsular es, aun hoy, motivo de discusión y controversia. La ignorancia en que estamos en cuanto a las condiciones de formación y origen de esta roca no permiten establecer hipótesis, ni aun presunciones más o menos fantásticas acerca de la génesis y aparición de los diferentes tipos de granito».

Respecto a la clasificación cronológica de los granitos gallegos se citan en el siglo pasado los estudios de Schulz y los de Schiappa de Azevedo.

Son también de gran importancia las observaciones de J. Nery Delgado (**) no puestas en evidencia por los autores modernos. Comprobó el gran geólogo el metamorfismo de esquistos con *Graptolittidos* en los alrededores de Valongo, en relación con la vecindad del granito porfíroide; fenómeno idéntico al que observó en las ampelitas del siluriano de Marao, hecho que le permitió deducir la edad postsiluriana de los granitos en cuestión.

Lo mismo ocurrió con el granito porfíroide del centro de la provincia de Miño, intrusión recalçada por los dos lados con estratos silurianos, los más antiguos de esta región (***)

Sousa Brandao, en 1914, supone que el granito del norte de Portugal es postdevon o hasta más tardío, postcarbonífero, siguiendo la opinión de los que habían estudiado en el paleozoico el metamorfismo producido por las intrusiones.

Para Fleury son desconocidos en Portugal los granitos precambrianos, que quizá han podido ser digeridos por granitizaciones posteriores, entre las cuales fué muy importante la carbonífera, seguida de otras, con los que suele confundirse según el autor suizo. Para el conocido geólogo la intrusión granítica de Cintra y la aparición del macizo de la Estrella y de Guardunha señalan una granitización terciaria.

De los autores modernos se refiere Teixeira, en primer término, a Parga-Pondal, el cual consideró en Galicia tres tipos de granito: arcaicos, hurónicos y hercínicos.

(*) Que no nace en Guarda, sino en Lobios con el Coa, 100 Km. más al Sur (P. H. S.)

(**) Hace cerca de un siglo que se está repitiendo mal el apellido de este magnífico y sencillo sabio; tuve ocasión de corregirlo en «El siluriano en España»; su nombre es J. F. N. y su apellido sólo Delgado, y J. Felipe Nery nombre de su santo.

(***) Preciosa nota y recuerdo de Teixeira. — P. H. S.

Son todavía las ideas de Schiappa de Azevedo, Fleury y Parga-Pondal, las que aparecen en la publicación del ingeniero Rosas da Silva sobre los granitos de Oporto (1936). Algunas consideraciones de ese escrito sufren el defecto de basarse sobre la *inadmisible tectónica de Fleury*. (C. T.)

La opinión del Dr. Cotelo Neiva respecto al granito de las Beiras, del norte de Portugal y de Galicia, como los del resto del Macizo Hespérico, es que *todos esos grandes afloramientos corresponden a la misma edad permiana, subsecuentes a la fase paroxismal de los movimientos saálicos, opinión que no convence al Sr. Teixeira, el cual niega el origen único.*

El profesor Carrington da Costa admite una granitización hereiniana en cuanto a la tectónica portuguesa.

El insigne Teixeira piensa que la intrusión granítica de las Beiras, la cual metamorizó depósitos silurocarboníferos, puede relacionarse con los movimientos preautunienses (de Urálica o Saálica).

Por otra parte, la presencia de cantos graníticos en los conglomerados estefanienses de la región de San Pedro da Cova, hecho comprobado por Sch. Azevedo, y confirmado recientemente, demuestra la existencia de afloramientos de granitos anteriores a los conglomerados. No es de extrañar, dada la violenta fase Asturiana en la Península, que haya tenido relación con ella. Y aunque, sin duda, haya habido granitizaciones más antiguas, los isleos del macizo Hespérico pueden corresponder, en gran parte, a la fase Asturiana.

Leal de Luna, que ha publicado recientemente el análisis de una torbernitita singenética (*), dedujo la edad de 424 millones de años y 411 para una pechblenda de Córdoba, yacimiento atribuido, paleontológicamente, al mesocarbonífero, y 800.000 años para una metaxita epigenética de la misma región. Se desprende que los análisis de Colmenarejos deben ser anteriores al Permiano y quizá relacionados con la fase Asturiana del Carbonífero.

En el momento de nuestros conocimientos, ni por análisis petrográfico ni por quimismo, tenemos elementos para diferenciar edades en los granitos. Mucho menos puede servir para distinguirlos en el grado de alteración con el cual se presentan, como ha sido usado por algunos autores.

El único método seguro, que no deja lugar a duda, es el que se funda en el conocimiento de las relaciones geológicas con formaciones, sean o no sedimentarias, pero bien cronologadas.

En cuanto a los granitos del macizo Hespérico sabemos, apenas, que en ciertos puntos metamorfinizan capas carboníferas o silurianas o aun más antiguas y que, por otra parte, se han encontrado fragmentos graníticos en conglomerados, carboníferos, retiensés, etcétera.

(*) En masa eruptiva con pegmatitas, quizá no resulta calificación apropiada (P. H. S.)

Poco más se sabe, por el macizo Hespérico, que hubo dos fases de granitización: ¿Sintectónicas? ¿Post-tectónicas?, quizás episodios diferentes de la misma fase.

Desde luego, puede admitirse, sin repugnancia, que parte de la roca original de intrusiones antiguas, si las hubo, haya podido ser destruida e incorporada por endomorfismo, con intrusiones más modernas.

Por fin, es oportuna la cita (Dresch, 1941), que en el antiguo macizo del Atlas se distinguen, según diversos autores, tres tipos de granitos: uno arcaico, otro postalgonquico a precambriano, y otro herciniano o, más exactamente, carbonífero.

En cuanto al norte peninsular (termina el Dr. Teixeira), se admite que, posteriormente al infrapermiano, no ocurrieron nuevas intrusiones graníticas; es decir, que el armazón tectónico gallego estaba definitivamente constituido al final del paleozoico.

Terminadas estas consideraciones acerca de la cronología de los granitos gallego-portugueses, toca el profesor Teixeira muy atinadamente alguna de las fases subsiguientes:

Las erosiones fueron dejando al descubierto la roca granítica y las formaciones carboníferas, permianas e infraliásicas, recibieron testigos de aquellas antiguas rocas eruptivas. Por fin el intenso macizo, sin posible deformación plástica y recibiendo choques violentos, sufrió compresiones seguidas, llegó a movimientos consecuentes de distensión y descompresión que produjeron fracturas y dislocaciones en los diferentes compartimientos producidos por la división. De esa acción erosiva y del juego de tales compartimientos, se llegó a la morfología y aspecto actual de esta parte de la Península.

En resumen, el estudio de los afloramientos graníticos del NO., está iniciándose, tanto en petrografía como en petrotectónica, localizándose algunas líneas de fractura, pero hay mucho que hacer en esa gran tectónica de grietas, como en microtectónica, estudio iniciado por Carlé y continuado en Portugal (*), proponiendo: división en clases, relaciones de rocas, diferenciaciones, etc., apartados que darían lugar a un interesante avance para la cuestión tectónica propuesta y para la petrografía luso-gallega, en general.

(*) Estudio del río Coa y salto de Nuestra Señora de Monforte-Beiras, por P. H. Sampelayo, 1949.

LÍNEAS DE ANTIGUA TECTÓNICA

Es posible, y hasta probable, que hayan existido batolitos de granito más antiguos que los correspondientes a la fase herciniana, pero sus masas pétreas, suponiendo que sean las cristalinas rodeadas de granitos, aplitas y migmatitas, lo están hacia el Atlántico y sin que los rumbos de sus estratos, que parecen dominantes de Norte a Sur y al NO., permitan, con su confusión de rocas metamórficas, la probable colocación del Arcaico y menos figurar la granitización correspondiente. El solo dato probable es que la parte más antigua, estratos y rocas eruptivas, deben abarcar los isleos más occidentales (*).

La situación de los arcos hercinianos (**)

Al dibujar en 1922 la situación de los afloramientos de casiterita y wolfram, que en aquel tiempo se conocían, pudimos comprobar que, dentro del terreno granítico y Estrato Cristalino formaban, contando con sus soluciones de continuidad, una zona alargada, ancha de 10 a 20 kilómetros, que rodeaba irregularmente, pero con cierto mimetismo, los arcos formados por las trazas de los criaderos de hierro singenéticos con el Siluriano. La distancia que podríamos llamar aureolar, desde la banda estañífera a las trazas cloritosa-carbonatadas del Siluriano, variarían de 13 a 30 kilómetros; no citamos estas cifras con la suposición de exactitud y acierto, sino por orientar el ofrecimiento de una observación original, que quizá pueda responder a que la granitización fuese del tiempo de los yacimientos y encajes en las zonas alternadas de arcos resistentes y zonas débiles paralelas, acompañando la curva de los movimientos desde la fase Asturiana a la Saállica, última herciniana. Una objeción a la evaluación sincrónica de los tiempos paralelos de granitizaciones y yacimientos de las pegmatitas, es la siguiente: las tierras que pueden suponerse homotáxicas geológicamente con Galicia, Portugal y Asturias, arraigan en las penínsulas de Bretaña y Normandía; en las hermosas tierras francesas, como en el paleozoico del NO. de la Península Ibérica; las capas y sus escalas sincrónicas son exactas en paleontología y, sin embargo, las formas topográficas francesas son

(*) Carlos Teixeira: «Posição geológica dos granitos portugueses».—Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 1947.

(**) Deducciónes con los planos de los «Hierros de Galicia», de P. H. Sampelayo.

llanas; la falta de los movimientos alpinos ha convertido, a lo largo de muy dilatados tiempos, en penillanuras poco levantadas del mar, a las montañas correspondientes a los movimientos armoricanos, bretones, asturianos y quizás hasta los finales, ya en el Permiano. Ahora bien, en Normandía, Anjou, etc., se dibujan las capas de minerales oolíticos ordovicienses, pero son mucho menos abundantes los filones de mispickel y las pegmatitas correspondientes a las de masas pesadas. Supuestas las igualdades de origen hay que admitir que los arcos, áreas de batolitos y los criaderos antiguos de solfataras, enrasados con el mar en Normandía, han debido, en Galicia y Portugal, levantarse en masa, hasta tiempos tan recientes que aun hoy las aguas saltan, en los ríos de montaña, en violentas cascadas en los dos primeros tercios de su nivel de base, habiendo llegado escasamente, en algunos cursos inclinados, al perfil de equilibrio, en su tercio inferior.

Las trazas de los yacimientos (ejes de mineralización) en Portugal, marcadas por Cotelo Neiva, dibujan arcos, viniendo del Oeste, con su convexidad al NE., es decir, muy semejantes a los envolventes y paralelos arcos hercinianos, como continuadores de su serie; pero al mismo tiempo hay otra reunión de ejes de criaderos casi de Norte a Sur que aun no quitan la semejanza y acerca de la explicación de los cuales no nos atrevemos a entrar, aceptando la proposición de singénesis entre rocas graníticas y pegmatitas.

En resumen parece desprenderse la elevación en masa de los bloques de Galicia, y Minho en Portugal.

Forma de las grietas

Por las fracturas originadas en el movimiento de bloques debieron introducirse magmas flúidos, por lo cual, como ocurre en las modernas lavas volcánicas, es de suponer fuesen básicas.

Carlos Teixeira admite que «algunas de esas fracturas han debido tener más tarde importancia capital en el arreglo de la morfología de las regiones del litoral y de ciertas disposiciones geológicas que, relacionadas con ellas, se observan en las orlas meso-cenozoicas portuguesas». Se deduce también que el movimiento en los compartimientos litorales se inició antes del Liásico, pues fué sobre el granito donde, como se aprecia en Peniche, se depositaron, muy fosilíferas, las formaciones de ese período.

En cuanto a la intrusión del macizo de Cintra las relaciones con los sedimentos próximos permiten deducir que la efusión fué después del turonense, pero el magma enlaza los conglomerados oligocenos.

Con estas ideas, que van conduciendo a la adaptación de movi-

mientos modernos de tectónica, concuerdan el conocimiento de las grietas de las rocas básicas.

Los filones de lamprófidos (Gumbel) que, como mínima orientación general venimos nombrando diabasas, tienen entremezclados en aspa sus elementos cristalinos, parecen ofrecer, tanto en Portugal (Teixeira) como en España (San Miguel de la Cámara, Cantos Figuerola y nuestras observaciones), bastante independencia entre la roca eruptiva de la caja (granito) y los hastiales diabásicos lisos y a veces hasta resbalados. En general esos diques ofrecen poco metamorfismo en sus contactos, los cuales suelen estar hechos por superficies planas, con salbanda de arrastre entre granito y diabasa; hay veces en que las superficies de contacto están pulidas y estriadas.

No son raros (*) los casos en que esos filones estén cortados por planos de falla en sentido paralelo a los hastiales; se encuentran a veces (Rossas, São Pedro) espejos de fricción negros, brillantes, con finas líneas cruzadas (Teixeira).

En resumen, por nuestras repetidas citas de diques diabásicos y las que vamos encontrando en notas españolas y portuguesas nos inclinamos a que esta morfología de filones granitoides entre hastiales resbalados represente la entrada en grietas friccionadas con gran presión, y su descompresión proceda de la entrada del magma diabásico entre los bloques de isostasia.

Lo mismo en Galicia que en Asturias las apófisis que atraviesan los estratos paleozoicos con caliza (acadiense, por ejemplo) se ofrecen en afloramiento diorítico, por endomorfismo, al formar plagioclasas.

Hay reaperturas de grietas, en filones y diques anteriores, que comprueban la salida de magmas más modernos. Nos referimos a dos casos, uno en Beariz, algunos de cuyos diques pegmatíticos, anchos y de hastiales de mica blanca, tienen reapertura con cuarzo de poca mica y menas de casiterita, wolfram en cuarzo y scheelitas. Otras reaperturas están señaladas por pórfidos de magmas microgranudos posteriores al granito ya consolidado, puesto que contienen a veces grandes trozos (xenolitos) de la roca lateral, granito porfídico, con cristales idiomorfos y dos micas, es decir, algo metamorfozadas (Me-soiro) (**).

Por fin, en los estudios referentes a los tiempos de consolidación de los magmas quedan por estudiar, a través de las técnicas modernas: métodos químicos apenas iniciados; estudios de tectónica profunda, de microtectónica y espectroscópicos, como ya se efectúan, con apreciación práctica y eficaz, por las comisiones que estudian el metamorfismo en Hungría y Suiza (**).

(*) Ver Teixeira, pág. 23.—1947. «Posição geológica...», etc.

(**) Véanse pórfidos, págs. 100 a 102.

(***) Uno de los principales profesores es M. Földwary, correspondiente de la Real Academia de Ciencias. Madrid.

ROCAS SEDIMENTARIAS Y METAMÓRFICAS

Todo el granito acumulado al NO. y Oeste de la Península, en los macizos galaico-duriense y hespérico han metamorfozados de tal modo y producido tales cambios en los estratos de los antiguos terrenos, que se han destruído los restos orgánicos elementales que pudiesen tener y en cambio ofrecen una pátina general de lustre y cristalinidad que justifica el nombre general adoptado por los geólogos viejos, con el que aluden, más que a la antigüedad de los estratos, a su carácter metamórfico cristalofílico. Naturalmente que este aspecto general y su nombre, enmascaran la cronología diferenciada de algunos isleos o capas, los cuales, por sus relaciones con otros estratos ya determinados o por xenolitos o aun por estudios químicos, pudiesen aproximar su justificación en la escalilla stratigráfica, hasta ahora casi no indicada por trazos imprecisos, tanto litológicamente como en el tiempo.

Para buscar raíces no debemos apartarnos del corro conocido en Galicia y Portugal; pero empezamos directamente por la Hoja de Betanzos, pues hasta ahora es la que se ha ofrecido en orden de distinción geológica.

Schulz, en 1835, publica en su estudio geognóstico un mapa que titula *petrográfico* en la cubierta, y *geológico* en el mismo mapa, uno de cuyos ejemplares, en papel tela y correcciones a mano, de la época, conservamos; esa vacilación de entrada continúa en la escala de señales, que figura así:

12. Losa negra.
11. Eurito y pórfido.
10. Mármol (filón)-caliza.
9. Serpentina.
8. Eufotida.
7. Diorito.
6. Sienito.
5. Anfibolito.
4. Pizarras cloritosas.
3. { Italcolumita-cuarcita.
- { Micacita, talcocita, pizarra.
2. Gneis.
1. Granito.

Si adoptamos para terreno arcaico la sucesión propuesta en los Hierros de Galicia, encontraremos que, desde arriba y elementalmente, es muy semejante a la esquemática de Schulz.

El término alto de ambas escalas, *losas negras*, es más bien referible, por su presentación, a términos paleozoicos: Cambriano alto o Mesosiluriano.

Hierros	{	Losas (negras).	Schulz	{	<i>Losas negras</i> .
		Rocas verdes con caliza.			Mármol y rocas verdes.
		Micacita.			Micacitas, pizarra.
		Gneis.			Cuarcita.
					Gneis.

El mineral de hierro no está en la escala escrita sino que al ofrecerlo gráficamente vuelve a mostrarse la vacilación en los tramos muy parecidamente representados y aun es mayor ante la realidad aparente del terreno; la confusión es grande, porque las pizarras se parecen con dos tendencias: hacia zonas más profundas y con tornos verde o azulado, oscuras, o se hacen pardas, deleznales y a veces blanquecinas, hasta deshacerse, en el extremo meteórico, el más superficial, compuesto de arcilla, suave muchas veces por serieítica o caolínica; es decir, todo el tránsito confuso va de losas duras y filadios metamórficos, hasta tierra vegetal, la hondura de Brigantiños.

La explicación concisa, numerada de 1 (granito) a 11 (eurito), abarca el terreno primitivo y sólo insertamos algunos comentarios que hace Schulz, bien orientados a nuestro entender. Por ejemplo, del gneis (2) dice que es de estructura algo pizarreña e inclinada a formar lajas; esta roca se encuentra de muchas variedades, que son otros tantos grados de transición del granito a la pizarra y cita cinco clases de gneis.

La micacita (3) o *pizarra micácea* (*) y la talcosita o pizarra talcosa pueden considerarse como una sola especie por los infinitos tránsitos de una a otra. La cita con preferencia en tierra de Deza, Mariñas de la Coruña, Betanzos y Ferrol (4). La pizarra cloritosa suele dar el tránsito al gneis, a las pizarras primitivas, como son las losas de Lugo. El anfibolito (5) se cita ya como roca metamórfica con las sienitas y dioritas (6 y 7). Por fin el eurito (11), especie de felsita (cripto-granítica), nos parece nombre aplicado más bien a especie de aplitas de grano muy fino, que ocupan grandes extensiones.

Por fin, y ya sin numerarla, se refiere a la pizarra o losa negra (NNE. dirección y echado al Oeste). El aspecto de este terreno, próximo al granito de Vares por el gran filón de cuarzo que pasa el Bar-

(*) La verdadera micacita se compone de nódulos de cuarzo con mica.

quero es, enteramente, como el de la pizarra de Transición. Es decir, que pasados los años y sin haberla clasificado con seguridad nos recuerda al horizonte de losas del Mondigo (Ribadeo) o a un nivel ordoviciano, sea o no carbonoso; no tiene aspecto de terreno primitivo.

Aproximándonos al Este, hacia el Paleozoico, tanto en Galicia como en Portugal, se aprecian las pizarras inferiores de tono pardo, algo micáceas y deleznales; otras veces más azuladas en división de paralelepípedos oblicuos, pero casi siempre, en cualquiera de los casos ofrecidos, en discordancia con las cuarcitas y demás sedimentos ascendentes del sistema siluriano.

En tierras zamoranas y particularmente de Salamanca (La Fregeneda, por ejemplo) se aprecian las pizarras micáceas pardas a que nos referimos, pasando la frontera a Portugal, donde quedan en la sierra de Poiáres (Moncorvo), debajo de las cuarcitas, pizarras y minerales de hierros del siluriano de Cabeço da Mua, por ejemplo. Esta disposición hace comprender: 1.º Que las pizarras son inferiores, del Cambriano o del Arcaico, y 2.º Que la discordancia, sin roca intermedia (pudinga) que indique superposición por cambio de fauna, debe justificar un violento traslado de rocas del Siluriano inferior sobre las ya levantadas pizarrosas, lo cual admite su atribución al Cambriano alto, sin que se pueda justificar el supuesto. Las presunciones que hacemos se aprecian mejor en la frontera. El mapa de J. F. N. Delgado y P. Choffat, 1899, formado sobre el de 1876, de Ribeiro, distingue dos clases de pizarras inferiores a la base del Siluriano. Unas pizarras con la inicial Z y coloreadas de rosa en el plano están tituladas «pizarras *lucientes*, pizarras *amphibólicas*, cuarcitas y calizas cristalinas»; estas Z-rosa *lucientes* las llama Precámbrico o Arcaico, y otras pizarras, precisamente las sopuestas a las cuarcitas de Moncorvo, de tono pardo, nombradas *cb*, sobre color café con leche claro («beige-clair»), pizarras y grauwakas azoicas corresponden al llamado *cámbrico*, y en este caso bien nombrado, puesto que las pizarras *cb* se enlazan en concordancia con las *Cb*₂ = calizas y pizarras con la fauna primordial, es decir, Mesocambriano o Acadiense (Madeira-Marofa).

Quedamos, pues, en que los estratos azoicos pegando al granito fueron considerados por los viejos geólogos como arcaicos (algonquianos) o georgienses, pero eliminaron esa gran vacilación por procedimiento semejante al español viejo, rayando en negro las rocas sedimentarias metamorfozadas.

Ante la dificultad de los estratos metamórficos azoicos en contacto con los granitos, la ambigüedad española varía desde el nombre Estrato Cristalino, en el que se incluyen al Arcaico y el Cambriano azoico, sin diferenciar, y las pizarras consideradas como cambrianas sin otra determinación, pues carecen hasta ahora de restos organizados. El antiguo mapa de Portugal, entretanto, oscila entre el Cambriano inferior *cb*; por arriba, hasta el Algonquino o Precam-

briano por abajo, adoptando un rayado para las rocas metamórficas azoicas de estos tramos. Esta es la forma adoptada por Carrington da Costa, que acepta el Algonquico para muchas pizarras consideradas como del Cambriano inferior, lo cual en realidad carece de fundamento ante la falta de fauna georgiense (*).

Es pues muy explicable que se recurra a los procedimientos químicos para un nuevo estudio petrográfico; pero tal estudio más está en el deseo que en realidad, pues sólo conocemos escasos análisis de pizarras y estratos más o menos metamórficos, por el examen de los cuales, en números, fórmulas y proyecciones, se pueda venir en su conocimiento estratigráfico:

Los análisis de sedimentos metamórficos que conocemos son:

1932. PARGA-PONDAL: *Petroquímica de una anfibolita de Ribeira (Galicia)*.
 1944. J. M. COTELO NEIVA: *Considerações sobre o quimismo dos xistos do Alto Douro*.
 1948. J. PARGA-PONDAL und G. MARTÍN CARDOSO: *Die Lithium pegmatite von Lalin in Galizien*.
 1848. J. M. COTELO NEIVA: *Rochas e Minerios da Regao Bragança-Vinhais*.

Son muy escasos para apoyar en ellos deducciones de bastante fundamento, las cuales, por otra parte, no se han intentado hasta ahora en aspecto generalizador. El método aplicado ha sido, en todos los casos, el suizo de Niggli.

Nos detendremos sólo en el trabajo acerca de las pizarras del Alto Duero y los suelos de ellas derivados, emprendido por el ingeniero Humberto de Almeida con el estudio de los vinos de Oporto, y secundado por el del profesor Coteló Neiva, al conseguir el quimismo de cinco muestras de pizarras sanas, otras cinco de otras tantas muestras meteorizadas y, por fin, cinco de los suelos derivados. Los cinco análisis de cada una de las clases, parecen llevar, como garantía de perfección, la gran semejanza de sus resultados. No reproducimos datos ni sus cálculos y proyecciones, llegando a las conclusiones que enseñan el resultado práctico del estudio; son las siguientes:

(*) Descubierta en Andalucía hace pocos años (Lotez.)

- 1.^a—La mancha *Cb*, del mapa geológico, que ocupa la mayor parte de la región vinícola del Alto Duero, debe ser considerada, no como precambiana o cambriana, sino en sentido más amplio y correcto, como presiluriana.
- 2.^a—Las pizarras del isleo, arcillosas, cenicientas, con alternancias de horizontes delgados de sílice; lucentes y hasta quiasolíticas y micáceas por metamorfismo, son ricas en Al, con valores derivados de Ti y Mg; medios de Fe, K y Na; muy bajos de Ca y nulos de P.
- 3.^a—Tales pizarras deben derivar de sedimentos arcilloso alcalinos por metamorfismo.
- 4.^a—Corresponden, pues, a una provincia parametamórfica.
- 5.^a—Se alteran esas pizarras con aumento de Al y disminución de Fe, álcalis y Mg. No aportan conclusiones las variaciones de SiO₂ y O Ca.
- 6.^a—Los suelos producidos por alteración de las pizarras tienen más Ti y P; valor medio de Ca y disminución en Si, Fe, Mg y álcalis.
- 7.^a—Se precisa un buen estudio petrológico de la región para levantar el plano geológico por especialistas.

Conclusiones muy interesantes, aun cuando quizá se desearía ampliar algún resultado como la significación de la nulidad del fósforo (2), y disminución de la sílice en los suelos, etcétera.

En la reunión de análisis microscópicos y químicos detallados de las rocas y menas de Braganza-Vinhais, el petrógrafo Coteló Neiva, demuestra sus profundos conocimientos para llegar a las deducciones finales del método suizo, sin alterar las consecuencias establecidas en cuanto a las diferentes granitizaciones.

En cuanto a las rocas metamórficas en las que comprenden: gneis, migmatitas, micacitas, pizarras cloritosas, sericitas, mármol, anfibolitas, serpentinas, esquistos de actinota y tremolita, esteatitas y esquistos, talco, gneis de dos micas (dominio de la muscovita) con paso a migmatitas, a granoblásticos comprimidos o a glandulares; todos estos estratos van ofreciendo sus datos y arreglos de números y fórmulas hasta alcanzar su nomenclatura y posición magmática, pero sin avanzar en la colocación estratigráfica de las capas metamórficas fuera de estos dos extremos: presilurianos y postarcaicos.

Parga-Pondal y Cardoso, en su estudio de la pegmatita con espodumena de Lalín (1948), al proponer el quimismo de las pizarras con sílicatos de alúmina, de aureola metamórfica, sospechan, razonablemente, pero sin demostración, que se trata de esquistos cambrianos.

Hay que avanzar más, el problema está en pie.

Las rocas de las regiones de Braganza y Vinhais, estudiadas por Coteló Neiva, son muy parecidas a las del sur de Galicia. Prescindiendo del granito los esquistos o pizarras más frecuentes, sericitas, cloritosas, caen en la zona sedimentaria arcillosa (aun de texturas),

grano o lepidoblásticas y según las fórmulas de quimismo y los números de Niggli.

Después de todo lo cual, se llega a denominaciones de estratos presilurianos y postarcaicos, poco precisas y no muy distintas de los antiguos títulos de pizarras cambrianas y precambrianas. Es de señalar, también, la presencia entre los esquistos de alguna caliza cristalina, que, aun sin precisar, marca un síntoma acadiense. En la lista de rocas metamórficas hay dos series que señalar: anfibolitas y serpentinas, con derivación tetraédrica hacia la serie de gabros con meroxenos, y la serie extrema entre sedimentos y magmas deformados. Las migmatitas y gneis representan ideas de cambio por penetración, a veces imposibles de diferenciar; pues bien, la serie pizarrosa se ajusta con las migmatitas y gneis al mismo diastrofismo de tipo herciniano NO. (de N. 12° O.-N. 78° O.), justificando también la formación de migmatitas por granitización de los esquistos, con la misma orientación. Los gneis, con la misma disposición tienen dos presentaciones: granoblásticos comprimidos con micas paralelas y otros granulados, siempre más próximos a las zonas de anfibolitos.

LÍNEAS INDICADORAS DE MODERNA TECTÓNICA

El relieve áspero del NO. de la Península, Galicia y el norte de Portugal, ofrece demostración clara de su último levantamiento. Desde las costas, batidas violentamente en la línea de los cabos Prior y Ortegá, la cual indicamos con insistencia desde el principio y penetrando normalmente a ella, desde Cedeira hacia tierra, vemos que los ríos se van distribuyendo al NE. los del Cantábrico, y al SO. los del Atlántico, tal y como señalan las entradas de las sendas rías de Santa Marta, al NE., y la del Ferrol, al SO. A semejanza de grietas de un gran bloque o reunión de bloques que se hubiesen levantado con hundimiento posterior en la costa, repartiéndose las aguas del norte del chaflán costero, verterían al Norte (ría de Cedeira), quedando los ríos Mera hacia Ortigueira y el Jubia hacia Ferrol.

Para reforzar este supuesto, juzgamos precisa la exposición de una línea tectónica que ya consideramos en el año 1934 (Geología gallega. Discurso en la Real Academia de Ciencias), y en el 38 (Santander, C. P. A. C.). Esta línea de tectónica moderna forma un chaflán tajante de NE. a SO., en una longitud de unos 15 kilómetros, que trunca verdaderamente el territorio gallego del Cantábrico (NE.) al Atlántico (SO.), señalando, como vemos por la fisiografía y colocación de los ríos, la existencia de una fosa hacia el océano, hundimiento ofrecido, años después, muy modernamente, en forma de importante línea tectónica de la isostasia ibérica, por el eminente sismólogo Sr. Rey Pastor en sus interesantes mapas, en los cuales se señalan dos movimientos en marcha, indicados por las líneas límites de bloques isostáticos que son: dirección NE.-SO. de los geosismos paralelos y fractura tectónica de NO. a SE., en hundimiento, hacia el océano, normal al rumbo anterior.

Para apreciar el movimiento de este conjunto es instructivo seguir un largo curso fluvial, normal al anterior, del que se desprenden los ejemplos de la sucesión de hundimientos.

Si llevamos a fondo un análisis fisiográfico sobre Galicia, vemos que los ríos de la cordillera que se arrumban hacia el océano, toman una modalidad especial, derivada de las líneas orogénicas que marcan sus directrices, en una disposición poco tenida en cuenta y que deseamos subrayar.

Al llegar, siguiendo un examen somero de la cordillera, a la altura de los montes de León y Murias de Paredes, la masa de montes, particularmente en sus curvas isóbaras (2.000 metros sobre el mar), se dobla hacia el SO. y en disposición cada vez más digitada, lanza las aguas en orientaciones seguidas con las máximas pendientes del NE. al SO., según los montes paralelos de Caurel y Peneda; San Mamede y Jérez; Segundera y Sierra de las Alturas, y así van saliendo paralelos desde los altos hacia la costa portuguesa los cursos: Miño, Lima, Cávado, Este y Ave, hasta Porto. Los ríos hacen lo mismo que en la cordillera, cuando ésta venía de Este a Oeste; descender aprisa; pero ocurre, desde la torcedura señalada y que afecta a tierras de Orense, León y Zamora, que los recorridos son mayores y se descomponen así, en su andar NE.-SO.: abajo, en el mar, se inicia el perfil de equilibrio y su tendencia le hace tomar el camino de retroceso, y en cambio, en la parte alta, Cabrera, Segundera, San Mamede, Caurel, el régimen primero de las aguas rejuvenecidas, fué de tipo pseudoglaciario, y entre la aceleración de equilibrar el perfil de salida y la lentitud de la puesta en marcha de los aparatos erosivos de sus alturas, queda el gran camino medio a recorrer, mucho más largo que lo era el curso de los ríos litorales en la Cordillera Cantábrica, y ese mayor recorrido es el que, a nuestro entender, produce, en gran parte, los escalones de demolición que van quedando señalados por rasas y lagunas en las tierras leonesas, zamoranas y gallegas. El Bierzo, Carrucedo, Antela, etc., son casos de ejemplo. El cambio orogénico, que no es la primera vez que señalamos (*), tiene casi seguramente relación con los escalones paralelos que en dirección ortogonal al chaflán coruñés, desde Finisterre a la Estaca de Vares, se van produciendo paulatinamente hasta suprimir el desnivel en ese sentido transversal desde las líneas de más de 2.000 metros, sobre Caurel y San Mamede, hasta el borde del mar, de Ortigueira a Coreubión.

La ley de la formación morfológica del cauce del Sil, por ejemplo, es una sucesión de llanos o ensanches, en antiguos remansos o paradas, engarzados por los cañones sucesivos: ensanche del Bierzo, cañón de Borrenes a Puente de Domingo Flórez, al ensanche de Valdeorras, con las formaciones ferruginosas del plioceno-pleistoceno, sigue el violento cañón de Petín para entrar, por tierras de las antiguas Fraguas, en la gran llanura de Quiroga, rodeada, desde San Clodio (Bataneros), por depósitos pleistocenos de arcillas y conglomerados, que marcan testigos de las demoliciones y antiguas terrazas.

Indicamos dos disposiciones singulares en la morfología:

(*) 1938, Santander. Congreso para el Avance de las Ciencias.

1.º La coincidencia de las depresiones de las rías bajas: Muros, Arosa, Vigo, desembocadura del Miño, etc., con las líneas geosísmicas que está señalando Rey Pastor en sus estudios de Galicia, coincidencia ya esperada por nosotros, desde que comprendimos el sentido tectónico de borde de hundimiento del chaflán coruñés (SO.-NE.) del cabo de Finisterre a Ortegal (véase el plano geosismológico).

2.º Paso de la línea NO.-SE., normal a la anterior, que, partiendo de los fondos de las rías de Coruña y Betanzos, se dirige en recta hacia el Suroeste de Lugo (capital) y quizá corte la separación de los macizos proterozoicos y del batolito de granito gallego.

En la modalidad general, están ausentes los fenómenos de pseudoglaciarismo; apenas se presentan demoliciones de alguna importancia y queda sólo marcada la morfología tabular en las más viejas terrazas, con sus altiplanicies de 680-720 metros, pudingas delgadas y muchas veces destrufdas, de cantos rodados y poligénicos de cuarzo y cuarcitas provenientes del granito y de los lisos resistentes del paleozoico (siluriano dominante). Es decir, altas terrazas que podrían representar, hacia el interior de Galicia, desde el plioceno hasta los depósitos holocenos.

Para completar el índice de las modernas teorías tectónicas, aplicadas al macizo galo-duriense, haremos referencia a un estudio del geólogo alemán Walter Carlé (Geologische Rundschau, 1940), de amplitud de miras y coincidente, en cierto modo, con las orientaciones españolas.

Los modernos estudios de Stille acerca de la tectónica sajona han podido perfeccionarse por la circunstancia feliz de que en los terrenos de reconocimiento estaban cubiertos por paquetes tabulares de estratos que, más o menos horizontales, descansaban como cobertera sobre las antiguas series sedimentarias íntimamente plegadas y a menudo atravesados por rocas eruptivas de los terrenos paleozoicos, pero como es lógico mucho más difíciles e inciertas resultan las investigaciones hechas sobre la tectónica sajona en las zonas paleozoicas que quedan al descubierto, exentas de depósitos más recientes y discordantes sobre ellos. No siempre se destacan las dislocaciones que pueden establecer la relación que facilitaban los plegamientos de las capas presajónicas y, al tratar de establecer la edad de las dislocaciones, se hace casi imposible obtener una idea clara acerca del carácter tectónico del terreno estudiado. Se utilizan como planos referentes: fallas mineras, superficies meteorizadas, dislocaciones, fragmentación de terrazas o terrenos modernos con sus fallas y, particularmente, diques que atraviesen las antiguas formaciones. Teniendo mucho cuidado en los diques fallados, dentro del mismo granito, pues es caso complicado comprobar si la falla debe referirse a la tectónica reciente o es debida a fenómenos de retracción originados al consolidarse la masa magmática. Carlé cita como ejemplo los

diques aplíticos de las minas de casiterita de Doade, y a nosotros nos parece La Panasqueira (wolfram), en la sierra de la Estrella, otro caso en que la división en gradas de los diques y filones, casi horizontales, ponen de manifiesto la disposición en fosas y pilares («Grauben und Horsts») que parecen comprobar movimientos de ensanchamiento tectónico, con fallas de tracción, comprobados microtectónicamente, imponiéndose la influencia de la pizarrosidad y el dominio hacia el Norte de los hundimientos, comprobados en varios casos por las estrías y espejos de resbalamiento.

Galicia se compone de rocas antiguas, plegadas, afectadas por la pizarrosidad y atravesadas e inyectadas por los plutones o batolitos graníticos; su estructura interna fué creada por el movimiento orgénico del carbonífero superior. Junto con Portugal, Galicia forma una bóveda ascendente, lo que permite compararla (Carlé) con Escandinavia. Mediante investigaciones petrográficas de los terrenos posteriores de Asturias y León se podría, probablemente, averiguar la historia del abovedamiento galaico-portugués. Las observaciones de la morfología de la costa y de la evolución fluvial demuestran que todavía duran estos movimientos ascensionales.

Los ríos Tambre, Jallas, del Puerto y muchos otros desembocan en cascada o en rápidos en el mar; mientras que su curso alto muestra aspecto senil. En la costa se pueden observar con frecuencia playas levantadas. Al este de la bóveda se tienen también pruebas de estos movimientos recientes, en las cuencas terciarias formadas al borde del macizo galaico-lusitano y en las grandes planicies de gravas diluviales y actuales.

Todo nos hace pensar que la causa de la tectónica de tracción y desgarró, propia del país gallego, es el abovedamiento o empuje hacia arriba de la masa galaico-lusitana.

Desde luego, en la tectónica de tracción reconocida, no se trata de una fragmentación irregular de esta bóveda de gran radio, que al levantarse se va dilatando, ya que se ve que existen ciertas direcciones preferidas. Es probable que la dirección o rumbo de la tectónica de dislocaciones esté impuesta por la que ya poseían los terrenos paleozoicos y además por la forma alargada que tiene la bóveda misma. Expondremos aquí algunas hipótesis en apoyo de la que acabamos de enunciar.

Contemplando el mapa geológico del NO. de España llama la atención la presencia de un gran número de cuencas rellenas por detritos terciarios y cuaternarios, alineadas en continuación, que tanto en su conjunto como cada una de ellas muestran rumbo renano (NNE.). Morfológicamente, estas cuencas aparecen como valles anchos, a menudo planos, en medio de elevadas montañas. Este orden de colocación hace pensar en la existencia de una zona de fosas de fractura, que si bien no posee la uniformidad o unidad de la fosa renana, no obstante, se puede seguir desde el Duero

hasta la costa cantábrica. La existencia de dislocaciones de este rumbo, en la mitad occidental de la Península Hispánica, se prueba por las fallas costeras de Portugal medio; como se sabe, estas fallas permanecen todavía activas hasta nuestros días, como lo demuestra el terremoto de Lisboa (1755). No son raros tampoco los temblores de tierra en Galicia (véase el mapa de Sieberg, en el «Tratado de Geología» de Cloos, pág. 313). Las fuentes termales del país (Las Burgas de Orense, 67° C) hacen probable la existencia de zonas dislocadas de gran profundidad. En Verín, en una de las zonas de fosas, cerca de la costa portuguesa, surgen tres fuentes minerales. Esta zona de fosas está situada exactamente sobre la divisoria de la bóveda, si bien forma también aproximadamente el límite entre la parte Oeste, en donde predomina el granito, y el Este, constituido casi exclusivamente por capas plegadas. Estos hechos, que se pueden deducir del examen del mapa, forman un apoyo firme de la hipótesis, antes enunciada, de que la dirección tectónica principal de Galicia está condicionada por esas dos causas.

Otro rasgo, bien notable, de la fisonomía morfológica de Galicia lo forman las rías, estas bahías semejantes a los fiordos de la costa atlántica del país. En este segmento, las rías conservan las direcciones NE. y NNE., lo mismo que los ríos que en ella desembocan, de valles anchos, llanos y rectos. Al borde de estas ensenadas se observan a trechos fallas de tracción grandes, que poseen los rumbos indicados. Esto hace pensar que las rías podrían interpretarse también como fosas de hundimiento (*).

Si, en resumen, se considera que la bóveda galaico-portuguesa se asemeja por sus caracteres al escudo fenoescandinavo, desde luego suponiéndole una edad mucho más reciente, se debe, sobre todo (Carlé) a la abundancia de diques que como «señales geocronológicas» y «superficies tectónicas de referencia» de gran precisión, que han servido para hacer este estudio.

Para terminar, Galicia y el norte de Portugal constituyen una bóveda formada en partes antiguas de la corteza; el ensanchamiento resultante del abovedamiento se compensa por fallas de tracción. Estos movimientos de ascenso duran en la actualidad, como se demuestra innegablemente por las observaciones de la evolución de la red fluvial.

Proponemos un recuerdo, sin señalar ahora concomitancia, entre los antiguos arcos hercinianos propuestos por nuestros antiguos geólogos y las constantes zonas de resistencia y debilidad, tan preconizadas por el eminente geólogo Cueto Rui-Díaz (†).

La comparación de las líneas de compresión de Carlé y las de Rey Pastor en el Estrecho y en el plano de Galicia, se ofrece con

(*) P. H. Sampilayo (1912). Denudación de la costa de Lugo.

analogías en las consideraciones de Cubillo y en su hoja del Estrecho de Gibraltar.

Las líneas designadas (E.-O.), cree Rey Pastor que son debidas a los efectos de descompresión post-alpinos y corresponden a la iniciación de la rotura del anillo de apoyo, es decir, a ceder tal anillo ante las presiones de la bóveda que sustenta, desapareciendo así la compresión.

Las meridianas (N.-S.), también cree Rey Pastor que son post-alpinas, roturas concomitantes con las anteriores, es decir, las causantes de ellas, pues corresponden a la rotura por extensión del anillo citado, rotura que dió lugar a los fenómenos de descompresión.

Las de los tercero y cuarto grupos, o sea, las diagonales, son rejuvenecimiento de otras directrices hercinianas; juicio en maravilloso acuerdo con nuestra hipótesis (Cubillo), puesto que los esfuerzos tangenciales que dieron lugar a la formación de la pseudobóveda ovalada de Alborán, serían iniciados mucho antes de la época alpina en que tuvieron lugar los movimientos orogénicos, y esos esfuerzos tuvieron, como primer efecto, iniciar o intensificar las líneas de Lüder-Mohr preliminares.

Una observación muy notable de Rey Pastor es la que hace sobre el curso de los ríos, pues señala la dirección general Norte-Oeste de los afluentes izquierdos del Guadalquivir, siguiendo las líneas de fractura diagonales primarias.

ERUPTIVAS DISTINTAS DEL GRANITO

De las rocas verdes gallegas

Las erupciones distintas al granito, fáciles de encontrar por su tono, peso, compacidad y dureza, en país tan observador como Galicia, Miño y Beira, han sido conocidas desde antes de Schulz (1834), y aun recorriendo los mismos autores y sus recuerdos no se hace sino una pequeña lista de esos isleos de «pedras mouras, verdes, ferreales y duras como o rayo», que esas y más propiedades físicas matizan los reflexivos paisanos y sirven de pista o clave en la revista definitiva que hay que iniciar para salvar pronto el retraso.

Las rocas negras o melanócratas a que nos referimos se diferencian grandemente del granito, pero no de su misma roca madre. Varían mucho en yacimiento y aspecto entre sí; cuando se ofrecen tableadas con semejanza a sedimentos, son fanerómeras, de cristales visibles, que con frecuencia son anfíboles o piroxenos, pasan en tránsitos de menos metamorfismos a las sedimentarias. En cambio, cuando su ofrecimiento es en masa (criptómeras), tienen más cambios de tonos verdes, del negro al claro y traslúcido, en fibras cristalinas (meroxenas), por ejemplo. Todos estos afloramientos son de tipo fémico, con dominio de hierro y magnesia, es decir, corresponden a magmas básicos.

Debe advertirse, con la rápida pasada de los toques científicos tan fuera de norma y sitio en nuestra comunicación al medio utilitario, que las clasificaciones petrográficas recientes, respecto a otras ramas de la geología lo son más aun, nuevas, en muchos aspectos, por ejemplo, en cuanto a la nomenclatura, por lo cual no tienen paridad denominaciones modernas con los nombres viejos, cambios o equivocaciones y aun indicaciones de rocas verdes por exploradores antiguos, pueden tener casi tanto valor como los nuevos matices; de cualquier modo, y en último caso, la corrección y réplica, dado el atraso, han de ser consideradas e incorporadas al deseado avance.

Schulz, pocas veces definidor categórico, pero siempre sistemático en su ordenada exposición, inserta en el mapa petrográfico-geológico de Galicia, 1835, una escalilla de rocas básicas, desde las sedimentarias metamórficas hasta las serpentinas que, de abajo hacia arriba, la enuncia así:

Pizarras cloritosas (terreno primitivo).
Amfibolito-diorito.
Serpentina.
Eurito y pórfido.
Filón de mármol.
Losa negra.
Terreno de transición, y
sobre el secundario y holoceno
un basalto.

La pizarra cloritosa, según Schulz, sirve de tránsito del gneis a los anfíbolitos. No basta el tono ni el mineral cloritoso para asegurar la determinación de pizarra primitiva. Nos inclinamos a suponer que esas pizarras verdes correspondan al primario, pero la seguridad sólo se apreciaría con los tramos del Arcaico: rocas verdes y calizas, micacitas y gneis, hacia la costa de Cedeira, por ejemplo.

El *amfibolito*, roca que en buena parte podría llamarse pizarra anfibólica, la representa unida a la diorita, y la mayor parte de las veces, a isleos de serpentina o de oficalcita, como en Santiago, Mellid, Deza, Coristanco, Moeche y Santa Marta, etcétera. La sienita (sienito), no marcado en la escalilla, quizá por lo escaso de sus afloramientos, se une también a las manchas básicas de Mellid, Ortegaleja y San Finx, entre Orense y Carballino (Deza).

El diorito o diorita lleva la señal gráfica más fuerte, de gruesas crucecitas negras en Mellid, campo de Marzo, El Gato (Sierra?), etcétera. También se encuentra, aislado en el terreno de Transición, como en Quiroga, en Brollón, Laza, Ribadeo, etc., donde lo hemos señalado (Hierros) como afloramiento eruptivo alterado, casi siempre cerca de las calizas acadienses aportadoras, por endomorfismo de la cal, en el tránsito de los feldespatos a plagioclasas.

Es muy interesante anotar la roca núm. 8 de Schulz, con el nombre de eufotida, unida a la serpentina de Mellid. Ahora bien, la eufotida es, según la vieja nomenclatura de Haüy, gabro de elementos grandes *saussuritizado*, o sea, con sus feldespatos alterados en albita, zoisita, epidota, cuarzo con mica, calcita, etc.; con alteración no tan avanzada creemos haber visto ese gabro en los montes de Carballo, hacia Santiago.

Por fin, las serpentinas repetidas de Galicia, son rocas en las que intervienen las derivaciones peridóticas, pero sin apópsis diasquísticas. Con frecuencia, las atravesadas y cortas fibras de crisotilo, brillan en verde, amarillo y azulado en las rocas serpentinosas de Puente deume o en las metaxitas de cerca de Guitiriz y sur de la Hoja de Betanzos.

Sus alteraciones son aún más blancas en las piedras de Doelo o Toelo de Moeche; las fibras de asbesto serpentinoso alternan con las de calcita en variedad de roca que quizá deba llamarse oficalcita (Jannetaz), pues la fayalita no se encuentra bien aislada.

Como continuación del relato de los conocimientos antiguos que tenemos de las rocas básicas gallegas, y prescindiendo de los afloramientos de rocas consignados en los recorridos sobre el paleozoico singenético con los criaderos de hierro, llegamos a las citas concretas del profesor Parga-Pondal, único que ha hecho algún estudio en sentido moderno acerca de estos afloramientos.

Al referirse al que supone granito de la época arcaica, dice (1935, p. 11), que está atravesado de diques pegmatíticos, los cuales, supone, representan un estado de descomposición; se orientan de Norte a Sur. Pues bien, al mismo tiempo dice: «Se observan en ese granito los pocos filones de lamprófidios que pudo ver hasta entonces, los cuales, están constituídos por minetas (*) alteradas, que con potencia hasta de dos metros, atraviesan el granito normalmente a la pegmatita, es decir, de Este a Oeste. Son posteriores a las pegmatitas, puesto que las atraviesan.»

En los granitos porfídicos, que supone hercinianos, atribuye la textura al enfriamiento rápido que los solidificó en período no avanzado de diferenciación magmática y esto, añade Parga-Pondal, explica las distintas facies; dentro de un isleo, granitos ácidos con ortosa y biotita y otros de plagioclasa y hornablenda, como verdaderas sienitas. La explicación quizá podría ser aumentada. Las aplitas también rodean a los porfídicos, pero se acomodan mejor a la idea aureolar en los enfriamientos de magma, por puntos eutécticos bajos.

Al final de su estudio acerca de la cronología de los granitos gallegos parece percibirse la inquietud del profesor Parga-Pondal; son dos puntos a los que nos referimos; uno al suponer que quizás estén relacionadas las erupciones que supone huronianas con ciertos filones de porfídios graníticos (Orense, cerca de Vilanova dos Infantes).

Otro, granito herciniano: el encuentro de arenas acumuladas como producto de disgregación de la facies hornbléndica del granito de la ría de Arosa contiene gran cantidad de monacita (fosfato de cerio).

No es pues de extrañar sus preparaciones para emprender el estudio de la edad y los problemas genéticos relacionados con rocas básicas, como gabros, que descubrió, y serpentinas, conocidas de antiguo.

El distinguido químico Sr. Parga-Pondal tiene intervención en dos investigaciones acerca de rocas básicas gallegas.

1935. *Quimismo de las manifestaciones magmáticas cenozoicas de la Península Ibérica.*

(*) Se aplica el nombre a los lamprófidios ortoelástico-biotíticos; procede de sienitas alcalinas con biotita. Quimismo lamprosiéntico. Carácter pacífico (San Miguel. Catálogo).

El dique volcánico de Larazo-Las Cruces

La primera y única noticia que se tiene de la presencia de rocas eruptivas modernas en la región noroeste de la Península ha sido dada por G. Schulz (62, págs. 40 y 41). La breve noticia a que nos referimos dice así: «No tenemos en Galicia nada de rocas propiamente volcánicas, como son lava, pómez, etc.; pero sí tenemos como único indicio o testigo de los terrenos semivolcánicos un filón de basalto. Este filón de basalto existe aquí en medio del terreno primitivo, especialmente de un gneis porfídeo entre Larazo y Las Cruces, a dos leguas al sur de Arzúa o a seis leguas al este de Santiago; su espesor es de unas cinco varas; su longitud o extensión sobre el rumbo es desconocida, porque está cubierto el país de labor y de monte, y sólo se ve el basalto en el corte del camino, sin que forme crestón ni cono». «Este basalto, aunque tan aislado y tan distante de masas considerables de su familia, es sumamente característico, casi compacto, impregnado de cristales de olivino, algunos trozos de anfíbol basáltico y pequeñas ampollitas de zeolita». Schulz recogió ejemplares de este basalto que se conservan en las colecciones de la Comisión del Mapa Geológico, en Madrid, y en la colección de rocas del distrito minero de La Coruña.

Gracias a esto conocemos actualmente la roca que nos ocupa con algún detalle, pues ulteriores pesquisas en busca de este interesante afloramiento han sido hasta ahora infructuosas.

Macpherson (37, pág. 84), utilizando uno de los ejemplares recogidos por Schulz, describe esta roca con toda precisión, clasificándola como basalto nefelínico. Según tal estudio, la roca se encuentra constituída por una base hialina de muy débil acción a la luz polarizada, formada por nefelina y que aparece rellena de pequeños cristales de augita y de magnetita. Repartidos por este magma se encuentran algunos fragmentos relativamente grandes de olivino, en estado más o menos avanzado de serpentización, cristales de augita, a veces maclados, y otros de estructura zonar, con raras inclusiones de magnetita.

«En vista de la descripción petrográfica, que ofrece grandes analogías con las de las rocas más básicas del volcanismo ibérico, me ha parecido interesante efectuar el estudio químico de esta roca con objeto de confirmar y precisar la clasificación, fijando sus relaciones provinciales con las análogas peninsulares.

CUADRO 17

Análisis de la basanita nefelínica de Larazo-Las Cruces (Galicia)

SiO ₂	42,52
Al ₂ O ₃	13,94
Fe ₂ O ₃	4,61
FeO.....	7,33
MnO.....	0,11
MgO.....	10,01
CaO.....	8,09
Na ₂ O.....	4,49
K ₂ O.....	1,63
H ₂ O +.....	2,91
H ₂ O -.....	0,89
CO ₂	0,00
TiO ₂	2,74
P ₂ O ₅	0,65
	99,92

Números de Niggli correspondiente:

si	al	fm	c	alk	k	mg	ti	p	c/fm	qz
91	17,5	52,5	18,5	11,5	0,19	0,61	4,3	0,5	0,35	— 55
2alk										
		Ls	Fs	Qs al + alk						
		0,89	0,71	— 0,60 — 0,79						

» Gracias a la amabilidad del Director-Jefe del distrito minero de Coruña-Lugo, he podido disponer de un trozo del ejemplar recogido por Schulz hace precisamente cien años. Este ejemplar se conserva en un excelente estado y con él he procedido a su estudio químico. En el cuadro 17 se contienen los resultados del análisis químico efectuado por nosotros, así como los parámetros de Niggli correspondientes.

» Según estos datos el quimismo de dicha roca cae de lleno, por lo tanto, en el magma gabroide teralítico de Niggli, como puede comprobarse comparando sus correspondientes valores, son:

	si	al	fm	c	alk	k	mg	c/fm	qz
Basanita nefelínica de Larazo-Las Cruces	91	17,5	52,5	18,5	11,5	0,19	0,61	0,36	— 35
Magma gabroide teralítico, según Niggli.	90	20	46	23	11	0,25	0,50	0,50	— 54

» Este hecho nos hace considerar a la roca de Larazo-Las Cruces como perteneciente a un magma típicamente atlántico y sin la menor tendencia de transición.

» Resulta ahora interesante efectuar el estudio comparativo de esta roca con sus análogas de las más importantes zonas peninsulares. Para ello reproducimos en los cuadros 18 y 18 a, en unión de los datos de la basanita de Larazo-Las Cruces, los de otras cuatro rocas análogas, pertenecientes a las principales regiones volcánicas peninsulares.

CUADRO 18

	1	2	3	4	5
SiO ₂	42,52	44,55	40,36	40,94	41,74
Al ₂ O ₃	13,94	12,48	13,91	13,50	11,88
Fe ₂ O ₃	6,61	2,18	3,97	3,88	4,40
FeO.....	7,33	8,54	8,06	8,32	5,87
MnO.....	0,11	»	0,21	0,18	0,19
MgO.....	10,01	10,85	12,11	9,64	10,19
CaO.....	8,09	7,99	11,78	12,46	12,19
Na ₂ O.....	4,49	4,04	2,74	2,22	4,09
K ₂ O.....	1,63	2,57	0,93	1,76	1,65
H ₂ O +.....	2,91	0,56	2,45	1,96	1,62
H ₂ O -.....	0,89	0,18	0,32	0,33	0,39
CO ₂	»	»	0,29	0,50	»
TiO ₂	2,74	4,32	2,82	3,78	5,58
P ₂ O ₅	0,65	0,70	0,71	0,61	0,56
incl.....	»	0,05	»	0,04	0,04
	99,92	99,64	100,19	100,12	100,35

1. Nombre, basanita nefelínica; localidad, Larazo-Las Cruces. Anal. I, Parga-Pondal.
2. Basanita nefelínica; Llorá, Gerona. Anal. Washington (66, p. 239).
3. Basanitoide; Estación Campolide, Lisboa. Anal. Raoult (51, p. 546).
4. Basanita; Monte dos Amiantes. Granja, Algarve. Anal. Raoult (52, pág. 59).
5. Aukaraitrita; Cerrajón de la Puebla, Campos de Calatrava. Anal. Parga-Pondal (9, pág. 53).

CUADRO 18 a

	1	2	3	4	5
si	91	95	78	84	86
al	17,5	15,5	16	16	14,5
fm	52,5	54	54	50	49
c.....	18,5	18	24,5	27,5	27
alk.....	11,5	12	6	6,5	10
k	0,19	0,30	0,20	0,35	0,21
mg	0,61	0,64	0,65	0,59	0,64
c/fm	0,35	0,33	0,45	0,55	0,55
qz	-55	-55	-46	-42	-54

1. Nombre, Basanita nefelínica; localidad, Larazo-Las Cruces.
2. Basanita nefelínica; Llorá, Gerona.
3. Basanitoide; Estación Campolide, Lisboa.
4. Basanita; entre Monte dos Amantes e Granja, Algarve.
5. Ankaratrita; Cerrajón de la Puebla, Campos de Calatrava.

De la comparación de los datos se deduce, en primer lugar, una sorprendente analogía magmática para todas estas rocas, analogía que pone en evidencia una perfecta comunidad genética. No obstante, una observación más exigente descubre cierta tendencia diferenciadora; así el carácter francamente atlántico que ofrece la basanita nefelítica de Larazo-Las Cruces no se encuentra tan claro en la de Gerona ni en el basanitoide de Lisboa, y, por último, en la basanita de Algarve y en la ankaratrita de Calatrava se aprecia ya cierta influencia calco-alcalina o pacífica. Parece, por lo tanto, como si el carácter atlántico se definiese cada vez más claramente a medida que nos alejamos de la zona orogénica alpina.»

Sólo por permitirnos descubrir este hecho, que procuraremos analizar en la parte última de este trabajo, el insignificante afloramiento de Larazo-Las Cruces se destaca entre todos sus análogos peninsulares con una importancia particular.

Semejante a otros análisis de volcanes portugueses, lo cual parece autorizar a la aceptación de una erupción básica moderna generalizada en el NO. de la Península, afectando a Galicia en su levantamiento pirenaico.

El eminente petrógrafo Sr. San Miguel de la Cámara (1936) al analizar muestras de Parga-Pondal, de Lage (Coruña), dice que tiene aspecto de diabasa alterada con microlitos de plagioclasa, clorita en fenocristales y un conjunto de epidota, magnetita y algún cuarzo de tipo spessártico. Lamprófidio plagioclásico anfibólico.

Quimismo gabrodiorítico. Carácter pacífico (*)

Se pueden citar diabasas en las cercanías de Santa Marta de Ortigueira (Coruña) (**). F. Quiroga indica la existencia de las mismas rocas en la península de Santa María o Ponta do Burgo (Pontevedra) y en Foz do Miños (Lugo). También se han citado afloramientos de tipo diabásico en Vigo-Santa María La Ramallosa.

Por fin, en zonas apartadas, pero homotáxicas, citaremos (1936, San Miguel de la Cámara: *Estudio de las rocas eruptivas de España*) que cerca de Toledo indica Royo Gómez diques de diabasa (E.-O. y un metro de potencia), quizás en una fractura paleozoica; lo mismo ocurre en Huelva, Jaén y en Huezna, Sevilla (sin metamorfismo entre granito y diabasa).

1945. CANTOS FIGUEROLA: *Revista de Geofísica*, IV, n.º 15.

Entre los afloramientos de roca básica podemos citar las dos puntas más avanzadas en el Atlántico de toda la costa de España: el cabo Ortegal y la Estaca de Vares; ambos afloramientos son coruñeses y entran decididamente en el mar.

La diorita cuarcífera de la Estaca de Vares ha sido publicada por el insigne petrógrafo Sr. Parga-Pondal.

Nuestro querido compañero y eminente petrógrafo Sr. Romero Ortiz ha estudiado detenidamente la entrada serpentina de San Andrés de Teixido por el talud del yacimiento cromífero reconocido por este Centro hasta la entrada del cabo Ortegal, que abriga del NO. la rada de Cariño. En este estudio se aprecian los frecuentes pasos de los elementos ferromagnesianos hasta las ofitaletas y rocas asbestiformes que pasan a serpentinas, pues en dicho afloramiento aparecen la fayalita y fibras derivadas del olivino, así como la cromita.

El químico gallego Sr. Parga hizo (1931) un estudio petroquímico del afloramiento de la Estaca de Vares, representado como granítico y referido, después de la rectificación, como diorita cuarcífera con biotita, clasificación identificada por los estudios microscópico y químico.

Quizás en este punto modesto, y ante una alusión respecto a no habernos anticipado en rectificar el color granítico de Vares por el

(*) El conjunto de estas rocas básicas, intrusivas o metamórficas, aun por estudiar, forman un cuadro: gabro, dolerítico, hasta basalto y spessartita, con derivaciones de ortho-pioxenitas y anfibolitas que podría recordar las rocas básicas en el Congo belga. 1934, C. R. A. S. M. E. Danaeyer.

(**) Algunos aspectos, etc. 1945, C. Teixeira.

de la diorita, hemos de rogar disculpa, ya que nuestro afán fué sostenido, en cerca de 30 años y plasmado en 1.800 páginas, con el estudio de la estratigrafía (singenética con los criaderos), génesis, análisis, explotaciones, planos, etc., procurando el relieve que merecían los hierros gallegos, y lamentando que no arraigasen ni se derivasen, las menas y sus estudios, hacia las rocas eruptivas. Para más no hubo tiempo.

De las constantes investigaciones del distinguido geólogo Sr. Teixeira se desprende que

«Entre los fenómenos más curiosos de la geología portuguesa se debe mencionar una gran serie, bastante grande, de filones que cortan repetidamente al granito. Además de filones aplíticos, filones pegmatíticos e importantes filones mineralizados, se encuentran más filones de una roca diabásica, a menudo muy alterada» (*).

El presente trabajo está consagrado en particular al estudio de estos filones de roca básica.

Se les encuentra en todas las regiones del macizo. Son conocidos en Galicia; yo los he observado por docenas en el Miño; les ha visto en Tras os Montes; se encuentran también en el sur del Duero.

Estos filones tienen en general uno o dos metros de espesor, pero los hay que tienen 6 ó 7 metros. Su orientación es casi constantemente E.-O. y se les puede seguir sobre el terreno en extensiones bastante grandes. La superficie de contacto con el granito es plana.

Se observan a menudo series de tres a cuatro filones paralelos, muy poco alejados los unos de los otros. Hay también filones verticales (diques); los más corrientes son inclinados.

La roca, cuando es sana, tiene un color verdoso o verdoso oscuro. Se observa frecuentemente una disyunción esferoidal. Al microscopio la roca deja ver una textura diabásica con labrador, hornablenda, clorita, olivino, calcita, cuarzo, rutilo, etcétera. Cuando está alterada es amarilla o amarillenta tirando a anaranjada.

Las superficies de contacto con el granito han jugado lo más a menudo como planos de fallas; son estriadas y se observan arcillas de falla «écrasée». (Milonitas?, P. H. S.)

Frecuentemente la roca del filón mismo es cortada longitudinalmente por un plano de falla. Ha sido atravesada aquí y allí por filones de cuarzo; se observan trozos de la roca envueltos por el cuarzo filoniano. Pero, de otra parte, hay filones de pegmatitas y turmalinitas que son cortados por la roca diabásica.

El establecimiento de la genealogía de los filones es un problema bastante difícil. Son evidentemente posteriores al granito que atraviesan; son por lo menos posteriores al estefaniense medio. Son tam-

(*) 1915. Carlos Teixeira (Lisboa). Algunos aspectos da Geologia dos granitos, etcétera. Soc. Geol. de Portugal.

bién posteriores a filones pegmatíticos y turmalínicos, pero sin duda anteriores a los filones cuarzosos que atraviesan. Deben ser muy antiguos.

La roca diabásica ha rellenado las fracturas, casi orientada E.-O., o más raramente N.-S. Estas fracturas pueden haber sido producidas por un movimiento comprensivo viniendo del Oeste. Esto explicaría, no solamente la orientación de fracturas, sino también el aplastamiento de las rocas de los islotes Berlangas, Estelas, Fari-loes. Este es un movimiento semejante que ha plegado las capas autuniennes de Buçaco, en que los pliegues están dirigidos N.-S.; es decir, fracturas saálicas.

La descompresión consecutiva al movimiento compresivo, ha tenido lugar antes del sinemuriense inferior. Ha podido ser correlativa de movimientos paleo-kiméricos, y como resultado habido sobre el litoral Atlántico, fracturadas divididas en bloques verticales que han facilitado la transgresión del Lías.

La puesta en sitio de la roca diabásica, ha podido hacerlo durante el movimiento de descompresión e inmediatamente después de ella, y esta roca será, de esta manera, posterior al permo-carbonífero y anterior al Lías; puede ser contemporánea de las ofitas del norte de España.

Del movimiento compresivo haciéndose notar sobre el litoral Atlántico durante el Permo-trías, se podría explicar la ausencia de la transgresión del triás de este lado, mientras que sobre el litoral Mediterráneo el mar ha avanzado muy lejos hacia el interior de España.

Además de los filones diabásicos, ha señalado también gran número de filones porfíricos, filones microturmalínicos, filones aplíticos y filones cuarzosos, excepcionalmente potentes, etcétera.

El Norte de Portugal y de Galicia constituye una región natural con tectónica muy curiosa. Se observa una red compleja de fallas y de fracturas en que algunas han jugado bastante fuertemente. Por el juego de estos compartimentos rígidos la región ha llegado a una estructura de horst.

Las rías gallegas tienen su origen en un movimiento de submersión del bloque comprendido entre el valle del Miño y la costa Cantábrica; los compartimentos comprendidos entre el Miño y el Cávado han tenido también un movimiento idéntico, pero bastante menos pronunciado, mientras que el bloque al sur de Cávado, comprendido allí la región de Oporto, no ha cambiado de posición desde el plioceno. Los valles de los ríos Miño y Cávado siguen, en efecto, importantes líneas tectónicas con un gran número de fuentes termales.



Llanura de enrase holoceno alrededor del castro de Betanzos.



Betanzos sobre colina en forma de castro. Mirando al S., río Mandeo a la izquierda y río Mandeo a la derecha.

V

NUEVOS RECORRIDOS EN LA HOJA DE BETANZOS

La Hoja de Betanzos, n.º 45 del mapa 1:50.000, ocupa el eje del país correspondiente al centro del chaflán coruñés, línea geotectónica ya considerada en los modernos estudios de Galicia (922-923) y confirmada por el mapa geosismológico del ingeniero Sr. Rey Pastor.

Esa disposición axial se comprueba por la distribución de aguas en sus tres direcciones: al NE., el río Mandeo, que enlaza con la ría de Betanzos; hacia el NO., normal al chaflán el río Mero, que forma la ría de la Coruña, y al ONO., los ríos paralelos de Seijedo y Arteijo, que van a salir, por el 4.º cuadrante, por la playa, entre la punta Calcela y Alba.

Su fondo geológico es metamórfico y cristalino, con estratos de rumbo dominante al NE. (b = NO.) y clase que varían desde pizarras lustrosas y talcitas que se van granitizando en un sentido, y en el contrario se hacen cloritosas, graníticas y duras hasta ofrecerse (Sedes) en losas enormes, las cuales empíricamente se podrían referir a las pizarras o losas de Ribadeo, en el Infrasiluriano.

Todos estos estratos, más o menos caolínicos, se ablandan por meteorismo y producen masas arcillosas que señalan burdamente las formaciones horizontales modernas holocenas, en las depresiones del fondo de la Hoja y en las rasas más altas, con morfología de terrazas a los 300 y 400 metros.

En resumen: es de escaso relieve topográfico y gran ofuscamiento en los tránsitos laterales; poco concreto en sus deslindes litológicos; y estos aspectos generales y la imprecisión de rocas y fisiografía, imprimen una monotonía a esta Hoja, de campos cultivados con centeno y maíz, pinares y canteras de granito, arcilleras, etc. que, con el mismo conjunto, pasa a las hojas colindantes, sin aspectos llamativos ni desiguales, con escasa diferenciación.

Los nuevos recorridos efectuados en la Hoja han sido divididos, en parte occidental de la misma, con dominio de granito, y la mitad oriental, con más abundancia de pizarras; la mayor parte de los recorridos han sido hechos por carreteras y caminos anchos, desde los cuales hemos completado pequeños reconocimientos y cortes. Por fin hemos penetrado en algunas hojas próximas y limítrofes en marcha, como son: San Salvador de Serantes y Coruña al Norte, Ordenes al Sur, Carballo al Oeste y Oza de los Ríos al Saliente.

Para entrar en nuestra Hoja y adaptarnos al cambio brusco o paulatino, lo hacemos pasando principalmente desde las colindantes del Norte, San Salvador y Coruña.

Desde Ferrol vamos por la carretera de Val de Cedeira (Covas) para examinar algunas pequeñas canteras que se distinguen de lejos por su tono pardoblanquecino y aspecto erosivo sobre el aspecto verde, macizo en la vegetación general, pero muy tapizadas desde los cultivos a los campos, enmarañados de tojos y chestas (xestas) hasta los pinares, no muy viejos, pero sí apretados en sus plantas, es decir, que la apariencia litológica hay que *buscarla*.

En el Km. 3, desde Ferrol, hay un claro asomo de pizarras felsíticas con rumbo NNE. y b = ONO.; otras veces son los lisos casi verticales. Para acercarnos más aun al monte Sabugueiro, el más alto de esta zona, que en su extremo oriental tiene el vértice Lagoa, de 310 metros, en el nuevo mapa, con pérdida de tres metros respecto al geológico de 1:400.000, vamos por la carretera de Covas (Cobes) para ascender más en la ladera, que es donde asoman más cantiles pétreos levantados, vemos vuelven a ofrecer las felsitas y pizarras hasta dar en una pequeña cantera de granito muy dividido en trozos, de uno a varios decímetros, procedentes del arrastre de una buena porción de la roca, en el cual la lámina de espejo está convertida en arrastre de caolín. Los trozos de granito, irregulares de forma y dimensión, con sus fracturas según planos, reciben en el país el nombre de *cachote*; estas canteras tienen un punto menos de estimación respecto a las que ofrecen el granito en bancos, con dominio de dos dimensiones en su fractura, sobre aquellas que se encuentran en masa compacta, sin división.

Estas pequeñas formaciones de *cachote* no suelen ser grandes por el encuentro del límite en gneis pizarroso, a veces más granítico hasta llegar a felsitas unas veces y otras a pizarras aplíticas; todas estas rocas son las que forman el borde de la carretera que asciende a Pontela, dejando terreno diluvial en las *cortiñas* bajas, rodeando el terreno de *cachote* aplítico o granito feldespático fracturado, el cual paulatinamente va degenerando en granito alterado hasta sabrón o arenas casi sueltas, antes de Covas (*).

(*) Nombre derivado de La Cueva, contigua a Punta Chouco.



Contacto de granito y gneis (milonítico). Hacia
Valdoviño y monte San Pedro.



Contacto de gneis y pizarras metamórficas. Hacia
el NE., cerca de Paderne.

En muchas de las construcciones de esta zona son frecuentes las losas, finas y amplias de tipo filadio, pero sin la fina exfoliación de las pizarras tegulares ordovicienses.

Al recorrer otra vez el camino hacia la Feria del 13, buscando las canteras losíferas de Sedes, aun en la hoja de San Salvador, volvemos a encontrar pizarras granitizadas con tipo de felsitas, riscos y pequeñas canteras de *cachote*. Hay losera mala en Meiras, pero la de renombre sólo se encuentra al llegar a las casas llamadas Feria del 13, desde las cuales hay que descender entre pinares de uno a dos kilómetros para bajar a la continua hondonada que, en el largo de la dirección NE., y buzamiento variable, pero de preferencia NO., avanza enlazando, quizás en más de 2.000 m., las magníficas loseras, que hace años se vienen explotando. Las losas, alteradas en la superficie, van siendo más cloritosas, casi negras cuando están sanas en profundidad. Hay alternancia de paquetes de buenas losas con otros de pizarras blandas y lucientes, inclasificables con sus alteraciones lucientes, que producen lisos de hasta 6 u 8 m., que se pueden alcanzar en los rimeros de buena estratificación; menos veces se colocan levantadas, y entonces hay que profundizar hasta su parte sana en profundidad (*).

Las pizarras, casi planas, producen la buena cantera (Sedes), pero las dispuestas verticalmente tienen la ventaja de que nos ayudan geológicamente a seguir y acompañar el supuesto NE.-SO. el tramo interesante de estas losas por detrás, es decir, al SE. de la Pena Frouxeira, corriendo al NO. hacia Ortigueira y Vares, mientras que al SO. entrarían derechas en la rada de El Ferrol, en la pared de Neda a la capital del Departamento marítimo. El aspecto llamativo de estas losas o *chantas* están en la forma plana, recta, de filadio teguliforme que ofrecen. Y que no es casual lo muestran a las claras las dimensiones y hermosa presencia de estas chantas, gruesas y no muy fisibles a mano, pero que lo serían con serrería apropiada; producen piezas de 2 x 3 metros de largas y gruesos de varios centímetros en todo el plano igual, lo que da ocasión a que sirvan de grandes cercas, tabiques y lienzo de construcciones, lavaderos, etc. Ahora bien, en el paleozoico gallego estas pizarras de tipo filadio sólo las encontramos como horizonte en la parte alta del Cambriano, por bajo de la cuarcita base del siluriano, por ejemplo en los montes del Mondigo y la Bobia o sobre las cuarcitas en las primeras hiladas del llandiliense. Desde luego, podría suponerse que la banda que corre con estas pizarras por detrás de los montes graníticos de Ortegá, Frouxeira y Prior está colocada en la escisión señalada por las rías de Santa Marta de Ortigueira a El Ferrol, de NE. a SO. y pegada, y quizá superpuesta, a la banda calcárea y metamórfica de Orti-

(*) Muestras: 1, 2, 3, 4, 6. Petrología, pág. 93.

gueira, Moeche y Puente deume? (*). Por fin, cerca de la corrida de los Casares a Sedes hay ladrilleros en Pedroso, cerca de la FERIA del 13, pasando a las planicies tan frecuentes en estos tramos cristalinos.

Recorrido al E. y SE. de la Hoja de Betanzos

Para orientar la geología de modo sencillo y gráfico, aunque sin precisión, puede decirse que, desde la ría de La Coruña, en línea prolongada al sur en meridiano, se parte la Hoja en dos: porción granítica a Poniente y pizarroso metamórfica al Este. Desde la salida de Betanzos las pizarras arcillosas, muy alteradas, se colocan en el diastrofismo general NE., con buzamiento casi vertical, que va cambiando hasta ponerse al NO. (carretera de Santiago). La arcilla de esta profunda alteración se acumula en gran rodal de pleistoceno o diluvium rojo, ya marcado por Schulz en tono amarillo, quizás como tendencia hacia el neogeno, en la gran hondonada hacia la ría, desde el borde de la carretera de Fontán. La profundidad de la arcilla en este isleo es, según algunos pozos, hasta de 12 metros. En los alrededores de la estación (109) será de unos seis metros; en las cunetas se ofrecen pizarras arcillosas y losas azuladas sueltas, en los andenes, que parecen provenir de las canteras de Sedes. El largo del isleo arcilloso en la carretera será de más de un kilómetro (kilómetros 16 y 17). El terreno rojo parece referirse al pleistoceno (*diluvium rojo*). En los kilómetros 12 y 13, pasados los cuales hay una pequeña cantera de piedra pizarrosa, no tegulina, faltan arcilleras no obstante el grado de alteración de los estratos pizarrosos. Las pizarras pardas, algo sericíticas, proceden de las cristalinas meteorizadas, y donde se ven es en las tapias y sueltas.

Todo el terreno es vegetal, en rastrojos o sembrado. Sus formas, onduladas y suaves, se refieren a la profunda ablación de la roca, bastante feldespática. A la altura de Mabegondo (Santirso, Km. 12) se aprecian en los cotos próximos y lejanos, aunque no en todos, restos de aluviones cuarcitosos, cuyos cantos rodados son de cuarcita; los mayores, quizás por San Martín de Andeiros, sobre el río que figura como Breja; las tongadas son de cantos de varios centímetros, pero de camadas poco nutridas y flexibles, como señalando rasas de terraza algo divagante, como procedente de violentas láminas de agua.

(*) Este nombre fué confundido en la Sinopsis y Catálogo de Mallada por Pont de Demues, en la caliza de Asturias (Cangas de Ons), muy fosilífera.

Retazos análogos se encuentran desde el kilómetro 12 en Villamarín, Couto y Fraga con cuarcitas, teñidas por fuera con óxido férrico muy rojo y envueltas en delgadas arcillas, las cuales, por debajo de esas tongadas de cantos rodados, dominan en toda la zona de Abegondo, San Marco y Gobás.

Como raro, hemos apreciado algún filón de cuarzo. La morfología es de suave extinción, con pizarras completamente pulverizadas en el alto de la carretera (Km. 3-4); con la misma geología y suave ablación se entra varios kilómetros en la hoja de Ordenes, por la carretera de Montouto al Mesón del Viento.

Esta unión, en altozano arcilloso, entre las hojas de Betanzos y Ordenes, resulta pintoresca e instructiva en sentido arqueológico, pues en las alturas de San Bartolomé, tierra de Veira y Malla (450 m.) hay puerto llano con bastantes mamoaes paleolíticas, formando uno de estos campos de vigilancia de enterramientos, comprobando en toda esta zona de intensa vida prehistórica.

En esta parte alta, desde la carretera de La Coruña a Pontevedra, kilómetro 20, ya escasean tanto los afloramiento de rocas, que las lindes las hacen con pellas o trozos de tierra vegetal; las escasas pizarras que afloran están muy rizadas por arrugas de presión.

Desde los kilómetros 21 y 22, y al hilo del NE., con pliegues o buzamientos, se inclinan los lisos pizarrosos azulados al NO.; como núcleo de este apretado pliegue formado por esquistos duros y casi negros, asoma una roca de tipo serpentinoso, puesto que en los bordes, y algunas litoclasas, hay porciones de roca, casi traslúcidas de metaxita; esta zona está en el Puente Vieira (*).

Esta magnífica roca, correspondiente a la hoja de Ordenes, en la cual se describirá, parece tener alternancia de estratos muy endurecidos y verde oscuros de serpentina y anfíbolitas.

Desde esa roca, volvemos por la carretera de La Coruña a Pontevedra, y hacia el kilómetro 18, las pizarras del bonito valle de Barces (o Barcio) y Sumiód, se ofrecen duras, verdes y negras, en rumbo muy decidido hacia el NE. (45°), desde el pueblo de Teixoeiras hacia Betanzos, donde en San Fiz, y con la misma dirección, se repite un haz de pizarras rectas, duras y muy cloritosas, que consideramos al poner atención en el extremo NE., de nuestra Hoja 45. En alguna de estas pizarras, la inclinación suele ser al NO. Cerca de Encrobas (San Román de), hay una serie de pizarras con cristales de metamorfismo que confirma zona aureolar del batolito granítico; estas pizarras, hacia el Oeste van pasando a pizarras blandas meteorizadas muy arcillosas y con porciones blanquecinas de caolín en arrugas de cierta ritmicidad o vibración.

(*) Salvamos esta advertencia, tomada en la carretera, que la numeración de los postes está por arreglar, debido a correcciones de curvas y medidas.

Más a Poniente, siguiendo el corte, se pone en contacto el granito, como podíamos imaginar después de los silicatos de alúmina; el tipo es porfídico, con feldespatos potásicos idiomorfos y disyunción en bolas, considerado como 2.ª fase después del ofrecimiento en placas separadas por láminas de caolín en la erosión de los granitos del contacto entre Galicia y Portugal. El final del meteorismo es la facies de *sabrón* (*). Hay una circunstancia muy digna de mención; en San Román, en el coto Quiechar, hay afloramientos de granito con mica negra, en cristales bien marcados; estos cristales de biotita son sintomáticos de metamorfismo, ofreciéndose cambio de la mica potásica y alteración de cloritas, etc. En la tierra, derivado final de la erosión, se aprecian estos cristales epigenéticos, en fenómeno muy digno de notarse.

Ya desde esta zona, y en gran trayecto hacia el Norte, empiezan a verse, desde Meirama, las obras del nuevo ferrocarril Orense-Vigo, y las carreteras auxiliares de acceso; hasta Cerceda, el granito, algo porfídico, de mica blanca y poca negra, con erosión en bolas regulares, pero sin fracturas que lo conviertan en brechoide (cachote), se alza por todas partes, produciendo monotonía de pequeñas bolas y regulares arbustos que las sujetan en aspecto continuo, sin huecos ni calvas. En los cortes de pequeñas canteras se aprecian, primero, una capa de *sabrón* o material casi suelto, con alguna delgada capa de caolín producida por aglomeración en el meteorismo continuo que sufren estos bloques cuando tienen diaclasas largas o potentes, que los seccionan; hasta llegar a la roca sana hay que penetrar varios metros desde la calle, a veces, quizás, 8 ó 10. Las tierras, todas, son de arena y detritus caolínicos (*sabrón*), sin *cachote* aparente.

Desde Cerceda hasta Portofranco, verdadero puertollano entre los pequeños arroyos de la zona granítica, algo más alta a la pizarrosa oriental, va un camino de unos dos kilómetros de NE. a SO., que deja, en línea paralela y al NE., un llamativo flón de cuarzo, casi seguro corrida de pegmatita, que llega a su punto máximo y descarnado en el monte Ramaquiño o Ramalliño con su vértice Trigüeiro, de metros 398 de cota; esta banda pizarrosa ensanchada, algunas veces al NO., pero en contacto con las pizarras granitizadas de Xermaz, se corre por Lousa y Campo Rapado hasta San Vicenzo y Pedregal, señalando realmente la separación entre granito y pizarra, desde Cerceda hacia el Sur, tierras de Lago (SO.), desde donde corre la línea de separación hacia el Este (Enfiesta) para subir a Enerobas y hacer la línea ondulada de separación por Xalo (452) a Castelo, Fornos, Sigres, Linares, Choeira y hasta la ría de Betanzos en Fuente Culler y paso de la ría (m. d.) en el Km. 5 de la carretera de Pasaje. Reseñamos esta línea para dar una idea de sus ondulaciones, pues no

(*) En arena (sable?) casi suelta.

sólo se mezclan mucho las separaciones de granito a pizarras y migmatitas, sino que aun se complican mucho los contornos de los terrenos modernos, pleistoceno y holoceno en general; aun se comprenderá mejor el valor como orientadora de esa línea límite, si observamos que las pizarras se arrumban al NE. en general y particularmente cuando los estratos son especiales, como los cloritosos y algo grafitosos de Xermar, monte bien próximo, que van a unirse posiblemente con los de Castelo y borde de la ría de Betanzos y quizá mejor por la recta del ferrocarril en San Félix de Vijo y y el apeadero de Paderne, casi en la salida de Betanzos. Según ese rumbo general de norma, lo mismo se habían de orientar al NE. los xenolitos de pizarra, aislados por la venida del batolito, que los ojales de granito (sano sin *sabrón*) por bajo de pizarras y felsitas, es decir, unos y otros en isleos alargados, más o menos elípticos en rumbo NE.-SO. Sería, pues, pectiniforme, según los pequeños rodales orientados como las puntas de un peine, al NE., desde la línea media que, pesadamente, damos como orientadora de separación.

Al seguir desde Moirama hacia el O., aparece en paisaje pintoresco y en piedra berroqueña el túnel de Vista Alegre, de la nueva línea Orense-Vigo, y lo mismo ocurre en los terraplenes de Vilar de Fraga y otros isleos de granito, como son Santa María de Celas en ese valle y Sésamo, frente a San Martín; piedra de pizarra, propiamente, sólo se ve por Altamira (kilómetro 8 de la carretera a Pontevedra), es decir por ejemplo, en los lindes de la media hoja sedimentaria.

Del mismo modo merece la pena de citarse, en caso práctico, alguno de los encuentros de fondos arcillosos modernos, por ejemplo, en Santiago de Sigras, rodeado de pizarras, y Carral, en disposición parecida. En las laderas entre Abegondo y Carral, en las laderas de los pequeños valles, se aprecian las entradas del granito en las pizarras, llegando en parte a la granitización. Pueden citarse ejemplos en: Salgueiros (granito), Lodeiro y Castelo (M. Jalo), en las que aparecen las pegmatitas indicadoras de aureola de apófisis, particularmente en La Iglesia, San Martín y Palleiro.

Depresión de Cambre

Cambre se encuentra entre la orilla derecha del río Mero y la carretera del puente del Puero, en una banda E.-O. de pizarras arcillosas, algo lustrosas cuando sanas, de poco más de un kilómetro de ancha (N.-S.) a cinco de larga (O.-E.) y entre dos depresiones en la misma colocación de Levante a Poniente. Ambos son ríos, escaso el del Norte, Gándara, y más amplio el del Sur, el Mero; el origen de ambas depresiones está en la impermeabilidad de las pizarras atravesadas normalmente por los cursos de agua y desgastadas hasta formar esos

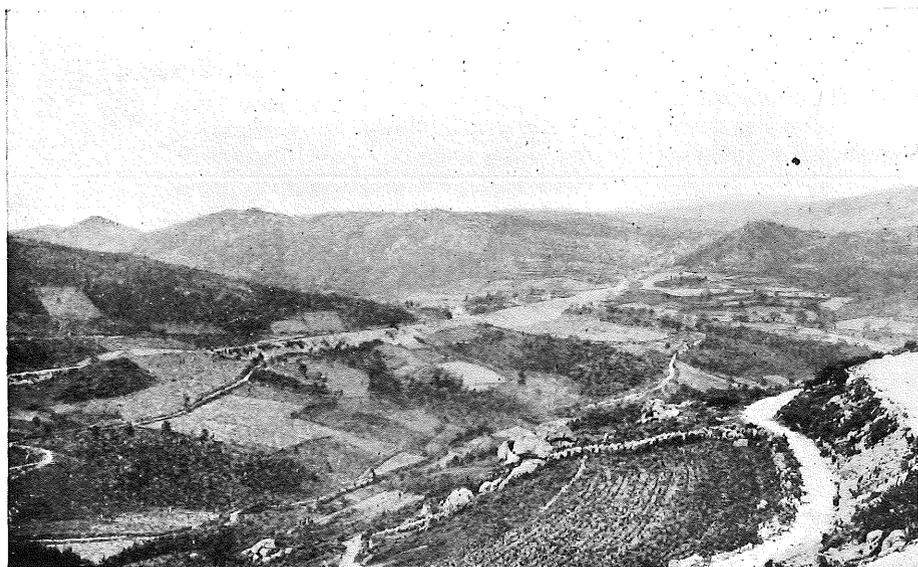
canales que aislan a la banda en Cambre. El diluvium (pleistoceno o diluviano) del río Mero se extiende hasta Betanzos (*).

El recorrido de la esquina NE. de la Hoja lo hacemos saliendo de Betanzos, contorneando la gran cantidad de marismas de la ría hasta el puente del pasaje de Pedrido, donde termina el tramo recto de la carretera, el ferrocarril y la ría, que se abre en costa a los dos lados. Todo el trozo es pizarroso; desde los tramos pardos y alterados de la capital (arcilla, arena, caolín, algo de sericita, etc.), pasamos en San Martín de Tiobre a pizarras negras de fondo cloritoso, con la norma general de rumbo NE. y buzamiento NO.; quizás, en parte, se pueda referir a la serie de migmatitas, pues entre las muchas arrugas que tiene en dirección, con aspecto de vibración por compresión, se introducen finas vetas de caolín o mejor de feldespato caolinizado, que va deshaciendo la roca en las cunetas de la carretera y el cantil del ferrocarril, que pasa por bajo y a su cargo. Lo mismo ocurre en la continuación del acantilado por Santa María de Souto. En el tramo recto del apeadero de Paderne, se ofrece un bonito tramo de pizarras negras alternadas con otras cloritosas y amfibólicas, que tienen gran dureza y lisos planos y rectos; se arrumban casi a los 45° del NE., en disposición semejante a la citada hasta Teixoeiras (Teijoeiras), al sur de Carral y hacia el centro y final de la Hoja, en su parte oriental pizarrosa. Las pizarras negras tienen su parte grafitosa pura como cutícula, pues debajo de esa lámina son duras y menos carbonosas, recuerdan a las ampelitas gráficas, y con ellas se puede escribir, pero todo el tramo carece de la flexibilidad de los estratos gotlandienses, de los cuales podría simular un metamorfismo; más bien, quizás, corresponda a un tramo alto del arcaico con pizarras cloritosas y rocas verdes. Estas pizarras duras se inclinan de modo variable: al NO. casi verticales y encorvándose de SE. a NO., como en pliegues no rematados. Sus lisos son firmes y con frecuencia se presentan brillantados, como espejos de resbalamiento, en los cuales luce el verde, como traslúcido en las estrías resaltadas que recuerdan láminas de metaxita. Lo mismo en las verdes que en otras pizarras azules con ellas alternadas tienen filoncillos incluidos de cuarzo, probablemente segregado de su masa, pues no se le aprecia, en la mayoría de los casos, acceso externo; las fisuras y vetas más curiosas son planas y estrechas con los planos, más visibles en los cortes, tapizados de cloritas. (pues parecen varias especies) dispuestas en delgadas laminillas, unas veces pegadas a los planos de la diaclasa y otras en penachos, como lo suele hacer el talco, y plumeros, con estrella o no, distribuidos rítmicamente, cada cuatro o cinco milímetros ofreciendo precisamente sus brillos y colores de verde oscuro (clinocloro, ripidolita); por fin, muchas de estas fisuras y despegues de diaclasas están tapizadas por laminitas de uno a pocos milíme-

*) Véase también pág. 89.



País pizarroso aplítico. Hacia la entrada de la ría.



País aplítico.

tros de calcita transparente, que difícilmente se pueden referir a una oficalcita. Toda esta roca, dura en los cortes recién hechos, se va ablandando por meteorización hacia la parte alta, donde por alteración de los feldespatos o de la muscovita pasa a las arcillas sueltas, algo caolinizadas y revestidas de laminillas de sericita, en completa descomposición. Las fisuras con los penachos y estrellas de clorita, aunque no siempre, suelen estar al hilo de los pliegues y arrugas de la roca verde; en las láminas o planchas más azuladas y de aspecto de filadio se aprecian dimensiones lisas de 10 a 15 metros en cuadro, dimensiones que, si no por la clase de roca, recuerdan las grandes placas de Sedes.

Por Campolongo, de la vía a la carretera, subiendo por el cantil continúan las pizarrillas grafitosas, pero perdiendo su carbonosidad; el tramo negro y duro puede decirse que se aprecia desde San Martín de Tiobre hasta Paderne, en unos tres kilómetros.

Si prescindiendo en el lento recorrido pasamos rápidamente a los estribos de la nueva carretera a Coruña, desde el espigón de Yusma (m. d.) a la margen izquierda, en el pasaje del Pedrido, estribo y margen izquierda, apreciamos que la roca es negra y dura, abajo, al pie del río, con penetraciones de feldespato y aun se conserva sana (neis nodular y pizarroso) en los estribos que se han abierto para ensanchar la carretera, pero donde las laderas han estado sometidas al constante meteorismo y atmósfera marina se hace visible la constante alteración parda, caolínica hasta llegar, en la parte alta, a sílice, arcilla y laminillas de sericita en las caras pizarrosas. Estas rocas estratificadas, muy metamórficas y cristalinas, forman el armazón de la margen izquierda de la ría en su avance hacia Bergondo y se puede apreciar cómo el extenso Cuaternario de la ría en su fondo, se ofrece en bajamar por los islotes y orillas limosas y potentes, así como las laderas aplanadas y laborables hasta las cotas 60 u 80 de las carreteras.

Las tierras laborables que forman terrazas hacia esas alturas proceden de pizarras pardas y algo caoliníferas y desde ellas hasta las 150 vuelven las pizarras duras y a las que nos hemos referido al hablar de los límites morfológicos de la cuenca de la ría, la cual está mandada por las bandas profundas metamórficas, serpentinosas y amfibólicas que antes hemos visto en Paderne y en el Pasaje de Pedrido (de San Isidro a San Juan de Ouces). En cualquiera de las tierras altas se encuentran como productos de alteración: cuarzo, clorita, calcita, grafito, sericita, etcétera.

Entramos en la hoja de La Coruña comprobando el mismo terreno pizarroso con ablación y vamos a la zona de San Salvador de Bergondo y Santa Marta de Babío; en todas partes pizarras de metamorfismo, cuando sanas, sin migmatitas. En Santa Marta el grado de meteorismo, quizás influido por los vientos y efluvios marinos, es tan profundo que los granos arcillosos y de arena parecen eólicos y

ya en los altos, (suaves) entre Babio y Santa María de Guisamo se ofrecen las pizarras con impregnación de granito, particularmente por los feldespatos. Parecidamente ocurre en las pizarras hacia Bergondo y más al Sur por Vijoy y canteras de Castro (Km. 21), donde parecen distinguirse algunas pizarras negras, como las de Paderne y Sedes.

Para recorrer el borde oriental (Este) de la Hoja utilizamos como eje la carretera de Golada a Betanzos (parte de la de Madrid); subiendo hasta el Km. 580 todas las rocas son pizarras azul claras (NE. buzamiento NO.), blandas al meteorismo y en las cuales se excava el cauce del río Mandeo en garganta; las mismas pizarras, con muy burda exfoliación, son las de San Martín de Brabio, con el mismo rumbo e inclinación (NE. buzamiento NO.).

Llegamos hasta el Km. 52, desde donde regresamos por Santa Cruz de Mondoy, contemplando un castro viejo y varios pintorescos panoramas escenario de algunas películas españolas («Odio» y «La Casa de la Troya»); continúa la misma cobertera arcillosa con el mismo diastrofismo. Domina el terreno diluviano y pizarras que en ocasiones (cantil Sur de la carretera) son semejantes a las anfibólicas del Km. 9 en Paderne. En el Km. 57, cruce desdichado de carretera de Mellid y ferrocarril, por el número de víctimas ocurridas en él, y no lejos del poblado llamado Veinte, por el día de feria que a sus campos corresponden, vemos, en una rasa, pizarras arcillosas sumamente alteradas, con granitización, repetidas hacia las pizarras de los pinares del Km. 54, pueblos Amarante y Oza de los Ríos; puede decirse que la granitización se extiende desde el Km. 47.

Por el Km. 58, unos tres kilómetros antes de Betanzos, las pizarras se alteran por su feldespato, es decir, por sus nódulos de granito incluídos; por la carretera de Payo (Sampayo ?) de Vilacoba, en fragosas orillas del Mero, testigos de tristes acaecimientos, domina el diluvium rojo con pizarras lucientes y sólo arcillosas en cunetas y altos lisos y de aspecto granitizado; otras veces alternan con losas del tipo de Sedes; desde San Salvador a San Esteban de Vivente las pizarras molidas por el meteorismo, alternan con algunas otras más duras, el meteorismo parece avanzar en relación con la superficie y orientación a los vientos dominantes, y va cambiándose el afloramiento con la profundidad; desde el diluvium rojo con las arcillas arenosas y sericetas se pasa a las pizarras arcillosas, luego a las pizarras tipo Sedes, otras pizarras tipo Paderne, y quizá, como finales, las granitizaciones, pegmatitas y migmatitas; proponemos esa escalilla por observación intuitiva. Deben añadirse como variantes las aglomeraciones arcillosas con pudingas poligénicas de cuarcita.

En Santiago de Meangos, ya casi al Sur de la parte oriental de la Hoja, domina la pizarra arcillosa, particularmente en la parte alta, y enoima arcillas con pudingas de tipo plioceno. Cerca de Requian empieza la gran mancha de plioceno que llega hasta la capital del Condado.

Excursión de enlace

Como excursión de enlace, entre las hojas de Coruña y Betanzos efectuamos dos, entrando por el puente de Pasaje y recorriendo la línea de Arteijo-Mesoiro, como ya hicimos en la de San Salvador de Serantes.

Desde Betanzos, en unos seis kilómetros hasta el 590 de la carretera de Madrid, después de pasar piedras blancas (pórfidos caolinizados), alternan los rodales de pizarras claras, algo pardas, en el grado arenoso y algo caolinífero, que consideramos el segundo de meteorización; alternan, decimos, en asomos planos, rodeados de tierras cuaternarias.

Los rodalitos apenas pasan de 500 metros a lo largo del rumbo de su pizarra alterada, que no suele cambiar su rumbo NE.; el aluvial se refiere a terreno de labor o de arbustos, siempre cuaternario, siguiendo así hasta el Pedrido; en el kilómetro 590 hay un banco de pudinga que corresponde a la banqueta de la terraza inferior; los elementos poligénicos son de cuarzo, gneis y algún trozo que parece de pórfido. El agua freática se encuentra en esta rasa de tres a diez metros; la media de cuatro a seis metros, la variación consiste en los pequeños altos. Unido a los ruidos de aluvión, debajo, hay láminas arenosas con manganeso a veces, que recuerdan las formaciones de Santaolalla, Benquerencia, etc., de diluvial de Lugo. Las pizarras, siempre blandas por meteorismo (muertas), han perdido su cristalinidad.

En las orillas de los cantiles, cerca del puente, se aprecian los pasos del granito a las pizarras granitizadas y, quizás, algo de gneis por presión, a poca altura del granito hacia la superficie.

En los contactos del granito, cerca del puente del Pasaje, se encuentran de fondo granito con tendencia básica a gabarros, tongada o lisos de granito más ácido y claro, y encima gneis de tipo pizarroso, ya tapado por alguna edificación y alguna cuarcita.

En el Burgo, camino de Santiago, granito común, algo porfídico, pero después, en Rutis y Vilaboa, se sale otra vez a la porción occidental y granítica de la Hoja. En la parte baja de las obras para las aguas asoma el granito; en las arcillas holocenas baja el nivel piezométrico hasta siete u ocho metros; son muy frecuentes, en esta parte alta, las tongadas de sabrón con relevo a pizarra. En Albedro pizarra, y ya granito en Hermida, para volver a pizarra en el Agra de Barguan. El agua baja de 11 a 13 metros. En Castro, al sur de Albedro, en Eiris, barrio de Vilaboa y hasta Martinete, junto a San Vicente de Elviña (*), y más al oeste, en Martinete, recorreremos una zona de dos

(*) Elviña, última batalla con los de Napoleón. Recuerdo a las luchas de la Independencia.

clases de granito, común con gabarros y (fractura en cachote) otro más bien porfídico con gneis pizarroso y porfidos granitoides, sin duda reaperturas de magmas de nueva erupción, según se aprecia en los hastiales cortantes y verticales en la pizarra y el granito, corridas largas, rectas y sus potencias llegan a más de 13 metros con xenolitos de granito. Estos diques porfídicos corren al ENE. de Mesoiro a Martinete, hendiendo el país granítico; debe de haber una serie más al NO., que van de Patoriza al Orzán, en cuyos acantilados, y en asomo casi vertical, salen al mar. En los recorridos de Arteijo, en contacto con las tierras de Castiñeira, volveremos a encontrar 1 s porfidos granitoides, en la Hoja de Betanzos.

Para hacer un recorrido por los cantiles de Arteijo vamos por la carretera de Finisterre a Santa María de Pastoriza. El conjunto de granitos de dos clases, pegmatitas, pegmatolitas, gneis, pizarras granitizadas y otras aplíticas, hasta pasar a cloritosas y metamórficas, marcan una zona muy interesante en menas de wolfram, estaño y arsénico, así como representación típica de aureola alrededor del gran batolito que se extiende hacia el mar: Malpica, Nariga, Corcubión y hasta Portugal. Es suelo geológico que marca frecuentes oscilaciones penetrando en migmatitas a los estratos que varían en su aspecto de precambrianos a georgienses, pues la serie arcaica completa no se presenta. Hay detalles dignos de notarse como sintomáticos: granito porfiroide, como roca lateral de metales pesados y pegmatitas de mispicquel aurífero y cerca de las pizarras penetradas de magma, no muy granitizadas, líneas y estratos negros, grafitosos, unidos a pizarras anfibólicas y masas de aspecto serpentinoso, con paso a gabros, como ocurre en las proximidades del Monte Neme de Carballo, hasta varios kilómetros al Sur, hacia Santiago; quizás ofreciendo las gruesas trazas de las más modernas grietas básicas.

Volviendo al terreno detallado de la Hoja en Arteijo encontramos aguas termales (Balneario), pizarras con señales de metamorfismo (silicatos) y cantiles de granito porfiroide. Vamos primero a Suevos (San Martín) y a los asomios de Pastoriza (Santa María), correspondiente a los límites de la hoja de La Coruña. Todo el recorrido desde Suevos (punta de Trabe) hasta punta Cancela y playa de Alba ofrecen el mismo aspecto aureolar de metamorfismo a que antes hemos aludido: pizarras de andalucita, repetidas pegmatitas al hilo de pizarras y migmatitas penetradas que con gneis aplíticos acompañando el conjunto NE. llegan hasta los escarpes en banqueta de la costa; aunque menos presentes lo están las pizarras cloritosas (tipo de Sedes) y estratos caolinizados arsenicales, los ortogneis aplíticos en tránsitos de caolín y sílice a los esquistos; los ortogneis pasan en las capas más bajas a gneis secundarios por deformación; el granito es porfiroide, las pegmatitas son frecuentes y completan el cuadro tongadas de cantos rodados señalando niveles de terrazas iniciadas

en los acantilados marinos. De San Tirso de Oseiro, sobre el río Seijedo, a Cayón, se repite esta abigarrada y brillante presentación de intensos metamorfismo y meteorismo del batolito granítico; las pizarras son lustrosas y a veces granitizadas (*).

Al regresar a La Coruña comprobamos que en las explotaciones de canteras Santa Cecilia y Ugés, el granito es porfídico, pero deja esta textura en la Castiñeira, donde domina la aplítica.

De Mesoiro a Martinete, en montes de granito común, con dominio de roca blanca, se ofrece la reapertura de los porfidos graníticos de tono blanco, negro o algo rosado, quizás en relación endógena en su ascenso vertical a través del granito o de pizarras oscuras. Las intrusiones (xenolitos) encontradas han sido de granito. Las trincheras de arranque del porfido tienen 13 metros de potencia, ocho de alto y 30 de largo.

En las trincheras de un ferrocarril, en los montículos de Martinete y Mesoiro, se destacan las antiguas trincheras a lo largo de las viejas explotaciones de los porfidos, quizás en rumbo más norteado y vergencia más vertical que las rocas sedimentarias. Actualmente las explotaciones de porfido están aminoradas, y las mayores actuales, sobre el granito normal de grano pequeño, se dedican a la producción de taco o adoquín.

Las muestras de los porfidos pasan al laboratorio del Instituto Geológico.

Schulz marca tres isleos holocenos: Sierras de Mairama al SO., NE. de Callal, río Barces y río Mero.

La línea que separa granito y pizarra va desde la ría al Burgo, y desde allí confuso y por Encrobes.

Por completar los datos del terreno incluimos los tomados hace tiempo en recorridos variados y diferentes de los actuales, los cuales pueden servir de contraste o conformidad con las facies de las excursiones actuales. Hemos de advertir únicamente que las señales kilométricas en alguna ocasión, que hemos procurado advertir en su lugar, deben comprobarse con los numerosos parajes y lugares, pues ocurre a veces que rectificaciones ligeras de trazados hacen que cambien parcialmente las numeraciones de los bloques indicadores. Para guiar al lector y hacerle más fácil la coincidencia de recorridos, daremos los recorridos geológicos.

(*) Al final, en la parte minera Sn, W, nos referimos a la geología de esta zona.

Recorridos geológicos (*)

Los principales, efectuados en la Hoja 45, han sido los siguientes:

1.º Betanzos-Carretera de Colada; Betanzos-Carretera del Barrio de Puenteviejo; Betanzos-Carretera de Ferrol; Betanzos-San Vicente de Morujo (N.)-San Salvador de Bergondo-Santa María de Gisamo-San Juan de Pravia-Balsa-Lamensian-Inflesto; Betanzos-Abegondo-Montouto-Herbes-Carral-Sigras-Vilaboa-La Coruña.

2.º La Coruña-Mesoire-Viso (túnel 13)-Mesoire-Uges-Arteijo; La Coruña-Culleredo-Vilaboa-Sigras-Cambre-Guisamo-Betanzos.

3.º Betanzos-Guisamo-Cambre-Sigras-Santa María de Celas-Peiro de Arriba-(Carreteras sin marcar en plano)-San Andrés de Meirama-Cerceda-San Vicenzo-Santa María de Erboedo-Vista Alegre (trinchera del ferrocarril)-Piero-Santa María de Celas-Sigras-Carral-Herbes-Santiago de Sumio-(Carretera no figurada en el plano)-San Romás de Encrobas-Herbes-Carral-Cambre-Guisamo-Betanzos.

4.º Betanzos-Santo Tomás de Salto-Betanzos.

5.º Vilar-Traviesas-San Pedro de Visño-Santa Eulalia de Probaos-Cesures.

Debemos advertir que, siempre que ha sido posible, hemos efectuado los recorridos por carreteras, algunas de las cuales no estaban representadas en el plano, y a esto responde la repetición de lugares y poblaciones, que insertamos por favorecer la comprobación de los itinerarios.

Los recorridos no están, a veces, completamente ajustados en continuidad a las descripciones, aunque lo hemos procurado en todo lo posible. Los que se hacen saliendo desde Betanzos hacia el Este, sea por la carretera de Irijoa, como por la de Curtis, conducen a cortar el granito del isleo extendido de Norte a Sur, desde El Ferrol a Curtis, atravesando entre el paleozoico de Betanzos y el batolito eruptivo una aureola de rocas cristalinas, que están referidas al Estrato en el plano actual de 1 : 50.000.

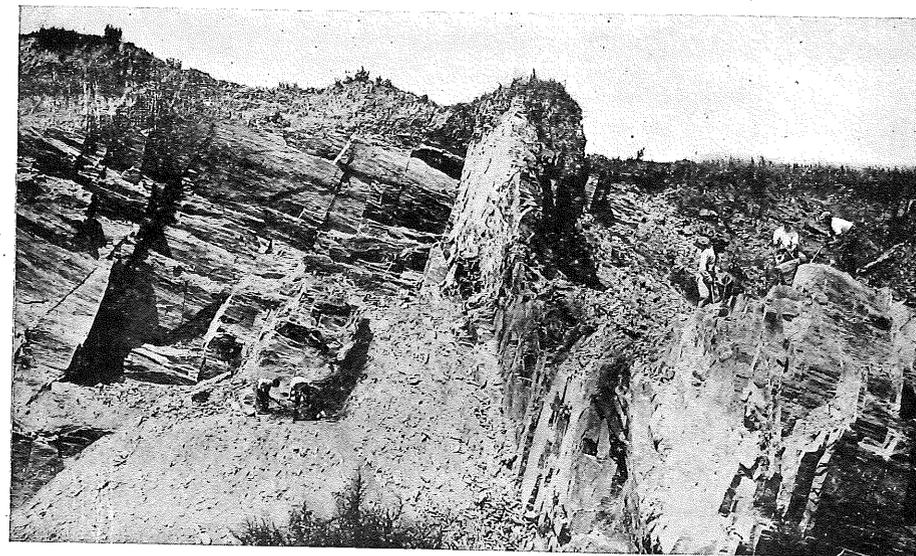
Las pizarras, vistas desde la salida de la villa hasta el monte de Conchiero, son arcillosas, del aspecto de las losas cambrianas, con dirección NO.-SE. y buzamiento al SO.; los tonos cambrosilurianos indican el intenso metamorfismo quizá logrado sobre estratos paleozoicos.

En el antiguo mapa de 1 : 400.000, el isleo cambriano de Ferrol a Cos y San Pedro de Oza, en disposición vertical, tenía unos 40 kiló-

(*) La fonética de poblados y parajes, tomados en el campo, no coinciden siempre con la ortografía de los planos.



Pizarra de actinolita cerca de Betanzos, carretera de Golada.



País pizarroso. Estratos supuestos cambrianos de la parte oriental explotados en canteras.

metros de largo por cuatro o seis de ancho, y su fundamento, aparte de la facies litológica, está en la proximidad y paralelismo de esa alargada mancha con la mucho mayor desde la sierra de la Zobra a Ortigueira y el siluriano de Vivero; es, sin duda, muy verosímil la cronología cambriana, pero sin estar apoyada en fósiles fehacientes, no nos decidimos a sostenerla, y sólo en las manchas más probables pasaremos atravesadas barras de tono siluriano. Sólo en Freijo y Vivero, aparecen fósiles ordovicienses; esta es la aclaración del tono adoptado en el mapa en un isleco mínimo.

Por la carretera de Irijoa, desde el kilómetro 2, las pizarras son cuarzosas, rumbo NE. y echado al SE., con tendencia a soldarse, y ligando en sus tránsitos a verdaderas cuarcitas; estas disposiciones se aprecian bien en la cantera de Ruibarba, a un kilómetro de Betanzos, en la cual se explotan pizarras para construcción, pues se dividen en bloque, dando buenos asientos para su colocación. Es momento de advertir que uno de los caracteres empíricos del paleozoísmo de estas pizarras se encuentra en los granillos y pintas de pirita que suele contener y que podría representar reducciones de las disoluciones salinas por la materia orgánica; esta pirita, con el tiempo y en los muros de las construcciones, termina por oxidarse y el hidróxido resbala por los paramentos, ensuciando las edificaciones y disminuyendo las condiciones de resistencia de las rocas utilizadas, llamadas en este caso *salitrosas* por los canteros y maestros de obras, que las rehuyen, buscando canteras de pizarras exentas de pirita. Desde la curva del puente de Ruibarba las pizarras son más compactas hasta la cantera llamada de croyo (cuarzo), en la cual hay un filón de cuarzo blanco lechoso con manchas ferruginosas, de una potencia de unos cuatro metros, casi interstratificado en la pizarra, escasamente *salitrosa* (*). Por la carretera de San Andrés de Obre, y en el Km. 2, se encuentra una pequeña cantera con psamitas, pizarras lustrosas, el rumbo de las cuales es NE. y su buzamiento al SE.; un kilómetro, próximamente, más alejada hacia arriba (NNE. y buzamiento SE.), la pizarra es semejante, aunque más silíceo y con filoncillos de cuarzo, que cortan a la estratificación vertical casi en disposición horizontal. Al continuar por la misma carretera de Obre se llega, ya fuera de la Hoja, al Pico de Espenuca, frente a Coiros, ya en granito, cuyo señalamiento da lugar a una modificación del actual mapa geológico de 1:400.000, aumentándose la representación de granito a expensas de las pizarras cristalinas.

Las altas laderas del Brabio, de forma cónica y uniforme, demuestran la impermeabilidad del terreno, lo cual es conforme con el predominio de la compacidad en estas formaciones paleozoicas y causa de la rápida y alta escorrentía de las aguas en las grandes lluvias.

(*) Quizás se refiera a una pegmatita escasa en mica.

Los estratos, antes de llegar a la Espinosa, se disponen casi verticalmente (NNE., buzamiento SE.), son arcillosos, algo micáceos y con menuda vibración; en algunos casos hay tránsitos a psamitas con micas algo verdosas, recordando el meroxeno; el conjunto, cuando se altera, tiene fases de sericificación. También son frecuentes las señales de dendritas. Estas capas pizarrosas están cortadas por fallas, orientadas al NO. y buzando al SO., su potencia máxima es de un metro, pero las fisuras normales son muy finas; hay pintas piritosas y alguna vez materia carbonosa que parece grafito; la facies es litológicamente algo siluriana.

A unos cuatro kilómetros hacia el SE., por la carretera de Madrid, se llega al granito, que en Coirós está limitado por el río Mandeo, el cual contornea el monte de Espinosa por su Este y el arroyo Coirós por el Sur, mientras que la colina del Oeste es de estratos de aspecto cambriano y alguna presentación anticlinal con echado al Sur. La zona de aureola homotáxica cambriana será de unos 200 metros de ancha.

En la carretera de Betanzos a Jubia, hacia el Km. 4, en la trinchera se ofrece la pizarra en gruesas losas colocadas en anticlinal orientado de NE. a SO., recubierto de diluvial. En el cuaternario de la ladera sobre el río hemos visto grandes bolos de roca verde, sin que nos fuese posible identificar el afloramiento originario (Km. 6).

El aluvial, en esta zona de Norte a Sur, alcanza su mayor potencia en forma de limos, particularmente en la orilla izquierda en las fundaciones del puente para la nueva carretera a La Coruña, se ha encontrado el firme a los dos metros, en tanto que la pila izquierda se descendieron unos 22 metros.

En el ángulo NE. de la Hoja, en pequeñas canteras próximas al ferrocarril de Betanzos a El Ferrol, la pizarra, en bloques de fina estratificación pegada, tiene dirección al NE., buzamiento al NO. y es muy *salitrosa*, es decir, con señales de hidróxido procedente de la alteración de la piritita; en los estratos de esta zona son frecuentes los filoncillos de cuarzo y las irisaciones procedentes de la limonita dispuesta en finas películas.

La facies cambriana de esta esquina de la Hoja queda más subrayada por las cuarcitas delgadas en algunas pequeñas explotaciones de piedra para balasto del ferrocarril.

La repetición de la toma de datos en las canteras es debida al ofuscamiento producido por el Cuaternario, por lo cual hay que buscar los afloramientos en los escarpes de las trincheras y particularmente en los lugares de arranque de piedra, que es donde ocurren más descubiertos y mejor presentados los estratos.

Como muestra de los cambios que tiene la pizarra que venimos suponiendo cambriana, podemos citar un pequeño pliegue anticlinal en Vista Alegre; a la salida de la ciudad, con rumbo casi Norte-Sur y buzamiento vertical, se encuentra debajo del castro romano y es

poco *salitrosa*, conteniendo señales que se asemejan a estipas de graptolítidos sin que hayamos podido identificarlos; en otros sitios, más cerca de Betanzos, estas pizarras se echan de modo dominante al Este. En toda la margen izquierda de la ría hay mucho depósito arcilloso cuaternario dominando el holoceno en forma aluvial en los fondos de la ría (el Pedrido-Salinas). Este diluvial de Bergondo se prolonga por la carretera de Guisamo, y cerca de Santa María de Babío se encuentran espesores hasta de cuatro metros con cantos rodados. Tal predominio de las arcillas modernas proviene a nuestro entender, de la menor consistencia de las pizarras y ausencia en ellas de piritas, por lo cual se desmenuzan más fácilmente con el meteorismo y contribuyen a incrementar el cuaternario con su destrucción. Las pizarras cambrianas, arcillosas y alterables se continúan desde Santa María de Babío (dirección NNE., buzamiento SSE.); se siguen por Cecebre, Loureda y Mota, produciendo una tierra más rojiza en su alteración.

Las mismas capas de pizarras arcillosas se prolongan por la carretera de Pombo a Abegondo, ofreciéndose bien a la observación hacia el kilómetro 10 con rumbo NNE. y buzamiento al SE.

En las proximidades de Balsa hay una tejera que explota arcillas que tiene varios metros de potencia (kilómetros 12 al 13) y las cuales, por su tono y pequeños trocitos de lignito y nódulos que suelen contener, las suponemos dudosamente como representativas del mioceno continental.

Para comprobar los límites de la mancha pseudo cambriana que hasta ahora hemos reconocido, hay que tomar los caminos del Oeste; en la de Santiago, ya desde San Tirso de Mabegondo, se encuentran pizarras que hay que considerar del Estrato Cristalino por su lustre y pizarrosidad arrugada; en toda la parte alta domina el Diluviano arcilloso derivado. En el kilómetro 9 hay un afloramiento de pizarra arcillosa muy descompuesta, arrumbada al NE. y con buzamiento al SE. Hacia el kilómetro 4, cerca de Herbes, y por el monte llamado Montouto, los estratos son duros, con bastante cuarzo en laminillas y los cuales se explotan con intermitencias en canteras como piedras de construcción; la disposición frecuente es orientación al NE. y buzamiento al NE., pero también hay presentaciones casi horizontales como de amplios domos; el cuarzo se mete en estas piedras al hilo y orientación NE., echado NO.; algunas pueden considerarse como gneis pizarrosos muy lucientes.

Esta prolongada serie de estratos brillantes que venimos comprobando desde el límite meridional de la Hoja y en anchuras de unos ocho kilómetros, se prolonga hacia el Norte quizás con la misma potencia aunque mayor ofuscación, y así, en Altamira, antes de llegar a Sigras y Culleredo, vuelven a tomar el mismo aspecto de pizarras muy cuarzosas y micáceas, como verdaderas micacitas.

Zona de pórfidos

Los recorridos de la parte occidental de la Hoja los hemos iniciado desde La Coruña y ya dentro del país granítico. En Mesoiro comprobamos, en una cantera, cómo el Arcaico en su tramo de gneis, queda sobre la masa eruptiva en muchos pequeños isleos a modo de xenolitos; los gruesos e irregulares lisos tienen una dirección de Este a Oeste casi verticales; el granito del contacto está bastante caolinizado.

El cuaternario (pleistoceno), en disposición de arenas y arcillas, con menos espesor que en la parte oriental, enmascara la superficie granítica o del estrato, por lo cual hay que recurrir del mismo modo que en aquella zona a la observación de las canteras.

Entre Currelo y Vío, en el extremo Norte de la Hoja, hay una explotación a cielo abierto en pórfido parecido a cuarcita, las capas verticales y orientadas al NE., potencia unos ocho metros; también podemos citar el encuentro de trozos de diabasas, como nos ocurría en el extremo NE. de la Hoja. En el Vío se puede examinar el túnel número 3, perforado en granito en su totalidad (1.435 metros), pero con alternancias de pórfidos como los vistos, hay granito y asomos básicos; el granito suele tener un bonito color de rosa. El túnel sigue una dirección ENE., y, en su final, corta otra vez la roca negra dividida en varios lisos; el granito color rosa se encuentra hacia la mitad del túnel con unos 20 metros de potencia, habiéndose encontrado también en el túnel número 2.

En Feans (O.), el granito se encuentra alterado y en los cortes que le han dado las pequeñas explotaciones para su arranque, se ha encontrado con tendencia a exfoliarse, debiendo recibir el nombre de granito gnéisico, aunque parte de la tendencia de la división pueda provenir del meteorismo sufrido.

Cerca de Uges, antes de llegar los depósitos arcillosos modernos toman bastante potencia, y por su tono y las consideraciones hechas en los pequeños manchones de Balsa, en la parte oriental, las suponemos hoy, provisionalmente, miocenas.

El túnel número 4 está del mismo modo en granito, como los anteriores; es escaso en mica y con los cristales de ortosa bien marcados. Entre Culleredo y Vilaboa, cerca de la ría, hay alguna cantera de pizarras muy cuarzosas orientadas al NE., y próximamente verticales con vetas, bien señaladas, de cuarzo lechoso hasta de 0,30 metros de potencia. A menos de 400 metros de estas capas, y después de un barranco, se encuentra el granito a la vista, debiendo marcar la separación entre el Estrato Cristalino y el Granito el río Trabe, aunque luego hacia el Sur se continúa la línea divisoria de ambos terrenos de modo bastante arbitrario y apartado de razones topográficas

de detalle. Entre Sigra y Culleredo el isleo pizarroso, no muy metamórfico, avanza hacia el Oeste con los estratos dirigidos, sensiblemente, de Norte a Sur, la pizarra es muy micácea y blanda, que ya en las canteras de Sigres se endurece haciéndose cuarcitosa y muy dura, azulada y cruzada con gran cantidad de vetas de cuarzo blanco; la orientación es Norte a Sur y casi vertical.

Hacia Cambre, los montes arcillosos toman bastante espesor, obligando a dibujar una mancha diluvial, parte de la cual quizá corresponda al mioceno continental, no demostrado hasta ahora en Galicia con fósiles, pero sí con los lignitos de Puentes de García Rodríguez, no muy alejado de Betanzos en el orden geológico.

RECORRIDOS Y PARAJES (ROCAS)

Pórfidos del Mesoiro

Yacen en diques, cortando las pizarras de modo sesgado o aparentemente estratificados con los estratos cristalinos al Sur y al Oeste de Mesoiro, siempre próximos al granito; su orientación entre las capas del Estrato Cristalino es próximamente NE.-SO., como la del diastrofismo normal en la zona. La potencia será de 80 centímetros a pocos metros. En tres parajes se ofrecen perfectamente: en una cantera colocada sobre el pueblo, en las trincheras cerca del pueblo y a la entrada del túnel 3, próximo a Mesoiro.

La masa general de la roca es gris clara, con punteados negros de mica y algunos granillos de cuarzo; más escasamente se aprecia alguna chapita de feldespato, pero hay una variedad (cerca del túnel 3), que tiene un tono algo rosado, con trocitos brechoides de feldespato, quizá calco-sódicos, y granillos de cuarzo y cristallitos negros ferromagnesianos que le dan un aspecto francamente porfiroide. La potencia llega a tres metros, explotándose en cantera sobre el pueblo de Mesoiro.

Entre las rocas cristalinas de Mesoiro, que se descubren particularmente en las canteras situadas sobre el pueblo, hay gneis bien estratificados, de grano fino y pajuelitas finas de mica que dan cierta confusión a esta roca con las micacitas.

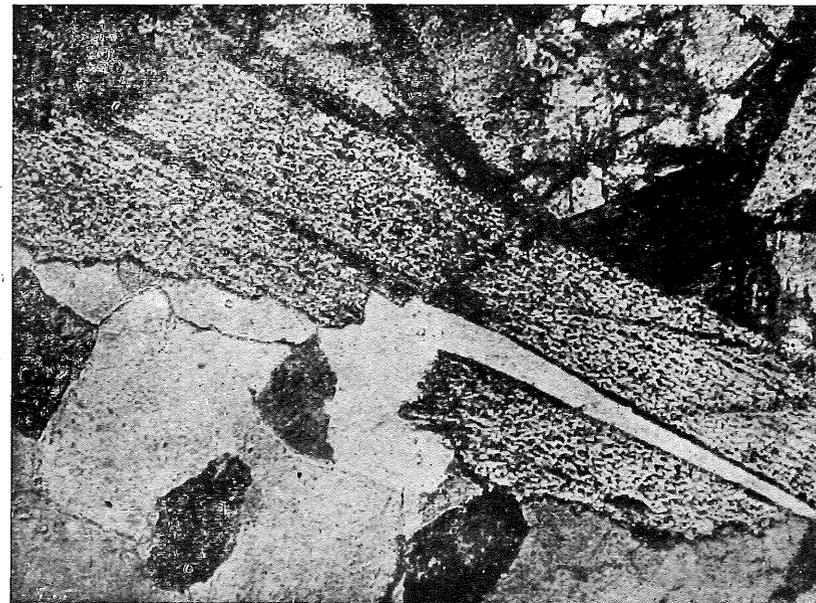
Las dioritas, de verde a negro, muy compactas, se ofrecen en cantos rodados sueltos y en afloramientos de diques, seguidos en la superficie con alternancias.

Hemos reunido los análisis petrográficos revisados por nuestros compañeros Sres. Romero Ortiz y Barrón sobre muestras de la Hoja de Betanzos.

Zona granítica (Oeste)

Un recorrido fácil por la banda granítica puede hacerse por la carretera del Ponte do Porco (*) hacia Celas, y la Nueva, hasta San Martín de Cerceda.

(*) Creemos se debe escribir en gallego, o en castellano Puente del Puerco, pero no Puente del Porco, como pone el mapa.



Pórfidos de Mesoiro. Dos fenocristales de muscovita alargados. Cristales de clorita, cuarzo y feldespato. Luz natural 45 ×.



Pórfidos. Inclusiones pegmatíticas de cuarzo en fenocristales de feldespato; nicoles cruzados. Aparato proyector recto. 45 ×.

En la carretera de Santa María de Celas (Km. 1 del empalme) los lisos de pizarras están muy alterados, casi verticales y arrumbados al NNE.-SSO.; enfrente, y próxima, hay una trinchera con afloramiento casi metamorizado en cuarcita pizarreña, por su incremento en sílice y la presión sufrida.

En Casal, siguiendo la misma orilla del río (izquierda), se encuentra primero un granito gnéisico muy descompuesto (Valiñas) y luego bolas grandes análogas a las que se producen en la alteración de esta roca en todos los países graníticos. Entre Casal y Valiña (cuenca de Sueiro) aparece el contacto del granito y la pizarra o el gneis con dirección NNE. y bastante vertical.

Desde Sigras, atravesando un suelo ondulado, se comprueba que el granito no se encuentra hasta Culleredo. En algunos sitios de Peiró a Cerceda (Km. 1, por ejemplo), se encuentra el granito rosa, lo mismo que en la zona de Uges y Arteijo; el camino entre estos dos poblados, y considerado en conjunto, tiene todo el aspecto de un paisaje del Guadarrama, con los bloques de granito redondos y aborregados sobre la masa.

Desde Cerceda se distinguen bien las altiplanicies de los montes Xalo o Jalo, que están constituidas por granitos y rocas del Estrato, con morfología que recuerda las sierras planas de Llanes y que muy probablemente proviene de la erosión fluvial en terrazas antiguas.

En la trinchera del ferrocarril, al Sur de Cerceda, se encuentra una cuarcita con bancos potentes con rumbo NE. y posición vertical, recordando algún tramo postdamiense metamorizado.

Saliendo por el camino hacia Queixas (*), en la primera trinchera de la explanación de la vía, hay unas pizarras cargadas de manganeso en forma de bióxido y algo de pirita de hierro y arsenical, dato que, aunque escaso, pone sobre aviso para considerar la Hoja como país arsenical, y es más significativa la abundancia de filones de cuarzo con manchas ferruginosas en esta zona; su rumbo es NE., y al NO. su echado; las pizarras que los contienen, casi siempre en estratificación concordante, son azules cuando son de aspecto cambriano. Estas mismas pizarras poco más allá, en la misma trinchera de entrada del túnel, se presentan cargadas de óxidos rojos de hierro.

Cerca de Meirama, en una trinchera hacia Vista Alegre, hay diabasas? con vetas de cuarzo y algunas capas de pórfidos con xenolitos graníticos de levantamiento orogénico; en Vista Alegre también hay un granito blanco de grano fino y poca mica, semejante a las aplitas.

En el ángulo SO. de la Hoja se inicia otra gran mancha de pizarras cristalinas que queda aislada y rodeada por el granito, comprobándose bien la línea de contacto entre Altamira y Vilar. En las pro-

(*) Al Sur, fuera de la Hoja.

ximidades de Santiago de Sumio se comprueba una pizarra muy alterada y muy micácea dirigida NE.-SO. y buzando al SE., en el sitio que tomamos el dato, pero cambiando con frecuencia en las proximidades del contacto granítico, por lo que cuesta trabajo deducir la ley general. Más al Norte, por San Román de Enerobas, la pizarra se hace más arcillosa y desmenuzable y el granito es aplítico en Meirama. En resumen, puede afirmarse que las pizarras de la banda de contacto, unas veces se asemejan mucho a las proterozoicas con sus facies y abundantes filoncillos de cuarzo, y otras se hacen de colores más variados y se cargan de mica, siendo atribuibles al Estrato, llegando hasta las micacitas del Arcaico. Como la diferenciación es difícil e insegura, decidimos conservar la disposición más lógica, puesto que, además, es la que domina de modo más natural, o sea el Estrato Cristalino junto al Granito, formando una banda que, a veces, provendrá de isleos cambrianos metamorfizados y otra de estratos arcaicos de los tramos altos de este terreno.

El rumbo dominante es NE., ajustado a los arcos de movimiento orogénico herciniano. En la parte oriental no empieza el granito hasta salir de la hoja de Castiñeiro, y parece tener siempre en contacto una banda estrecha de estratos cristalofilianos.

Rocas cristalinas de Betanzos

Es digna de mención una roca gris muy dura, compacta, de aspecto de cuarcita negra, y que con la lente se manifiesta en la fractura en líneas negras, sumamente finas, alternadas y comprimidas con otras de granos blancos, con el brillo de feldespatos y algunos granos redondos y transparentes de cuarzo; también abunda la piritita, en puntitos encajados en las finísimas líneas de estratificación. Aparte de la explotación natural señalada, esta roca tiene planos de fractura con tinte ferruginoso amarillento y verdoso, como es frecuente en los lisos que conducen, por capilaridad, las aguas procedentes de alteración de piritas. Cuando la roca no está sana, sino que empieza a caolinizarse, se divide en hojas que llegan a ser múltiples y finísimas, y son las que mejor dan idea de la textura gnéica de la roca.

Desde Abegondo a Enerobas se encuentra gneis parecido con los lisos micáceos, y soldados los de estratificación en roca gris compacta que se asemeja, en ocasiones, a las cuarcitas proterozoicas. Los lisos micáceos, vistos de plano, tienen vibración, mientras que,

examinada la roca de canto, transversalmente, a su fina estratificación, no se aprecia la mica, sino los delgados trazos de la exfoliación, dentro de la compacidad de la roca, que se fractura casi de modo concoideo, y entre ellos se distinguen los filoncillos de cuarzo de hilo, y en todos ellos la formación a granos muy inferiores a un milímetro, dispuestos en hiladas de planillos, algunos verdosos, quizá por el anfibol, y otras con amígdalas más gruesas de cuarzo cristalino o de feldespato.

En cuanto la roca comienza a sentir algún meteorismo, se empiezan a señalar las hojas de crucero, y con la lente ya se diferencian muy bien los granillos blancos de feldespato de las diminutas hojuelillas de biotita, que antes sólo se acusaban en la fractura de plano. Hay variedades muy micáceas en tránsito a pizarras cristalinas.

Las rocas sedimentarias, próximas al gneis, y con él incluídas en la aureola metamórfica del granito, son arcillosas grisverdosas y muy micáceas en su mayoría; cuando sanas, mientras que en los lisos de fracturas y en el frente expuesto al meteorismo, la sal ferrosa, que procede de los puntos de piritita contenidos en la roca, se oxida y se descompone, formándose el hidróxido de hierro, en las caras donde se han vehiculizado las sales de hierro, transversalmente a los planos de pizarrosidad, se aprecian las variaciones de las finísimas tongadas, pasando de arcillosas a silíceas, llegando, paulatinamente, a samitas y a simular verdaderas cuarcitas, con lechos micáceos escasos y otros muy delgados de cuarzo lechoso; con frecuencia abundan los granos de piritita de estas cuarcitas gris oscuras, que son excelentes rocas para construcción.

El cuarzo es muy frecuente en estas aureolas pizarrosas del granito y es muy semejante, ya corte estratos de aspecto Cambriano o del Estrato Cristalino; en ambos casos, es cristalino en granos y placas que tienen tonos de hidróxido y algunos nódulos y laminillas de clorita; en algunos afloramientos se presenta cercado y con muchos huecos ferruginosos, lo que hace suponer que tenga alguna piritita de hierro.

La manera de yacer varía según vaya aproximadamente al hilo de los estratos o cortándolos; cuando se dispone según las capas, particularmente si éstas son cristalinas próximas al granito, se ofrece con líneas de división irregulares, en el sentido de la pizarrosidad, mientras que se encuentran unas en masa y con montera ferruginosa cuando son transversales a la estratificación.

Merecen también citarse lo mismo al NO., en Mesoiro, que hacia el centro de la Hoja (Veira, Montouto, hasta Abegondo), algunos diques de pórfido, los cuales, cuando se alteran, se desgastan con facilidad, y ocurren entre las pizarras con escaso relieve por su mayor blandura, una vez transformados en caolín, lo que les hace tomar un tono blancoamarillento de granos menudos y confusos, salpica-

dos de otros netos cristalinos de mica, de cuarzo y algunos quizá de elementos ferromagnesianos (*).

Otra mención merecen las pizarras, muy lucientes y micáceas en grandes lajas onduladas, que asemejan micacitas, pero que vistas en fractura transversal, tienen laminillas muy delgadas y finamente granudas, que establecen el tránsito entre las pizarras cristalofilia- nas y los gneís muy micáceos alterables en *mil hojas*.

Granitos (Oeste)

Esta roca, bien representada hacia la parte occidental de la Hoja, ofrece, a primer golpe de vista, tres variedades en su aspecto: negro, blanco y rosa, diferenciación que es menos esencial que aparente, pues depende, en parte, del grado de sanidad o alteración en que se encuentra la roca, o lo que es igual, la mayor o menor distancia de la superficie, que marca empíricamente el grado de penetración de las aguas meteóricas y del oxígeno. De cualquier modo, y en circunstancias semejantes de yacimiento, se deben admitir los tres tonos.

El granito negro, dominante de Arteijo a Mesoiro, en la porción NO. de la Hoja, tiene granos bastante igualados de varios centímetros; el predominio es de cuarzo oscuro y de lustre graso muy mezclado con las manchas verdosas de la biotita y de una mica que parece meroxeno; el feldespato, no muy abundante, está representado por placas de brillo típico y tono más bien agrisado, como toda la parte que podríamos llamar clara de este granito. El tono conjunto es oscuro, tirando a verde, y es roca muy sana y fuerte, apropiada para construcción, aunque como ornamental tiene el perjuicio del color.

Este granito, que dentro de su matiz podríamos considerar como normal, pasa por tránsitos a otra clase, con predominio de fenocristales de feldespato, ortosa y albita, y escasez de mica negra en pequeñas tiradas; el aspecto es de granito porfídico, en que los grandes cristales, casi en contacto, sean de feldespato con ausencia de cuarzo y muy poca mica, resulta una roca preciosa con labra y pulido. Como variedad, podemos citar el granito verdoso de grano menudo en los tres elementos, y entre los ferromagnesianos, mica negra, otra verde, algunas pajuelas de muscovita y quizá algo de anfíbol; los planos de fracturas tienen mayor cantidad de hidróxido que los del granito negro, en el cual, el hierro, cuando se encuentra, es en forma de pirita.

(*) A veces contienen xenolitos de granito. Véanse Pórfidos, pág. 88, y Excursión de aplaca, pág. 81.



Pórfidos. Trama de cristales de feldespato plagioclase, cuyos intersticios están rellenos por el anfíbol. Luz natural $\times 45$.

En contraposición al granito negro, tenemos el llamado blanco, hacia el centro de la parte occidental, que tiene este tono por su predominio de mica blanca y mayor abundancia de feldespatos, que llegan a ponerse casi en contacto, pasando el granito porfiroide y a la biotita y maclas verdes, pero el tono blanco de sus feldespatos alcalinos, casi siempre ligeramente caolinizados, hace que se confunda con el granito negro. El granito blanco de grano grueso está cortado, frecuentemente, por apófisis o diques pequeños de microgranitos con escasez de mica y cuarzo, que cortan en bandas compactas y más blancas la fractura del granito normal.

Ménos abundante y uniforme que los anteriores, toma su tono rosado del feldespato ortosa con tinte de carne, que es el elemento más abundante de los tres de su masa; el cuarzo escasea, y en cuanto a los ferromagnesianos carece de muscovita y tiene mica negra o verdosa con cristales de anfíbol muy verde de diálaga (?); además, debemos citar unas hojuelas negras que brillan a puntitos submetálicos que parecen referirse a magnetita o ilmenita.

Cuando el grano es menudo (de pocos milímetros cuando más) la roca tiene una preciosa presentación, destacándose sin gran enlace los puntos verdes ferromagnesianos sobre el tono uniforme y rosa vino de ortosa. En tránsitos suaves se pasa hasta el granito de gruesos elementos, hasta de más de un centímetro, con poca mica y los feldespatos en contacto, en textura, que, salvo el tono, recuerda los granitos oscuros de grandes cristales, explotados como piedras de construcción y ornamento por casas especializadas.

Los términos finales de alteración del granito son masas blancas de caolín, con manchas negras o verdes y otras ferruginosas de hidróxido.

Composición química de un granito normal de dos micas:

Sílice	71,09	%
Óxido de hierro y alúmina	16,74	—
Óxido de manganeso	0,89	—
Óxido de titano	0,10	—
Cal	0,84	—
Magnesia	0,86	—
Álcalis	7,10	—
Pérdida de calcinación	2,14	—

Algunos aspectos de las rocas cambrianas

Como ya hemos visto, son dos las zonas esencialmente cambrianas en cuanto a sus facies: los extremos opuestos en diagonal NE. y SO. de la Hoja. Al NE., cerca de la ciudad de Betanzos, las pizarras, cuando están sanas, llegan a verdaderos filadidos tegulares de sonido campanil y división en lajas, aunque no muy perfectas; el tono es típicamente gris pizarroso, con algunas diminutas hojelillas de mica, que tienen la tendencia a reunirse en planos hasta pasar al aspecto de pizarras cristalinas.

Se pueden citar, entre las rocas eruptivas que atraviesan en diques los estratos antiguos, las dioritas dispuestas en bolas en la superficie por la igual alteración experimentada en rocas de composición uniforme. En fractura fresca el aspecto es verde muy oscuro, clareando por alteración en la cutícula superficial, y sobre la cual se destacan en verde oscuro las secciones de los anfíboles y algún piróxeno de la masa. Esta roca es muy pesada y a propósito para el firme de caminos o balasto por sus trozos ásperos y pesados al quebrantarla.

Entre las rocas de facies cambriana de la zona de Cerceda (SO.) se encuentran pizarras grises, exfoliables sin llegar a filadidos y que llevan a veces láminas estiradas o en flores finamente planas de piritita, que da un aspecto muy bonito e igualmente dorado en las fracturas escalonadas vistas de plano. Cuando la alteración avanza en estas pizarras los planos se van cubriendo de limonita en todos los grados de hidroxidación, desde hidróxidos acaramelados de procedencia de la piritita hasta láminas de ocre.

Las dioritas y diabasas de esta zona aparecen muy alteradas en la superficie.

VI

TECTÓNICA

Es propósito de la Dirección del Instituto Geológico de España reunir en un trabajo todas las teorías que prevalezcan en cada región sobre sus movimientos tectónicos para procurar interpretarlos con su valor en la historia evolutiva de nuestro país. No obstante y aun cuando las ligeras ideas que aquí apuntamos sean de análisis y crítica a las hipótesis anteriores, las consideraremos convenientes para la orientación del lector y como justificada preparación a las deducciones que propagamos al sintetizar los estudios orogénicos.

Según Macpherson, el arcaico gallego buza al NO. y al SE. siempre que se encuentra libre de las erupciones graníticas. Al llegar a la ría de Foz, desde Ribadeo, penetrando en las pizarras arcaicas, se la encuentra con buzamiento al SE. y después de la áspera sierra Faladora, en la Capelada, vuelven a manifestarse los mismos pliegues; las pizarras serpentinosas de las proximidades de Santa Marta de Ortigueira buzan al SE. y los Fallarones próximos a la costa, en Lariño, lo hacen al NO. Igual fenómeno se repite en todo el arcaico de Galicia cuando se le considera a grandes rasgos, y todo induce a creer que, a semejanza de lo observado en la cadena litoral, grandes pliegues orientados de SO. a NE. fueron la característica en esta región de las dislocaciones del Arcaico.

Macpherson suponía que las pizarras cambrianas, cubriendo las cristalinas y formadas a sus expensas, aumentaba en sitios el tamaño del grano fino del sedimento, y en algunos sitios llenas de trocitos de filadidos y otras rocas, pasaban a constituir verdaderas grauwacas.

Insiste el geólogo andaluz en la significación que las rocas detríticas, hasta las pudingas, que dice haber encontrado, tendrían, en su demostración de proximidad de tierras emergidas, de las cuales, por el removido de las olas o por las aguas meteóricas arrastradas, irían los gruesos elementos de las pudingas a depositarse en los futuros sedimentos costeros. Suponía, pues, de modo seguro, demostrados los levantamientos anteriores al Cambriano, que se podrían incluir en la serie huroniana.

Nosotros, sin embargo, no hemos tenido, hasta ahora, la suerte de encontrar esas rocas de almendrán, ni siquiera las nerfíticas de gruesos elementos poligénicos, por lo cual, en sincera revisión, no podemos apoyarnos en los argumentos de ella deducidos para fundamentar los movimientos precambrianos. Más nos inclinamos a la admisión de los movimientos precambrianos en la primera hipótesis de Macpherson, cuando creyó encontrar la demostración orogénica en la discordancia entre los isleos geológicos y los estratos contenidos en ellos. Suponía que las masas pétreas gallegas se orientan de NO. a SE., mientras que los buzamientos de los estratos arcaicos obedecen a una dirección en ángulo casi recto.

La explicación de esta contradicción —dice— queda clara cuando se considere que con anterioridad a la época siluriana había sido esta comarca, a semejanza de la región carpetana, sometida a un esfuerzo lateral que plegó y dislocó sus estratos de NE. a SO., y que cuando surgieron las grandes masas graníticas, que han levantado y atravesado el Siluriano, quedaron los pliegues del Arcaico segmentados por estas masas.

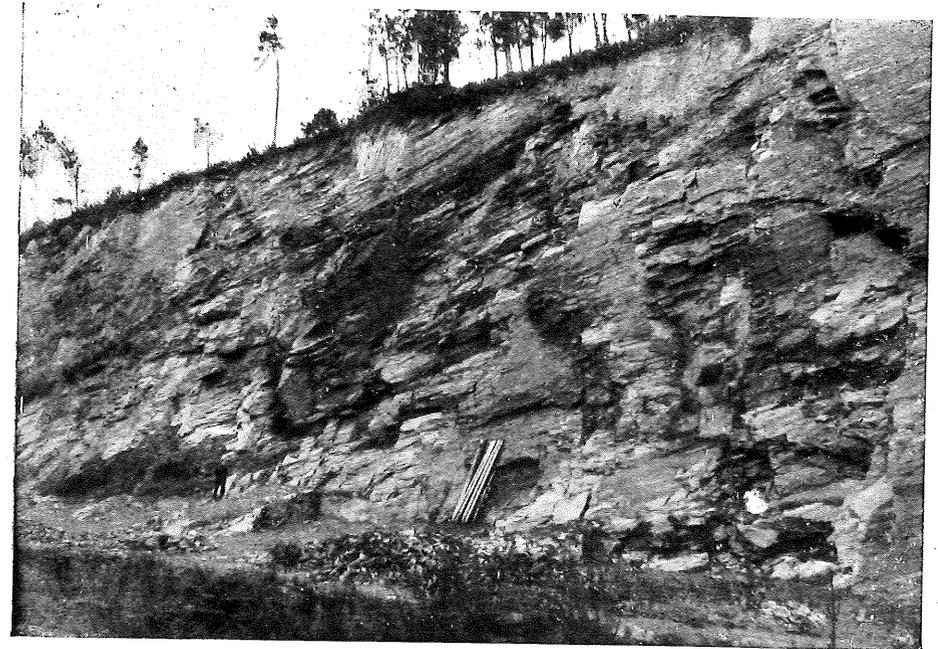
Las observaciones de Macpherson debieron hacerse sobre antiguos mapas, en los cuales estaba mal señalada la posición de los isleos, pues lo cierto es que las masas pétreas se ajustan bastante bien a los arcos de los estratos paleozoicos, demostrativos de los movimientos hercinianos.

Los movimientos pirenaicos son evidentes y están acusados por los depósitos miocenos lacustres de la costa y de los grandes valles (Foz, Monforte, Puentes), sobre los cuales se ha cumplido la erosión fluvial en terrazas; quedando enrasados como los actuales.

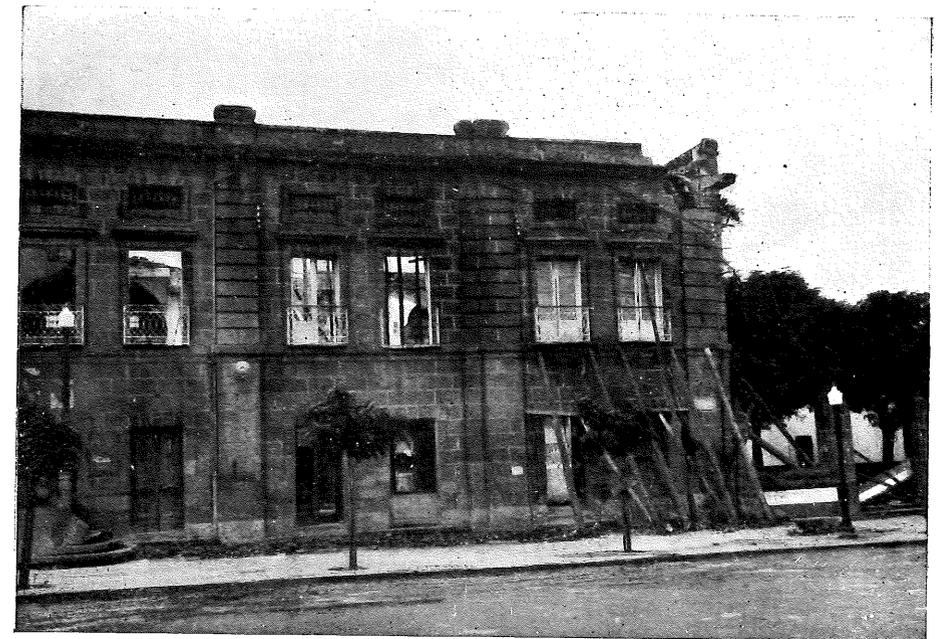
Esta rectificación sobre la suposición de enrasados marinos la hacemos al haber tenido ocasión de estudiar las identidades que ofrecen las sierras planas de Llanes y las que en la misma forma hace resaltar la erosión sobre los depósitos terciarios en la cuenca leonesa (Villamizar, Carrión, etc.).

Suponemos que los movimientos principales debieron ser los oligocenos en cuanto a la formación de cuencas y depresiones, pero el aspecto de las arcillas corresponde a la parte alta del mioceno medio (*Mastodon*), sin que podamos hacer alguna afirmación precisa (*).

(*). Véanse formaciones planas gallegas. Hierros de Galicia.



Leptita amfibólica. Apeadero de Paderme.



Grietas en un edificio por hundimiento de las areniscas modernas de su base.

VII

PETROLOGÍA

Análisis micrográficos (*)

MUESTRA 7

Clasificación: Granito de dos micas (granulita) cataclástico.

Provincia: La Coruña.

Ayuntamiento: Betanzos.

Paraje: San Jorge.

Condiciones de yacimiento: Granito algo gnéisico anfibólico.

Peticionario: Primitivo Hernández-Sampelayo.

Caracteres macroscópicos.

Color: Pardoamarillento.

Fractura: Irregular.

Particularidades: Se observa perfectamente a simple vista el feldespato y las micas.

Caracteres microscópicos.

Estructura: Holocristalina.

Textura: Granuda cataclástica.

Contiene los siguientes minerales, consignados por orden aproximado de su importancia:

PRIMARIOS		SECUNDARIOS	PASTA-CEMENTO
Esenciales	Accesorios	Productos alteración	
Ortosa. Cuarzo. Biotita. Moscovita.	Apatito. Zircón.	Caolín. Clorita.	

Particularidades y observaciones: El feldespato presenta, a veces, la textura secundaria de microlino. Esta roca es un granito de grano grueso y de dos micas (granulita de los autores franceses) que ha sufrido un gran esfuerzo tectónico, presentando una notable cantidad de cuarzo secundario de relleno.

(*) Disponemos el orden por la afinidad, no por su número.

MUESTRA 3

Clasificación: Pizarra micácea de dos micas.
 Provincia: La Coruña.
 Ayuntamiento: Betanzos.
 Paraje: Enerobas.
 Condiciones de yacimiento: Gneis pizarroso (NE.-SO.). Buza NO.
 Diastrofismo general del país.
 Peticionario: Primitivo Hernández-Sampelayo.

Caracteres macroscópicos.

Color: En una zona de la muestra grisverdoso y en otra pardusco.
 Fractura: Irregular y subplana en una de las caras.
 Particularidades: A simple vista se percibe en una zona de la muestra su textura filitosa de lechos finos en la que brillan algunas laminillas de mica dorada.

Caracteres microscópicos.

Estructura: Holocristalina.
 Textura: Filitosa irregular.

La muestra 3 contiene los siguientes minerales, consignados por orden aproximado de su importancia:

PRIMARIOS		SECUNDARIOS	PASTA-CEMENTO
Esenciales	Accesorios	Productos alteración	
Cuarzo. Biotita. Moscovita.		Clorita. Sericita. Pirita. Caolín escaso, que no parece proceder de una ortosa.	

Particularidades y observaciones: La mica clasificada como moscovita de extinción recta, es probable que proceda de la biotita por un proceso de banetización. La preparación se halla sureada por algunos microfilones de cuarzo interstratificados.

MUESTRA 2

Clasificación: Filadio gnéisico (leptita).
 Provincia: La Coruña.
 Ayuntamiento: Betanzos.
 Paraje: Proximidad de Sedes y Feria del Trece.
 Condiciones de yacimiento: Filadios cristalinos, quizá metamórfico del ordoviciense (pis tegulares).
 Peticionario: Primitivo Hernández-Sampelayo.

Caracteres macroscópicos.

Color: Gris.
 Fractura: Plana.

Caracteres microscópicos.

Estructura: Holocristalina.
 Textura: Filítica de labios finos.

Contiene los siguientes minerales, consignados por orden aproximado de su importancia:

PRIMARIOS		SECUNDARIOS	PASTA-CEMENTO
Esenciales	Accesorios	Productos alteración	
Cuarzo. Biotita. Ortosa alterada	Apatito.	Clorita procedente de la biotita. Caolín procedente de la ortosa. Pirita en gránulos microscópicos bastante abundantes.	

Particularidades y observaciones: Es notable en esta roca la regularidad y la plana delimitación de los lechos. La pizarrosidad está delimitada por la mica. Contiene bastante menos ortosa que el de la muestra n.º 1.

MUESTRA 6

Clasificación: Pizarra de actinolita.
 Provincia: La Coruña.
 Ayuntamiento: Betanzos.
 Paraje: Paderna.
 Condiciones de yacimiento: Rocas granitizadas (migmatitas?) unidas a filadíos anfíbólicos. Dirección NE. Buzamiento NO.
 Peticionario: Primitivo Hernández-Sampelayo.

Caracteres macroscópicos.

Color: Gris pardusco.
 Fractura: Desigual y subplana en algunas partes.

Caracteres microscópicos.

Estructura: Cristalina.
 Textura: Filítica.

Contiene los siguientes minerales, consignados por orden aproximado de su importancia:

PRIMARIOS		SECUNDARIOS	PASTA-CEMENTO
Esenciales	Accesorios	Productos alteración	
Cuarzo. Actinolita.			

Particularidades y observaciones: Como el mineral predominante es el cuarzo, esta roca debe clasificarse como pizarra anfibólica y, específicamente, como de pizarra de actinolita. La actinolita se presenta en formas palmadas por lo que no la consideramos como pseudomorfosis de un mineral preexistente, ni a la roca como una migmatita. Su génesis puede haber sido un proceso de recristalización de una arenisca con cemento dolomítico un poco ferruginoso, bien por metamorfismo, aunque parece más probable el primero, como atestiguarán las condiciones geológicas del yacimiento.

MUESTRA 5

Clasificación: Diabasa.
 Provincia: La Coruña.
 Ayuntamiento: Betanzos.
 Paraje: Entre Abegondo y Montouto.
 Condiciones de yacimiento: Eruptiva en batolito a través de gneis y granito.
 Peticionario: Primitivo Hernández-Sampelayo.

Caracteres macroscópicos.

Color: Gris oscuro.
 Fractura: Desigual y astillosa.

Caracteres microscópicos.

Textura: Intersticial (diabásica).

Contiene los siguientes minerales, consignados por orden aproximado de su importancia:

PRIMARIOS		SECUNDARIOS	PASTA-CEMENTO
Esenciales	Accesorios	Productos alteración	
Labradorita. Augita. Biotita.	Titanita. Pirita. Apatita.	Clorita. Caolín.	

Particularidades y observaciones: A veces la augita tiende a individualizarse, aunque sin llegar a ser idiomorfa. El feldespato se halla muy alterado, y toda la biotita se ha transformado en clorita. Esta roca acusa un metamorfismo afomagmático de carácter hidrotermal. Es probable que sea paleozoica.

MUESTRA 1

Clasificación: Filita gnéssica (leptita).

Provincia: La Coruña.

Ayuntamiento: Betanzos,

Paraje: Próximo a Montoto (junto a la carretera).

Condiciones de yacimiento: Asomo a la largo (NE.-SO.) de la orientación de los ortoneis. País granítico (común). Parecen unirse anfibolitas con rocas verdes (meroxeno?).

Peticionario: Primitivo Hernández-Sampelayo.

Caracteres macroscópicos.

Color: Gris verdoso.

Fractura: Desigual y subplana.

Particularidades: Se distingue perfectamente el cuarzo y se aprecia la existencia de caolín.

Caracteres microscópicos.

Estructura: Holocristalina.

Textura: Filítica de lechos finos y algunos irregulares.

Contiene los siguientes minerales, consignados por orden aproximado de su importancia:

PRIMARIOS		SECUNDARIOS	PASTA-CEMENTO
Esenciales	Accesorios	Productos alteración	
Cuarzo.		Clorita procedente de biotita.	
Ortosa.		Caolín procedente de la ortosa.	
Biotita.		Calcita en microflones y gránulos.	
	Titanita escasa.	Pirita.	

Particularidades y observaciones: Los lechos de cuarzo tienen a veces mucha mayor potencia que los de mica y feldespatos. Esta roca ha experimentado un metamorfismo hidrotermal y un empuje tectónico casi paralelo al plano de pizarrosidad. Algún autor ha denominado leptita a este gneis de grano muy fino y de composición granítica.

MUESTRA 4

Clasificación: Filita micácea anfibólica.

Provincia: La Coruña.

Ayuntamiento: Betanzos.

Paraje: Cerca de Celas.

Condiciones de yacimiento: Unido a gneis con anfibolitas?

Peticionarios: P. y A. H. Sampelayo.

Caracteres macroscópicos.

Color: Gris verdoso.

Fractura: Astillosa.

Caracteres microscópicos.

Estructura: Holocristalina.

Textura: Pizarreña.

Contiene los siguientes minerales, consignados por orden aproximado de su importancia:

PRIMARIOS		SECUNDARIOS	PASTA-CEMENTO
Esenciales	Accesorios	Productos alteración	
Cuarzo.		Clorita.	
Biotita.		Actinolita palmeada escasa y sumamente alterada.	

Particularidades y observaciones: La preparación se halla surcada por algunos microflones de cuarzo que a veces contienen algo de clorita.

MUESTRA C

Clasificación: Spessartita.
 Provincia: La Coruña.
 Ayuntamiento: Betanzos.
 Paraje: Mesoiro.
 Condiciones de yacimiento: Batolito próximo a los pórfidos A y B.
 Peticionarios: P. y A. H. Sampelayo.

Caracteres macroscópicos.

Color: Gris oscuro.
 Fractura: Desigual.
 Particularidades: Los caracteres organolépticos acusan la presencia de arcilla.

Caracteres microscópicos.

Estructura: Holocristalina.
 Textura: Microgranuda.

Contiene los siguientes minerales, consignados por orden aproximado de su importancia:

PRIMARIOS		SECUNDARIOS	PASTA-CEMENTO
Esenciales	Accesorios	Productos alteración	
Plagioclasa. Hornablenda. Actinolita.		Calcita. Arcilla. Limonita.	

Particularidades y observaciones: Como es frecuente en lamprófidos de este tipo, los minerales se hallan muy alterados, por lo que la plagioclasa no puede clasificarse específicamente. Sin embargo, parece ser bastante básico. La roca parece que ha contenido algo de augita, de la que quizá provenga la actinolita. La clasificación se halla bien definida por su textura y su composición, pues conteniendo hornablenda y plagioclasa, con o sin augita, el lamprófito es spessartita. Debe pertenecer a la fase final del período ígneo de la consolidación del batolito granítico.

MUESTRAS A Y B

Clasificación: Pórfiro granítico (microgranito).
 Provincia: La Coruña.
 Ayuntamiento: Betanzos.
 Paraje: Mesoiro.
 Condiciones de yacimiento: Cortando al granito y al gneis. Parece más moderna.
 Peticionario: Primitivo Hernández-Sampelayo.

Caracteres macroscópicos.

Color: Gris pardo.
 Fractura: Irregular y subplana.
 Particularidades: Se observan a simple vista fenocristales de feldespato y también de cuarzo.

Caracteres microscópicos.

Estructura: Holocristalina.
 Textura: Porfírica.

Contiene los siguientes minerales, consignados por orden aproximado de su importancia:

PRIMARIOS		SECUNDARIOS	PASTA-CEMENTO
Esenciales	Accesorios	Productos alteración	Microgranuda
Fenocristales. Cuarzo. Ortosa. Plagioclasa. Biotita.	Magnetita. Zircón.	Caolín. Clorita. Limonita.	Cuarzo. Ortosa. Plagioclasa escasa Biotita.

Particularidades y observaciones: La descripción que antecede, corresponde a la muestra B. El pórfiro A resulta algo diferente, porque sus fenocristales son más pequeños y menos numerosos. La plagioclasa está tan alterada que no se le puede clasificar. Tampoco puede investigarse, por la misma razón, si el feldespato potásico es realmente ortosa o saniduria, pero parece ser que es el primero, por lo cual y por la naturaleza de la pasta cabe considerarlos como porfíricos graníticos. Estos pórfiros serán anteriores en edad a la spessartita de la muestra C, y posteriores al gneis y granito, puesto que son apópsis de este último, como perfectamente supone el Sr. Hernández-Sampelayo.

VIII

MINERÍA

Las substancias aprovechables en la Hoja son escasas; se reducen a canteras de granito o pizarras metamórficas duras, compactas, en bloques para construcción, y las tejas son explotación de arcilla, para ladrillos y tejas corrientes.

Deseamos apuntar la posibilidad de que en su territorio se puedan encontrar algunos flones de mispíquel (sulfoarseniuro de hierro y minerales paragenéticos), pues la Hoja puede decirse que está rodeada de afloramientos de esta clase: Cabo Prior, Punta Frouxeira, al NE., Monfero, al SE., y Carballo y Zas al SO.

Hacia el 1880 se formó una Sociedad, según referencias, fundándose en la denuncia de una mina de plomo (?), en la misma colina de la ciudad, que fracasó; también nos han asegurado que al practicar un pozo para agua en Betanzos, se cortó un poco de galena; sin embargo, no nos ha sido posible examinar alguno de los minerales que pretenden haberse encontrado.

Debemos citar, como dato curioso, que hay una iglesia que se conoce con el nombre de Santa María del Azogue, antigua, pues tiene rasgos del románico tercer estilo, siglos XIII a XIV, sin que nadie sepa la tradición de esa denominación, pues aunque algunos suponen que la mina de azogue corresponde a un socavón que se encuentra en los bajos de las casas al pie de la colina de Betanzos y en dirección al interior del monte, lo cierto es que no hemos podido encontrar ningún residuo de tal explotación o investigación, no teniendo, por otra parte, aspecto muy antiguo el perfil de la galería conservada (*).

(*) Por fin, como dato curioso, en la página 55 de la biografía de don Casiano de Prado, los Sres. Maffei y Rúa Figueroa hablan de la buena colección de minerales de don Jacobo María de Parga, vecino de Betanzos.

Véase nuestro estudio acerca de Betanzos en Estudios geográficos, n.º 15.

REGIÓN ARSENICAL

Conocidos los minerales de arsénico desde mediados del siglo pasado por los antiguos geólogos, según se desprende de las colecciones entonces formadas (Schulz), no tomaron valor minero hasta principios de la actual centuria, cuando se efectuaron las denuncias más que por ser arsenicales sus minerales, por su contenido en oro; las investigaciones y explotaciones de ambos cuerpos, arsénico y oro de las piritas arsenicales, dieron lugar a numerosas denuncias y descubrimientos de filones de mispíquel, concretados gráficamente en el plano minero publicado por uno de nosotros en 1922.

Contando desde el Noroeste en líneas paralelas al chafán gallego, los yacimientos conocidos son: Frouxeira y Campelo, al Norte, y Cobas hacia el Cabo Prior, como prolongación Suroeste, a los que siguen los criaderos de Carballo, Zas y Cayón y, como línea interna concéntrica, la señalada por los yacimientos de Monfero y Curtis, también de piritas arsenicales; todos los cuales, hacia el Sur, puede decirse que se enlazan con las formaciones estanníferas, en las cuales, como accidentes normales, se encuentran los filones de cuarzo con mispíquel y los greissen o granulitas alteradas.

Esta extensión general justifica la clasificación de provincia arsenical, pero además se puede formular la identidad geológica con Normandía y Bretaña, donde, lo mismo que en Galicia y ajustándose al mismo modo, según los arcos hercinianos, se encuentran criaderos de cuarzo arsenical aurífero, que en las explotaciones y en la literatura ha llegado a ser una región clásica respecto de esos dos elementos.

FILONES

La roca lateral más frecuente es el gneis pizarroso, muy micáceo y plegado en arrumbamientos al NE. (hasta 10-20°) y el aplítico con buzamiento al SE. Estos pliegues menudos, repetidos y muy rizados, demuestran plegamientos anteriores al paleozoico, ofreciéndonos un ejemplo sobre la antigua tectónica, que apuntamos para cuando llegue un estudio nuevo de la orogenia gallega.

ESTAÑO Y WOLFRAM

En la zona de Arteijo, borde NO. de la Hoja, se explotaron, en época de auge de la minería del wolfram, varias concesiones, de las cuales sólo dos continúan vivas, aunque sin trabajar en la actualidad. Se titulan «La Rosa» (número 1.778), de 90 pertenencias, y «Rodeo» (n.º 1.798), de 117 pertenencias. Además, hay solicitados dos permisos de investigación bajo las denominaciones de «Arteijo» y «Casigalines».

La zona, extendida desde los pueblos de Fojo y Rañal hasta el mar, comprende una serie de filones, dirección ONO., de pegmatitas que son las que, en presentación repetida en Galicia, contienen el wolfram y la casiterita. Derivados de las cabeceras de estos filones se han formado en los vallejos y hasta las cercanías de las playas, aluviones fáciles de beneficiar aunque de escasa cubicación.

En la misma esquina NO. de la Hoja de Betanzos hay dos ríos casi paralelos y orientados al NO., perpendicularmente a la orilla (playa de Alba); el situado más al NE. se llama Seijedo y limita al NE. de la playa, mientras que el Arteijo corre paralelo desde el extremo SO. de la playa hacia el SE.; entre ambos marcan el campo filoniano de Arteijo, desde los montes de Santa Leocadia hasta los de Areitio y Castiñeiras. Los filones, frecuentes aunque escasos en número dentro de la explotación, se orientan al NE., en el diastrofismo general de la zona. Desde el kilómetro 13 de la carretera a Finisterre se perciben perfectamente: playa, ríos límites, montes de afloramientos pegmatíticos, granito común y los aluviones holocenos que, horizontalmente, encuadran la mina en explotación; afloramientos tan interesantes como estos, señalando un levantamiento neogeno u holoceno, se extienden por los parajes Rañal, Baer, Catuja, Pedrera, Figuera, etc., señalando la rasa. Los filones NE. arraigan, entre otros sitios, en el monte Frogel. La principal producción es de estaño (casiterita), encontrada entre los aluviones unas veces, y otras en las pegmatitas que se explotan en el monte y salen en trozos y detritus para ser lavadas en la playa de Alba; la longitud de los afloramientos parece ser de unos 130 metros, dato no comprobado por nosotros, aunque sea verosímil. El granito más frecuente como roca lateral es el aplítico, bien ofrecido en el lugar de Baer.

En el monte Barbeito, próximo al Frogel, los diques de pegmatita estañífera y con mispíquel se disponen también al NE., en roca lateral aplítica y disposición semejante a los sulfoarseniuros de hierro de Cayón, descubiertas y descritas por nosotros durante la guerra

civil española; Cayón forma una pequeña punta por su disposición saliente en la costa.

Las labores mineras realizadas, simples galerías en dirección, no merecen ser descritas por su escasa importancia.

No creemos posible, al menos de momento, el resurgir minero de este pequeño distrito.

CAOLÍN

En término municipal de Cerceda, extremo SO. de la Hoja, se llevaron a cabo algunas demarcaciones de caolín que no han llegado a ser explotadas.

Se trata de masas, de escasa cubicación, formadas en las proximidades del contacto entre granito y pizarras. Como materia beneficiable contiene muchas impurezas que dificultan su utilización.

AGUAS MINERO-MEDICINALES (*)

En el terreno representado por la Hoja de Betanzos existen varios manantiales minero-medicinales, algunos prácticamente inutilizados al fin que se aplicaban, como el correspondiente a los antiguos baños de la Marisqueira-Junqueira. Otros de interés puramente local, aunque en tiempos pretéritos tuvieron gran importancia, como los de Cañas, en Lavandeyra, Sumió, en Juntis, y Fuente Santa, en Fojo, y, por último, los pertenecientes al establecimiento balneario de Arteijo.

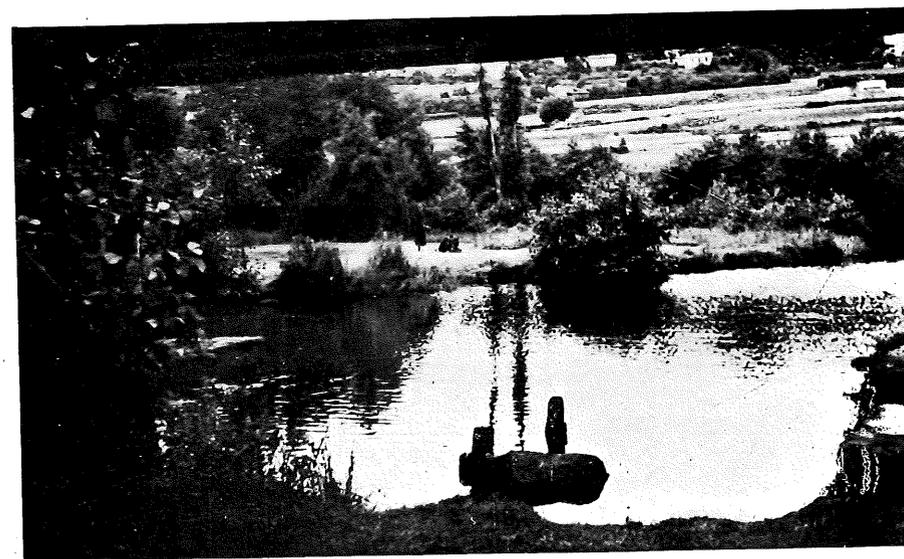
Aguas de Sumió

El manantial ferruginoso de Sumió está situado en el Soto de Juntis, con 4º41'50" de longitud Oeste, 43º11'40" de latitud Norte y una altura de 295 metros.

(*) Del muy distinguido ingeniero de minas Sr. López de Azcona, de la Real Academia Gallega, recibimos e insertamos, con mucho gusto, los datos de este capítulo.



Manantial de Sumió.



Baños de la Marisqueira.

Estas aguas se emplean, únicamente, como bebida; el número de agüistas alcanzó los 150 anuales, pero disminuyó rápidamente al descubrirse las aguas de Cañás y, en la actualidad, son del orden de cincuenta. Las aguas son inodoras, con la clásica precipitación de las ferruginosas y vierten al río Barcés.

El acceso al manantial tiene lugar por el camino carretero de Ribera a Sumió, en donde se debe seguir un ruego de dirección Oeste que va a San Román de Encrobas.

Aguas de Cañás

Existen en el Soto de Lavandeyra, varios manantiales ferruginosos de características muy parecidas, las coordenadas geográficas son 4°38'40" de longitud Oeste y 43°14'20" de latitud Norte, con una altitud de 105 metros, a los que se llega por un camino carretero de 500 metros, que sale hacia el Norte desde el camino vecinal de Carral a Cambre.

El verdadero manantial, o sea el de fama, está totalmente inaccesible por el estado ruinoso de la edificación, pero en sus inmediaciones pueden reconocerse otros dos, también ferruginosos, uno de ellos a 200 metros del anterior, en una zona pizarreña cruzada con varios filoncillos de cuarzo.

Su uso es exclusivamente para bebida, al cual acuden unos cien agüistas al año, siendo contraindicada, según los pacientes, para los temperamentos sanguíneos y afecciones pulmonares. Las aguas son inodoras, y dejan en su cauce señales de óxido de hierro; éstas se mezclan con las de los prados o brañales y terminan su curso en la margen SE. del río Breja, afluente del Mero.

La causa de la ruina de la hospedería y manantial primitivo es debida a la percepción de una cierta cantidad por la utilización de aquél y venta de las aguas; por dicho motivo, los agüistas acudieron a los dos manantiales cercanos que son gratuitos, produciéndose el cierre del establecimiento y, como consecuencia, al poco tiempo, el saqueo de los materiales de construcción.

Aguas de Fuente Santa

En el lugar de Fojo, de la parroquia de Santa María de Loureda, ayuntamiento de Santiago de Arteijo, existe un manantial denomi-

nado Fuente Santa, por sus maravillosas curaciones. Este agua es inodora e incolora, brota en el granito por dos puntos inmediatos, que salen al exterior por dos caños, en una pila de granito.

La situación del manantial es 4º49'30" Oeste, 43º17'20" Norte, y su altitud 125 metros.

Las aguas de la Fuente Santa se utilizan solamente como bebidas y se vendían embotelladas a fines del siglo XIX. Las aguas salen por dos caños y discurren por un cauce hasta un depósito interior en una caseta de granito, inmediata al camino carretero de Fojo a Armentón, por el que se puede circular en coche. El número de pacientes que acude a estas aguas tan saludables ha disminuído considerablemente, pero no hace muchos años, el número de agüistas era de 125 anuales. Las aguas van por el arroyo de Fojo y Cancelo, al río de Arteijo.

Se puede ir al manantial por la antigua carretera de Carballo, que parte del kilómetro 11,8 de la carretera de Coruña a Finisterre, hoy camino de Fojo y Armentón, encontrándose la casa del manantial y su hospedería, en el mismo camino, a los 1.400 metros de la carretera de Coruña.

Baños de Marisqueira

Hasta el año 1927 tuvieron gran importancia los denominados Baños de la Marisqueira, situados en La Junqueira, de la parroquia de San Julián de Almeiras. El motivo de la pérdida de importancia de estos baños fueron las obras efectuadas en el puente del ferrocarril sobre el río Naliñas; como consecuencia del correspondiente movimiento de tierras en algunos puntos del mencionado río, en el que brotan estas beneficiosas aguas, se alcanzaron profundidades superiores a los cinco metros, con grave peligro para los bañistas.

La situación del manantial es 4º40'0" Oeste, 43º18'30" Norte, y la altitud 15 metros. Estas aguas son inodoras y se aprecia su surgencia por debajo de las del río, pero no tomamos muestra ante la imposibilidad de conseguirla sin contaminación, a no ser que se efectuase alguna obra de captación.

El número de bañistas de algunos años alcanzó los 200; preferían la zona situada en la margen izquierda del Naliñas, entre el puente del ferrocarril y un recodo del río, a 150 metros al NO. del puente.

A los baños se puede ir por carretera siguiendo desde el Temple el camino vecinal de Tambre.

Baños de Arteijo

Este establecimiento balneario, uno de los cuatro que tienen vida oficial en la provincia de La Coruña, tiene un manantial ferruginoso destinado, corrientemente, a bebida, cercano al Lavadero, y además otros varios, agrupados en cuatro con la denominación de Chorro frío, pulverizaciones, sala de 1.ª y sala de 3.ª, destinados a baños, bebida y duchas; está situado a 12 metros de altura. Figura catalogado oficialmente como aguas cloruro-sódicas, variedad bicarbonatadas, ferruginosas, bromuro-ioduradas, termales, con temporada oficial de 1 de junio a 30 de septiembre.

* * *

Los datos correspondientes a todos estos manantiales minero-medicinales del agua, figuran en los cuadros adjuntos de situación, constantes físicas, composición química y valoraciones espectroquímicas.

Además de los elementos indicados, se han encontrado espectroquímicamente los siguientes elementos: Al, Ba, Ca, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Si y Sr.

Como observación al análisis espectroquímico se puede destacar el haber encontrado antimonio en las aguas de Cañás y Sumió, con la particularidad de que no lo hemos encontrado en ninguna otra de los varios cientos que hemos analizado de la Península Ibérica.

SITUACIÓN DE LOS MANANTIALES MINERO-MEDICINALES

Número	Manantial	Paraje	Entidad	Parroquia	Ayuntamiento
1.409	Aguas de Cañás	Lavandeyra	Cañás	Santa Eulalia	Carral.
1.410	Aguas de Sumió	Juntis	Villasuso	Santiago	Idem.
1.411	Fuente Santa	Fojo	Loureda	Santa María	Arteijo.
1.412	Baños de Arteijo	Balneario	Baños	Santiago	Idem.
1.413	Idem	Idem	Idem	Idem	Idem.
1.414	Idem	Idem	Idem	Idem	Idem.
1.415	Idem	Idem	Idem	Idem	Idem.
1.416	Idem	Lavadero	Idem	Idem	Idem.
1.460	Baños de Marisqueira	Junqueira	Idem	San Julián de Almeiras	Bergondo.

CONSTANTES FÍSICAS

Número	Caudal en litros/minuto	Temperaturas en grados C.	Radiactividad total calculada en mm. c/l.	Residuo seco a 120° en gramos por litro	pH	
					Natural	Hervida
1.409	0,25	15	1,3	0,177	6,9	9,1
1.410	0,75	15	1,2	0,120	»	»
1.411	1,30	18	0,7	0,148	8,1	8,8
1.412	41	40	0,3	0,651 chorro frío	7,4	9,0
1.413	41	30	2,2	1,985 pulverizaciones	7,7	9,1
1.414	41	42	2,8	1,954 Sala 1. ^a	7,5	9,1
1.415	41	28	Indicios	2,009 Sala 3. ^a	7,6	9,1
1.416	0,83	20	0,3	»	»	»
1.460	Brota en el río.	»	»	»	»	»

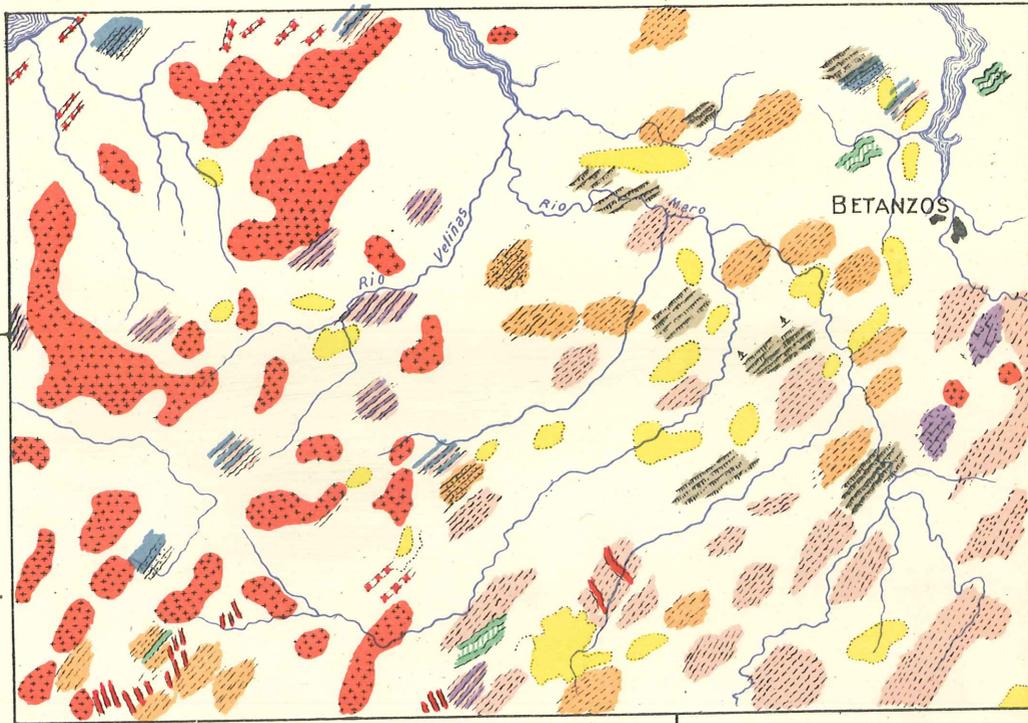
COMPOSICIÓN QUÍMICA EN GRAMOS POR LITRO

Número	Anhidrido sulfúrico	Ca l	Magnesia	Cloro	Hierro
1.409	0,015	0,021	0,032	0,021	»
1.410	0,013	0,028	0,023	0,014	»
1.411	0,019	0,007	0,020	0,050	0,00084
1.412	0,021	0,086	0,009	0,004	No contiene
1.414	0,024	0,078	0,010	0,998	No contiene

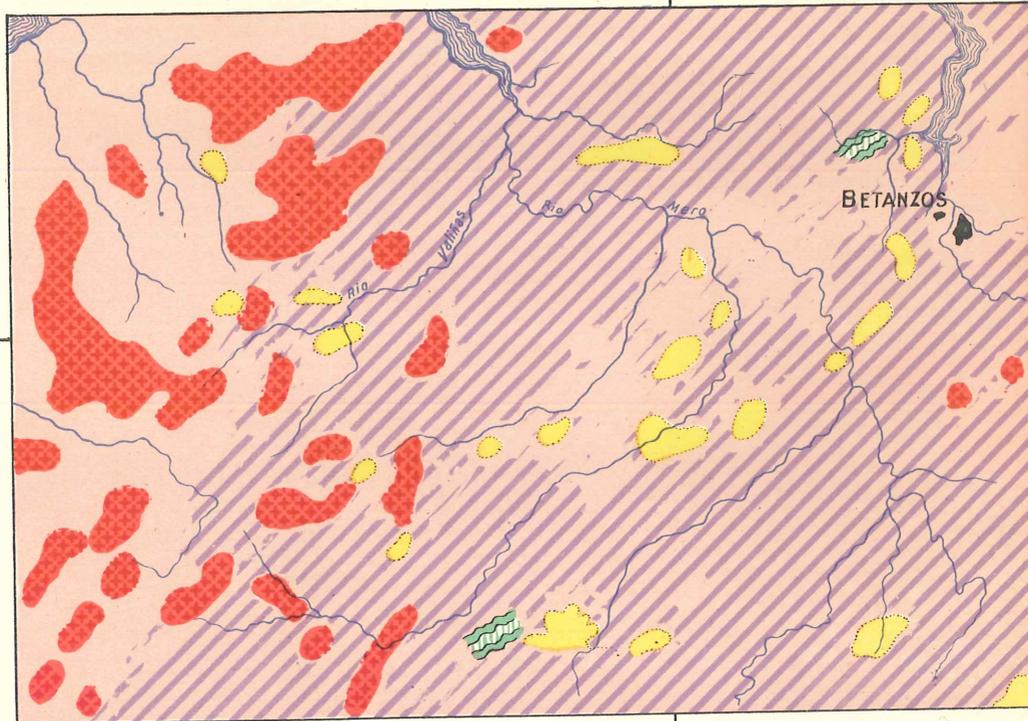
VALORACIÓN ESPECTROQUÍMICA.— PESO GRAMOS POR LITRO

Número	Co	F	Ga	Ge	Li	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	V
1.409	0,000002	Si	0,000002	0,0000001	0,00002	0,00001	0,0001	0,0001	0,00002	0,0000009	»
1.410	»	»	»	»	0,00003	»	0,00002	0,0002	0,00003	0,0000002	»
1.411	»	»	»	»	0,000003	0,00001	0,00001	0,0000001	»	»	»
1.412	»	Si	»	»	0,0005	0,00006	»	0,0000004	»	0,000007	»
1.413	»	Si	»	»	0,0008	0,00009	»	0,000001	»	0,000004	»
1.414	»	Si	»	»	0,001	0,00009	»	0,000001	»	0,000003	»
1.415	»	Si	»	»	0,001	0,0001	0,000002	0,000001	»	0,00003	0,000002

BETANZOS N.º 45



ISLEOS EN EL TERRENO



EXPLICACIÓN

- | | | |
|--------------------------|--|---|
| | | 1 Holoceno a Plioceno |
| Paleozoico metamorfizado | | 2 Pizarras lucentes |
| | | 3 Pizarras tipo paleozoico |
| | | 4 Pizarras pardas, cambriano |
| | | 5 Pegmatitas |
| Estrato-cristalino | | 6 Pizarras con metamorfismo, cristalinas |
| | | 7 Migmatitas |
| | | 8 Pizarras pardas arcillosas |
| | | 9 Gneis aplítico |
| | | 10 Gneis pizarroso |
| | | 11 Granito |
| | | 12 Pórfido |
| | | 13 Anfibolitas cloritasas y serpentinas, gabros |
| | | 14 Filones de cuarzo |

SUPUESTO ESTRATIGRAFICO

