

PERSONAL
DE LA
COMISIÓN PERMANENTE DEL INSTITUTO GEOLÓGICO
DE ESPAÑA

DIRECTOR: Ilmo. Sr. D. César Rubio y Muñoz.
SUBDIRECTOR: Sr. D. Domingo de Orueta.
SECRETARIO: Sr. D. Vicente Kindelan.
INGENIEROS: Sr. D. Ricardo Guardiola.
• Alfonso Fernández y Menéndez Valdés.
• Manuel Sancho Gala.
• Manuel Ruiz Falcó.
• Agustín Marín y Bertrán de Lis.
• Alfonso del Valle.
• Guillermo O'Shea.
• Primitivo Hernández Sampelayo.
• José de Gorostizaga.
• Enrique Dupuy de Lôme.
• Juan Gavala y Laborde.
• Pedro Novo y Chicarro.
• Alfonso de Alvarado.
• Pablo Fernández Iruegas.

MEMORIAS
DEL
INSTITUTO GEOLÓGICO

DE
ESPAÑA

CRIADEROS DE HIERRO DE ESPAÑA

TOMO IV

HIERROS DE GALICIA

TOMO I

POR

D. PRIMITIVO HERNÁNDEZ SAMPELAYO

INGENIERO DE MINAS

MADRID
GRÁFICAS REUNIDAS, S. A.
BARQUILLO, NÚM. 8.

1922



PARTE PRIMERA

ÍNDICE ANALÍTICO

	<u>Páginas</u>
PRÓLOGO.....	XVII
CRIADEROS DE HIERRO DE GALICIA.....	XIX
I.—DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA.....	1
Zona ferrífera.....	2
Orografía.....	3
Término primero (A): Sierras silurianas y longitu- dinales.....	4
Término segundo (B): Sierras transversales.....	11
Término tercero (C): Tierra Llana.....	18
Término cuarto (D): Llanura de la costa.....	19
Término quinto (E): Isleo granítico de Vivero.....	20
Hidrografía.....	23
Término primero (A).....	23
Términos segundo y tercero (B) y (C).....	25
Término quinto (E).....	28
II.—DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA.....	29
Terreno granítico.....	36
Isleo de Vivero.....	37
Isleos de Lugo y Villalba.....	39
Isleos meridionales.....	40
Discusión.....	41
Terreno estrato-cristalino.....	44
Isleo de la Colleira.....	44
Isleo de Monfero.....	47
Isleo de Foz.....	48
Isleos de Villalba y Lugo.....	49
Otros isleos.....	51
Discusión.....	51
Terreno cambriano.....	57
(a) Pizarras verdes con delgados lechos de caliza...	58
(b) Caliza de Vegadeo.....	59
(c) Arcilla de <i>paradoxides</i>	61
(d) Pizarras cuarzosas.....	62
(e) Losas azules.....	63
(f) Cuarcitas delgadas y psamitas.....	64

Repartimiento geográfico.....	68
Discusión.....	71
Terreno siluriano.....	84
(S ₁) Cuarcitas.....	85
Caracteres paleontológicos.....	88
(S ₂) Pizarras azules de <i>calymene</i> y horizonte ferruginoso.....	90
(S ₃) Cuarcitas delgadas con <i>scolithus</i>	94
(S ₄) Pizarras con <i>pterópodos</i> y <i>braquiópodos</i>	95
(S ₅) Ampelitas gráficas con <i>monographus</i>	97
(S ₆) Calizas de <i>crinoides</i>	100
Repartimiento geográfico.....	103
Discusión.....	108
Terreno terciario.....	115
Formaciones modernas.....	115
Geología.....	115
Depósitos terciarios.....	115
Terreno cuaternario.....	120
Discusión.....	121
III.—OROGENIA.....	124
Corte teórico de la costa.....	125
Corte meridional, desde los Ancares a la Sierra del Invernadero.....	130
Deducciones.....	133
Geosinclinal.....	134
Movimientos antiguos.....	134
Movimientos terciarios.....	136
IV.—CLASIFICACIÓN DE LOS CRIADEROS.....	139
Clasificación de criaderos metalíferos.....	141
Cuadro de clasificación de los criaderos.....	146
V.—DATOS PARA LA HISTORIA DE LOS CRIADEROS.....	147
Bibliografía.....	147
VI.—NOTA SINTÉTICA DE LOS CRIADEROS.....	160
Yacimientos silurianos singenéticos (sedimentarios).....	160
Criadero típico. Presentación exterior.....	161
Dimensiones.....	164
Clase del mineral.....	165
Accidentes y fallas.....	167
Primer sinclinal.....	168
De San Miguel a Villadrid.....	168
Villadrid.....	170
De Villadrid a San Pedro del Río.....	171
San Pedro.....	173
De San Pedro del Río a Penamil.....	174
Segundo pliegue.....	175
De Trabada a Villapena.....	175

Acebro.....	176
De Rececende a Orrea.....	178
Orrea.....	179
Sierra de Meira.....	179
De Penacoba a la Fontaneira.....	180
De Fontarón a Vilarello.....	181
Tercer pliegue.....	182
De Testa de Castro a la Silvarosa.....	183
Vivero.....	184
De la Silvarosa a Fornos.....	186
Fornos y Pena Ferreña.....	190
Penas do Rayo y Salgáez.....	191
Prolongación de Oncián.....	191
Cuarto pliegue, productivo, del siluriano inferior.....	193
Freijo.....	194
Yacimientos de San Clodio.....	195
Pliegues de Asturias y Galicia.....	197
Porcia y prolongación.....	198
Fonsagrada.....	199
Otros pliegues silurianos.....	200
Yacimientos silurianos epigenéticos (de segregación).....	202
Disposición de los yacimientos.....	202
Quebra del río Cabe (Incio).....	206
Quebras de los ríos Lor y Caurel (Salcedo y Caurel).....	209
Quebra del Sil (Valdeorras).....	212
Yacimientos silurianos epigenéticos.—Por impregnación y reemplazamiento de materia.....	215
De las pizarras.....	215
De las cuarcitas.....	217
Yacimientos cambrianos singenéticos.....	219
Yacimientos cambrianos epigenéticos (de segregación).....	221
Banda pizarrosa del oeste.....	223
Banda pizarrosa de Vaamonde.....	225
Banda pizarrosa de Guimarey.....	226
Yacimientos cambrianos epigenéticos.—Por impregnación y reemplazamiento de materia.....	228
Yacimientos cambrianos epigenéticos estratificados. Por concentración de materia en capas sedimentarias.....	229
Yacimientos en el estrato-cristalino.....	230
Yacimientos superficiales.—Por precipitación química.....	230
Yacimientos estratificados.....	232
Yacimientos filonianos.....	233
VII.—MINERALES.....	234
Lista de las especies de minerales de hierro encontradas en Galicia y occidente de Asturias.....	236

(a) Minerales oolíticos del siluriano.....	237
(b) Mineral hidroxidado.....	238
(c) Minerales magnéticos.....	239
Minerales cloritoso-carbonatado-oolíticos.....	241
Análisis de los minerales de Villaodrid.....	243
Análisis de los minerales de San Pedro del Río.....	246
Análisis de los minerales de Fonsagrada.....	247
Minerales de San Clodio, en Quiroga.....	248
Análisis término medio.....	248
Minerales hidroxidados.....	252
Escala hidroxidada de los minerales de hierro.....	253
Cuadro de análisis.....	260
Menas hidroxidadas gallegas.....	261
Minerales magnéticos.....	272
Análisis de las menas magnéticas de Galicia.....	275
Menas carbonatadas.....	276
VIII.—ESTUDIO MICROGRÁFICO DE LOS MINERALES.....	278
Tipos clásicos.—Minerales de Villaodrid.....	280
Oolitos.....	280
Oolitos sin núcleo.....	281
(a) Cloritosos.....	281
(b) Oolitos de hematites parda.....	284
(c) Oolitos carbonatados.....	285
Oolitos con núcleo.....	286
Cloritosos.....	286
Centro.....	287
Inclusiones y líneas de fractura.....	288
Carbonato del centro.....	289
Zona cortical.....	294
Variaciones.....	300
Oolitos cloritosos.....	300
Oolitos hematizados.....	302
Cemento.....	303
Cuerpos extraños.....	305
Filoncillos.....	309
Minerales de San Pedro del Río.....	310
Oolitos.....	310
Oolitos con centro.....	313
El cemento.....	314
Minerales de San Clodio.....	317
Alteración por silicificación y metamorfismo.....	318
Minerales del segundo pliegue siluriano.....	319
Deformación por silicificación.....	319
Minerales oolíticos.—Carbonatos del Acebro y Sierra de Meira.....	319
Mineral silicificado de La Pichoca.....	325

Pudinga magnética.....	328
Minerales de Vivero.....	330
Magnetita.....	331
Clorita.....	333
Granate.....	333
Cuarzo.....	334
Particularidades.....	334
Mineral oolítico de la prolongación (Galdo).....	336
Minerales de Freijo.....	340
Minerales deformados por hidroxidación.....	343
Hidroxidados de los oolíticos.....	343
San Pedro del Río.....	343
Minerales hidroxidados del segundo pliegue.....	347
Sierra de Meira.....	347
Minerales cambrianos.....	348
San Tirso.....	348
Minerales carbonatados.....	351
Mineral de San Miguel.....	351
Mineral de la Cova das Choyas.....	353
IX.—FORMACIÓN.....	355
Acción marina.....	358
Formación de los yacimientos oolíticos.....	358
Posición.....	358
Plan.....	359
Yacimientos oolíticos extranjeros.....	360
Francia.....	360
Bohemia.....	361
Turingia.....	262
Cerdeña.....	363
País de Gales.....	363
Noruega.....	363
Estados Unidos de América.....	364
Yacimientos de Terranova.....	366
Yacimientos de Lorena.....	366
Formación de los oolitos.....	368
Silicatos cloríticos.....	374
Cloritas.....	376
Formación de los silicatos verdes.....	383
Fondos marinos.....	385
Depósitos modernos.....	388
Lodos azules.....	392
Lodos y arenas verdes.....	394
Formación y evolución.....	398
Primera fase: Depósito original.....	398
Segunda fase: Aporte ferruginoso.....	404
Tercera fase: Oolitos.....	407

Cuarta fase: Acciones secundarias.....	410
Quinta fase: Destrucción de textura.....	413
X.—ACCIÓN CONTINENTAL (EPIPOLHÍDRICA).....	418
Leyes de precipitación ferruginosa en las aguas superficiales.....	418
Disolución.....	419
Conducción.....	420
Precipitaciones.....	422
Precipitación de las disoluciones carbonatadas.....	423
Precipitación del hidróxido de las sales de ácidos orgánicos.....	424
Precipitación del hidróxido de hierro de los sulfatos..	428
Fase orgánica.....	432
Bacterias fijadoras del hierro y sus relaciones geológicas.....	432
Condiciones del precipitado y su evolución.....	449
Distintas clases de depósitos hidroxidados.....	454
Rapidez de formación.....	455
Crestones.....	456
Yacimientos de segregación.....	458
Rubefacción y exudación.....	459
Red de filoncillos y brecha.....	460
Por descenso superficial de disoluciones.....	461
Yacimientos por reemplazamiento.....	463

PARTE SEGUNDA

(EN PREPARACIÓN)

Se reunirán en ella las monografías de todos los yacimientos detallados en el Cuadro de Clasificación, inserto en esta Parte Primera entre las páginas 146 y 147.

PARTE TERCERA

(EN PREPARACIÓN, COMO LA ANTERIOR)

Consideraciones industriales.—Resumen de las cubricaciones y clases.—Medios de transporte: su costo; tarifas.—Oscilación de precios y fletes: deducción.—Posible desarrollo de la minería en Galicia.

ÍNDICE DE LÁMINAS Y FOTOGRAFÍAS

	Págs.
Croquis geológico de Galicia y zona ferrífera.....	1
FOT. 1.—Cuarcitas ordovicienses: Castillo de Doncos — Anticlinal en las capas de Vivero.....	6
FOT. 2.—Cargadero de Porcia.—Tierra Llana.....	7
FOT. 3.—Emplazamiento de un sondeo, Rfo Navia.—Afloramiento en las minas de Galdo.....	24
FOT. 4.—Rfo Navia, valles típicos de erosión.....	25
FOT. 5.—Cuarcitas con <i>lingulas</i> , San Pedro de Benquerencia.	64
FOT. 6.—Pizarras con hermosos cristales de metamorfismo... Cortes de Barrois y Macpherson. (LÁM. 5).....	65 72
FOT. 7.—De Becerreá a Navia de Suarna: Sinclinal de cuarcita.—Cuarcita con <i>cruxianas</i>	88
FOT. 8.—Sinclinal en caliza, Sierra de Sabucedo.—Cueva de San Genacio, Santiago de Peñalva.....	89
Corte teórico de la costa. (LÁM. 4).....	128
Corte meridional.....	132
FOT. 9.—Orilla granítica pizarrosa: Falla de Vivero.....	136
FOT. 10.—Isla Gabeira, Vivero.—Mamoá, Vaamonde.....	137
Cuadro de clasificación de los criaderos.....	146
FOT. 11.—Instalaciones de Voulloso, mina «Consuelo»: Minas de Villaodrid.....	170
FOT. 12.—Sierra do Castelo (cuarcitas).—Sierra de Caurel (afloramientos).....	172
FOT. 13.—Yacimiento de Vivero: Barranco de la Rega.—Punta de Testa Castro.....	182
FOT. 14.—Vivero: Extremo Norte del criadero.—Terraplén de la Galería Federico.....	183
FOT. 15.—Vivero: Depósito y estación de carga.—Instalaciones de la Silvarosa.....	186
FOT. 16.—Grada Tres (minas de Vivero).—Pruebas de calcinación (minas de Galdo).....	187
FOT. 17.—Minas de Vaamonde.—Depósitos del Valle de Oro.	226
FOT. 18.—Yacimientos: Llanos de Roupár.—Valle de Valdeorras.....	287
FOT. 19.—Villaodrid: Minerales cloritoso-carbonatado-oolíticos.....	280

FOT. 20.—Villaodrid: Minerales cloritoso-carbonatado-oolf-
ticos..... 281

FOT. 21.—Villaodrid: Minerales-cloritoso-carbonatado-oolf-
ticos..... 284

FOT. 22.—Santalla: Minerales cloritoso-carbonatado-oolf-
ticos..... 285

FOT. 23.—Lodás: Minerales cloritoso-carbonatado-oolf-
ticos... 286

FOT. 24.—Orrea: Minerales cloritoso-carbonatado-oolf-
ticos... 287

FOT. 25.—Villaodrid: Freijo (Monforte).—Minerales deforma-
dos por silicificación e hidroxidación..... 320

FOT. 26.—Villaodrid: Minerales deformados por silicificación
e hidroxidación..... 321

FOT. 27.—Minerales deformados por silicificación e hidroxida-
ción.—Sierra de Meirã (*Brioxoario*).—Villaodrid
(*Girvanellas*)..... 326

FOT. 28.—Minerales deformados por silicificación e hidroxida-
ción, Rfotorto (cuarcita)..... 327

FOT. 29.—Minerales deformados por silicificación e hidroxida-
ción, San Pedro del Río..... 328

FOT. 30.—Minerales cloritoso-magnéticos, Vivero..... 329

FOT. 31.—Minerales cloritoso magnéticos, Vivero..... 330

FOT. 32.—Minerales cloritoso-magnéticos, Vivero..... 331

FOT. 33.—Minerales cloritoso-magnéticos, Vivero.... 332

FOT. 34.—Minerales cloritoso-magnéticos, Vivero..... 333

FOT. 35.—Minerales cloritoso-magnéticos, Vivero..... 334

FOT. 36.—Ría de Vivero... 356

FOT. 37.—Bacterias filiformes precipitantes de hierro... 436

FOT. 38.—Bacterias filiformes precipitantes de hierro..... 437

LÁM. 1.—Plano orográfico e hidrográfico..... Al final.

LÁM. 2.—Mapa geológico..... Al final.

LÁM. 3.—Plano de riqueza minera..... Al final.

FE DE ERRATAS

PÁGINA	LÍNEA	DICE	DEBE DECIR
4	34	Moteseiro	Monteseiro
9	30	Sivarosa	Silvarosa
12	21	Cibeiro	Cibreiro
18	27	Ponga	Parga
25	31	Aperral	Aparrel
119	16	Pallarés	Pallares
360	31	Fron	Iron
404	25	0,06 de milímetro	0,06 de miligramo

NECROLOGÍAS

La desaparición de este mundo de los hombres por algún concepto superiores, que o edificaron a los demás con sus virtudes, o les guiaron con su saber y su consejo, es causa de justificado pesar para los que quedan, a quienes sirven de estímulo el recuerdo de los buenos ejemplos que aquéllos dejaron, y de motivo para hacer duradera su memoria, los estudios y trabajos que llevaron a cabo.

Con sobrada frecuencia en estos últimos tiempos ha tenido motivo para experimentar tales sentimientos el Cuerpo de Minas, y dentro de él, de modo muy especial, el Instituto Geológico, porque a este Centro pertenecieron los ilustres varones D. Lucas Mallada, D. Pedro Palacios, D. Luis Mariano Vidal y D. Rafael Sánchez Lozano, fallecidos de Febrero 1921 a Enero del año actual. Todos son honra del Cuerpo de Minas, y todos merecen nuestro piadoso recuerdo, nuestra gratitud por sus buenos ejemplos, y nuestra admiración por su saber.

EXCMO. SR. D. RAFAEL SÁNCHEZ LOZANO

Muchas veces había oído decir que una persona se había sobrevivido, cuando con los años llegaba a encontrarse en un ambiente distinto al que antes le fuera familiar, con lo cual, naturalmente, había de estar atormentado por el muy considerable aumento en las contrariedades de la vida. Y al ver lo que ahora a mí me sucede, creo ser de los que se sobreviven, pues desde hace algún tiempo observo entristecido que no sólo sufro cada vez con mayor intensidad estragos en mi flaqueza por las repetidas penas consiguientes a la desaparición de cuantos me ayudaron y protegieron, sino que crecen mis cuitas con terrible pesadumbre, ocasionada por la perdurable ausencia de los seres para mí más queridos y de los amigos que fueron compañeros en mi niñez, y también de muchos de los que después conocí y traté, cual hijos, encontrándome ahora como aislado por falta de poder estrechar las manos cariñosas que antes hallaba para darme valor, auxilio y consuelo.

Entre estos amigos, que cada día echo más de menos, está el Excmo. Sr. D. Rafael Sánchez Lozano que, a partir de su juventud, y, sucesivamente, fué mi camarada como Ingeniero de Minas, como individuo de la Comisión del Mapa Geológico de España, como Académico en la de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y como Consejero de Instrucción pública.

En la dicha Comisión, hoy Instituto Geológico (según decíamos el día 29 de Julio de 1904, en que mi ami-



EXCMO. SR. D. RAFAEL SANCHEZ LOZANO.

go ingresaba en la Academia), ha dado en muchos años constantes pruebas de su ciencia y saber, publicando en las MEMORIAS y el BOLETÍN de la misma Comisión, multitud de trabajos, apreciados, no sólo por los que al estudio de la Geología se dedican, sino por cuantos en algo estiman la cultura y la erudición científicas; a pesar de cuán en contrario es a la fama el apellidarse Sánchez.

Y, no obstante, añadíamos, en el Cuerpo de Minas este patronímico es de brillante tradición, pues lo llevó con general estima aquel D. Eusebio, infatigable Ingeniero y consumado Geólogo, a quien, a mediados del pasado siglo, el sabio francés De Verneuil dedicó alguno de los fósiles que en el terreno siluriano de España descubriera por entonces, al par que, denominando otras especies, simultáneamente encontradas, rememoró para siempre a Ezquerria, Prado, Naranjo y Pellico, todos Ingenieros de Minas, a quienes, por sus incuestionables méritos, se abrieron sucesivamente las puertas de esta Academia.

Como habéis oído al Sr. Sánchez Lozano, continuábamos diciendo, fué D. Eusebio su padre; y a aquilatar el recuerdo de este Ingeniero, muerto prematuramente, me impulsan no sólo la ocasión y la justicia, sino también la gratitud nacida del singular afecto y cariñosa protección con que tan buen Jefe me distinguiera, cuando ni pensar podía que, andando el tiempo, llegase yo a celebrar su ciencia y encarecer juntamente los merecimientos que, como herencia paterna, resaltan en su hijo. Pues, en efecto, el Sr. Sánchez Lozano no sólo se ha señalado por sus trabajos oficiales, antes mencionados, sino que tiene reputación envidiable entre los industriales mineros, que con frecuencia acuden a él en demanda

de consejo y dirección acertada para emprender y llevar a buen término las empresas más difíciles, donde hay necesidad de aplicar los frutos de competencia científica y de aptitud industrial, probados en muchas obras dadas a luz por mi amigo, y de las cuales basta citar ahora la *Descripción Física, Geológica y Minera de la provincia de Logroño*; la *Noticia de la Geología de la tierra burgalesa*; los *Datos geológicos de la provincia de Santander*; el *Estudio de la formación vealdense de Castilla la Vieja*; la *Nota de algunos criaderos argentíferos del Norte de Madrid*; los *Estudios minero-industriales de las provincias de León, Cáceres, Baleares, Granada, Ciudad Real, Asturias y Murcia*, y los *Trabajos de captación y alumbramiento de veneros subterráneos*, en muy distintas localidades.

Ahora añadiremos que, con posterioridad, nuestro autor ha publicado, entre otras obras menos generales, dos bien importantes: *La tectónica en sus relaciones con las aguas minero medicinales* y *La hidrología subterránea en la cuenca del río de Almería*, y como complementaria muestra del valor del Sr. Sánchez Lozano servirá el siguiente resumen de lo que pudiera llamarse su hoja de méritos y servicios oficiales.

Nació en Linares (Jaén) en 31 de Mayo de 1854, y bien niño fué a Barcelona, por haber sido nombrado su padre D. Eusebio Jefe del Distrito Minero de Cataluña, y habiéndose allí educado, vino a Madrid a prepararse para el ingreso en la Escuela Especial de Ingenieros de Minas, lo que prontamente consiguió, hasta concluir la carrera con toda brillantez y ser nombrado Ingeniero segundo del Cuerpo en 23 de Octubre de 1877, siendo destinado a los pocos días, en 7 de Noviembre, a efec-

tuar las prácticas de reglamento en la Comisión del Mapa Geológico, donde continuó agregado hasta que, en 27 de Agosto de 1880, fué nombrado Ingeniero de plantilla de la misma Comisión, ascendiendo en Octubre de 1885 a Ingeniero primero, después de haber contribuído muy eficazmente y durante todo el tiempo señalado a la formación y publicación del *Mapa Geológico de España* que, en escala de 1 : 400.000, vió la luz pública en 1889.

Siempre al servicio del Estado, ascendió sucesivamente: en 30 de Noviembre de 1900, en 23 de Octubre de 1903, en 28 de Enero de 1910, en 27 de Enero de 1911, en 9 de Julio de 1912 y en 21 de Julio de 1914, a Ingeniero primero, Jefe de Negociado, Jefe de segunda clase; Jefe de primera clase; Jefe de Administración; Subdirector del Instituto Geológico, e Inspector general del Cuerpo de Minas, para ocupar después los cargos de Director del Instituto Geológico y Presidente de Sección del Consejo de Minería, hasta que en el pasado Mayo fué jubilado por edad, según la Ley, pero en la plenitud de su talento y competencia.

Durante tan dilatados servicios, el Sr. Sánchez Lozano prestó a las ciencias naturales y a la industria particular eminentes servicios, según antes hemos reseñado, los que oficialmente fueron recompensados: en 26 de Marzo de 1894, con la Encomienda de la Real Orden de Isabel la Católica; en 8 de Julio de 1895, con la Cruz de Caballero de Carlos III; y con la Gran Cruz de la Real Orden de Isabel la Católica, en 24 de Junio de 1918.

Además fué elegido individuo de número de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en 2 de Diciembre de 1903, tomando posesión del cargo en 29 de Junio de 1904, y también fué nombrado: Consejero

de Instrucción pública, en 18 de Enero de 1909; Vocal de la Junta de Bibliotecas populares, en 7 de Diciembre de 1911; Presidente de la Comisión de Estudio de la Riqueza Hullera Nacional, en 3 de Diciembre de 1915; y Vocal del Comité Central del Consorcio Nacional Carbonero, en 29 de Septiembre de 1917.

Bastan los datos anteriores para comprender los singulares méritos del Sr. Sánchez Lozano, puestos más de relieve en los últimos años de su carrera oficial en la Dirección del Instituto Geológico de España, con la ordenación, revisión y publicación de varios tomos del BOLETÍN y de las MEMORIAS del mismo Instituto, así como con sus notables informes en el Consejo de Minería, en la Academia de Ciencias y en el Consejo de Instrucción pública, logrando en todos estos puestos fama de sabio ponderado y de rectitud inflexible.

Al escribir estos renglones a petición del Ilustrísimo Señor D. César Rubio, hoy Director del Instituto Geológico, sin duda porque conoce la amistad fraternal que me unió con el difunto, no intento más que presentar algunos datos para una biografía, que completa habrá de ser bien interesante e instructiva, por la calidad del biografiado; dar muestra del pesar que me aflige; y ofrecer un testimonio de consideración y respeto a la familia del gran Ingeniero, en mi nombre y en el de los que fueron compañeros de aquel varón justo, que supo sufrir calladamente las flaquezas ajenas y vencer con ánimo esforzado las contrariedades de la vida, hasta que resignada y cristianamente entregó su alma al Señor, el día 16 de Enero del corriente año de 1922.

R. I. P.

DANIEL DE CORTÁZAR



ILMO. SR. D. LUIS MARIANO VIDAL.

ILMO. SR. D. LUIS MARIANO VIDAL

Una pérdida dolorosa, irreparable, acaba de sufrir la ciencia patria, el Cuerpo Nacional de Minas y muy especialmente el Instituto Geológico de España.

El Sr. D. Luis Mariano Vidal, Inspector general de Minas, Geólogo y Paleontólogo eminente e infatigable, ha rendido tributo a la muerte, después de larga y penosa enfermedad.

Había nacido en Barcelona el día 6 de Octubre de 1842; en la ciudad condal se graduó de Bachiller, e hizo sus primeros estudios técnicos en la Escuela de Ingenieros industriales; y llevado luego por su vocación científica y su amor sobre todo a las ciencias físico-químicas y naturales, ingresó en la Escuela de Ingenieros de Minas, donde terminó sus estudios en 1866.

Su carrera, a partir de su ingreso en el Cuerpo de Minas, fué siempre fructífera y brillante: como Ingeniero al servicio de la Administración, se conservan de él gratos recuerdos en las Jefaturas de Minas de Teruel, Barcelona, Lérida, Tarragona, y sobre todo en el Consejo de Minería; como técnico y director de Empresas industriales, desplegó sus no comunes dotes al frente de varias explotaciones mineras, principalmente en las hulleras de San Juan de las Abadesas.

Pero las aptitudes excepcionales de D. Luis Mariano Vidal, se desarrollaron en él y desde un principio, para los estudios geológicos, para las ciencias naturales en

general, y muy especialmente para la Paleontología. En este terreno científico, tanto por su labor de gabinete como por las aplicaciones prácticas en estudios y Memorias geológicas, figurará siempre D. Luis Mariano Vidal entre los sabios españoles de más relieve, seguramente como el más conocedor hasta el presente de la geología de la región catalana.

Con indiscutible acierto aprovechó la Administración esa competencia singular del Sr. Vidal, nombrándole en la última etapa de su vida oficial, Director de la Comisión del Mapa Geológico de España, que dió lugar a la creación del Instituto Geológico; y en ese puesto, tan en armonía con sus aptitudes, esperó su jubilación reglamentaria.

Las energías nada comunes de D. Luis Mariano, no podían avenirse a la pasividad oficial a que reglamentariamente le condenaba la Administración, y en su región natal continuó sin descanso sus estudios geológicos, sus excursiones científicas y su intensa labor, que se reflejó en numerosos escritos por un lado, y por otro en su colaboración con Sociedades científicas, españolas y extranjeras, hasta que la muerte ha venido a rendirle a los setenta y nueve años de edad, y más de cincuenta de completa donación de su entendimiento a las ciencias naturales.

El Instituto Geológico de España tiene que sentir muy especialmente la pérdida de tan ilustre maestro, en quien siempre encontró un sabio consejero y un infatigable colaborador.

CÉSAR RUBIO



EXCMO. SR. D. PEDRO PALACIOS.

EXCMO. SR. D. PEDRO PALACIOS

Fué D. Pedro Palacios sabio Naturalista, Geólogo y Mineralogista de sólida reputación, de variada e intensa cultura científica general, circunspecto en sus resoluciones, correctísimo en sus procedimientos, y de conciencia científica y profesional inspirada siempre en la verdad y en la prudencia. Nació en Navajún (Logroño) en 1847; cursó brillantemente la segunda enseñanza en el Instituto de Pamplona, y después en Madrid, con notable aprovechamiento, las carreras de Ciencias y de Minas. Terminó la última en 1870, ingresando en el Cuerpo como Ingeniero segundo.

Efectuadas las prácticas reglamentarias en el Establecimiento minero de Almadén, sirvió en el mismo como Ingeniero de plantilla durante unos tres años. Proyectábanse por aquella fecha reformas importantes, que llevadas después a cabo determinaron una época de verdadero florecimiento en aquel Establecimiento minero. Presidía la Comisión encargada de formular el proyecto de mejoras el Inspector general de Minas, y a la sazón Director de la Escuela de Ingenieros, D. José Monasterio. Por una aberración inexplicable de una parte del personal obrero, prodújose un movimiento de revuelta en el que perecieron el citado Sr. Monasterio, que con sus proyectos no hizo sino beneficio al Establecimiento y a su personal, y el bondadoso Ingeniero subalterno D. Isidro S. Buceta. Ocurrieron estos lamen-

tables sucesos el 4 de Abril de 1874, y debieron causar impresión muy dolorosa en D. Pedro Palacios, que como queda dicho servía entonces en aquellas minas, por cuanto cesó en dicho cargo en aquel mismo año, pasando al Distrito minero de Guadalajara. Hizo allí demostración clara de su afición y de sus aptitudes para el cultivo de la Geología, publicando en 1879, en el BOLETÍN DE LA COMISIÓN DEL MAPA GEOLÓGICO, una notable *Reseña física y geológica de la región NO. de aquella provincia*, estudio en el cual resaltan dos condiciones que fueron en lo sucesivo características de su labor científica: sobria y precisa exposición de los hechos y fenómenos observados, y conciencia científica y profesional muy ajustada para no asegurar y dar como explicado sino lo que en realidad estimaba prudentemente que era exacto. Las dotes que en este primer trabajo reveló Palacios fueron motivo de su ingreso en la Comisión del Mapa Geológico, donde trabajó durante muchos años con asiduidad y con fruto.

Entre los trabajos que dió a luz en esta época, ofrece marcado interés un artículo publicado en 1882 en el BOLETÍN, acerca de los *Cristales de pirita de hierro*, algunos de tamaño grande, cubos de 8 y 10 centímetros de arista, encontrados en la provincia de Soria, característicos en aquella comarca del sistema jurásico, y que, según en aquel estudio se expone haciendo referencia a opiniones autorizadas, provienen de la reducción del sulfato ferroso por materias orgánicas. En unión del Sr. Sánchez Lozano estudió y publicó en 1884, *La formación Wealdense en las provincias de Soria y Logroño*, formación señalada entonces por primera vez en esta región de España.

En 1890 publicó la excelente *Descripción física,*

geológica y agrológica de la provincia de Soria, Memoria de 560 páginas en 4.º, con un excelente mapa geológico en escala 1 : 400.000, en el cual aparece en la región NE. de la provincia, señalada la dicha formación Wealdense que alcanza una grande extensión. Variados cortes geológicos y tres láminas que reproducen algunos de los fósiles encontrados completan este interesante estudio, que las personas competentes estiman como un modelo en su clase.

La *Reseña geológica de la región meridional de la provincia de Zaragoza*, escrita en 1891; *Ofitas de la provincia de Navarra*, artículo publicado en el BOLETÍN en 1897; *Observación acerca del terreno estrato-cristalino de la provincia de Navarra*, 1898; *Descripción de algunos cefalópodos triásicos encontrados en España*, artículo que apareció en el BOLETÍN DEL MAPA GEOLÓGICO en 1898, son publicaciones del señor Palacios, prueba de su laboriosidad y demostración clara de su singular competencia, por el grande esmero de la exposición y concienzudo examen de los hechos que se describen.

Entre sus notas inéditas figuran tres como más importantes, una sobre las Teruelitas, otra sobre el terreno Permiano de Navarra, y la tercera sobre el Siluriano de la misma región.

Poseía el Sr. Palacios varios idiomas, el alemán, entre ellos; de él tradujo diferentes estudios y obras científicas relativas a disciplinas diversas, algunas de las cuales no llegaron a publicarse. Entre las que vieron la luz, figuran: *Formaciones de origen marino de la Gran Canaria*, original de los Sres. Rorhpletz y Simonnelli (1896) y *Datos para el estudio de la fauna pliocena del Sur de España*, original del señor Schrodtt,

traducción publicada en el BOLETÍN DEL MAPA GEOLÓGICO en 1898.

El ascenso de Palacios a Jefe en el escalafón del Cuerpo de Minas determinó en 1901, por la necesidad de llenar una formalidad de la Ley de Presupuestos, y cuando ya había sido elegido Académico de la de Ciencias, su salida de la Comisión del Mapa Geológico, donde tan valiosos servicios venía prestando, y su destino a Zaragoza, de cuya Jefatura minera se hizo cargo, y donde puso especial empeño en activar varios expedientes que estaban en tramitación y en ordenar los trabajos todos de aquel Distrito minero.

No era éste, sin embargo, punto acomodado a las condiciones del señor Palacios. Habiendo vacado la cátedra de Mineralogía en la Escuela de Ingenieros de Minas, fué propuesto y nombrado en 1902 para desempeñarla. Hízolo durante ocho años de modo admirable, siendo sus explicaciones oídas con gran complacencia por los alumnos, que reconociendo la superioridad científica del maestro, depositaron en él su confianza, y como siempre les dispensó un trato afectuoso, se sentían atraídos por su saber y a él acudían en consulta de las dudas que les ofrecían, ya las lecciones orales, ya, muy principalmente, las determinaciones prácticas de ejemplares que él les entregaba o por ellos eran recogidos. Supo inspirar Palacios a los alumnos de las promociones que por su clase pasaron, afición a esta clase de estudios; es éste, sin duda, uno de los principales fines que debe proponerse el profesor y que es preciso reconocer que no todos logran. Es para ello condición indispensable la superioridad científica que en Palacios todos reconocían, y un don especial de atracción dentro del cual resulten armonizados el respeto debido al maestro y la

confianza que quite los obstáculos para la consulta. Lástima es que Palacios no publicase sus explicaciones de esta época, para las que servíanle de guía los libros de Lapparent y de Naumann. Impidiólo, sin duda, su grande modestia, que le hizo creer que no era aquel trabajo merecedor de darse al público, en lo cual sin duda padeció error.

Ingresó el señor Palacios en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en 29 de Abril de 1900. Había sido propuesto en fecha anterior, y al saber que algunos señores Académicos patrocinaban la candidatura del sabio histólogo D. Santiago Ramón y Cajal, cedió gustoso su puesto reconociendo la superioridad científica del nuevo candidato, hecho con el cual resultó Palacios enaltecido, sin duda alguna. En el solemne acto de su recepción, después de dedicar un recuerdo al gran naturalista D. Mariano de la Paz Graells, cuya vacante vino a ocupar, leyó un muy curioso discurso titulado *Consideraciones acerca de la influencia del terreno en la distribución de los vegetales*, en el cual hizo demostración clara de su dominio en la Botánica, la Mineralogía y la Geología.

En el de contestación del señor Cortázar se pone de manifiesto el mérito de Palacios, y se dice con toda razón, que nuestro perdido compañero «por extraña condición de su carácter retraído y bondadoso, huye con temor exagerado de toda exhibición o alarde en público, de su saber». Pintura es esta exactísima, de la modestia, acaso excesiva, de quien valía tanto.

Por su ascenso a Inspector se vió obligado a cesar en la cátedra que con tanto acierto y aplausos de todos venía explicando, y fué nombrado Director de la Escuela de Ingenieros de Minas en 3 de Marzo de 1907.

No fué obstáculo su carácter bondadoso para que rigiese aquel Centro de enseñanza con marcado acierto, pues su extensa cultura científica fué razón poderosa para que se hiciese sincero reconocimiento de su superioridad, y para que las órdenes, que llamaría ruegos el que suscribe porque las recibió siendo su subalterno siempre en esta forma, con mayor fuerza obligasen por la moderación y agrado con que eran dadas.

En 1913 pasó el señor Palacios a ocupar la Presidencia del Consejo de Minería, que es el puesto de mayor categoría en el Cuerpo de Minas. Lo desempeñó con notable acierto, siendo su opinión en casos difíciles decisiva para la resolución de algunos asuntos. La madura reflexión que en todos los que estudiaba ponía el señor Palacios, su prudencia y su conocimiento de la legislación y de las materias de carácter técnico que en diferentes ocasiones tuvo que tratar el Consejo de Minería, fueron determinantes del acierto de los acuerdos adoptados en aquella época.

Aunque D. Pedro Palacios parecía algunas veces indeciso en sus resoluciones, no lo era nunca por ausencia de un criterio claro y de un convencimiento arraigado, sino por el deseo de un mayor acierto. Este convencimiento y el dominio de los asuntos en que le correspondía entender, fueron causa de que en variadas ocasiones en que tuvo que expresar su opinión ante público inteligente, lo hiciese con claridad completa y con palabra facilísima.

Le alcanzó en 1914 la jubilación reglamentaria. Si durante el tiempo que fué Director de la Escuela, y después Presidente del Consejo, tuvo que suspender los trabajos y estudios de su predilección, libre ya de cargos oficiales volvió a emprenderlos, y solicitado por los In-

genieros del Instituto Geológico que le consideraron siempre como maestro y le acogieron con afecto, continuó la labor geológica que tenía comenzada, principalmente de su querida Navarra, publicando en 1915 *La formación Wealdense en el Pirineo Navarro*; *Un afloramiento de basalto en el terreno cretáceo de Navarra* (1916); *Notas acerca de la constitución estratigráfica del Moncayo* (1917); *Los terrenos mesozoicos de Navarra* (1919); *La formación Cambriana en el Pirineo Navarro* (1919).

En la Academia de Ciencias la labor de Palacios tiene los mismos caracteres de competencia y esmero escrupuloso que desarrolló en la Comisión del Mapa, en la Escuela de Minas y en el Consejo de Minería.

Fué, en suma, D. Pedro Palacios un sabio modestísimo, circunspecto y prudente en sus determinaciones, escrupuloso en el cumplimiento de su deber, afabilísimo en su trato, y justificado en sus obras. La Ciencia perdió con él un cultivador infatigable. Los que le tratamos le recordaremos siempre con admiración y cariño.

JOSÉ MARÍA DE MADARIAGA

PRÓLOGO

En los HIERROS DE GALICIA Y SU GEOLOGÍA, que principian a publicarse con este tomo, resalta, como nota dominante, el esfuerzo realizado sobre material original, pues los datos más auténticos anteriores eran del año 1835: *Geognosia del Reyno de Galicia*, por Schulz.

Al exponer el autor la parte geológica, da primero sus afirmaciones, luego la descripción de isleos y termina con la discusión de los juicios geológicos anteriores; con lo cual viene a resultar que la labor es particularmente analítica, y las teorías propuestas para reemplazar las ideas rechazadas podrán tener alguna ligera duda, bien mostrada por el autor y propia de las síntesis concienzudas, pero llevan la garantía del análisis.

El estudio micrográfico es una contribución estimable del que debe realizarse sobre las rocas sedimentarias, y lo comprueban, no sólo la fauna microscópica encontrada, sino el relieve de las evoluciones completas seguidas, desde minerales oolíticos a cuarcitas y piroxenitas.

En lo referente a la formación marina, se atiende a los principios de la moderna oceanografía.

Respecto a la formación continental y a las leyes de precipitación del hierro, se tienen muy en cuenta las acciones de las bacterias filosas.

Es curioso, en el mapa de los criaderos, ver cómo las distribuciones de varios minerales, en particular los de hierro, se adaptan a las líneas de los grandes plegamientos hercinianos, con lo que señalan la posición de los isleos geológicos y aun gran parte de las líneas orográficas.

Esperamos que este estudio sobre los CRIADEROS DE HIERRO DE GALICIA, en el que resaltan de un modo indubitable la competencia en geología y la práctica industrial del autor, habrá de ser acogido con interés por nuestros lectores, y contribuirá, por su imparcialidad y autoridad técnica, al conocimiento de uno de los sectores más importantes de nuestra riqueza minera, para cuyo desarrollo constituirá una guía inestimable.

CÉSAR RUBIO

CRIADEROS DE HIERRO DE GALICIA

De un modo esquemático, puede decirse que los criaderos de Galicia son paleozoicos o derivados del paleozoico. Los más importantes desde el punto de vista minero, los más extensos, los que podríamos llamar fundamentales, son los incluidos como términos litológicos del siluriano inferior; casi todos los demás son productos secundarios de la alteración de los silurianos o de los estratos que los contienen; los cambrianos son pocos y de escasa importancia.

Desde el momento en que los criaderos se estratifican en un haz de capas, adquiere importancia cada una de ellas en la investigación, y alguna en ese sentido más que las de mineral, pues se destacan por su mayor dureza indicando el posible lugar del yacimiento.

Se deduce, como consecuencia inmediata, la necesidad de subordinar el estudio de los criaderos al geológico.

Convencido, por otra parte, de la conveniencia de una orientación rápida y previa que satisfaga a los más, que desean una idea general, y guíe a los que buscan puntos concretos, divido el plan en tres partes, muy desiguales en desarrollo: es la primera, una exposición

sinéctica de la geología y criaderos; la segunda, el detalle completo de lo observado, como un ciclo mayor de la primera, y al final, con los fundamentos manifestados, abordaremos la parte industrial; el índice por materias, que va al principio, aclarará el desarrollo de esta idea.

Así como para nada, respecto al estudio, he tenido en cuenta los límites administrativos, incluyo al final otro índice geográfico en que, por partidos judiciales y orden alfabético, se encuentran todos los pueblos, lugares y parajes citados en las descripciones; tengo la esperanza de que ha de ser provechoso para los investigadores y mineros prácticos.

Por ser escasas en el texto las llamadas a la parte gráfica en que se apoya, considero de utilidad dar un pequeño cuadro con las líneas generales, pues sobre ser suficiente para una ojeada, puede servir de advertencia.

TEXTO	PÁGS.	PARTE GRÁFICA	PÁGINAS
I.—Orografía e hidrografía. I.ª a 29		Croquis.....	I
II.—Geología.....	29-123	Lámina 1.ª (mapa).....	Al final.
III.—Orogenia.....	123-139	Lámina 2.ª.....	Al final.
IV.—Clasificación.....	139-147	Cortes geológicos.....	72 y 128
V.—Historia.....	147-160	Cuadro de Clasificación.....	146
VI.—Criaderos.....	160-234	Lámina 3.ª (mapa minero) y fots. 1.ª a 19	Al final e índice de láminas
VII.—Minerales.....	234-278		
VIII.—Estudio Micrográfico..	278-354	Fotografías de 19 a 36.....	Véase índice de láminas.
IX.—Formación marina.....	354-417		
X.—Formación continental.	417-464	Fotografías 37 y 38 (1).....	436 - 437

Los tres mapas: geológico, geográfico y minero, los doy en la misma escala 1 : 400.000, que es la adoptada en las publicaciones del Instituto, para que con facilidad se pueda pasar de uno a otro; el de criaderos, con tales dimensiones, no puede tener más valor que el de un croquis de exposición general.

Por los contornos, finos y rectos para los depósitos sedimentarios, y los poco precisos y redondeados para los yacimientos irregulares, hemos procurado diferenciarlos gráficamente; los mármoles y calizas llevan la misma representación. Para el dibujo orográfico hemos tenido a la vista el Fontan que, si es magnífico como croquis, tiene las inexactitudes propias del año 1834.

Literatura anterior sólo he podido disponer de los escasos datos de Schulz y Barrois y de algunos informes sobre minas determinadas (no sobre criaderos), siempre apasionados en el sentido optimista de lograr una solución económica a los dueños de las pertenencias.

Hechos mis estudios en esas condiciones, las descripciones de los yacimientos reflejarán, quizá de un modo muy exclusivo, mi manera de ver.

Quiero reunir en una sola línea—que lo afectivo no tiene explicación—, mi cariño, recuerdo y agradecimiento al insigne maestro D. Luis de Adaro.

Mi reconocimiento también a todos los buenos amigos que me han facilitado la toma de datos en las largas y penosas excursiones por la hermosa región gallega.

PRIMITIVO HERNÁNDEZ SAMPELAYO

HIERROS DE GALICIA

TOMO I

POR

D. PRIMITIVO HERNÁNDEZ SAMPELAYO

INGENIERO DE MINAS

DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA

La zona de los hierros comprende la provincia de Lugo y el N. de la de Orense.

Geológica y geográficamente representa una de las dos grandes partes en que, de un modo natural, se divide Galicia: forma la oriental todo el terreno paleozoico y la occidental el granítico y el estrato-cristalino (véase croquis).

Es lógico que al trazar esta división de conjunto queden porciones de granito en la parte paleozoica y algunas manchas cambrianas en el estrato-cristalino.

Cada una de éstas dos grandes agrupaciones, que integran los 29.154 kilómetros cuadrados de que consta Galicia, forman sendas unidades geográficas.

El motivo principal de la zona oriental son las sierras y ríos orientados de N. a S. en la mitad septentrional, así como en los montes que hacen frontera entre ambas zonas, mientras que domina en la meridional la disposición de E. a O. En la zona occidental todas las cuencas vierten al Atlántico en cursos paralelos que arrancan de la barrera N.-S. que hemos señalado, exceptuando el Miño, en su curso alto, que recoge las aguas de la zona paleozoica.

En la parte del E. los montes están más reglados en series y llegan a mayor altura, los ríos son más caudalosos y juveniles; el conjunto es áspero y pobre. La del O. tiene colinas, más que montes altos, repartidas profusamente,

lo que produce dispersión de las aguas en arroyos y ríos pequeños; el desarrollo de costas llega al máximum y el conjunto es precioso, alternando rincones pintorescos de vegetación y costas bravas.

No nos ocuparemos más que de la parte paleozoica, que es la de los hierros, y en la segunda marcaremos los escasos yacimientos que contiene.

Zona ferrífera.

Es un gran cuadrilátero dispuesto de N. a S. que comprende una extensión de unos 11.000 kilómetros cuadrados, puesto que en ella abarcamos, además de los 9.881 de la provincia de Lugo, algo de Asturias y parte del N. de Orense.

Tiene dos sistemas de sierras que son perpendiculares entre sí y las que dan origen a su forma: unas de N. a S. producen sus límites laterales, al E. con Asturias y León y al O. con La Coruña, mientras que las sierras transversales de E. a O. cortan en Orense hacia el S. la parte menor de la zona, cerrando el rectángulo.

Los límites son, pues: al N. el Cantábrico, al E. las Sierras de la Bobia, Piedras Apañadas, Montes de Pelliceira, Sierra de Ancares, Cebrero y Sierra de Encina la Lastra; al O. una larga línea de sierras, verdadera cordillera de segundo orden, que partiendo del mar son: La Faladora, Sierra de la Loba, Montouto, Cova da Serpe, Montes de Carión y Farelo, Sierra del Faro y Montes de la Martiñá; el límite S. está dado por las altas sierras transversales de Cabeza de Meda, Queixa, Montes del Invernadero y Sierra Segundera.

Las alturas ascienden de un modo constante desde

la costa hasta los picos de Ancares al O. y al S., hasta las elevadas sierras de Orense.

Las aguas corren en el mismo sentido marcado por los montes: de N. a S. hacia el Cantábrico o al Miño todas las septentrionales, y hacia el O. las meridionales que van a engrosar el Sil.

Orografía.

Los dos sistemas perpendiculares a que venimos aludiendo tienen cierta separación, dominando cada serie en una porción de la zona, según puede verse en el mapa adjunto, donde están marcadas las crestas de las sierras con sombreado topográfico.

Las sierras N.-S. se agrupan de preferencia en la porción NE. (A), mientras que las transversales están más representadas al S. (B).

Observándolas con atención vemos que las N.-S. siguen la misma dirección de los estratos, lo que representa un íntimo enlace con los pliegues que éstos hayan sufrido y en cierto modo con su edad, puesto que las rocas son silurianas, y del final de este sistema los movimientos que plegaron los estratos. Las sierras transversales, en cambio, cortan y vuelcan los haces de capas y, sin relación con ellas, se ajustan a la dirección E.-O. de la cordillera Cantábrica que, con el borde del mar, hacen de verdaderas directrices señalando su origen terciario. Unas y otras son arrugas que marcan edades distintas en la historia del relieve gallego.

La separación no es absoluta, sino que se entrecruzan con direcciones que en realidad son las resultantes en la combinación de los movimientos hercinianos y alpinos. En este entrecruzamiento forman cinco distintas porciones que, ade-

más de ser términos geográficos, sirven para facilitar la exposición. Los enumeraremos del 1 al 5, con lo cual quedarán ordenados según la importancia respecto a los criaderos de hierro que contienen.

Término primero (A): Sierras silurianas y longitudinales.—En (A) se comprenden todas las sierras paralelas, clásicamente ordovicienses y ajustadas a la dirección de los pliegues, con lo que viene a resultar un trozo estriado de rocas silurianas, en general de cuarcitas, que ocupan las cimas. Las mayores alturas llegan al SE., donde se unen a los Ancares. Recorreremos las sierras de E. a O., empezando por los límites de Asturias y Galicia. La primera es la de la Bobia, cuyas estribaciones y rocas componentes arrancan en Santa María del Monte y La Atalaya de Porcia y, siempre acompañada por cuarcitas, asciende hasta las dos alturas, casi iguales y próximas, conocidas por Las Bobias, las cuales por su forma particular y elevación (1.203 metros) se destacan a grandes distancias; esta sierra, ya sin cuarcitas altas, pero con cotas que oscilan de 700 a 1.000 metros, se enlaza con los Montes de Los Oscos, que van a dar en la Sierra de Piedras Apañadas. Esta nueva sierra es del tipo transversal, por excepción en el término (A), corre del Fabal a Fonfría, cortando en el Acebo, con 1.200 metros, la raya divisoria de Galicia y Asturias; toda la sierra es siluriana, pero los estratos se disponen perpendicularmente a su dirección; en cierto modo se puede considerar prolongada por la serie de alturas que, hacia el O., acompañan a la carretera de Lugo a Fonsagrada, pues desde los Montes del Cadabo, y en todo el trayecto, se hace la división de aguas entre el Eo y el Navia.

Desde Piedras Apañadas hacia el S. arrancan los Montes de Moteseiro y Peña Mayor que forman la Sierra de Linares

de Bedul y Vilar de Cuiña, continuándose sobre Sena al Campo de Guleo (1.160 metros), donde se une a los Montes de Rao y Pelliceira, quedando enlazada a la transversal de Ancares que forma el límite S. del primer trozo.

Aun cuando en territorio asturiano, debemos citar la corrida de montes que arrancando de Villarmean, cerca de Fonfría, forma los altos de la Trapa, sobre Logares, hasta el Mesón de la Garganta y Paramios, para terminar con el Cordal de Valmonte en el Pousadoiro, produciendo los montes acantilados sobre la llanura de la costa.

Estas sierras que forman el límite oriental contienen criaderos de hierro a todo su largo, como uno de los términos de las capas que componen las alturas. Los principales son, desde el N.: Porcia, Santa María del Monte, Reiriz, Valle de San Agustín, Pousadoiro, Paramios, Los Oscos, Veiga de Logares, y en particular los de Fonfría, Peñafuente, en Piedras Apañadas, y Penamayor y Cuiña hacia Suarna.

La segunda corrida orográfica es la que arranca desde las estribaciones del Monte Mondigo, en la costa, y se puede seguir hacia el S. desde Cubelas y Villaosende. Constituye una serie de montes que, sin nombre determinado de sierra por lo interrumpidos que están por los cursos de aguas transversales, forman, sin embargo, una verdadera cadena que pasa sobre Balboa, San Fernando, Sante, San Tirso de Abres, adaptándose al contorno del isleo siluriano, para enlazarse con las pequeñas Sierras de Voulloso (370) y Villaodrid (430) que contienen los criaderos de su nombre; esta corrida, siempre con crestas de cuarcitas, se continúa al S. por los Montes de Piquin y Pena Cartea, para enlazarse después con Muradal, la Corrida de San Pedro del Río y la Cruz de Restela, Montes de Penamil, Son y Villaquinte, hasta el Pando y Donis en Cervantes, donde queda unida por Cabanas Antiguas a la gran corrida de Ancares.

Esta corrida sigue también la dirección de los pliegues ordovicienses, con yacimientos importantes de hierro, de los cuales los principales son: Villaodrid (el único en explotación), Santalla, Vilargondurfe, San Pedro del Río y Penamil.

Está muy interrumpida por los afluentes al Eo y por el Eo mismo cerca de San Tirso de Abres; por lo demás este río se desliza, en casi todo su trayecto, entre esta serie de montes y la corrida correspondiente a Meira, al O. Estas frecuentes interrupciones hacen que las alturas alcanzadas no sean muy grandes; la mayor se encuentra en el Muradal (1.160) que es el monte más próximo a la carretera de Fonsagrada a Lugo, donde cruza la corrida de cuarcita de Cartea y Los Baos.

Otra corrida gemela con la que hemos descrito, y que unida a ella determinan el grupo más importante, es la que arrancando también en el macizo del Mondigo desde Arante y Montes de San Miguel, pasa sobre Vidal y Trabada, en los altos de Alvarón, formando la llamada Sierra Cadeira que, con fuertes escarpados, hace de ladera derecha al valle de Lorenzana; esta sierra, áspera y bien seguida, continúa al S. con las crestas de cuarcitas por Pena Mosqueira (700), sobre Villapena y Villaforman, hasta las Sierras del Acebro y San Estebo que se unen a la transversal de Aguajosa (780) y Santa María Mayor. Continuando al S., la arista de alturas sobre Ríotorto va a unirse a la Sierra de Meira, muy seguida hasta Santalla, y después hasta Pradairo, donde se enlaza con los Montes del Cadabo y Sierras de Fontarón. En todo el trayecto, sin solución de continuidad, se ven las rocas silurianas, y lo mismo ocurre por la prolongación de los Montes de Cervantes y Vilarello hasta estrellarse en la gran barrera de los Montes del Cebrero y Ancares, como las sierras paralelas vistas anteriormente.



Cuarcitas ordovicienses, en anticlinal



Castillo de Doncos, corrida a media ladera cortada por arroyos transversales. Extremo O. del grupo de capas de Vivero.





Acantilados del batolito eruptivo.



Aspecto de la llanura moderna de Villalva.

LA TIERRA LLANA.

Esta tirada de Cadeira, Meira y Cervantes es más regular de relieve y presentación que la de Villaodrid; sus alturas son 740 en la Aguajosa, 920 en Seijosmil (Meira) y 840 en Boloais (Cervantes). La mancha siluriana seguida en el recorrido está muy caracterizada y no ofrece dudas respecto a su seguimiento por las cuarcitas, trozos ampelíticos muy negros del siluriano superior y los criaderos de hierro que jalonan con sus afloramientos toda la larga corrida; son los principales: los del Acebro, Ríotorto, Santa Comba, Meira, Penacova, Fontaneira, Fontarón y Vilarello, que han sido investigados, pero sin entrar en explotación.

Todas estas sierras silurianas, aunque en conjunto sean N.-S. y perpendiculares a la costa, ofrecen una ligera convexidad hacia el O.; quedan arrumbadas al NE. cerca de la costa; más al interior, hacia la altura del paralelo de Fonsagrada, se colocan N. y S., y al continuarse hacia el S. se arrumban al NO., hasta soldarse a la barrera de los Ancares. Esa misma convexidad es la de los isleos geológicos que se asientan sobre las sierras.

Esta disposición de los montes en tiradas a lo largo, produce el paralelismo entre los ríos principales, como son el Porcia, el Eo y el Masma, a los cuales afluyen los cursos secundarios cortando la continuidad de las sierras, o por lo menos produciendo barrancos perpendiculares a los ríos grandes, mellando las laderas pendientes y facilitando la explotación de las capas productivas, puesto que quedan descubiertas en sus puntos bajos, más cerca de la superficie, por donde se ha de realizar el arranque.

Unidos a la cadena de Meira y al Cadabo podemos considerar a los Montes del Pico y Albela, al SO. de Becerreá, que van desde el Cadabo a la Sierra del Iribio; están compuestos también de rocas silurianas, cuarcitas, pizarras y calizas a lo largo, y en ellas se encuentra la mayor altura



al llegar a Caurel y Leitariegos: es la de Pena Mayor (Pena del Pico), con 1.200 metros.

Entre las series de montes que forman como el límite occidental de este primer trozo, debemos citar, a partir de la costa, los Montes de Mondoñedo, que comprenden desde la Sierra de Carba hasta el valle de Oro, formando, con sus estribaciones, la ladera occidental al valle del Masma; ya estas alturas de Mondoñedo, que son tres pequeñas corridas algo al NE. por entre las que se desliza el río Tronceda, están labradas en el cambriano y en el granito, con lo que vienen a coincidir las fronteras geológica y geográfica de este apartado primero (A). Las mayores alturas de estos agudos picos de granito, que ya toman facies muy distintas a las alturas del paleozoico, son las del pico de la Togiza (790) sobre Viloalle y la de Pena da Roca (770) al O. y próxima a la hermosa bajada que se hace por la carretera desde Las Sasdonigas a Mondoñedo.

Al S. de Mondoñedo, continuando la irregular frontera del O., encontramos una verdadera cruz formada por dos sierras de sistema distinto: la longitudinal que comprende los Montes de Lindin, Pastoriza y Bretoña, y El Cordal de Neda, que desde el borde de la *Tierra Llana* de Villalba, va hasta Villaoruz, en la Cadeira, produciendo en el cruce la mayor altura de Santa María Mayor (860 metros).

Los montes de este cruce están constituídos por sedimentos cambrianos, calizas y pizarras, con los primeros silurianos; la disposición es a lo largo o atravesada, según la serie que los comprenda.

Finalmente, como longitudinales también y con los mismos estratos de límite de terrenos, puesto que comprenden los primeros sobre las calizas cambrianas, incluimos la serie de colinas que van de Castro de Rey a Castroverde, que más al S. se unen con los Montes de Espasande y Páramo ofre-

ciendo presentaciones de enlace, puesto que estas sierras, ya algo transversales, se componen de capas silurianas no muy caracterizadas y de estratos paleozoicos desde luego.

De la misma facies orográfica que las sierras silurianas longitudinales señaladas, tenemos al NO. el trozo de Viveiro y Bravos, unido a toda la larga cadena que, desde el mar, forma límite provincial entre Lugo y Coruña y separación de nuestra zona.

Es decir, que en realidad supongo el apartado primero dividido en dos trozos de N. a S. separados por los montes graníticos de Viveiro y Gistral (trozo quinto, E) y las mica-citas de Villalba (trozo tercero, C), o en términos quizá más exactos, que las sierras longitudinales arrancan en dos sitios de la costa, al E., de Ribadeo y San Miguel y al O., de Suegos y El Barqueró, y con dos zonas de anchura desigual, pero estriadas por los estratos primarios, vienen a unirse al S. en el gran trozo segundo, cerrando la horquilla que forman por su interposición la *Tierra Llana* de Villalba y los montes irregulares del Buyo y Gistral.

Todas las sierras que dan lugar a los límites occidentales de la zona, aunque elevadas, no pasan de más de 800 metros y su perfil es más suave que las del E.; geológicamente también se diferencian, pues aunque sus capas son igualmente paleozoicas, dominan los filadidos y pizarras metamórficas, en vez de las cuarcitas de los abruptos montes orientales.

Procediendo de N. a S., las primeras sierras que encontramos son las de Bravos y La Faladora. La Sierra de Bravos con sus estribaciones comprende desde Suegos, en la costa, los Montes de Vieiro, Sivarosa, Padrón, Peón, las Sierras de Sebran y Sabucedo hasta quedar soldadas al S. por medio de los Montes Bustelo y Montouto, con la Gañidoira y

principio de la elevada Sierra de Gistral. En esta corrida, que contiene los importantes criaderos de hierro de Vivero y Muras, aun se conserva algo del aspecto siluriano en algunas crestas de cuarzo y cuarcitas; los estratos pizarrosos, siempre dispuestos según la longitud, con frecuencia están muy metamorfizados.

Las mayores alturas, como siempre, se encuentran lo más alejadas de la costa: El Padrón (500), Sabucedo (640) y Bustelo (900). La Sierra de Bravos sirve de separación entre los ríos Sor y Landrove que, como las sierras que los determinan, corren de N. a S.

Más al O., desde el promontorio de la estaca de Vares, que es la punta más avanzada de España en el mar Cantábrico, arranca hacia el S. la Sierra de La Faladora, así llamada por contener ecos múltiples, la cual, con la interrupción de la llanura aluvial de Puentes de García Rodríguez (400), se reanuda al S. con las Sierras de La Loba (700) y el Cordal de Montouto (800), hasta la depresión de Guitiriz y Puente Dá (460), aprovechada para el paso del ferrocarril del Norte, y al S. de la cual se llega a la mayor altura de toda la divisoria en la Cova da Serpe (842). Continúa el Cordal con los Montes de Corno de Boy y Carión, interrumpidos para el paso del Ulla, y ya al final el límite se hace con las Sierras de Faro y Farelo, unidas a los Montes de la Martiñá.

Toda esta gran barrera natural es la divisoria entre las cuencas que vierten de N. a S. en la zona que estudiamos, con las que se inclinan al Atlántico, que son todas las del O. de Galicia; es la verdadera frontera entre el paleozoico abrupto y el granito y arcaico suaves, limitando a occidente y de un modo absoluto, la región ferrífera.

La Sierra de La Faladora hace de ladera occidental a la cuenca del Sor, y el resto meridional de toda esta cadena

vierte al E. hacia el Miño, a cuyo río acompaña de lejos de N. a S. hasta su unión con el Sil en Los Peares.

Las alturas mayores son: O'Caxado, al final de La Faladora, con 700 metros, La Loba (700), la Cova da Serpe (842), Pico de Farelo (950), Sierra del Faro (1.170) y 1.000 en los Montes de la Martiñá.

La composición es de estratos pizarrosos muy metamorfizados en toda La Faladora y La Loba hasta la Serpe de Guitiriz, estando en granito, con lambones de estrato-cristalino, toda la parte meridional; las capas del terreno siguen a lo largo de los cordales evidenciando que, de un modo geológico, también hace frontera esta cordillera dejando los tramos primarios a su oriente.

Como resumen de ideas sobre este primer trozo, vemos que las sierras longitudinales se acantonan de preferencia al E., pero corren también al O. hasta enlazarse unas y otras con el segundo trozo.

Las orientales son más abruptas y elevadas, sus rocas son clásicamente silurianas; las occidentales son más suaves de líneas y, aunque paleozoicas, de clasificación específica dudosa muchas veces, hecho que está en perfecta concordancia con su mayor proximidad al granito. En consecuencia adoptamos distinta denominación para referirnos a los dos grupos de sierras longitudinales, llamando *sierras silurianas* a las orientales, y simplemente *paleozoicas longitudinales* a las de occidente.

Término segundo (B): Sierras transversales. — Comprendemos en él toda la parte meridional de la provincia, donde, sin ser exclusivas, dominan las sierras transversales. Y aquí hay que hacer una aclaración.

Hemos llamado sierras longitudinales o transversales según que los estratos estuviesen dispuestos en ellas a lo lar-

go o atravesados, y como el arrumbamiento en toda la parte N. de Lugo es el mismo N.-S., algo N.-E., resulta que siempre esa dirección o su perpendicular, en esa parte, servirá para encasillar las sierras en uno o en otro grupo, pero como los estratos, a medida que examinamos la parte S., se van arrumbando al N.-O. y llegan a colocarse casi E.-O. en la Sierra de Eje, se deduce de aquí que en este segundo trozo:

1.º Que sierras que se arrumban al N.-O. y E.-O. pueden ser longitudinales, y

2.º Que las transversales tienen distintas direcciones.

Enumeraremos, pues, por separado, las de cada serie, deteniéndonos de preferencia en las transversales, pues son las que, en este trozo, contienen los yacimientos de mineral de hierro.

Entre las longitudinales se encuentran, sin contar las del Faro y Carión que hacen límite con la parte granítica, las colinas desde Guntín de Pallarés a Taboada, formando la ladera derecha del Miño, que culminan en las Peñas de Ambarria, mientras que los Montes de San Payo hacen la ladera izquierda del valle; los Montes de Fiolleda y Pico Cibeiro, marcan otra pequeña corrida que, paralela a las anteriores y al río de Rubian, acompaña de N. a S. al ferrocarril, viéndose desde él las colinas poco elevadas, de topografía parecida al terreno arcaico de Lugo, pero con pequeñas crestas de cuarcitas silurianas que producen el enlace paulatino con los isleos de Nocedas y Sierra de Agua Levada, en la cual, al E. de Monforte, está el sistema siluriano perfectamente representado y con los criaderos de hierro más caracterizados de la parte S. Esta Sierra de Agua Levada (560) es la más importante de las señaladas, corta al Sil en Rairós y llega al N. hasta la explanada de Puebla de Brollón, haciendo margen derecha al Lor en bastante trayecto; sus prolongaciones

en alturas y geología son sin duda: al N. los montes sobre Ribas Pequeñas y Fiolleda y al S. la Sierra del Cerengo que, en una pequeña parte al O., también se puede considerar como longitudinal.

Todas estas pequeñas corridas señaladas, aun cuando tienen la dirección de las silurianas del primer trozo, ofrecen una topografía mucho más semejante a la del arcaico, y como por otra parte ni tienen grandes alturas, ni entre sus masas pizarrosas, de difícil clasificación, guardan yacimientos ferruginosos, las incluimos en este segundo trozo, en el cual representan el término de enlace.

Toda la porción oriental y S. de este segundo trozo está surcada por las sierras transversales, que se presentan en toda su amplitud; su dirección sensible es de E. a O. en cerca de 100 kilómetros de largo que es el ancho que tiene la región ferrífera, y con una profundidad de 80 de N. a S. Estas dimensiones en una presentación orográfica donde se alcanzan alturas hasta de 2.000 metros paralelamente a la costa cantábrica y a la cordillera pirenaica, evidencian la importancia de los movimientos generadores, que no pueden ser otros que los generales alpinos, puesto que el trozo considerado, por su aspecto, es un verdadero segmento de la gran cordillera del N. de España.

Las sierras transversales, consideradas en detalle, no guardan, como las silurianas, alineaciones fijas, sino que están diseminadas en la extensa área de repartimiento. Buscando manera de agruparlas, vemos que las más septentrionales se reúnen alrededor del verdadero nudo orográfico de Leitariegos y Ancares, mientras que las demás se extienden de E. a O. entre las provincias de Lugo, León y Orense.

La agrupación que llamamos de Ancares la consideramos formada por tres sierras paralelas, algo al NE. de la

zona, que son las de Iribio, Montes de Lózara y Sierra de Caurel; las tres están enlazadas al E. por las corridas perpendiculares que forman las Sierras de Viduedo y Montes del Cebrero, los cuales a su vez se reúnen en Piedrafita para prolongarse al NE. con los elevados Montes de Cervantes y Ancares. Los Montes de Miranda y el Incio son simétricos con los de Viduedo y Cebrero, y en conjunto, la figura de este nudo orográfico es la de un tridente cuyas puntas fuesen las sierras paralelas y el mango las de Cervantes y Ancares.

Las sierras paralelas de Iribio, Lózara y Caurel, aumentan de longitud en el mismo orden enunciado, 3, 6 y 9 kilómetros respectivamente, y lo mismo ocurre respecto a sus alturas, pues llegando en el Iribio a 1.100, en Lózara se alcanzan 1.440, y las mayores elevaciones corresponden a la Sierra de Caurel, cuyos picos hacia el E. dan: Pía Pájaro, 1.730; Formigueiros, 1.600; Alto de Visuña, 1.000; Monte Faro, 1.640, y Capeloso, 1.610.

Las aguas que reciben las dividen en dos vertientes: las del N. al Navia, y al Sil las que corresponden a los demás puntos cardinales, y esto es porque los Montes de Albela sobre Becerreá, se unen a las Sierras de Viduedo, Cebrero y Ancares, formando un amplio semicírculo que representa su concavidad hacia las sierras silurianas y determina así el nacimiento de todos los ríos longitudinales.

Las tres sierras paralelas menos importantes alternan con los ríos de Samos, Lózara y Caurel, cuyas aguas, por ese orden y contando hacia el O., van a encontrarse en río Lor que las conduce al Sil. Los Montes de Incio y Miranda, forman las laderas derechas del Lózara en el tramo en que corre N.-S. para reunirse al Caurel, mientras que al O. vierte hacia el río Cabe. Vemos, pues, que la mayor parte de las sierras de esta convergencia (Iribio, Lózara, Caurel, Ce-

brero, Viduedo y Ancares), corren de SO. a NE. como los ríos que limitan; ahora bien, como las capas del terreno en toda esta parte se orientan, como regla general, al NO. buzando al SO., resulta que unas y otras direcciones se cortan ortogonalmente. Para completar la disposición nos fijaremos en que los afluentes pequeños corren de NO. al SE., paralelos a los estratos, y según esto es natural que excaven en las partes blandas produciendo escarpes en sus laderas orientales, que son las perpendiculares al buzamiento, mientras que las occidentales son suaves con la inclinación que tengan las capas. De esta manera se produce el perfil en diente de sierra con escalones seguidos, y a veces gigantescos, que hacen tan característica la elevada silueta de estas montañas.

Todo el macizo es siluriano, pero ya no resaltan las cuarcitas como término de mayor relieve, sino que casi todos los estratos son superiores a ellas, dominando las pizarras casi exclusivamente en las porciones occidental y oriental, mientras que en la central son las calizas los rasgos salientes.

Esto ocurre en Caurel y Cebrero, dando lugar por su potencia y compacidad a largos crestones de calizas que en su mayor desarrollo llegan a producir la Sierra de Encina la Lastra, ya en la provincia de León, la cual se une a Caurel por medio de otra corta de cuarcitas silurianas, que es la de los Caballos. Ambas y los Altos de Miranda y el Incio, que forman también parte del nudo orográfico, podrían considerarse pertenecientes al sistema longitudinal del primer trozo si sólo se atendiese a la coincidencia de dirección entre los estratos y cordales, pero en estos casos, y más después de la exposición orográfico-geológica de Caurel, podemos especificar algo más.

Todo el alto escarpado de cuarcitas de Miranda (1.100),

con los picos de Monte Agudo (1.500) y Peña Redonda (1.400), del Incio, son escalones abruptos en la ladera derecha del Lózara y vienen, en consecuencia, a ofrecerse como casos particulares de gran magnitud en la ley de pliegues o fallas que produce la repetición de escalones, no sólo en Caurel, sino en todo el nudo de Cebreros y Ancares.

Lo mismo podríamos repetir respecto a la Sierra de los Caballos, también cuarcitosa y con acantilado áspero sobre Gestoso de Arnao.

La Encina la Lastra tiene su origen más bien fundado en causas mecánicas de compacidad de rocas, y como aspecto contribuye a las líneas generales de montes atravesados.

Disgregado ya el conjunto de Caurel y Ancares, queda como nota única en la orografía de la parte meridional, la repetición de las sierras transversales de E. a O. Todas ellas parecen referirse al accidente enérgico que imprime el valle del Sil, primero solo y luego unido al Miño, en unos 90 kilómetros de longitud en ese mismo sentido, y todo el conjunto contribuye a integrar la gran cordillera Pirenaica, paralela a la costa.

Las sierras meridionales de la zona ferrífera se encuentran al S. del Sil, y son: en primer término, Cabeza de Meda y Rodicio al O., en estrato-cristalino sobre Castro Caldelas; la Sierra de la Moa, seguida del Cerengo y Peites en el isleo siluriano entre Lugo y Orense; la Sierra del Eje en el paleozoico de los términos del Bollo, que sube hasta los desolados páramos del Casayo; y en segundo término, formando paralelas y cerrando el paleozoico, hay otra línea importante dada por las Sierras de Queija, Montes del Invernadero y Sierra Segundera, la masa de las cuales es granítica, estrato-cristalina o de pizarras metamórficas.

En estas corridas del fondo S. de la zona es donde se alcanzan las mayores alturas desde la costa, llegando a 1.709 en el Seixo de la Sierra de la Queixa y 2.047 en el vértice Moncalvo de la Segundera, en el límite de las provincias de Zamora y León.

De todas las sierras citadas, la más interesante, en cuanto a los criaderos de hierro, es la del Cerengo; representa la prolongación hacia el S. de la Sierra de Agua Levada, y está formada por las mismas cuarcitas silurianas que llegan con el isleo hasta Peites; el alto del Cerengo, también en cuarcitas, alcanza 1.300 metros.

A esta sierra siluriana, que a pesar de su posición tiene también carácter longitudinal, se une la de la Moa, de líneas mucho más suaves, en el arcaico, y con abundantes monumentos megalíticos que le dan su nombre.

Como resumen del examen de este segundo término geográfico, podemos decir que se confirman en él la existencia de fracturas y dislocaciones que han obedecido a una fuerza amplia, la cual, actuando de N. a S., ha producido las alturas corridas y paralelas de E. a O. Y puesto que las alturas aumentan desde la costa de un modo constante, se deduce que la resultante transversal de E. a O. es la que corresponde no sólo a la fuerza mayor, sino a la última que actuó, puesto que es donde con más intensidad se cumple la erosión.

Los criaderos ferruginosos más importantes son los de Caurel, de los cuales alguno está reconocido, pero ninguno en explotación. Los límites E. y O. de este apartado, en la parte meridional, quedan imprecisos, como es consiguiente, a la disposición de las sierras paralelas de E. a O., y el terreno abierto lo es también geológicamente, prolongándose los isleos paleozoicos; tomamos como límites las prolongaciones E. y O. de los septentrionales.

Término tercero (C): Tierra Llana.—El tercer término geográfico considerado es la llamada Tierra Llana, o Terra Chá en gallego, y también es el tercero su orden en cuanto a los yacimientos de mineral de hierro que contiene.

El nombre de Tierra Llana se aplica con alguna imprecisión por los naturales de la zona; en el plano de Fontan comprende de un modo estricto las tierras que se extienden desde Otero a Castro de Rey, según el valle del Miño. En realidad, la llanura ofrece un contraste llamativo con los montes que la rodean a los cuatro vientos; ateniéndonos a este concepto, que es el que produce la determinación del nombre y el verdadero término geográfico, extendemos la denominación a toda la gran explanada limitada al N. por las estribaciones de la Sierra de la Carba y Cordal de Neda; al E. por los Montes de Bretoña y los comprendidos de Castro de Rey a Mosteiro; al S., cerca de Lugo por las alturas que se relacionan con el Páramo y los Montes de Guntín y Puerto Marín, y algo más lejos con la serie de colinas de La Ulloa; por fin, el límite O. está dado por las estribaciones y montes subordinados al gran Cordal de La Loba y Cova da Serpe ya descriptos, como son los Montes de Germade, Belsar, Sierra do Castelo y Cordal de Ousá en Vaamonde, para terminar en Pico Pereiras (760) sobre las Retortas y Negral. Todo el terreno así definido coincide con la porción alta del valle del Miño integrado por los ríos Lea, Anllo, Tamega, Ladra y Ponga, que le hacen tan caudaloso desde el principio.

Los terrenos geológicos dominantes en toda la llanura, son el granito y el estrato-cristalino, recubierto por los cuaternarios en bastante extensión. El diastrofismo general y aproximado es N.-S., buzando al O.; las micacitas de Villalba son casi horizontales.

La altitud media de esta zona, siempre pendiente hacia el S. en el sentido que corre el Miño, es de 400 metros (460 en Villalba y 422 en Lugo).

Los criaderos de hierro están adosados a las colinas de la parte occidental entre Cabreiros y Villalba, y a las del S. de Vaamonde a Guntín; los de Guitiriz, en el rincón SO., parecen también subordinados a esta zona. Los de la primera serie, de Cabreiros a Villalba, participan del carácter de horizontalidad de la Tierra Llana; los de Vaamonde están intercalados en las capas del terreno, son los más importantes y han sido explotados en diferentes épocas.

Esta gran llanura se une por el puerto llano de Aperral (580) con la de Puentes de García Rodríguez, ya en la Coruña, que es la llanura que interrumpe el Cordal de las Sierras de Freixo y La Loba. La identidad de sedimentos modernos en ambas zonas, unido a la horizontalidad de las micacitas, hace suponer un origen tectónico al conjunto de la Terra Chá.

Término cuarto (D): Llanura de la costa.—Comprendemos en este cuarto término una faja llana y estrecha, que se extiende a lo largo de la costa, contorneando al S. las figuras que forman las laderas de los montes y llegando al N. hasta los acantilados batidos por el mar (1).

Las dimensiones son: de largo unos 70 kilómetros, casi toda la longitud de la zona en estudio, desde Navia hasta Lago y la Punta Roncadoira en el macizo granítico de Viveiro, y de ancho varía de 1 a 4 kilómetros; la altura media de esta verdadera banqueta litoral es de unos 30 metros. Su origen está en la denudación y enrasamiento producidos por el mar terciario sobre los estratos paleozoicos, cuando el li-

(1) Véase *Historia de la denudación de la costa de la provincia de Lugo*.—*Boletín del Instituto Geológico de España*.—Tomo XIV, 2.ª serie.

toral actual estaba sumergido a poca profundidad, y las aguas batían en las que hoy son laderas de los montes y antes antiguos escarpados.

Se desprende naturalmente que esta manera mecánica de formación habrá producido los mismos resultados en materiales de idéntica dureza y compacidad, pero dará lugar a tantas excepciones como diferencias de desgaste apreciables correspondan a las distintas capas. Por otra parte, las rocas que en conjunto forman toda la masa del litoral, son de dos clases: un paquete de capas paleozoicas presentadas de Navia a Foz, con sus cantos frente al mar y rumbo de N. a S., y el granito y estrato-cristalino de Foz a Vivero. Y a esto se deben las dos modalidades de presentación: llanura igual, como sometida a plantilla, y borde recto en la costa desde el Navia al Masma, y en cambio borde arqueado en el litoral y llanura sólo a retazos al llegar al granito, que ofrece mayor compacidad a la erosión, desde Foz a Vivero. De un modo casi absoluto, las puntas que más avanzan en el mar son las de rocas más duras; cuarcitas en la porción paleozoica; grandes filones de cuarzo en el granito.

Los sedimentos que corresponden a esta cinta llana, seguida o con interrupciones, son detríticos, de arenas ferruginosas horizontales y poco potentes; los suponemos miocenos y ninguno de ellos llega a servir de mena de hierro, aunque sí dan lugar a investigaciones.

Término quinto (E): Isleo granítico de Vivero.—Dejamos para último término geográfico-orográfico el macizo granítico de Vivero, comprendido desde la Ría de Vivero a la de Foz y desde la costa hasta las Sierras de Gistral y la Carba.

Es muy montañoso y orográficamente participa de las disposiciones de los dos primeros grupos, sierras longitudinales y transversales cortándose ortogonalmente.

El primer sistema, de N. a S., comprende la Sierra del Gistral y las tiradas paralelas que limitan el Valle de Oro, así como otras más pequeñas que van desde los Montes del Buyo a la costa; y al segundo, de E. a O., corresponden los Montes del Buyo cerca de la costa y las Sierras de Freijo y la Carba hacia el interior.

Su total constitución granítica impide que se la pueda incluir en los dos grupos primeros, pues tratándose de una roca homogénea, es desgastada uniformemente por la erosión, y ni puede ofrecer la posición de los batolitos de los pliegues, ni aun siquiera una ley de fallas, pues quedan ofuscadas con la igualdad de materiales y sólo ofrece, en un primer aspecto, las depresiones de corrosión labradas de un modo mecánico por la caída de las aguas.

Atentamente se ve cómo las mayores alturas y cordales se distribuyen en una red muy intrincada, cuyas líneas generales se corresponden con las dos series estudiadas para las paleozoicas: de N. a S. y de E. a O. Alturas de N. a S. son las tres pequeñas crestas que desde los Montes del Buyo descienden a la costa formando barrancos muy cerrados en V y clásicamente de erosión pseudoglacial. También dan lugar a pequeñas series longitudinales los Montes del Valle de Oro, con su agreste e histórico castillo en La Frouxeira, a 400 metros, ramificándose hasta la elevada Corneiria y frente a Cillero, formando las laderas derechas del Valle de Oro; por fin la Sierra del Gistral, más al S., que, desde la Piña Gistral, corre hasta los Montes del Buyo, con su mayor altura en Penido Novo (780).

Las cordadas de E. a O. son tres: los Montes del Buyo al N., y dos paralelas y próximas al S., la Sierra de la Carba y las de Freijo y Bustelo en Muras, parajes solitarios y ásperos todos ellos. Los Montes del Buyo corren desde el extremo N. de la Sierra de Gistral hasta el Penedo do Galo

en Vivero (580), formando en sus laderas la eminencia de San Roque (350) que llega hasta el Campo Santo de Vivero y el borde del mar. Y es curioso observar que la elevación del Penedo do Galo forma línea paralela a la costa con la altura final (500) de la Sierra Caballeira, que es el central de los tres serrijones N.-S., y con el Pico de Tres Mujeres (490), que es el extremo del serrijón situado al E., pareciendo indicar estas tres cotas, semejantes y a la misma distancia de la costa, los jalones o testigos de otra corrida transversal destruída por los barrancos de corrosión que bajan hasta el litoral.

Las Sierras de Freijo y Muras forman una gran barrera que enlaza, en línea transversal, La Faladora a la Sierra de Gistral. Están formadas por la reunión de núcleos que se destacan más individualizados y que son: O'Caxado (700), Pico de la Torre, Bustelo (780), Montouto (740), La Gañidoira (790), El Coriscado (940), La Peña Gistral y el Cuadramón (1.030).

La Sierra de la Carba, paralela y más corta que la gran corrida transversal señalada, limita con ella el cauce alto del Eume que corre hacia el O. Esta sierra forma el límite N. de la Tierra Llana y se extiende desde el Pico de Moisebane (1.053), en La Infesta, hasta la Peña Goia (880), sobre Muras.

Como resumen del examen de este macizo granítico, podemos decir que la nota que resalta es la relativa igualdad y gran elevación de sus abundantes cimas, lo que produce aguas de aspecto juvenil y evidencia una elevación relativamente moderna de toda la masa granítica, puesto que la intensa denudación no ha logrado suavizar su enérgico relieve.

Hidrografía.

Supeditadas como están las líneas hidrológicas a las orográficas, y dependiendo su posición de los mismos fenómenos de orogenia y metamorfismo que han engendrado el relieve total, no encontraríamos, con la exposición detallada de las redes fluviales, más ni mejores argumentos para el esclarecimiento de la historia geológica que vamos persiguiendo, y por tal consideración, nos limitaremos a señalar los límites de las cuencas principales, para apreciar la coincidencia con los términos geográficos establecidos y corroborar las deducciones que hemos hecho al estudiar sus sistemas montañosos.

Término primero (A).—Los ríos del primer trozo son: el Navia, el Porcia y el Eo (1).

Los límites de vertiente arrancan en el Cuerno, saliente de la costa cerca de Otur, al O. de Navia, y con las Sierras de Panondres, San Roque y Carondio, unidas a las largas corridas de Valledor y Valvaler, llegamos al Puerto de Valdebueyes que se enlaza con las sierras secundarias de los Áncares. Desde aquí el límite se hace meridional, y los Montes de Leitariegos se prolongan en una gran curva que, con las Sierras del Cebrero, Viduedo y Montes de Becerreá, cierra la cuenca al S.; el límite del O. lo producen

(1) Véase el mapa orográfico e hidrográfico.

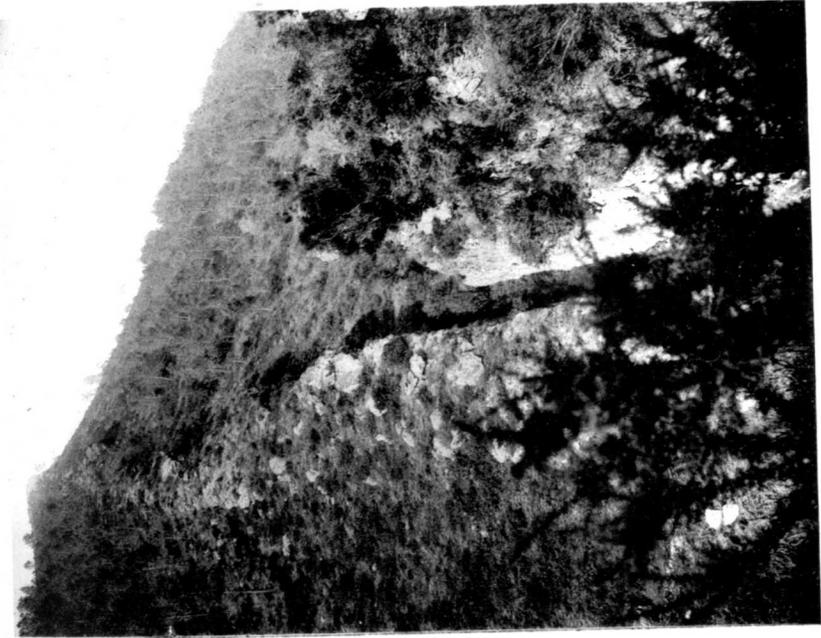
los Montes del Cadabo y Sierras de Meira y Cadeira hasta la Punta del Promontoiro en San Miguel.

La cuenca así marcada es algo mayor al E. y menor al O. que el primer término geográfico, pero sus contornos difieren poco a pesar de este desplazamiento, evidenciando el fondo natural y lógico de la división que hemos establecido.

Los tres ríos corren paralelos de N. a S. con alguna orientación al NE., y coinciden sus cauces con la dirección de los estratos más blandos. Todo el terreno en que están excavados los valles es siluriano inferior, por lo cual las cuarcitas, como más duras, ocupan las cimas. De la interferencia de rumbos entre los estratos, las crestas y los ríos, se deduce que estos valles ocupan la posición primitiva que tuvieron al efectuarse los plegamientos del siluriano, durante la ola herciniana, o una colocación paralela a ellas, y como además los buzamientos de los estratos son siempre hacia los cuadrantes del O., se podría definir la primera red hidrográfica como consecuente, según los pliegues, en valles monoclinales; los afluentes perpendiculares a los estratos completan la red con su sistema subsiguiente.

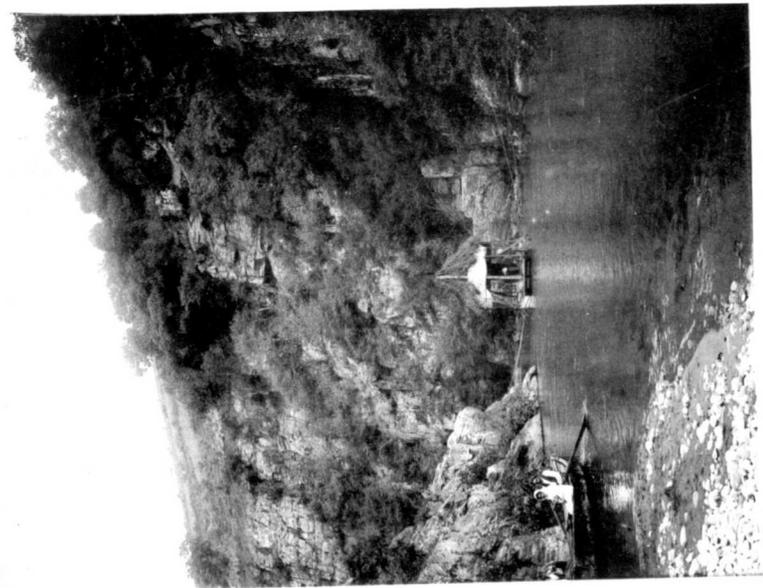
Respecto al terreno geológico, el Eo está comprendido entre las crestas de cuarcita siluriana de la Bobia y del Mondigo, excavando su lecho por las calizas de Vegadeo, que corresponden al cambriano medio y pizarras con ellas relacionadas, con lo cual viene a resultar el valle en un anticlinal; más al S. de San Tirso; el Eo, lo mismo que el Porcia y el Navia en todo su trayecto, quedan ahondados en pizarras ordovicienses, del grupo de Luarca la mayoría de las veces.

El único aforo que conocemos es el del río Eo en el puente de San Tirso de Abres, al empezar el tercio inferior; la máxima en el mes de Enero (1918) acusó 25 metros cúbicos por segundo, y la mínima en Septiembre 4,740 metros cúbicos. La longitud total del río, de cerca de 80 kilómetros.



Alforramiento N. en Pena d'fo Corvo
MINAS DE GALDO.

Fot. 3



Emplazamiento de un Sotelo.
Acantilado en pizarras
metamórficas horizontales
RIO NAVIA.



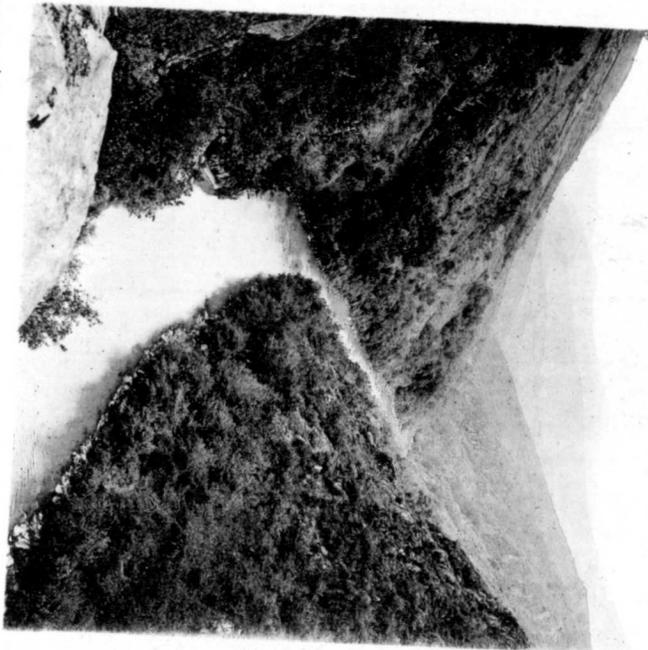
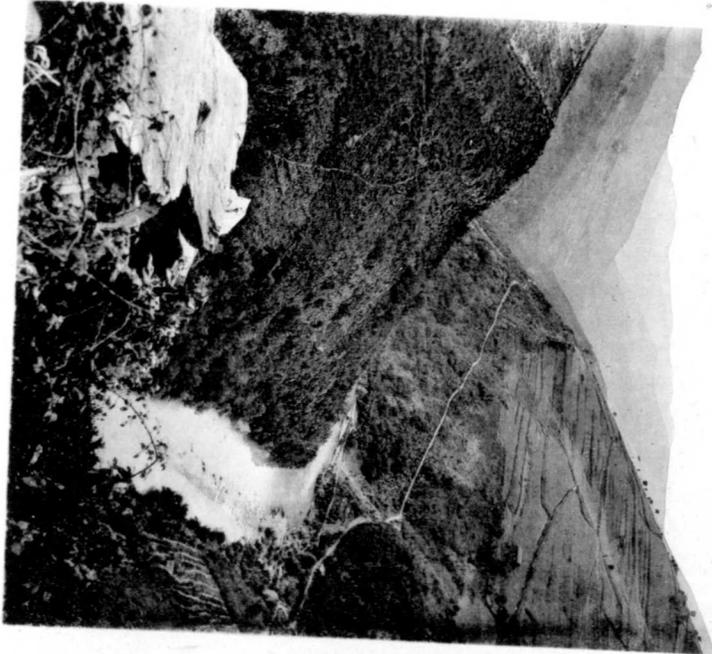
Al considerar los ríos hasta su desembocadura, hacemos desaparecer la llanura de la costa como término hidrológico, y queda incorporada al trozo de las *sierras silurianas* en su porción oriental, y al *islo granítico de Vivero* en el occidental.

La consecuencia importante que deducimos del examen de los ríos *longitudinales*, es que se establecieron, desde un principio, según los pliegues, y debieron alcanzar mucha mayor longitud que la actual, puesto que los isleos silurianos se prolongan hasta fundirse en los Ancares con la gran mancha paleozoica de León y Asturias.

Términos segundo y tercero (B) y (C). — En el segundo término se ofrecen los ríos transversales conducidos entre las grandes sierras de este mismo sistema.

Al intentar trazar el límite de cuenca, nos encontramos con que hay que considerar unidos los términos segundo y tercero, sin que esto implique pérdida respecto a las características esenciales del tercero: gran llanura sobre terreno estrato-cristalino.

Los cordales límites de vertiente vienen desde Asturias, sobre Caboalle y Vega de Espiñaredo en León, a enlazarse con los Ancares y todo el límite S. y O. de la parte siluriana. Siguiendo, pues, la línea de los Ancares, recorreríamos los Montes de Cebrero, Viduedo, Albela, Pico y Cadabo para encontrar la tirada de las Sierras de la Fontaneira y Meira hasta el Cordal de Neda, en donde se cruzan el límite de la vertiente siluriana, que sigue hasta el mar por la Cadeira, y el que seguimos del Miño, que está prolongado al E. por la Sierra de la Carba y la Pena Goia, las que van a unirse en el puerto llano de Aperral con las estribaciones de la Sierra de La Loba. Desde esta sierra arranca, hacia el S., el gran límite occidental: Loba, Montouto, Cova da Serpe,



Fot. 4

Valles típicos de erosión uniforme en el tramo pizarrroso
RIO NAVIA, DE DOIRAS A ILLANO.

Corno de Boy y Sierra del Faro, que coincide en absoluto con la limitación de los trozos segundo y tercero. Al llegar a la Martiñá, cambia de E. a O. y sigue hacia los Montes del Testeiro, entre Pontevedra y Orense. Las Sierras de Queixa y Segundera forman el límite de cuenca al S.

Vemos, según el recorrido marcado, que los contornos de las divisorias se ajustan a los asignados como naturales en los trozos segundo y tercero, quedando abarcada la Tierra Llana, pero sin perder su individualidad, pues, salvo el portillo por donde pasa el Miño, queda también cerrada al S. por los Montes de Páramo, Guntín y La Ulloa.

Respecto a los límites laterales del segundo trozo, *sierras paleozoicas transversales*, quedan sin precisar, y es natural que así ocurra, pues orográfica y geológicamente se prolongan las sierras paleozoicas hasta unirse al E. a León, y al O. las arcaicas se enlazan con la gran zona de granito y estrato-cristalino.

En resumen, los límites de cuenca del segundo trozo corresponden perfectamente con la idea fundamental que lo forma: grandes dislocaciones transversales, produciendo las líneas de depresiones y eminencias en el mismo sentido, de E. a O.

Las aguas de esta gran cuenca se reúnen según dos ejes hidrográficos perpendiculares: el Miño y el Sil, que cierran el ángulo en Los Peares. Y es curioso observar que todas las aguas del Miño proceden de la Tierra Llana o de las sierras paleozoicas longitudinales (1), es decir, de la porción que conserva en su relieve las líneas de los antiguos plegamientos, mientras que las aguas que afluyen al Sil proceden de las abruptas quiebras transversales debidas a movimientos modernos. De este modo los ejes hidrológicos ortogonales corroboran las dos series de movimientos que, de un

(1) Véase Orografía, pag. 4.

modo constante, se ofrecen de fondo para la historia orogénica.

Esta misma división de Miño y Sil nos restablece la personalidad del segundo grupo que queda reducido a las sierras transversales (cuenca del Sil), quedando con cierta separación la porción de *sierras paleozoicas longitudinales* y la Tierra Llana, ambas de la cuenca alta del Miño.

La deducción que se podría obtener en el trozo del Miño hasta Los Peares, sería la misma de los ríos longitudinales silurianos, red consecuente en su origen con los primeros plegamientos: la diferencia es que, en este caso, corren en sentido contrario, hacia el S.

Examinaremos de preferencia la parte transversal, y en ella la que contiene los criaderos.

La verdadera directriz del relieve es el río Sil, desde el puerto de Domingo Flórez hasta Los Peares, pues la porción alta del Sil, hasta Valdeorras, corresponde al sistema longitudinal.

Los ríos principales que desde la zona ferrífera afluyen al Sil, son los del nudo orográfico de Caurel y el Incio: el Cabe, Lózara, Caurel y Lor, que corren de NE. a SO. Ahora bien, como la disposición de estratos en esta porción es rumbo NO. y buzamiento SO., resulta que los ríos principales que tenemos que considerar como consecuentes con la primera inclinación del terreno, corren perpendicularmente a la estratificación, mientras que los afluentes subsecuentes completan la red ortogonal alojándose en valles monoclinales labrados en la mayor blandura de los estratos o en las quiebras de las fallas longitudinales, y produciéndose la estructura en escalones, muy típica en la zona ferrífera.

Esa disposición definida para Caurel y Lózara es la general de la cuenca del Sil, y como, por otra parte, las depre-

siones transversales son sin duda alguna más recientes que los pliegues a lo largo, se podría deducir:

1.º Que los primeros ríos consecuentes con la inclinación, corrieron hacia el O. atravesando los estratos; y

2.º Que siendo más modernos que los longitudinales se tuvieron que surtir de sus aguas, produciendo una división en las antiguas cuencas cuyo sentido no se puede fijar sin argumentos geológicos.

En el año 1918, los aforos del Miño en Orense (Sil y Miño alto, reunidos), acusaron un máximo de 367 metros cúbicos en Enero, y un mínimo de 40,800 metros cúbicos en los meses de Agosto y Septiembre.

El Sil en Quiroga, 233 metros cúbicos máximo en Enero, y 7 metros cúbicos en Agosto como mínimo, en el mismo año.

Término quinto (E).—El quinto trozo o isleo granítico de Vivero, queda establecido próximamente tal y como lo hemos admitido en los términos orográficos. Sus líneas de vertiente empiezan en la Sierra de la Cadeira y cruzan transversalmente en los Montes de Muros y Freijo, hasta la Sierra Faladora, que hace de límite O.

En el macizo se conservan las dos direcciones constantes. Como dignas de mención se pueden citar las verdaderas figuras de corrosión que forman, miradas en conjunto, las laderas hasta la costa.

II

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

La geología de nuestra zona en estudio puede definirse de un modo elemental *como el conjunto de capas cambrianas y silurianas que se apoyan en el terreno primitivo del occidente de Galicia y que, a su vez, sirven de sostén a las devonianas y carboníferas de Asturias.* La disposición fundamental de este gran término de enlace es la de un plegamiento muy rápido y continuo, en el que las líneas axiales de los pliegues se arrumban de N. a S. próximamente. Ahora bien, como hacia oriente y mediodía se llega al carbonífero de Asturias y León, o sea a un mayor espesor de sedimentos, y por otra parte los ríos corren en el N. hacia la costa, resulta que la mayor denudación ha dejado al descubierto estratos inferiores en ese sentido longitudinal, y así se verifica:

1.º Que los isleos geológicos y los estratos, son paralelos entre sí y con los valles y sierras; la dirección es N.-S.

2.º Los isleos inferiores cambrianos son más anchos en la costa que hacia el interior, donde disminuyen o se suprimen, soldándose sobre ellos el mayor espesor de estratos

silurianos de la parte meridional; como consecuencia, los isleos cambrianos y silurianos surcan a fajas la longitud de la provincia de Lugo, y la disposición gráfica y esquemática se podría representar por una mano cuyos dedos apuntasen al mar. Los *espacios interdigitales* serían los anticliniales cambrianos desmantelados, y los *dedos* los sinclinales silurianos, que irían a reunirse en la masa de los estratos superiores de la *palma*, que estaría en el lugar del paleozoico del N. de León.

En realidad, la complicación de diastrofismo y colocación de isleos es algo mayor. Los dos anticlinales cambrianos claramente representados, son los de las rías de Ribadeo y Foz, entre los cuales se encaja el siluriano en un sinclitorio que hacia el S. adquiere todo su desenvolvimiento.

El cambriano de Ribadeo comprende a Fonsagrada y llega hasta Navia de Suarna y el granito de Miravalles; el de Foz arranca de la caliza de la Espiñeira y se prolonga hasta cerca de Becerreá; las manchas silurianas que contornean y limitan a lo largo a estos isleos acadienses son pliegues agudos que se destacan en lo alto de las sierras por la dureza de sus cuarcitas. Todo este macizo paleozoico, cuando alcanza al S. la cordillera de Ancares cambia de aspecto, y en vez de dominar las cuarcitas lo hacen las pizarras y calizas, representando niveles superiores. El buzamiento en casi toda la costa, de Navia a Foz, es NO.; se hace O. a medida que se siguen los estratos al S. hasta la altura de Becerreá, cambiando paulatinamente para quedar arrumbados al NO., buzando al SO., en todo el trozo de Caurel y Ancares, donde empiezan las sierras transversales. En la provincia de Orense, donde las sierras se disponen de un modo decidido de E. a O., los estratos pizarrosos las acompañan en el mismo sentido que hasta aquí, buzando al S. en los bordes del granito de la Queixa y en El Inver-

nadero, mientras que buzán al N. en la parte más meridional de las Sierras Seca y Segundera.

Aun cuando estas son las líneas generales que podríamos considerar directrices, hay algún cambio en el borde O. de las sierras cuarcitosas (primer término geográfico), donde los buzamientos son al E.

De cualquier modo y en conjunto, quedan dibujados los apretados pliegues isoclinales en amplias curvas paralelas, encajadas unas en otras y con la convexidad hacia occidente, adaptándose a la forma de límite que les imponen los macizos de granito y estrato.

Siguiendo la costa desde el primer término geográfico-geológico hacia el O., para arrancar desde ella con los isleos hacia el S., pasamos desde Ribadeo una mancha de estrato-cristalino en Foz y el macizo granítico de Vivero, llegando al límite con la masa paleozoica de las Sierras de Bravos y La Faladora.

Ahora bien, el conjunto de arcaico y granito de Foz y Vivero se prolonga al S. con los isleos análogos de la Carba, Villalba y Lugo, para morir en los Montes del Páramo y Sarria. Por otra parte, el paleozoico extremo de Bravos y La Faladora vuelve a ofrecer la disposición de pliegues isoclinales en arco, buzando al O., idéntica a la de las sierras silurianas del primer trozo geográfico, aunque con un metamorfismo muy intenso; así se siguen hasta Vaamonde y la Cova da Serpe, donde el isleo que llevamos sufre, no sólo deformación, sino adelgazamiento y hasta interrupción por parte del granito que le acompaña al E. y O., llegando a comunicarse el estrato-cristalino de Lugo con el occidental de Galicia. La solución de continuidad en el isleo paleozoico es pequeña, y ya desde Friol y Guimarey vuelve a tomar consistencia la banda pizarrosa con caracteres muy metamórficos, que los pierde a medida que engrosa, apa-

reciendo hiladas silurianas hacia Iglesiafeita, que son las que, por bajo de las manchas modernas de Monforte, van a unirse a las Sierras cuarcitasas de Freijo y Noceda, y más al S. se sueldan con los bordes de la Queixa, quedando cerrada la zona ferrífera. Como consecuencia, y prescindiendo del metamorfismo de los estratos, hemos visto cómo el isleo paleozoico de La Faladora y Bravos se sigue hasta unirse con la masa meridional en la misma forma y disposición que los silurianos del primer trozo, y al mismo tiempo los granitos arcaicos de Vivero, Villalba y Lugo, tienen una disposición paralela, para morir estrechando, de un modo análogo a como se comportaban los anticlinales cambrianos denudados en el trozo siluriano oriental, y, por consiguiente, se desprende:

1.º Que de un modo lógico, la disposición *digitada* se continúa hacia occidente con las deformaciones y limitaciones que supone el mayor desarrollo del granito; y

2.º Que los isleos eruptivos de Vivero a Lugo han de considerarse como un gran anticlinal descubierta, caso particular ampliado, en las denudaciones hacia la costa.

Merece completarse el cuadro geológico con dos observaciones, que en realidad se reducen a una sola, enunciada así: *Gran dificultad para interpretar el diastrofismo y clasificar estratos dudosos por la identidad de pliegues isoclinales y escasa variación en los términos litológicos;* y esta penosa afirmación acompaña en esta región constantemente al geólogo, con la misma monotonía que la presentación de los terrenos primitivos y primarios.

En el curso de las discusiones geológicas ofreceremos ejemplos de importancia, para que se aprecie a cuántos errores pueden dar lugar las interpretaciones fundadas en el enlace de pliegues que se ofrecen como lógicos, o en seme-

janzas o diferencias de rocas más o menos influenciadas por el metamorfismo.

D. Luis de Adaro había tropezado plenamente con esta dificultad, y más estratígrafo que paleontólogo, dice con la galanura y brío de su elegante estilo: «Acaso en las descripciones que hagamos de los terrenos en que yacen los más importantes criaderos, y en la necesidad de precisar los caracteres de sus tramos e hiladas, no tanto para compararlos con los de otros países, o sea, en resumidas cuentas, para clasificarlos, como para orientar las sucesivas investigaciones, se trasluzca nuestra inclinación a los métodos estratigráficos y se nos pueda tachar de poco respetuosos con las divisiones que establecieron prestigiosos maestros fundados en observaciones de exclusivo carácter paleontológico. Preferimos confesar francamente nuestro pecado: no creemos que los cambios paleontológicos sean los únicos que sirvan para deslindar las formaciones, ni menos para señalar sincronismos exactos a los fenómenos de la dinámica terrestre que han dado origen a los criaderos minerales. Nosotros opinamos, al lado de insignes naturalistas, que en todas las épocas geológicas han existido climas diferentes y faunas variables según estos climas, y pensamos con Nougés que sólo permanece una ley absoluta: *La contemporaneidad de las capas no puede establecerse sino por la prolongación lateral de la misma capa.*» Y en esta afirmación, que Adaro generaliza valientemente, quizá hay expresión de la confianza que en justicia podía tener en su excelente sentido geológico al interpretar la estratigrafía, pero exagera de un modo evidente, pues, verdadero ingeniero práctico, le bastó en cierta ocasión un solo ejemplar de *Nereita carbonaria* para descubrir importantes capas de hulla y sacar a una Empresa de la difícil situación financiera en la que, a la sazón, se encontraba.



La generalidad de la afirmación está mucho menos justificada si nos referimos de preferencia a los estratos cambrianos y silurianos, para los cuales hay fósiles como los *archeociatidos*, las *cruzianas*, los *didymograptidos* y la *Cardiola interrupta*, con las formas rectas de *graptolítidos*, que identifican sendos niveles en todas las regiones ordovicenses europeas y americanas: en los Estados Unidos, en Inglaterra y Escocia, en la vertiente de Noruega al Atlántico, en la del Báltico de Rusia y Suecia y en la cuenca mediterránea de Francia, Cerdeña y España.

En resumen, y hoy con más convicción que en los dichosos tiempos que podía escuchar al insigne Adaro, creo que el argumento paleontológico no sólo es el más atendible, sino la razón decisiva.

Los terrenos representados en la zona ferrífera son: el granítico, estrato-cristalino, cambriano, siluriano, terciario y cuaternario.

La superficie que asignamos a cada uno de ellos, es la siguiente:

Superficie aproximada de la zona 11.000 klm²

Granito.

Macizo de Vivero.....	640 klm ²
Villalba y Lugo.....	740 »
Chantada y Orense.....	920 »
Castro Caldelas.....	384 »
Donís.....	52 »

TOTAL..... 2.736 klm²

24,872 por 100 del total de la zona.

Terreno estrato-cristalino.

Isleo de Foz.....	56 klm ²
» de La Faladora y La Loba.....	87 »
» de Viilalba y Lugo.....	1.016 »
» de Orense.....	308 »
» de Donís.....	12 »

TOTAL..... 1.479 klm²

o sea 13,445 por 100.

Terreno cambriano.

Isleo de Ribadeo.....	695 klm ²
» de Foz a Becerreá.....	579 »
» de Friol a Monforte.....	400 »
Isleos interiores.....	300 »

TOTAL..... 1.974 klm²

o sea 16,127 por 100.

Terreno siluriano.

Isleo de Vivero.....	600 klm ²
Macizos del primero y segundo trozos.....	4.483 »

TOTAL..... 5.083 klm²

o sea 46,202 por 100.

Terrenos terciario y cuaternario .. 28 klm²

o sea 0,254 por 100.

Resumen

Granito.....	2.736 klm ²	24,872 %
Estrato-cristalino.....	1.479 »	13,445 »
Cambriano.....	1.974 »	16,127 »
Siluriano.....	5.083 »	46,202 »
Modernos.....	28 »	0,254 »

TOTALES..... 11.300 klm² 100,900 %

TERRENO GRANÍTICO

El granito comprendido en la zona ferrífera, ocupa dos posiciones diferentes: o incluído entre los pliegues, atestiguando la posición de un anticlinal denudado, o formando límite de la zona, según una cadena de montañas; en el primer caso están los macizos de Vivero, Lugo y Castro Caldelas, y en el segundo los de Chantada y Orense.

Un solo yacimiento conocemos en el granito: el hierro magnético de Los Peares. Como regla general hay que suponerle terreno estéril, y en este concepto lo aceptamos formando parte de nuestra zona, sin poder evitar su inclusión porque constituye parte de los pliegues, y su eliminación equivaldría a dejarla incompleta; además, en forma de cordal límite coincide con la separación geográfica, encuadrando al mismo tiempo el paleozoico productivo. Hay aún una razón que tenemos en cuenta para conservar, en nuestra descripción, el granito de los límites naturales: es su íntima unión con el estrato-cristalino, de tal modo, que resulta punto menos que imposible hacer un deslinde exacto. Y como desde otro punto de vista parte del estrato-cristalino puede estar constituido por retazos del paleozoico muy metamorfozados, se tiene la posibilidad, más bien remota, de la existencia de yacimientos ferríferos en isleos señalados como graníticos. No llegaremos a dar como consejo una investigación sobre los cordales límites graníticos, pero sí, desde luego, el de estar sobre aviso cuando, como en el

caso actual, son prolongación de sierras de paleozoico metamorfozadas (Vivero, Muras), conteniendo criaderos de hierro de importancia.

Sobre los asomos graníticos se encuentran algunos manantiales termales renombrados, entre ellos los de Lugo y Orense: las de Lugo son aguas sulfurosas sódicas, con 34 a 43°, y las de las Burgas de Orense, bicarbonatadas sódicas, de 66 a 68°, las de más alta temperatura de España (1).

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

Granito porfídico, con grandes cristales de ortosa, lo hemos visto en la Sierra Teijeiro, al NE. de Lugo, y en Puente Neira, al pie del Monte Páramo, al S. de la misma capital.

En diferentes sitios del Cordal de Chantada ofrece el tránsito a granito gneísico.

No siendo nuestro objeto hacer un estudio petrográfico, nos limitaremos a señalar el repartimiento de las manchas con algún detalle que pueda ser de interés.

Isleo de Vivero.—El macizo de Vivero comprende las Sierras de Gistral y Montes del Buyo, constituyendo el que hemos considerado quinto término geográfico.

Los límites oriental y occidental de este isleo los forman aproximadamente las rías de Foz y Vivero, que parecen dispuestas sobre fallas por la radical separación de rocas: en una orilla el granito, y en la otra estratos que parecen cambrianos poco metamorfozados; la disposición de estos estratos se acomoda bien con la idea del gran batolito anticlinal denudado, pues mientras las pizarras de Vivero bu-

(1) Véase *Datos geológico-mineros de la provincia de Orense*, por D. Daniel de Cortázar.—T. I. C. de G. E., pág. 301.

zan al O., lo hacen hacia los cuadrantes del E. las capas del estrato-cristalino de Foz y las primeras paleozoicas de San Cosme.

Nos será útil tener presente que (1) la gran denudación que horizontalmente marca el macizo granítico, hace suponer una mayor altura en los montes que cubriesen ese inmenso batolito, pues el derrubio de las alturas sería proporcionado a la planta que hoy presenta. Sin embargo, teniendo presente su origen antiguo de consolidación, no se explica el relieve que tiene y el rejuvenecimiento de sus aguas, sino por un movimiento último de emergencia en esta parte, que pudo estar combinado con el de hundimiento en el NO. de Galicia. Estas observaciones acerca del granito de Gistral están de acuerdo con el supuesto origen erosivo de su relieve actual, ya señalado por el geólogo Sr. H. Pacheco (2).

El granito es común y presenta elementos gruesos en las laderas que dan hacia Vivero, Penedo do Galo, Monte de San Roque y Roncadoira. En general no tiene más mica que la negra, pero no es raro encontrar también la potásica que, en varios sitios, parece provenir de la alteración del feldespato.

Los filoncitos de hialo turmalina y diques de pegmatita son más frecuentes en el borde occidental, en las laderas del Monte de San Roque.

La aureola de metamorfismo de este macizo de Vivero se extiende particularmente hacia el terreno cristalino de Fazauro y Foz, y su manifestación principal es en forma de pequeños cristalillos de silicatos de alúmina o diminutos granates diseminados en los estratos lúcentes. Hacia Vivero aun escasean más los cristales típicos de la aureola metamórfica, y únicamente se aprecian una coloración abiga-

(1) Véase nuestra *Historia de la denudación de la costa de la provincia de Lugo*. Boletín del Instituto Geológico de España, tomo XIV, 2.ª serie, págs. 147 y 148.

(2) *Ensayo de la síntesis geológica del Norte de España*.

rrada, y el desarrollo de distena entre los filoncillos que surcan el tramo de pizarras arcillosas próximo al granito, el aspecto de los cuales es cambriano.

Iseos de Lugo y Villalba.—El isleo de Lugo y Villalba no está unido y compacto como el de Vivero, sino repartido en una serie de manchas, muy mezcladas con el estrato-cristalino, que, sensiblemente, se orientan de N. a S. en prolongación del batolito de Vivero.

Su disposición geológica es sencilla, siguiendo una línea de plegamiento paralela a las señaladas al examinar el diastrófismo paleozoico y que desde luego indica el principio de la resistencia en la gran masa occidental, siendo dato de demostración la colocación casi horizontal en Villalba de las rocas cristalinas (1).

También en este granito escasea la mica potásica y, en cambio, con bastante frecuencia, se encuentra granito anfibólico en el que la hornablenda es el elemento coloreado y otro tipo en el que la clorita está muy representada. Los cristales de ortosa son siempre los más desarrollados, pero también se encuentran plagioclasas.

En el trozo de granito que forma una entrada al O. de la Sierra de Castelo de Vaamonde, hemos visto algunos diques de diorita y otros porfídicos, como el señalado por Barrois en Gondar.

La aureola del granito de Villalba y Lugo, está bien determinada por el desarrollo de maclas en los lechos pizarrosos próximos a las manchas eruptivas; los vemos en abundancia en Buriz y en O'Mato, entre Labrada y Vaamonde. En el macizo de Lugo es particularmente su límite oriental el afectado por el metamorfismo y tiene la misma expresión de moteado de cristales; en cambio en el lí-

(1) Véase *Orogenia*.

mite occidental produce en las pizarras una concentración de substancia carbonosa en gran escala que se aprecia a largas distancias y da lugar a una banda de pizarras negras que, aunque de apariencia cambriana, van unidas al granito en todo el límite del O.

Isleos meridionales.—El gran macizo granítico de Orense y Chantada, que se encuentra en el extremo meridional de la zona, es igualmente de granito común con diques de rocas más básicas. Se divide en dos porciones que forman horquilla: una oriental que como una apófisis se extiende hasta Brosmos, y la otra occidental que es propiamente la de Orense, separadas ambas de NO. a SE. *en el mismo sentido que los arcos de plegamiento* por los estratos arcillosos y cristalinos que forman el Rodicio y la Cabeza de Meda (1), isleo pizarroso que se extiende hasta Chantada. La apófisis oriental queda al S. de la villa de Monforte y casi se enlaza al S. con el isleo granítico de Castro Caldelas, que, además de adaptarse a la curvatura general, señala perfectamente la posición de un pliegue. Por fin, se remata la situación que indicamos con la exposición del isleo meridional, en el cual se encuentra al N. la Sierra del Eje y al S. la del Invernadero, ambas de estratos pizarrosos casi de E. a O., comprendiendo en su medio al granito de la Queixa. El buzamiento de los estratos es contrario en las dos sierras, y es simétrico el desarrollo de las aureolas de metamorfismo, demostrado por gruesos y abundantes cristales de chiastolita en las pizarras oscuras.

Quedan otros dos isleos graníticos menos importantes en cuanto a dimensiones: son los de la Rua y Donís. Pero no ocurre lo mismo en cuanto a su papel respecto a los criaderos de hierro, pues tanto uno como otro metamorfizan

(1) Véase el plano orográfico al mismo tiempo.

intensamente las pizarras en su contacto haciéndolas muy carbonosas y predisuestas a la segregación de sales de hierro.

Para terminar, consideraremos la acción del granito sobre los yacimientos ferruginosos.

Es de dos clases: creadora o modificadora de los yacimientos. La primera se ejerce sobre las pizarras paleozoicas que estuvieron en su contacto en profundidad, y consiste en una concentración de la materia orgánica en forma carbonosa, que es la que sirvió de reductora para las sales de hierro fijadas en pintas de pirita diseminadas en los estratos y las cuales son el origen, al estar en condiciones de oxidación, de los yacimientos de hidróxido férrico segregado.

La acción modificadora consiste en la propiedad que tienen las masas eruptivas de hacer magnéticos a los criaderos cloritoso-carbonatados del siluriano, cuando los encuentran en su proximidad o contacto. Ejemplos: Porcia, Vivero, Freijo y parte de Meira.

Las dos ideas las desarrollaremos en el estudio de los criaderos.

Discusión.

Para que la posición en arcos paralelos a los del plegamiento paleozoico, que parece conservar el granito, tenga valor positivo en las deducciones orogénicas, habría que fijar su edad. Barrois admite que los batolitos cortan las capas cambrianas siendo posteriores a ellas, pero añade: «nous n'avons pas encore une raison pour les supposer postérieures au silurien, nulle part elles ne coupent ce

terrain», y en seguida deduce que la edad de las rocas graníticas del NO. de España sería, pues, más antigua que la de las mismas rocas en el resto de la cadena pirenaica. ¡Hecho sorprendente, dice el insigne geólogo francés, cuando se sabe cuán natural y homogénea es esta región pirenaica y cuán fácil es seguir y generalizar en ella las observaciones locales!

Salvando todos los respetos que se merece Barrois, entendemos que ahí está el peligro, en generalizar. El estudio petrográfico de Galicia es de una gran complicación y creemos que no se podrá abordar sin un gran recorrido de todas sus partes, rehuyendo las deducciones por generalización, disculpables por otra parte cuando los materiales vistos o reunidos han sido escasos; en este sentido quizás tienen alguna falta los estudios petrográficos de Barrois y Macpherson.

Siguiendo a Barrois, hay un momento en que la afirmación de que los granitos del NO. son más antiguos que el siluriano está a punto de zozobrar, y es al considerar las capas ordovicienses de Porcia y el apuntamiento granítico de Salave; queda salvado el trance, porque al hacer el estudio de las Kersantitas resultan recientes, según Barrois, por *razones litológicas de comparación, pues allí no hay estratos más modernos que demuestren la edad*. Adaro, al afrontar este problema, no se deja arrastrar y, a pesar de conservar el nombre de Kersantita reciente, manifiesta sus dudas (1). «En cuanto a la afirmación de Barrois, cabe dudar de la naturaleza de algunas rocas graníticas. Además, el tipo de rocas hipogénicas no es carácter suficiente para determinar una edad; hay que acudir al examen de los estratos que esas rocas han atravesado, movido o metamorfizado», y termina reconociendo que los granitos y ple-

(1) *Hierros de Asturias*, pág. 116.

gamientos de Boal y Miravalles, en Ancares, son de la misma época, silurianos.

Lo que desde luego se puede afirmar es que en Galicia son silurianas las capas cortadas por los isleos graníticos de la Rua, Ancares, Vivero, y desde luego las de Porcia y valle de Navia en Asturias. Y como se encuentran en isleos adaptados, en líneas generales, a los pliegues de los estratos que cortan, se puede deducir que son de la misma edad, por lo menos para estos primeros granitos del gran macizo gallego.

TERRENO ESTRATO-CRISTALINO

De los tres términos clásicos de este terreno, tenemos solamente dos representados en la zona que estudiamos. Son: el inferior en forma de gneis nodular micáceo, y el medio de micacitas y pizarras lucientes; el superior, de rocas verdes, no lo hemos visto desarrollado de un modo evidente. El que domina, con gran diferencia, es el tramo de las pizarras lustrosas. Los isleos de terreno estrato-cristalino son cuatro: una banda estrecha y alargada a la caída O. de la Sierra de La Loba que llega hasta el mar, en Vicedo; la mancha de Foz, y las de Villalba y Lugo que se pueden considerar unidas. Formas lucientes y cristalinas adoptan también los estratos en el contacto con los asomos eruptivos de la Rua y Donís, pero en ambos casos parece tratarse de metamorfosis de los estratos silurianos.

En todas partes aparece el estrato unido al granito, y como en ninguno de los sitios de nuestra zona podríamos suponerlo inferior a las capas más antiguas de las formaciones sedimentarias conocidas, es por lo que no empleamos el nombre de arcaico, pues aunque en algún caso le cuadraría, en otros nos podría llevar a error por tratarse de una transformación de capas más modernas.

Isleo de la Colleira.—El primer isleo alargado va desde el Vicedo hasta enlazarse, en las Sierras de la Pen-

della y Monfero, con el estrato-cristalino correspondiente al mácizo de Puentedeume; su ancho no excederá de 1.500 a 2.000 metros. Consta de gneis nodular y de pizarras lustrosas. La corrida de gneis no siempre está manifiesta, y otras veces parece reemplazarse por una roca compacta, en la que falta casi en absoluto la mica y pasa por su aspecto a una grauvaka. Los sitios en que se ve mejor este gneis son dos: en la corrida de Val de Gestoso, hacia el N. de Bermuy, y en la costa, formando la isla Colleira, donde asienta el faro de Vivero. Y como el gneis clásico está tan poco representado en Galicia, pues no se puede considerar como tal más que el asomo de Vigo, y es la primera vez que el nodular micáceo se señala en Galicia, creemos conveniente describir uno de sus yacimientos.

La isla Colleira está situada delante de la punta conocida por Vigía de Vicedo y distará unos 300 metros de tierra. Es alargada de E. a O. La dirección y el buzamiento de sus estratos se ajustan a la ley general de la zona N. 30-40° E. y buzamiento al NO. de unos 50° con la vertical; aun cuando esta es la norma, tienen sus rocas frecuentes inflexiones y rizados rápidos, propios de las rocas del estrato-cristalino. Igualmente ha sufrido los mismos movimientos tectónicos que la costa próxima, de la que debió ser arrancada por hundimiento, y así vemos cómo su acantilado abrupto está hacia el E. y SE. y su declive suave en la superficie hasta hundirse en el mar por la parte O. y NO. de la isla, disposición muy repetida en las numerosas fallas paralelas a los estratos y propias de estos terrenos antiguos.

Respecto a rocas, ofrece una gran monotonía. Está formada por un tramo de micacitas nodulares que se convierten en un verdadero gneis amigdaloide, los núcleos del cual son cristales de feldespatos ortosa que varían de ta-

maño desde 2 a 3 milímetros hasta 6 a 8 centímetros de largo; son muy abundantes y bien desarrollados.

Las formas cristalinas del mineral no se ven bien, unas veces porque están desgastados o alterados los cristales de la superficie, y otras por lo difícil que resulta destacarlos limpiamente de la mica que tienen fuertemente adherida; gran parte de los ejemplares están maclados según la ley de Calsbad. Los nódulos de cuarzo son menos abundantes.

La única clase de roca distinta de este gneis nodular micáceo está representada por unos diques blancos y de poca potencia que se encuentran reunidos cortando los estratos de los acantilados de la parte S. próximos al embarcadero. La roca es sumamente arenosa y está completamente alterada por meteorismo, tanto que únicamente por su presentación y ser igualmente granuda en toda su masa, se podría asegurar que es un asomo eruptivo; por analogía con otros diques de la costa, los suponemos de aplita.

Las micacitas son sumamente lustrosas en la fractura fresca y de colores muy diversos. Los filones de cuarzo son frequentísimos, según la estratificación o cortando los estratos y rellenando grietas, algunas formadas con gran violencia, pues han seccionado a cercén cristales de feldespato hoy pegados por el delgado filoncillo de cuarzo.

El meteorismo intenso a que están sometidas las rocas en esta zona hace destacar las partes duras; los nódulos de feldespato, más o menos desgastados, resaltan en relieve sobre la superficie de las micacitas meteorizadas, dándoles un aspecto granudo particular; es el cuarzo, por su mayor dureza, el que forma las puntas más descarradas hacia el mar.

La potencia del gneis se podría evaluar en 400 ó 500 me-

tros. La costa próxima está formada por el mismo material (1), (2).

Isleo de Monfero.—Hacia el S., en las laderas de la Sierra Faladora, parece reemplazarse por una especie de gneis muy poco micáceo y de elementos muy finos de feldespato, pero desde el cuaternario de Puentes de García Rodríguez, hasta Val de Gestoso, se vuelve a presentar el gneis glandular (*Ollo de Sapo*) con un hermoso desarrollo; más al S. se funde en el estrato-cristalino de Monfero. En cualquier sitio que se considere, el gneis está comprendido entre pizarras muy micáceas que no se pueden llamar micacitas con propiedad por su escasez en cuarzo; hacia la Sierra de La Loba, por Momán y Labrada, se encuentran pizarras muy turmaliníferas y otras con granates, cuyo conjunto quizás podría referirse al tramo alto del estrato. M. Barrois, en sus conclusiones sobre el terreno primitivo, echa de menos la turmalina y la silimanita entre los minerales metamórficos propios del terreno primitivo del Morván, cuyas formaciones considera equiparables a las gallegas; el paso por la Sierra de La Loba le habría evitado esa generalización en sus conclusiones, pues, además de abundancia de turmalina, habría encontrado muchos filones de cuarzo unidos a la distena blanca, mineral citado por Schulz en dicho sitio. Al E. y al O. del gneis nodular, se llega a pizarras que positivamente son paleozoicas en toda la Sierra de La Faladora y de Freixo.

(1) Esta roca nodular recibe el nombre de *Ollo de Sapo* por los aldeanos del interior.

(2) La isla Colleira tendrá unos 600 metros de E. a O. y 400 de N. a S., alcanzando una altura de 70 sobre el mar.

Su nombre lo debe a la abundancia de conejos que tenía hasta hace pocos años, los cuales, sin que se pueda precisar la causa, se han descastado.

Aunque escasas, tiene aguas propias que, reunidas cuidadosamente, producen una fuente para uso de los dos torreros que vigilan este faro de sexto orden; hay además dos aljibes.

Son abundantísimos los percebes en las escolleras y las gaviotas que se crían en los acantilados, proporcionando buenas cosechas de huevos.

Esa posición simétrica parece corresponder a un anticlinal, idea acorde desde luego con las dos ramas de gneis nodular que aparecen en Gestoso y Bermuy; no se aprecia ninguna discordancia entre las capas del terreno primitivo y las paleozoicas. Es quizás el único sitio donde no se ve el granito en contacto con las capas cristalinas.

Isleo de Foz.—Sobre el macizo granítico de Vivero, a modo de xenolitos o testigos gigantes de la venida granítica, hay varios isleos de rocas cristalinas, el principal de los cuales es el de Foz. Empiezan las capas del estrato-cristalino cerca de Villaronte, sin que por la depresión y vegetación de la superficie del terreno se aprecie bien el contacto de las calizas y pizarras cambrianas de la Espiñeira con las micacitas de Villaronte; lo que desde luego se puede asegurar es que ambas buzanan hacia el E. bastante tendidas y que no hay discordancia aparente. En el puente, antes de entrar en la villa de Foz, hay una explotación de filitas muy tegulares y satinadas, señaladas con gran número de pequeñísimos cristalitos de metamorfismo. En Foz las micacitas, muy estratificadas, se disponen casi horizontalmente, son muy fisibles y están moteadas de silicatos de alúmina y granates diminutos; estas micacitas que tienen su cuarzo y granillos de feldespato en elementos muy pequeños, se alteran en la facies de Ribadeo (1) y llegan hasta los acantilados de la costa, donde algunas de sus hiladas se cargan de magnetita, alternando con pizarras cloritosas unidas a su vez a delgadas cuarcitas. Este tramo de micacitas se corre hacia el Valle de Oro, presentando buzamientos al E. y SE. muy tendidos, y tendiendo

(1) Véase nuestra *Historia de la denudación de la costa en la provincia de Lugo. Boletín del Instituto Geológico de España*, tomo XIV, 2.ª serie, págs. 137 y siguientes.

a una facies de pizarras lustrosas y gneis casi negro, ya citados por Schulz, que lo llama «tramo maclífero de color de grafito».

Al O. de Foz hay un gran desarrollo de preciosas itacolunitas, y estas rocas cuarzosas ya empiezan a arrumbarse hacia el NE. conservando su tendido, muy ligero al SE., pues continúan siendo casi horizontales. Más al O.; es decir, debajo geológicamente, se encuentra una serie de areniscas, algunas muy feldespáticas, que alternando con las micacitas y más adelante con pizarras arcillosas, forma todo el recorrido por Fazouro, Nois y Cangas.

Las rocas feldespáticas se repiten para constituir los altos sobre Burela, y son parte del manantial de los depósitos arenáceos y de kaolín que utiliza la Fábrica de Cerámica. Ya desde este punto a Vivero se cambia el buzamiento al NO., según el diastrafismo más general.

Parece, pues, que con este cambio de buzamiento de SE. a NO., queda señalado un gran anticlinal del terreno estrato-cristalino.

Isleos de Villalba y Lugo.—Unidos forman la Tierra Llana, tercer término geográfico, que tiene de este modo expresión geológica; las rocas dominantes en ambos son las micacitas, que adquieren un gran desarrollo y fueron consideradas por Barrois como típicas del tramo que él llamó inferior en el terreno primitivo, puesto que lo supone alternando con el gneis, y al que dió el nombre de «Tramo de las micacitas de Villalba».

En la parte central del isleo las micacitas se arrumban algo al NE., aunque son sensiblemente horizontales y se van levantando a medida que se marcha al O., hasta la corrida de cuarcitas e itacolunitas de la Pena Goia, concordantemente con las cuales se arrumban según la ley general

del N. de la zona: dirección NE., buzamiento al NO. Este episodio cuarzoso de las itacolumitas y cuarcitas tableadas es muy importante, pues forma separación entre los terrenos paleozoicos, que se extienden desde Roupas hacia Muras, y los cristalinos que quedan hacia el E. formando la Sierra de la Carba (1).

Los estratos cambrianos que llegan hasta la Goia son pizarras de grano grueso, tan metamorfizadas en su contacto, que se hacen lustrosas y cristalinas como verdaderas micacitas. Siguiendo el estrato hacia oriente se llega también a la caliza cambriana en las corridas de Mondoñedo, antes de encontrar las cuales se cruza un tramo con pizarras cloritosas, micacitas, talcitas y alguna anfíbolita que parecen representar parte del tramo superior; no se aprecia bien el contacto de los dos terrenos.

La línea de separación cuarcitosa de ambos terrenos se sigue hacia Belesar, y todo el E., el N. y el centro del isle de Villalba, quedan formados por las micacitas casi llanas, que alternan con gneis micáceo o anfibólico, y cuarcitas delgadas; con frecuencia se encuentran pequeños lambones de pizarras negras que parecen paleozoicas, muy llenas de maclas de chiastolita, y que son idénticas a las de la banda negra que desde el mar se extiende al O. formando contacto con el estrato-cristalino.

En el isle de Lugo alternan las micacitas con las filitas, dispuestas del mismo modo, casi horizontales en el centro, y arrumbadas al NE., buzando al NO., cuando se aproximan a las bandas cambrianas que forman los límites laterales. En las filitas abundan las manchas de piritita y buena cantidad de anfíbol; el cuarzo suele adoptar formas concrecionadas, como la calcedonia.

En ambos isleos primitivos de la Tierra Llana: Villalba

(1) Véase al mismo tiempo el plano orográfico.

y Lugo, se encuentran muy abundantes asomos de granito, en las proximidades de los cuales es frecuente el gneis micáceo en grandes costrones.

Otros isleos.—Por fin, rodeando los asomos eruptivos de la Rua y Miravalles, hay una aureola de pizarras muy metamórficas que toman caracteres de cristalinidad y lustre que las hace entrar en el cuadro del terreno estrato-cristalino, pero siguiendo esas capas en sentido de su longitud, se confirma su origen paleozoico.

Es oportuno hacer notar aquí que los estratos pizarrosos primarios, al ponerse en contacto con las masas eruptivas, toman un tono muy oscuro, por la materia carbonosa que contienen, y se desarrollan en ellos abundantes silicatos de aluminio; ambos caracteres, aunque empíricos, sirven para diferenciar las capas del arcaico y las paleozoicas, en las proximidades de los batolitos.

Discusión.

En resumen, hemos visto que en los tres isleos de Foz, Villalba y Lugo se verifica como factores comunes:

- 1.º Dominan las micacitas, tramo intermedio del estrato-cristalino.
- 2.º La colocación de las capas es muy tendida, casi horizontal, buzando al NO. a medida que se acercan a los isleos cambrianos que los limitan lateralmente.
- 3.º La disposición de los isleos, vistos en conjunto, es adaptada a la de grandes anticlinales denudados dentro del diastrófismo que estos terrenos paleozoicos marcan como normal.

A nuestro entender, son dos las rectificaciones que debemos hacer en cuanto a los juicios emitidos por los geólogos anteriores a nosotros: se refiere la primera a un error de clasificación, y la segunda es fundamental para los principios de orogenia.

Ya hemos visto cómo las capas paleozoicas, en contacto del granito, afectan con frecuencia aspectos de cristalinidad en sus elementos; tal es el caso del tramo de losas negras granudas que en el cambriano occidental de Vivero y Muras se prolonga, en forma de banda negra, desde el mar hasta la altura de Chantada. El aspecto cristalino no es constante en todo el largo recorrido de la banda, y esto es precisamente lo que produce las vacilaciones en la clasificación. Hay sitios en que la facies es paleozoica en las pizarras muy grafitosas y con silicatos de metamorfismo, pero en otros se disgregan pequeñas plaquitas lucientes, dentro de los estratos negros, hasta producir el aspecto de micacitas y aun de gneis micáceo en la parte de Muras; ahora bien, esta facies cristalina se prolonga de un modo paulatino al O. en el tramo cambriano de losas finas, y cesa en los términos de los criaderos de hierro, mientras que al E. llega a las itacolumitas y cuarcitas de la Goia; de dos maneras se ha apreciado esta disposición.

Adán de Yarza, quizás el geólogo español más erudito, al estudiar los criaderos de hierro de Muras y en la redacción de sus notables apuntes de Geología, explicados en la Cátedra de la Escuela de Minas, supone que el tramo negro metamorfozido pertenece a las micacitas del estrato, y subiendo geológicamente, en el sentido que indica el buzamiento al NO., deduce que en la provincia de Lugo, coronando las micacitas del estrato-cristalino, hay un horizonte constante de minerales de hierro; el horizonte aludido es el oolítico de los minerales del siluriano inferior. El sentido

está invertido por su error de clasificación, y al bajar geológicamente marchando al SE., suponía subir estratigráficamente hasta las cuarcitas de la Goia que, por su escaso metamorfismo, podrían ser paleozoicas. En realidad, lo que ocurre (1) es que el episodio cuarzoso de la Goia es la verdadera coronación de las micacitas del estrato, y la banda negra al SE. es un tramo cambriano. La rectificación que apuntamos, la hemos hecho siguiendo el recorrido de las capas desde Vivero, donde hemos podido fijar las posiciones relativas estratigráficas, hasta Monforte.

Para Schulz, la clasificación de la banda negra también ofrece dificultad, y aunque termina por colocarla en el terreno de transición, manifiesta sus dudas diciendo que el aspecto de este terreno es como el de la pizarra de transición, aunque con la estructura del terreno primitivo que la acompaña tanto en su pendiente como en su yacente, añadiendo que queda por decidir su clasificación; en su mapa petrográfico la figura como losa negra y la incluye como término más alto del terreno primitivo.

El segundo punto de discusión es más fundamental: se refiere al papel que han tenido los macizos primitivos en los primeros movimientos orogénicos. Macpherson es el primero que enuncia los plegamientos del terreno arcaico en época anterior al siluriano, constituyéndose de este modo los primeros centros resistentes para la formación de la Península, y los demás geólogos que se han ocupado de sintetizar han seguido sus ideas de un modo más o menos entusiasta.

Lo grave que encontramos y lo que queremos someter a crítica, es el fundamento débil que parecen tener sus primeras deducciones. Nos circunscribimos exclusivamente a las que se puedan hacer en nuestra zona.

En su *Ensayo de Historia Evolutiva de la Península*

(1) Páginas 47 y 48.

Ibérica (pág. 4), señala la constancia con que las pizarras cambrianas cubren a las formaciones arcaicas, y a continuación, como hechos en que apoyarse, añade: «En estas pizarras se observa con frecuencia suma que el grano fino del sedimento aumenta de tamaño, y en algunos sitios están llenas de trocitos de filadios y otras rocas, y pasan a constituir verdaderas *grauwackas*.

»Aumenta el grano de sedimento en tamaño, y siempre en las cercanías de los macizos cristalinos llegan a constituirse verdaderos conglomerados, a veces de muy gruesos elementos.

»No creo sea necesario recordar que la presencia de conglomerados en una formación proclamada con clara evidencia la existencia en la proximidad de tierras emergidas, de donde, bien por el batir de las olas o por la labor de aguas meteóricas arrastradas por arroyos y torrentes, iban esos gruesos elementos a depositarse a cierta distancia de la necesaria costa.

»Obsérvase, además, que en estos conglomerados se encuentran los destrozos de las idénticas rocas cristalinas sobre que reposan estos lechos cambrianos, indicando todo ello que al iniciarse el remoto período cambriano en nuestra Península, existían ya en ella tierras emergidas formadas por las idénticas rocas cristalinas que hoy observamos y que pueden considerarse como los verdaderos núcleos de lo que iba a ser Península Ibérica. De la extensión que esas tierras ocupaban en aquella época, es difícil el poder juzgar hoy día; sin embargo, hechos hay que permiten en cierta manera reconstituir el primitivo estado.»

Pero es el caso que no hemos encontrado ninguna *pudding*, ni siquiera *grauwaka*, en las rocas cambrianas que llegan hasta las del estrato-cristalino. Y lo mismo ocurre respecto a los cortes de Barrois y al detalle que da el mismo

Sr. Macpherson al hablar de los terrenos arcaicos de la región galaica en su obra: *Sucesión estratigráfica de los terrenos arcaicos en España*.—Madrid, 1883.

Anteriormente había creído encontrar la demostración de los núcleos precambrianos en la disconformidad entre la dirección de los isleos geológicos de los diferentes terrenos y la de los estratos en ellos contenidos.

Dice (1):

«Si se estudia una carta geológica de esta región, se observará que todas sus principales masas pétreas se hallan orientadas de NO. a SE., dirección a la cual parecen ajustarse todos los terrenos que constituyen el suelo de Galicia.

»Si, por otro lado, se fija el observador en la estratificación dominante en las grandes masas arcaicas de Galicia, verá con extrañeza que en vez de estar sus buzamientos subordinados a esa dirección, como era de suponer, obedecen por el contrario a una dirección en ángulo casi recto a la primera.

»La explicación de esta contradicción queda clara cuando se considera 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; y aunque en apariencia arrumbados según esta dirección, ha permanecido grabada en ellos la dirección del anterior plegamiento en los estratos de la formación antigua de Galicia.»

Esta afirmación tampoco es ajustada a los hechos, pues las masas pétreas no quedan arrumbadas al NO., sino que en toda la zona nuestra se amoldan, con bastante precisión,

(1) *Sucesión estratigráfica de los terrenos arcaicos en España*.—Madrid, 1883, página 21.

a los arcos que describen los estratos paleozoicos, y para marcar los cuales, en el mapa rectificado que damos, los hemos seguido paso a paso.

Las observaciones de Macpherson debieron de ser hechas sobre antiguos mapas, donde gran parte del siluriano estaba considerado como cambriano, y en los cuales estaba mal señalada la posición de los isleos.

TERRENO CAMBRIANO

En la exposición geológica que venimos haciendo, colocamos en primer lugar nuestras propias observaciones, porque llevan nuestra convicción, seguimos con la descripción de los isleos, y terminamos con la discusión de los juicios geológicos anteriores que se oponen a nuestra manera de ver. Esta aclaración, desde luego conveniente porque clasifica, tiene aquí su lugar oportuno puesto que es el cambriano el terreno de Galicia donde más han persistido los errores, hasta el punto de hacerse clásicas las denominaciones de sus períodos. Nos referimos a que desde el principio romperemos con la clasificación de Barrois, seguida por todos los geólogos posteriores a él, lo cual es perfectamente disculpable, pues las conclusiones a que llegan los grandes prestigios no suelen ser rectificadas sino después de dudas persistentes, y llevando un fondo de incredulidad, de un modo sistemático, como criterio de rectificación científica.

Esta sincera explicación nos ahorrará de las supuestas faltas de atrevimiento que se nos podrían hacer.

Los tramos distintos en el cambriano en Galicia, son:

- 1.º (Base.)—Pizarras muy fisibles, sericíticas o cloritosas con calizas comprendidas (*Paradoxides*). 620 metros (C_1 , C_2 y C_3).
- 2.º Pizarras cuarzosas y areniscas feldespáticas (*Trigilites planos*). 200 metros (C_4).

3.º Losas azules. 300 metros (C_3).

4.º Cuarzitas delgadas y psamitas (*Lingulaflags*). 50 metros (C_4).

El orden de sucesión se encuentra completo en la orilla derecha del Eo hasta subir a las cimas del Pousadoiro; daremos, pues, este corte advirtiéndolo que había sido comunicado al Instituto Geológico en Julio de 1913 (1) y parte de sus datos publicados en 1914 (2).

Los estratos buzan al NO., por consecuencia un corte normal se logra marchando al SE. desde el borde de los ríos de Ribadeo hasta los altos de Presno y Horjales que tienen sus crestas en las cuarcitas silurianas.

(a) **Pizarras verdes con delgados lechos de caliza.**

Tienen una bonita presentación en pliegues y rizados muy caprichosos en la ensenada de Castropol, unidos a calizas de 2 a 10 centímetros que, como ellas, se adaptan a todas las curvaturas e inflexiones (3). Su color, cuando están sanas, es bastante verdoso, debido a la clorita, pero por alteración se hacen muy blanquecinas y untuosas. Son más bien arcillosas, muy fisibles, con el satinado especial de las pizarras próximas a la caliza; su alteración más frecuente es en forma de escamillas muy sueltas, en las que domina la sericita.

Están formadas detríticamente por granos muy finos de cuarzo dispuestos entre las láminas horizontales de mica, sericita y clorita; también suelen llevar algunos cristallitos de silicato de alúmina, como la estaurotida, y pequeñas concentraciones grafitosas.

Las delgadas calizas unidas a ellas, tienen también bas-

(1) Adaro, págs. 120, 121 y 124.

(2) *Historia de la denudación de la costa de la provincia de Lugo*, pág. 163.

(3) Véanse fotos de Liñeira, pág. 153.

tante cantidad de minerales coloreados, talco, sericita y poca clorita, repartidos en su masa y particularmente en sus caras de unión con las pizarras, que suelen ser bien definidas; su fractura da lugar a porciones cortantes y escuadradas que, más que por caliza, se tomarían por cuarcitas.

Otra presentación muy parecida a ésta es la de las pizarras verdes y calizas en los acantilados de San Miguel, al O., cerca de Foz; también están muy plegadas y son fisibles. Su diferencia con las de Castropol consiste en que son mucho más duras y cuarzosas; las láminas de clorita y sericita se extienden formando los lisos de pizarrosidad.

Esta facies de pizarras cloritosas, según el Sr. Adaro, alcanza cerca de 800 metros en Asturias, pero en el afloramiento más potente de Galicia, que es Castropol, no creemos pase de 500 metros.

(b) **Caliza de Vegadeo (1).**—Donde se ofrece mejor, es en una cantera a la entrada del pueblo; es la misma que se descubre en los acantilados de Penarronda, cerca de Barres, y desde Vegadeo se interna hacia Veiga de Logares.

Es el término que más se destaca del cambriano, y como es consiguiente, el más considerado en todos los estudios sobre este terreno, donde tan escasos son los fósiles y rasgos litológicos en que apoyarse. Schulz sospechó su importancia estratigráfica y enumera cuidadosamente todos los afloramientos que encontró en Asturias y Galicia; Barrois pone de relieve su valor en la demostración de los plegamientos, y Adaro se vale de ella para la representación de las líneas axiales de los anticlinales cambrianos.

Su aspecto y color son muy variables en los diferentes sitios, debido a la docilidad peculiar de la caliza para la deformación. En Vegadeo su color es gris, bastante uniforme

(1) Vegadeo se llamaba en tiempo de Barrois La Vega de Ribadeo.

en unos sitios, y con vetas blanquecinas según los estratos en otros; la fractura es concoidea y sus lechos de 0,40 a más de un metro de potencia; aun cuando es bastante pura, el color debe de provenir de alguna substancia carbonosa incluida en su masa. Su textura es cristalina por completo; este hecho, comprobado en las diferentes partes en que hemos podido verla en Galicia, nos lleva a la consideración de que quizás sea el metamorfismo regional el origen inicial de su transformación.

Teniendo presente la clase de roca, y la constancia en su deformación, se comprende la diversidad de facies con que aparece en la misma corrida; así en esta misma la vemos: maciza en Penarronda, cristalizada en grandes romboedros en Vilavedelle, y en Veiga de Logares unida al oligisto y con cristales del grupo de las *escapolitas*.

Es bastante frecuente encontrarla con cintas coloreadas en el sentido de los estratos y con delgados lechos de mica, produciendo los mármoles cipolinos; los dos aspectos se dan en Mondoñedo (1).

La potencia en La Vega es de unos 20 metros, y, en general, en los demás sitios no suele pasar de 40.

Sobre ella, antes de llegar a las arcillas fosilíferas, hay un pequeño tramo en que se divide la caliza en delgadas capas de color más claro separadas por láminas arenosas; otras capas son más oscuras y parecen tener arcilla en su masa. Todo este tramo es más ferruginoso y su presentación algo careada en algunos trozos. Su aspecto arenoso, sobre todo en la superficie, es debido a reacciones secundarias y a una concentración de la sílice eliminada en su recristalización. Este fenómeno, bastante frecuente, origina zonas impropias para la elaboración de cal, y en el interior

(1) Al microscopio se encuentran bastantes granos de cuarzo y concreciones grafitosas.

del país se suelen denominar *caliza macho* a la amarillenta arenosa y *hembra* a la aprovechable.

Con mucha frecuencia esta caliza tiene pintas y concentraciones de mineral de hierro, pero son siempre pequeñas y de escaso valor. Desde este punto de vista, la caliza de La Vega es el afloramiento más importante, pues se sigue hasta Veiga de Logares con hierro oligisto (1). No creo se refiera Barrois a estas manifestaciones ferruginosas al dar como normal en su clasificación, por bajo de la caliza, «pizarras y mineral de hierro (1 a 2 metros)».

(c) **Arcilla de Paradoxides.** — Sobre las calizas, en su contacto y en el paraje conocido por As Casias, se encuentran estas pizarras arcillosas que contienen la fauna primordial de Barrande. Son de grano fino y unido, pero blandas como verdaderas arcillas; su color es amarillento tirando a verdoso, y algunas veces de color de rosa; se ofrece en lisos, no muy distintos, de 10 a 20 centímetros. Los fósiles se distinguen principalmente en el interior de la roca según sus lechos de exfoliación. Es muy fosilífera, y entre los abundantes restos, los que mejor se diferencian son los de *Paradoxides* y *Conocefalites*. La extensión de este yacimiento fosilífero, así como la lista de especies encontradas, son puntos bien tratados en la obra de Barrois (2).

La fauna de *Conocorypheos* se acepta hoy, clásicamente, como del cambriano medio, y aunque está contenida en las pizarras arcillosas superiores (puesto que el pliegue está invertido), se refiere a las calizas, que es hilada más llamativa y unida a ella.

Insensiblemente se va enriqueciendo la roca en elemen-

(1) El año 1910, y desde las calizas de *Paradoxides* que descubrimos en Penarronda, hicimos el recorrido de la caliza acadiense hasta su entrada en Galicia por San Andrés y Veiga de Logares. (*Hierros de Asturias*, págs. 124 y siguientes.)

(2) Obra citada, págs. 168 a 172 y 420.

tos silíceos, su grano se hace más grueso, y más delgados y duros los estratos en que se divide, pasando así a las pizarras cuarzosas.

— Los tres términos (a), (b) y (c), debido a la caliza y fauna comprendida, tienen que considerarse como un solo período en el que se pueden sincronizar unidos el georgiense y acadiense.

La potencia de las pizarras arcillosas será de unos 80 metros.

(d) **Pizarras cuarzosas.** — Están formadas principalmente por granos de cuarzo, que se distinguen a simple vista, enlazados por elementos micáceos y arcillosos que llegan a desaparecer, pasando la roca a cuarcita o arenisca poco coherente.

Estas pizarras de color amarillento, y a veces un poco verdosas, no tienen caracteres litológicos bien precisos, pues si bien al principio están en lechos delgados (de 5 a 10 milímetros) y consistentes, pasa, por grados, a una psamita de superficies micáceas y a cuarcitas feldespáticas poco potentes, que alternan con algunas pizarras y dan el tono a la formación en ambas orillas del Eo.

Este potente macizo sirve de enlace entre rocas de sedimentación tranquila, calizas y arcillas, con otras claramente detríticas. Como carácter genérico al grupo, se puede señalar su aspecto arenoso y de elementos gruesos que le da una facies muy particular y repetida en ambas orillas de la Ría del Eo. Este tramo arenoso feldespático es mucho menos fosilífero que las arcillas, pero aun contiene restos de la primera fauna en sus estratos más inferiores, mientras que en los más altos las señales son de algas y tigelites planos (1).

(1) Véase *Historia de la denudación de la costa de la provincia de Lugo.*—Boletín del Instituto Geológico de España, tomo XIV, 2.ª serie, pág. 160.

A los 240 metros de cota, en unas canteras abiertas en los altos sobre Seares, lomas redondeadas que sirven de escalones al Pousadoiro, he encontrado ejemplares de *foralites pomeli* y *gracilis*. Con estos fósiles entramos en el tramo del cambriano alto, los pliegues empiezan a agudizarse y se inaugura la facies de losas y cuarcitas delgadas que se prolonga, en general con bastantes repeticiones, hasta el siluriano.

Asignamos 200 metros a la potencia de las pizarras cuarzosas.

(e) **Losas azules.**—Es un tramo constante, de un desarrollo muy desigual, pues varía de pocos a 400 metros, y que se presta a grandes confusiones por su parecido con los filadios y pizarras del ordoviciense; en general, son filadios azul claros y bien fisibles cuando no están alterados; no siempre se exfolian fácilmente en láminas delgadas, influyendo en ello las arrugas, vibraciones, filoncillos de cuarzo y fracturas de estas pizarras; las manchas ferruginosas que tienen son pocas y mal señaladas, a comparación con las de los estratos silurianos.

Como se ve, todos los caracteres macroscópicos son empíricos y poco exactos; se podría dar otro en conjunto, advirtiendo que también tiene excepciones, y es que la topografía derivada de las losas cambrianas consiste en general en lomas amplias y suaves, mientras que es siempre más abrupta que la que proviene de los filadios silurianos.

El análisis, en el que fiaba Barrois para establecer diferencias entre las pizarras, tampoco aclara el problema, pues todas se componen de sílice, arcilla y óxidos de hierro; al microscopio ocurre lo mismo, ofreciendo un conjunto de elementos micáceos, mica potásica y clorita y otros más claramente detríticos, como son los granos de cuarzo, fel-

despato, algo de turmalina, rutilo y chialstolita o andalucita.

Cuando las pizarras se ponen en contacto con los batolitos eruptivos se desarrollan en ellas los silicatos de alúmina, a veces en tal cantidad que ofuscan la textura original y las convierten hasta en rocas totalmente cristalinas (1).

No hay más recurso que los fósiles para deslindar estas pizarras del cambriano alto de las que contienen la segunda fauna.

En este tramo de las pizarras altas del cambriano, es bastante frecuente la presentación de algún yacimiento ferruginoso. Casi siempre se trata de limonitas dispuestas en delgadas capas concordantes con la estratificación, pero poco seguidas y de escaso valor industrial; las consideraremos al estudiar los criaderos. Por su modo normal de presentarse parece referirse a ellas la indicación de (c) *Pizarras y mineral de hierro*, que Barrois inserta en su cuadro por bajo de las calizas cambrianas.

La potencia de las losas azules, siempre representadas, varía de unas decenas de metros hasta 300 ó 400; en general alcanzan bastante espesor, fijándolo en 300 metros próximamente el cuadro.

(f) **Cuarcitas delgadas y psamitas.**—Estas losas claras están rematadas en su parte alta por un episodio de psamitas, pizarras más silíceas y cuarcitas delgadas que contienen algas o pistas.

Todo este conjunto de losas y estratos cuarzosos se pliegan tanto como los estratos silurianos y se repiten tanto como ellos, siempre en disposición concordante y monoclinial, por lo cual el deslinde se hace difícilísimo. La repetición de losas y cuarcitas delgadas se verifica en Vegadeo

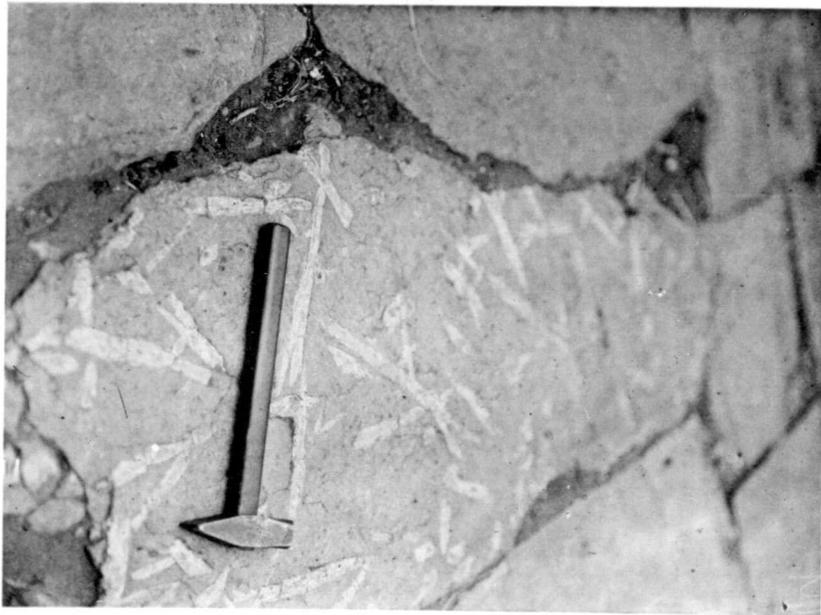
(1) Véase la discusión del estrato-cristalino.



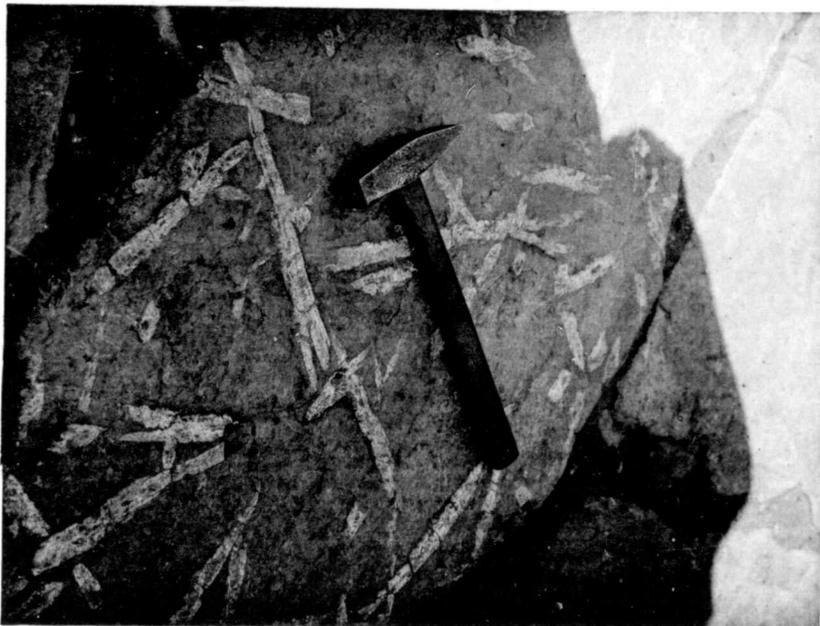
Cuarcitas con *lingulas* (Lingulaflags.)

SAN PEDRO DE BENQUERENCIA.





Cristales de metamorfismo



Hermosos cristales de Chialstolita, hasta de 0'42 cm. de longitud

DOIRAS. (CERCA DE BOAL.)

desde la cota 330 hasta Pena de Cabras (460), y desde aquí abandonamos el corte que se enlaza insensiblemente con el siluriano que viene desde la Atalaya de Porcia por medio de la cuarcita de *cruzianas* y los lechos de mineral de hierro.

Ya hemos visto cómo las algas y pistas se encuentran desde las cuarcitas feldespáticas del tramo superpuesto a las calizas, hasta las psamitas que coronan las losas azules, y que a su vez son inmediatas a la cuarcita de *cruzianas*, verdadera entrada del siluriano inferior; es decir, en todo el cambriano superior. Los únicos fósiles encontrados se reducen a las pistas y algas consideradas en nuestra Nota sobre la fauna paleozoica de la provincia de Lugo (1), que en realidad no caracterizan por completo, pues se extienden a veces a las capas más bajas del siluriano; sin embargo, cuando se encuentran en abundancia puede darse como segura la presencia del postdamiense.

Además de los fósiles clasificados, hay abundancia de cuerpos de contornos extraños y poco repetidos, pero de origen orgánico indudable, que ayudan mucho para la orientación y determinación aproximada del nivel geológico.

Debemos hacer mención especial de las placas de *lingulas* y otros braquiópodos encontrados con frecuencia en este tramo cuarcitoso y que probablemente representan el horizonte de la *Lingulella Heberti*, que Barrois refiere a la cuarcita de Cabo Busto (la de *cruzianas*).

Estas losas con *lingulas* sirven para sincronizar este horizonte superior con el mismo tramo del País de Gales, donde se conocen con el nombre de *Lingulaflags*, y son más estimables porque nos faltan los fósiles tan característicos del cambriano inferior como las *oldhamias*, *archeocia-*

(1) Boletín del Instituto Geológico de España, tomo XVI, pág. 278.

tidos, y los *olenus* y *ollenellus* que hoy se utilizan para la división clásica.

Continúo creyendo que de los interesantes «fósiles de las cuarcitas» son más cambrianos los planos, los de menor penetración en los estratos, pero no se reduce la lista a las especies citadas por mí en los fósiles de Galicia y en la que figuran cuatro especies de algas, tres de *tigilites* y una *cruziana*, sino que muchos de los citados en la cuarcita de entrada al siluriano, y aun llegando a la segunda fauna, se encuentran también en las hiladas del cambriano superior.

Después de algunos años de estudio en estos terrenos paleozoicos gallegos, hemos llegado al convencimiento de que, como estudio previo al paleontológico, hay que dar un orden fijo a la sucesión de las capas y después hacer rendir todo su valor a los fósiles en ellas contenidos; al hablar del siluriano volveremos sobre esta idea.

Haciendo el resumen de lo que llevamos expuesto, el cambriano quedaría así constituido:

- 500 metros. C_1 .—Pizarras verdes con delgadas calizas.
 40 » C_2 .—Caliza de Vegadeo.
 80 » C_3 .—Arcilla de *paradoxides*.
 200 » C_4 .—Pizarras cuarzosas y areniscas feldespáticas (*tigilites* planos).
 300 » C_5 .—Losas azules (algas y *foralites*), con delgados y discontinuos lechos de mineral de hierro.
 50 » C_6 .—Cuarcitas delgadas y psamitas (*Lingulaflags*).

1.170 metros.

Los términos C_1 , C_2 y C_3 hay que equipararlos a los períodos georgiense y acadense de los americanos, por la fauna de *paradoxides* comprendida; los C_4 , C_5 y C_6 forman

un grupo bastante natural, por la facies arenosa y de pizarras azules, y por los fósiles planos contenidos, entre los que se distinguen las placas de *lingula*.

En Galicia el cambriano inferior de las pizarras verdes está muy poco representado; no se pueden señalar claramente más que los valles del Eo y de Lorenzana; es el nivel equivalente a las pizarras verdes de Saint Lô, en Bretaña.

El término que más se destaca en el cambriano de Galicia y Asturias es la caliza C_2 , inferior al nivel de *paradoxides*, ya señalada por Schulz y Barrois como fundamental para descifrar los pliegues, y perfectamente aprovechada por Adaro al dar la expresión esquemática de las líneas axiales del diastrofismo asturiano. Y es el cambriano superior, con sus tramos arenáceo, pizarroso y de psamitas, el más desarrollado; a él atribuimos los estratos inferiores a la cuarcita de *cruzianas*, en los cuales es muy frecuente encontrar algas o pistas de *anelidos*.

Nuestra división está perfectamente justificada comparándola con las que se van imponiendo en Normandía (1) al estudiar detalladamente el paleozoico.

Así vemos ocurre en Baja Normandía y en el Maine, en alguno de cuyos sinclinales, como en el de Urville, se puede citar este corte en el cambriano:

Precambriano, 1; Pudingas purpúreas, 2; Pizarras y Mármoles de Laize-la-Ville, 3; Areniscas feldespáticas, 4; Pizarras, 5, y Arenisca Armoricana (2).

En la cual los términos 3, 4 y 5 son perfectamente correspondientes a nuestra división. En el Orne, según el mismo autor, se tiene en varios plegamientos isoclinales: precambriano, pudingas purpúreas, pizarras y mármoles,

(1) L. Lecornu: *Sur les plissements siluriens dans la région du Cotentin.*—Bull. Serv. Carte Geol. France, vol. IV, pág. 397, 1892.

(2) A. Vigot: *Exc. Geol. en Norm.*—Livret-Guide du VIII Cong. Geol. int. Paris, 1900, 3^e part.

pizarras verdes, areniscas feldespáticas, pizarras rojas y siluriano, lo cual se repite en Mont-Pinçon y Jurques (1).

La misma sucesión se encuentra en Calvados (2).

Rehuímos el paralelizar nuestro corte con otros extranjeros poco parecidos, pues el intento sólo lo sería de suficiencia, violentando las clasificaciones hasta lograr acomodarlas, sin ganar nada en cuanto a claridad.

Repartimiento geográfico.—En nuestra rectificación hemos restringido notablemente la representación de los isleos cambrianos. Quedan reducidos a los anticlinales de Vegadeo y Foz y alguna faja que asoma en el interior del siluriano con una disposición de ojal alargado.

Para seguir el de La Vega nos apoyamos en la caliza de Penarronda, la cual continúa por Vilavedelle a Vegadeo y desde allí a Ouria y a Veiga de Logares, en donde sufre un gran metamorfismo por algún asomo eruptivo hacia San Andrés; más al S., esta caliza anticlinal, con sus dos ramas manifiestas, se ve en Trobo, San Pedro de Neiro, Puebla de Burón, Parada Nova, y después de una interrupción, pero entre estratos de facies cambriana, se vuelve a presentar en Navia de Suarna, prolongándose hasta el granito de Poso y Miravalles con estratos maclíferos contenidos en pliegues silurianos. En los fondos y laderas de los valles que comprenden este isleo va la caliza entre pizarras, y encima de ella el *tramo cuarzosos de Ribadeo* (C_1) en las dos orillas del Eo; pero hacia el S. no están representados en la misma posición más que las losas azules (C_5) y las psamitas de llingulas (C_6); la porción meridional, hasta llegar al granito de los Ancares, está formada de pizarras más o menos metamorfizadas (C_5), con chistolitas, en la aureola de la masa eruptiva.

(1) *Le massif ancien de la Basse Normandie et sa bordure.*—B. S. G. F., 4^e Ger., tomo IV, 1904.

(2) A. Bigot: *Obra citada*, pág. 937, fig. 19.

La interpretación del pliegue descripto es de un modo evidente anticlinal, pues se encuentra comprendido entre los estratos silurianos de la Bobia y el Mondigo, que se siguen, sin interrupción, hasta el siluriano superior de los picos de Ancares.

El segundo isleo cambriano, a occidente, es el que arranca entre Foz y San Miguel; también es la caliza la roca que hemos seguido para trazarle. En los acantilados de San Miguel se encuentra muy plegada con las pizarras verdes (C_1 y C_2); se prolonga a Villanueva de Lorenzana y Mondoñedo con un buen desarrollo, para formar el hermoso anticlinal de las Sasdonigas y cueva del Rey Centuolo en los profundos barrancos de Val Dariña, a cuyos lados van pizarras y areniscas de la facies de Ribadeo (C_1) con losas azules en los altos (C_5). Este conjunto se sigue por Castro de Rey y Castroverde, donde la caliza se hace mármorea, y son mayores las marcas de metamorfismo; el anticlinal sigue por las calizas de Baralla, entre las cuarcitas silurianas, para prolongarse hacia Neira de Jusá y los Montes de Albela, fundiéndose en el gran isleo siluriano del Cebrero. El tramo más desarrollado en esta parte final es el de las losas azules (C_5) y psamitas (C_6) unidas a las cuarcitas.

Este isleo cambriano que desciende hasta Becerreá, se bifurca cerca de Castroverde, y su porción oriental (1) avanza al N. siguiendo las calizas de Meira y Riotorto hasta la Mojoeira, donde se vuelve a hundir bajo los estratos ordovicienses.

El pliegue de San Miguel representa una inflexión o pliegue monoclinal, pues al O. se apoya sobre el estrato cristalino, mientras que al E. se mete por bajo de las crestas silurianas de Pena Longa en San Miguel; la inflexión

(1) Véase Mapa geológico.

está bien indicada, con la diferencia de buzamientos: al E., en Foz, sobre el estrato, y al O., en las capas inferiores, al siluriano.

Hacia el interior, en el gran isleo siluriano del S., hay otras varias manchas de cambriano; son pequeñas y tienen por fundamento asomos de caliza entre pizarras, con algún fósil del postdamiense, limitados por pliegues del siluriano inferior. No las describiremos por dos razones: primera, porque sus dimensiones no encuadran en nuestra rápida descripción, y segunda, porque alguna aun la consideramos dudosa; los fósiles de cambriano alto pueden corresponder a estratos ordovicienses y la caliza resultar gotlandiense, convirtiéndose en error nuestro buen deseo. La manifestación ingenua del temor a una rectificación, que no sería nueva para mí, puede atestiguar del peligro con que se tropieza en estos terrenos, y justifica las precauciones al afirmar. Detallaré las disposiciones en los cortes parciales de los criaderos.

También deseamos aludir a otra clase de isleos cambrianos: son los correspondientes a los contornos inferiores de las cuarcitas de entrada del siluriano, por las cuales en realidad se han dibujado los isleos de este terreno. Esos bordes corresponden a las pizarras y psamitas altas del postdamiense, y el peligro de su clasificación está en la falta de determinación que puedan tener las *pistas* en estos tramos de enlace. Por fin, se han considerado en otro tiempo como cambrianos, con criterio general, los estratos pizarrosos del paleozoico cargados de andalucitas, maclas y otros cristales de metamorfismo. Sin embargo, muchas veces estas capas las consideramos silurianas; tal ocurre con la banda cuarcitosa del O., por razones que expondremos, interrumpiéndola donde las cuarcitas se interrumpen, y gran parte de las sierras transversales del S.: la del Eje y el Invernadero.

Discusión.

Deseamos combatir de un modo decidido un error antiguo e importante que ha tomado carta de naturaleza en la geología gallega: nos referimos a la existencia de las *pizarras de Ribadeo*.

Lo fundamental de nuestras ideas lo habíamos expresado en comunicaciones dirigidas al Instituto Geológico (1) y en el estudio sobre la costa, sin que, por la índole de los asuntos tratados, pudiese adquirirse la generalización que entendemos debe darse.

Barrois, en su admirable estudio *Recherches sur les Anciens terrains des Asturies et de la Galice*, hace la siguiente clasificación para el cambriano de Galicia:

Arenisca de Cabo Busto, 1.500 metros (2), formando la base del siluriano.

Sistema cambriano.	1.-Calizas y pizarras de <i>paradoxides</i> de La Vega, 50 a 100 metros.	(a)	Pizarras verdosas granudas.
		(b)	Calizas, 20 a 60 metros.
		(c)	Pizarras y mineral de hierro, 1 a 2 metros.
	2.-Pizarras de Ribadeo, 3.000 metros.	(d)	Pizarras verdosas.
		(e)	Filadidos azulados.

(1) Adaro: *Criaderos de hierro de Asturias*, págs. 119, 124, 127, 132, 134, 167, 169, 172, 175, 176, 191 y 196.—*Estudio Geológico de la provincia de Lugo*. Boletín del Instituto Geológico de España, tomo XIV, 2.ª serie.

(2) El espesor lo suponemos errata de imprenta.

Que difiere muy poco de la que, para el mismo terreno, da para Asturias, y en la cual advierte, como observación, que «la division en deux niveaux des Schistes de Ribadeo, proposé ici, n'est pas suffisamment établie par mes Coupes; elle demande confirmation». Parece, pues, por esta afirmación y el nombre de Ribadeo aplicado al piso inferior, que es en Galicia donde encuentra la sucesión clásica que le decide a sentarla como norma. Ahora bien, de Galicia no hace más que tres cortes: de Villalba a Lugo en el terreno primitivo y dos en el paleozoico: uno el de la costa, y otro de Castroverde a Grandas de Salime pasando por Fonsagrada.

Todas sus referencias son a los tipos de rocas de la costa, y en ese mismo recorrido es donde encuentra el yacimiento fosilífero de La Vega, mientras que en el corte a Fonsagrada marca los enlaces por conjeturas, sin razones paleontológicas; seguiremos, pues, su corte de Labrada a Porcia a grandes rasgos, para poder señalar de un modo preciso las que suponemos causas de sus afirmaciones y errores.

Empieza su recorrido desde el estrato-cristalino de Villalba hasta las pizarras cambrianas de las Sasdonigas, que contienen las calizas de Mondoñedo, horizonte bien equiparado al del cambriano medio de La Vega. En este trayecto hay dos puntos que merecen indicarse: uno es la concordancia entre el estrato y el cambriano, y otro es la disposición en sinclinal que tienen las capas en esta parte occidental; ambos hechos, en los que nos apoyaremos más adelante, están, a nuestro entender, bien vistos y bien expresados en el corte.

Desde las Sasdonigas hasta San Miguel la dirección del corte es un poco sesgada a los estratos; casi puede decirse que los sigue en dirección, y así la caliza que marca en dos

sinclinales de Mondoñedo la recorrió en realidad al hilo desde las Sasdonigas hasta aquella ciudad. Ahora bien, desde Mondoñedo a Villanueva, y muy plegada con las pizarras verdes, la hemos encontrado en los acantilados de la Espiñeira, en la desembocadura del Masma, continuándose esta presentación hasta las playas de San Miguel, sin que Barrois vuelva a aludir a ella.

Por bajo de estas calizas, y como normal, va señalado en el cuadro de Barrois un horizonte de mineral de hierro que yo tampoco he podido comprobar. Lo que sí he visto es que con alguna frecuencia, pero no siempre, la misma caliza de este piso medio tiene concentraciones ferruginosas, pudiéndose citar como ejemplos: Aracedo, La Andina, y en particular Veiga de Logares, como veremos en la descripción de los yacimientos correspondientes, sin que en ninguno de ellos se pueda comprobar el lecho ferruginoso, sino más bien pistas y agrupaciones de hierro micáceo que pueden proceder de la segregación de la roca o tener un origen filoniano.

Desde San Miguel a Ribadeo sigue una monótona presentación de pizarras y cuarcitas delgadas, que no se interrumpe hasta Pena Rubia y Penarronda, parajes al otro lado del Eo en los que señala una pudinga siluriana.

Llegamos al punto de interés máximo. Aun cuando en su corte figura Barrois los buzamientos al E. primero, después al O. hasta Punta Corveira, y otra vez al E. hasta Ribadeo, lo cierto es que hay una rotura a lo largo de la costa y los estratos de los acantilados buzan al N. cuando los de los montes próximos al S. lo hacen en ese mismo sentido meridional; de este modo, con un solo recorrido, únicamente se pueden apreciar los estratos de la costa o sus paralelos del monte, pero no ambos a la vez, puesto que en absoluto no son prolongación unos de otros. Además hay que tener

en cuenta el meteorismo, que es mucho más intenso y está más avanzado en las capas de los escarpes que en las crestas de Pena Longa y el Mondigo. En una palabra, que las cuarcitas y pizarras silurianas sólo están claras en la línea paralela y situada al S. del corte de la costa, y en cambio en los estratos al pie del mar la facies está muy deformada, y solamente en Pena Corveira parece distinguirse un anticlinal de cuarcita, sin que se pueda clasificar.

Guiándonos por los nombres de los parajes, comprobamos que el recorrido lo hizo Barrois por el borde de la costa, y esto explica el por qué se le escaparon las faunas segunda y tercera en estratos característicos, como son las cuarcitas con *cruzianas*, pizarras de *calymene* y ampelitas gráficas con *monograptus*.

El paso de la Ría de Ribadeo, en ambos márgenes, lo supone labrado en las pizarras y filadíos que, con presentación monótona, forman los escarpes en las ensenadas de Castropol y Ribadeo y que por su desarrollo justifican, según Barrois, la adopción del título *de Ribadeo*. Estas pizarras no terminan en el corte hasta Punta Pena da Rubia, donde marca bancos de pudinga siluriana, en el nivel inferior a la cuarcita de Cabo Busto, alternando con pizarras verdes.

Por fin, desde Punta da Rubia vuelve a representar en el corte las capas inferiores, hasta llegar a la cuarcita de la Atalaya de Porcia que supone entrada del siluriano; en este final del corte estamos de acuerdo y no insistiremos.

Volviendo a la Ría de Ribadeo, para llevar a un tiempo el recorrido y nuestra rectificación, vemos que todo el escarpe izquierdo, en particular, está constituido por un grupo de pizarras silíceas con cuarcitas delgadas, muy potente junto al Muelle de Ribadeo, en cuyas canteras he podido encontrar algunos ejemplares de *algas planas* que desde luego

correspondían al grupo de estratos inferior e inmediato al horizonte de *cruzianas*. En la orilla derecha se ven las pizarras verdes con las calizas, figuradas en otro pequeño corte que hace Barrois de la ría. Y en ambos márgenes rematan los tramos arenosos feldespáticos con tramos muy potentes de pizarras azuladas, con algún banco delgado de cuarcitas, y delgados e irregulares lechos de mineral de hierro, antes de llegar a las psamitas de la parte alta, inmediatas e inferiores a la cuarcita de *cruzianas*; los yacimientos ferruginosos se encuentran en: Vilela y Santa Cruz en la margen izquierda, y los del Pousadoiro en la derecha del Eo.

El período de losas azules se parece bastante, en su composición, al de pizarras azules precambrianas de Barrois, y el hecho de contener con frecuencia el horizonte de mineral, da que pensar si no se tratará de los mismos estratos, y la confusión de Barrois será una inversión de pliegue.

Desde luego es mucho más constante y mejor presentado el mineral de estas pizarras que el de las calizas.

Con pizarras muy alteradas de este tramo llegamos a la Punta da Rubia, donde hay una brecha pizarrosa *moderna* dispuesta *sobre* los estratos muy inclinados al O.; y muy próxima, en Penarronda, encontramos un hermoso asomo de caliza que pasó inadvertido al Sr. Barrois; desde allí siguen las pizarras y cuarcitas delgadas ascendiendo de nivel hasta las cuarcitas anteriores a las de Porcia, y que con ellas forma un pliegue claramente siluriano.

Para combatir la observación de la pudinga de la Pena da Rubia, consideramos muy oportuno repetir algunas consideraciones de nuestro trabajo sobre la costa.

«De propósito hemos dejado para el final la mancha señalada como siluriana de la Punta da Rubia, en Asturias. M. Chz. Barrois la describe como una pudinga dispuesta en bancos rojizos de 1 a 2 metros, separados por lechos de

pizarras verdes, y en la que los cantos no son redondeados, sino simplemente de aristas embotadas, pizarrosos en su mayor parte o formados de psamitas azuladas, cuarcitas verdosas, pardas y de cuarzo; su espesor es de 50 metros. Añade que encima de ella hay pizarras vinosas, e insiste en que toda la serie de pizarras se encuentra en estratificación concordante. El nivel geológico que le asigna es superior a la caliza de *paradoxides*, ya en la entrada del siluriano, relevando a las cuarcitas multicolores de *lingulas* que con alguna frecuencia se encuentran en el ordoviciense de Asturias bajo la cuarcita de *scolithus*.

»Este punto de la costa es sumamente interesante, porque pocos metros más allá, al E. de la pudinga, en el acantilado O. de la playa de Penarronda, aparece la caliza de La Vega en un hermoso frente de más de 100 metros y sin que haya discordancia entre ella y las capas de la Rubia.

»La observación de esta caliza es la que echa de menos el Sr. Barrois para la fijación definitiva del nivel de la pudinga.

»Que es la misma que la unida en Vega de Ribadeo a las arcillas rosáceas de la fauna primordial, se demuestra fácilmente siguiéndola a pasos de La Vega a Vilavedelle, de aquí a los acantilados de la ensenada de Castropol, vuelve a presentarse al N. de esta pequeña bahía cerca del pueblo de Liñeiras, y siguiendo siempre hacia el N. por la depresión que marca en el terreno a causa de su mayor facilidad de destrucción, la vemos cerca de la carretera y llegamos por fin a los acantilados de Penarronda. Tiene una particularidad que favorece su seguimiento, y es que, adosada a ella y constituyendo pintas en su interior, se ven núcleos de hierro oligisto, y este mineral, en forma de cristalitas, impregna también las pizarras superiores a ella; junto a la carretera de Barres, son ellas las que denuncian su paso.

»Ahora bien, dando por bueno el nivel fijado para la pudinga, como la caliza está más al E. sin discordancia con ella, nos encontraríamos con que al venir subiendo geológicamente llegábamos al contrasentido de que la caliza cambriana se colocase sobre las primeras capas silurianas. Si para evitar este absurdo hubiese supuesto invertido el pliegue, de sinclinal en anticlinal, habría llegado, tal y como está croquizado su corte, a que la pudinga siluriana fuese inferior a las pizarras de Ribadeo que suponía precambrianas. No habría, pues, colocación para la pudinga presiluriana en el corte del Sr. Barrois. Las vacilaciones de este geólogo están justificadas cuando recuerda que no ha visto en ninguna parte pudingas intercaladas entre las pizarras cambrianas, y como final dice: «Je signale la Punte de Rubia comme un des points les plus intéressants à revoir.»

»Examinando cuidadosamente esta roca llamada pudinga, notamos que mejor le cuadraría el nombre de brecha, pues no está perdida la forma de sus elementos, sino limadas sus aristas y unidas entre sí sin arcilla interpuesta; además, vemos que en muchos sitios forma como una costra pegada sobre las pizarras primarias que se descubren en roturas que tiene a modo de ventanas. Para cerciorarse de este extremo, basta fijarse separadamente en diferentes capas de brecha o pizarra de las que aparentemente están alternadas, y ocurre con frecuencia que siguiendo una banda de pizarra, la vemos cargarse paulatinamente de trozos de pizarra y cuarcita que se incrustan en ella hasta llegar a relevar una tongada de pudinga a las láminas pizarrosas que llevábamos al principio, o inversamente; saliendo de una tongada de los trozos irregulares se van haciendo menos frecuentes en su hilada, hasta aparecer en prolongación del lecho seguido de otro de pizarras bien estratificadas; no puede haber confusión en pasarse de unas hiladas a otras,

porque las líneas de fisibilidad de las pizarras son rectas y están muy bien marcadas (1).

»El caso general es pasar de varias líneas salientes de la estratificación de las pizarras a un escudo de cantos de la pudinga que las oculta, o al contrario; pero nada de ello con regularidad, y diseminadas sin orden las crestas pequeñas de cuarzo, los manchones de brecha y las ventanas descubriendo la fisibilidad.

»En la parte alta del acantilado no se ve esta roca, ni se descubre al hacer el corte de La Vega, ni por el monte.

»Nosotros le atribuimos un origen pleistoceno, pudiendo representar el sitio por donde descendería al mar una capa de hielo, y en ese caso los guijarros de su fondo sin arcilla interpuesta, amparándose por ella, formarían un muro adosado al escarpe y ya los nuevos caerían por encima comprimidos y enérgicamente, pudiéndose llegar a soldarse en una roca en el único sitio que no tenían movimiento. El hecho de estar pegados fuertemente y sin arcilla hace suponerles una mayor edad que a las demás manchas diluviales.»

Debemos advertir que en el tomo XVI del *Boletín*, «Nota adicional», pág. 304, hemos hecho una rectificación razonada de nuestras ideas, sobre el glaciario, cambiando este concepto por el de una enérgica ablación que se podría considerar como pseudoglaciario; preferimos dejar los párrafos tal y como fueron escritos, pues no habiendo visitado nuevamente el sitio no podría variar nuestra impresión, y en cuanto a la explicación del fenómeno sería la misma, con la diferencia de ser menos enérgico el agente productor.

Además bajo la cuarcita de Cabo Busto se encuentran algunas veces capas delgadas y repetidas (en nuestra provincia pocas veces coloreadas), alternadas con pizarras muy fisi-

(1) Véanse fotografados, obra citada, págs. 123 y 127.

bles, o muy frecuentemente descansa la cuarcita de Cabo Busto directamente sobre las pizarras que suelen tener coloreados en banditas rojas, negras y azules sus lechos de estratificación. A este horizonte, que es el que asignó Barrois a la pudinga, es al que se refiere escribiendo en su corte general del terreno siluriano: «Grés versicolores *Lingulella Herberti*, poudingues et schistes», y como ejemplos añade Punta Rubia, Las Tornas, Sierra Barayo, Serrón, Canero, Concha de Artedo, Collada del Palo.

En ninguno de estos sitios volvió a señalar el Sr. Barrois las pudingas de la Rubia, reconociendo, al hacer los cortes y no encontrarla, que su presencia en España debe ser mucho menos general; tampoco la encuentra en los cortes del siluriano en Galicia, y que en la misma obra están situadas a continuación del cambriano y no en la separación de su terreno. Sin embargo, el Sr. Barrois, dándola como sustitución normal de las pizarras y cuarcitas multicolores, la incluye en la base del cuadro general del siluriano; de este modo las pizarras de Ribadeo resultan identificadas en cierto modo con las clásicas de Saint Lô, que son las recubiertas en Bretaña por la pudinga.

Esta *pudinga* es el único conglomerado situado en el paleozoico que encontramos citado hasta ahora en Galicia. Colocada por Barrois esta roca en las capas anteriores al siluriano y dada como general, pudo hacer sospechar la existencia de tierras emergidas anteriores a los levantamientos hercinianos, ya observados por Schulz, y de este modo se enlaza la discusión del cambriano con la del estrato-cristalino.

No pudiendo fundamentarse las afirmaciones de Macpherson en la existencia de pudingas, tendría que estarlo precisamente en discordancias entre las rocas del estrato y el cambriano, y como prueba de que tal debe

ser su idea, tenemos el corte núm. 7 de las cercanías de Foz (1).

Hacia el lugar donde él marca la discordancia no recordamos más que un pequeño pliegue, ya en capas cambrianas, pero que ni remotamente se puede referir a una discordancia entre dos terrenos. Y que no debe ser muy clara la diferencia angular lo prueba que Barrois, al empezar el corte de la costa, pasa del estrato de Villalba al cambriano de Mondoñedo, que él supone hiladas inferiores al cambriano, y después de hacer notar las grandes analogías en los caracteres litológicos, termina con esta afirmación categórica: «On passe insensiblement des couches archeennes supérieures aux couches cambriennes inférieures. Je n'ai nulle part observé entre elles de discordance de stratification» (2).

El Profesor Sr. Pacheco, que ha comprobado la discordancia entre el cambriano inferior y el terreno arcaico en Extremadura, Sevilla y Sierras Morena y de Córdoba, intenta en su meritorio *Ensayo de Síntesis geológica del N. de la Península Ibérica*, y según el cuadro que insertamos, armonizar las divisiones de Barrois y Macpherson paralelizándolas con las hoy aceptadas, pero advirtiendo que la significación que da a los tramos admitidos por los dos geólogos citados, es en concepto dudoso y a título de provisional.

(1) *Sucesión estratigráfica de los terrenos arcaicos en España.*

(2) Obra citada, pág. 410.

CUADRO DEL SEÑOR H. PACHECO

Cambriano según Barrois.		Arcaico según Macpherson.	
Pizarras y calizas de Vega.	Pizarras bastas verdosas.	Postdarmiese.	Arcaico.
Pizarras de Ribadeo.	Calizas.	Acardiese.	
Tramo superior.	Lechos pequeños e irregulares de mineral de hierro.	Precambriano y Georginense.	
	Pizarras verdosas.		
Tramo medio.	Pizarras azuladas.		
	Pizarras verdosas con mica o clorita.		
	Pizarras micáceas, cloríticas y talcosas con intercalaciones de bancos de cuarcita en la base.		
Tramo inferior.	Micacitas.		
	Gneis de plagioclasa. Gneis anfíbólico. Gneis micáceo.		
	Gneis fundamental.		

Como es lógico, el cuadro encierra los errores propios de la clasificación de Barrois. Además, entendemos que no hay motivo para limitar el estrato-cristalino en las micacitas, pues el tramo verde de Macpherson tiene caracteres bastante naturales para estar incluido en el grupo cristalino y, además, fué trazado por su autor conociendo el trabajo de Barrois, sin que tengan que ver nada las talcitas y cloritocitas del arcaico de Macpherson con las pizarras azules y verdosas del precambriano de Barrois.

En *resumen*, podemos llegar a dos conclusiones importantes:

1.^a No hemos comprobado hasta ahora ni pudingas ni discordancia angular entre los terrenos cambriano y estrato-cristalino, parte de cuyos isleos más orientales suponemos serán paleozoicos deformados.

2.^a Entendemos deben suprimirse las «Pizarras de Ribadeo» de la clasificación del cambriano, reemplazando de este modo el paralelismo de los terrenos antiguos.

Véase el cuadro adjunto de la clasificación que proponemos.

CLASIFICACIÓN QUE PROPONEMOS

	Cambriano	Estrato-cristalino.
Cambriano superior.	C ₆ .—Cuarcitas delgadas y psamitas (<i>Lingulaflags</i>). 50 metros.	
Postdamiense.	C ₃ .—Losas azules. Delgados y discontinuos lechos de mineral de hierro. (<i>Algas y foralites</i>). 300 metros.	
Cambriano medio.	C ₄ .—Pizarras cuarzosas y areniscas feldespáticas. (<i>Tigilites planos</i>). 200 metros.	
Acadiense.	C ₃ .—Arcillas de <i>Paradoxides</i> . 80 metros.	
Cambriano inferior.	C ₂ .—Calizas de Vegadeo. 40 metros.	
Georgiense.	C ₁ .—Pizarras verdes con delgadas calizas. (Filadios de Saint Lô). 500 metros.	
Tramo superior.	Talcitas y pizarras cloritosas.	
Tramo medio.	Micacitas.	
Tramo inferior.	Gneis anfibólico. Gneis nodular.	

TERRENO SILURIANO

Al empezar estas líneas, para dar desde luego la división estratigráfica que más repetida y con caracteres generales he visto en el siluriano, sorprende mis juicios llenos de tantas dudas, que considero imprescindible expresarlas.

Ningún terreno he recorrido más tiempo, ni con más afán, y en ninguno he vacilado tanto al escribir; es, pues, preciso reflejar fielmente la situación de mis ideas en el momento de afrontar esta publicación. Después, continuaré mis trabajos hasta llegar al intento de mi aspiración: el esclarecimiento de la estratigrafía y diastrofismo del paleozoico gallego.

Un hecho sencillo e importante se desprende de un examen rápido del siluriano en nuestra zona: es el mayor desarrollo de espesor hacia el interior que en la costa. Si desde la fauna primordial de Vegadeo vamos hacia el S. (1), entraremos en el *ordoviciense* característico de Fonsagrada, con gran desenvolvimiento de cuarcitas, y después en la zona de calizas que desde Becerreá se extiende a Caurel, en cuyo siluriano escasean las cuarcitas, tan abundantes al N., y en cambio dominan, con grandes espesores, las calizas y pizarras del período superior.

Prescindiendo por ahora de las deducciones que para orogenia se puedan hacer, vemos que los términos de la

(1) Véase plano geológico.

clasificación tienen que ser distintos, según la parte que se considere: aplicándose los del siluriano inferior a la septentrional y los del superior a la meridional.

Estos repartos geográficos distintos con diferente clasificación geológica, representan una división dentro del sistema, la cual desde luego especificaremos razonando las diferencias que introducimos. En último caso, el verdadero fundamento de la división es paleontológico, y los dos pisos universalmente aceptados, ordoviciense y gotlandiense, corresponden a las faunas 2.^a y 3.^a de Barrande en sus tramos *D* y *E* de la cuenca de Praga. Nuestras modificaciones no estriban más que en la precisión que demos para nuestra zona a los términos litológicos.

Fauna 2. ^a .	}	<i>S</i> ₁ —Cuarcita de <i>Cruzianas</i> . 20 a 50 metros.
		<i>S</i> ₂ —Pizarras azules de <i>Calymene</i> y <i>Didymograptus</i> , con lechos de mineral de hierro. 200 a 500 metros.
		<i>S</i> ₃ —Cuarcitas delgadas con <i>Scolithus</i> . 10 a 20 metros.
		<i>S</i> ₄ —Pizarras arcillosas con <i>Pterópodos</i> y <i>Braquiópodos</i> . 400 a 600 metros.
Fauna 3. ^a .	}	<i>S</i> ₅ —Ampelitas con <i>Monograptus</i> y pizarras nodulíferas— <i>Nereites</i> —. 100 a 200 metros.
		<i>S</i> ₆ —Calizas de <i>Crinoides</i> con pizarras carbonosas, granudas y tableadas. 40 a 100 metros.

(*S*₁) **Cuarcitas**.—Representan el término litológico más importante del siluriano, porque siendo los pliegues muy agudos y casi verticales, al romperse los anticlinales resaltan los parajes de cuarcitas por su mayor dureza y falta de vegetación peculiar de los terrenos en que abunda esta roca. Los crestones seguidos que determinan arrancan de la costa y van formando los arcos hercinianos, con la con-

vexidad a poniente, hasta el granito de Miravalles o el gran isleo siluriano del S. Esta persistencia en la presentación nos ha servido para hacer la rectificación de las manchas ordovicienses en los antiguos mapas, y la posición de los afloramientos que jalonan sus corridas, es la de las líneas axiales de los plegamientos silurianos.

M. Barrois denominó a este horizonte «cuarcita de Cabo Busto», por el gran desarrollo que toma en esa punta de la costa asturiana.

Su importancia no es sólo especulativa, sino que se traduce de un modo utilitario e inmediato en la investigación de los yacimientos de hierro, que forman horizonte paralelo y próximo a estas hiladas de cuarcitas.

No son muy potentes, pues con frecuencia no pasan de 10 a 20 metros, es decir, en general mucho menos potentes que las cuarcitas de Asturias, y en este sentido parecen representar una disminución de la transgresión siluriana hacia occidente. Se distinguen bien de las cambrianas del Eo, pues las postdamienses suelen tener mayor cantidad de lisos, son más arenáceas y no se destacan más que unidas a las otras rocas que forman el sistema, mientras que las del siluriano inferior son más duras, generalmente de tono gris y resaltan aisladas de los estratos que las acompañan y sobre los que prende la vegetación dejándolas aisladas.

Con frecuencia están surcadas por numerosas vetas de cuarzo que llegan casi a reemplazar el crestón, desfigurándolo hasta aparecer como afloramiento de filón. El hidróxido de hierro también se suele ofrecer en la misma disposición de relleno de fracturas y procede de la oxidación de las sales ferrosas contenidas en las cuarcitas; estas sales, llevadas hasta la superficie por capilaridad (1), pre-

(1) *Historia de la denudación de la costa de la provincia de Lugo*, pág. 165.—*Boletín del Instituto Geológico de España*, tomo XIV, 2.ª serie.

cipitan el hidróxido formando una delgada capita que, aunque se disuelve en parte, como lo hace lentamente, va aumentando por nuevos aportes, y así quedan las superficies o las litoclasas cubiertas por una película o lámina de limonita de espesor variable. Este fenómeno, aunque frecuente, no es constante. Otras veces se verifica la exudación con tanta intensidad que los óxidos de hierro llegan a cementar los detritus de cuarcita, ya desprendida, pero no separada de los crestones, formando una brecha con ellos.

A menudo las cuarcitas silurianas están en relación con fracturas profundas, y entonces se alojan en ellas vetas o pintas de minerales sulfurados. Los Oscos (1), Naipin, las cuarcitas con cobre de Sucadio, etc., pueden servir de ejemplo.

La alteración arenosa se produce algunas veces en estas rocas por descomposición de los granos de feldespatos o silicatos micáceos o cloritosos contenidos, y esto les da una facies particular de aspereza (2); con menos frecuencia llegan a convertirse en arenas sueltas, pudiéndose explotar para la construcción; ejemplo, en las proximidades de Berceá.

La alteración peculiar de estas rocas es su rotura en trozos irregulares por efecto de las heladas o descargas eléctricas, que van acumulando los detritus al pie de los crestones y en las laderas, formando torronteras muy típicas en los paisajes silurianos, y tan llamativas como las siluetas de sus sierras, las cuales destacan a lo lejos, recortadas como picos almenados.

Cuando la acumulación de los detritus se verifica en sitios llanos, se producen los tremedales al estancarse el agua en los rellenos de tierra que enlazan los trozos de la

(1) *Hierros de Asturias. Criaderos de Los Oscos*, pág. 611.—*Boletín del Instituto Geológico de España*.

(2) *Historia de la denudación de la costa de la provincia de Lugo*, pág. 165.—*Boletín del Instituto Geológico de España*, tomo XIV, 2.ª serie.

cuarcita caída, y en estos mismos altozanos se forman las turberas (Brañaoyal, la Garganta, Sierra de Meira, etc.).

Microscópicamente se encuentran formadas por elementos detríticos, casi todos de cuarzo, y algunas pajuelas de mica, clorita y granos de feldespato; unos y otros se entremezclan apretadamente para formar placas bien unidas en que todos los trocitos son del mismo tamaño, confirmando una sedimentación arenácea relativamente tranquila.

Aun cuando el feldespato es más abundante en las cuarcitas del tramo del Eo (postdamiense), no bastan los análisis microscópicos ni químicos para diferenciarlas y hay que recurrir siempre a la diferenciación paleontológica.

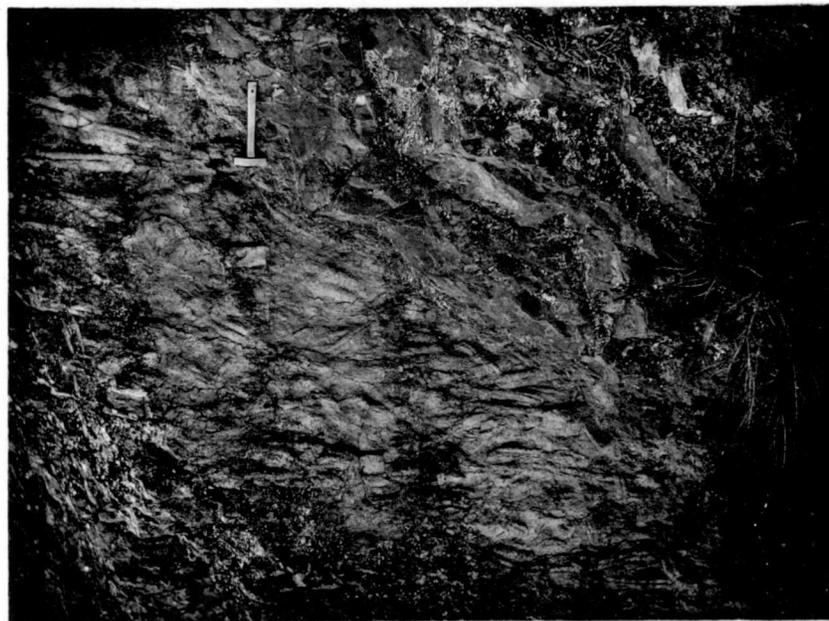
Caracteres paleontológicos.—El episodio psamítico y cuarcitoso del cambriano superior se enlaza muchas veces con la cuarcita de entrada del siluriano, pero como no es constante, nos parece más lógico la separación de los terrenos con la cuarcita de *cruzianas* en bancos potentes.

Estos depósitos evidencian fondos poco profundos y próximos a la orilla, para haber podido soportar la vida espléndida que representan las *pistas* y *algas* repartidas con profusión; en el mismo sentido abogan los frecuentes *riplemarks* de las pizarras laterales.

Los primeros fósiles que siempre hemos encontrado en las psamitas cambrianas y hasta en las losas claras algo silíceas superiores a ellas (Mondigo, Pousadoiro), son las *pistas* y *algas* aplastadas, dispuestas según los estratos. Su forma varía muchísimo, pero en general son cilíndricas y cruzadas o anamortoseadas en varios tallos; no es posible dar reglas, ni menos descripciones específicas de seres tan oscuros y poco conocidos; lo más práctico es figurarlos en la mayor cantidad posible para contribuir a una futura sín-



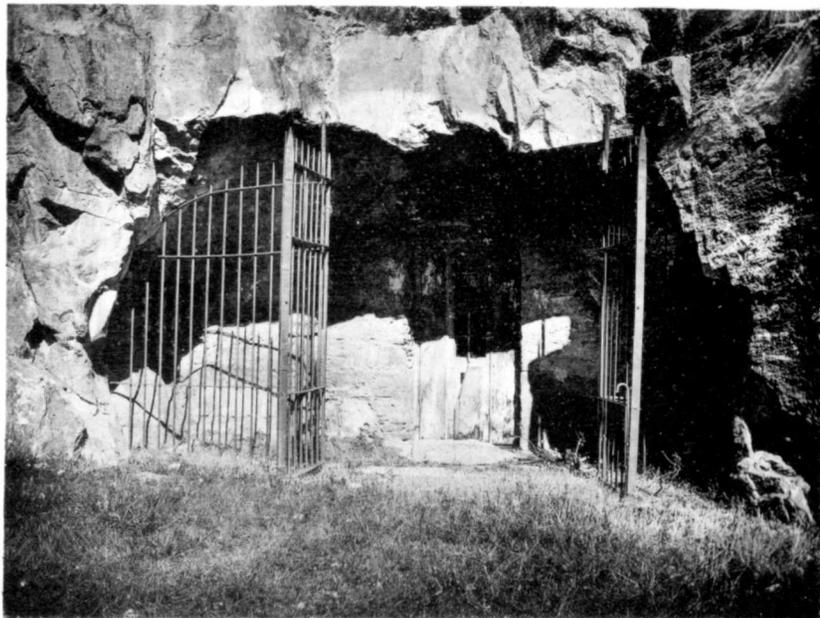
Sinclinal de la cuarcita ordoviciense



Cuarcita con *cruzianas*.



Sinclinal en caliza.

Cueva de San Genacio en la caliza de *crinoides*

SANTIAGO DE PEÑALBA.

tesis; es un trabajo, ya necesario, pero que se saldría de nuestro objeto y reservamos para más adelante.

A este grupo de *Trigilites* corresponden también los *Chondrites*, *Panescorseas*, *Paleochorda* y otras muchas algas dispuestas según los estratos; también hemos encontrado en este nivel alguna *cruziana* de muy poco relieve, como la *Schulzi* y la *Montpellensis*.

Las *lingulas* se acantonan, en efecto, según observó Barrois, en la base de la gran cuarcita, pero también las hemos encontrado en las losas azules del postdamiense (Villapena). Su presentación más característica y determinante es en placas de cuarcita delgada, unidas a *redonias* y *núculas*, formando verdaderos banquitos, que con frecuencia suelen adoptar tonos amarillentos por oxidación y la roca toma un aspecto careado.

Estas placas fosilíferas se pueden equiparar a las *lingulaflags* del País de Gales por su facies y colocación (San Miguel, Becerreá, etc.).

Estas cuarcitas en placas con *redonia* y *núcula* (1), son muy fosilíferas, presentándose estos lamelibranquios con sus formas abultadas y redondeadas, dándole aspecto amigdaloides. La presencia de estos géneros (*actinodonte*, *redonia* y *núcula*), señalados con profusión en la fauna 2.^a del Canadá y Estados Unidos, así como en Bretaña por Barrois, en Bohemia por Barrande y en Inglaterra por Murchison, permite, mejor que ningún otro carácter, sincronizar la posición de la cuarcita de Cabo Busto con los tipos clásicos, incluyendo razonablemente las *cruzianas* y demás fósiles de las cuarcitas en la fauna 2.^a.

Las formas orgánicas de la cuarcita ordoviciense son escasas en cuanto a variación, aunque muy repetidas en

(1) *Fósiles de Galicia*.—Boletín del Instituto Geológico de España, tomo XVI, página 298.

número las que se encuentran; con gran diferencia, son los fósiles más abundantes en el paleozoico de Galicia. Las especies que hasta ahora podemos referir a este horizonte, de un modo preciso, son nueve de *cruzianas*, a las que hay que añadir los *scolithus*, *vexillum* y organismos desconocidos.

Todos los fósiles planos de las cuarcitas están mineralizados en la materia arenosa, pero su plexo impreso en general sobre las pizarras que antes fueron lógamo; señalamos esas alternancias como los lugares mejores para encontrar las cruzianas.

Prescindimos en absoluto de descripciones y detalles paleontológicos que no son precisos y nos apartarían de los criaderos de hierro, que son nuestro objeto directo.

(S₂) **Pizarras azules de Calymene y horizonte ferruginoso.**—Es el tramo dominante en el paleozoico y el más constante; pueden faltar las cuarcitas, a las que acompaña y cuya áspera topografía suaviza, pero donde hay siluriano existen pizarras azules de la fauna 2.^a. Lo mismo que las cuarcitas, se pliegan de un modo agudo y frecuente, por lo cual y su uniformidad de caracteres litológicos, aparentan potencias enormes; desde luego son muy variables, pero por lo general oscilará de 200 a 500 metros.

Cuando están sanas, estas pizarras tienen un tono gris azulado muy igual, y pasa en algunos casos a oscuro casi negro o a verdoso. No contienen abundancia de fósiles, por lo que los datos empíricos que de ellos se pueden deducir adquieren mayor valor; entre éstos, en primer lugar, está la frecuencia con que se encuentra en su tramo un horizonte de filadios tegulares finos y duros, muy explotados por procedimientos primitivos en numerosas loseiras, que bien organizadas podrían dar lugar a una industria muy produc-

tiva, como ocurre en otras naciones de Europa. (Ejemplo: «El Anjou».)

Son arcillosas, bastante flexibles y, aunque con menos frecuencia que las cambrianas, están cruzadas por filoncillos de cuarzo. A veces son bastante granudas y oscuras, coincidiendo este aspecto con la presencia de fósiles (San Tirso de Abres).

Otro de los horizontes bastante normal, pero no tanto como se desearía, es el de los minerales de hierro en capas cloritoso-carbonatadas oolíticas; es hacia la investigación y conocimiento de este nivel productivo adonde encaminamos todos los esfuerzos del presente estudio; lo hemos de considerar aisladamente, por lo que no incluimos aquí su descripción, que de momento sería inútil, evitando repeticiones. Las capas ferríferas, que varían en sus potencias de medio metro a 10 ó 12, suelen presentarse en niveles múltiples, no teniendo en cuenta las repeticiones que los pliegues puedan producir.

Por lo general la distancia desde las cuarcitas de cruzianas a las hiladas productivas está comprendida de 40 a 80 metros, mientras que los filadios tegulares suelen colocarse encima, sin que nos atrevamos a precisar distancia, aunque a menudo no bajará de 150 a 200 metros.

Otras dos facies hay que señalar en esta pizarra por la frecuencia con que se presentan; ambas son de deformación: una se produce por meteorismo y la otra por metamorfismo de los macizos eruptivos.

El primer efecto de meteorismo, muy extendido, es el cambio de coloración; aclaran las pizarras al empezar su alteración, se convierten en amarillentas y su tono llega hasta el blanco sucio. Cuando están próximas a los yacimientos de hierro suelen tomar color rojizo, mientras que las losas azules cambrianas (C₂) similares, suelen diferen-

ciar la oxidación de sus estratos en cintas, unidas y bien marcadas, de colores vivos alternados (1).

Estos cambios de coloración varían de tal manera la facies del terreno, que hay veces que parece se trata de tramos distintos, desde la roca sana a la que sufre alteración.

La descomposición por meteorismo se produce de fuera a dentro, en los paralelepípedos en que generalmente quedan divididas las pizarras por las tres series de planos que las fisuran: son unas las de estratificación, y las otras dos series proceden de quebras paralelas que, conforme a una disposición próximamente cartesiana, son casi perpendiculares entre sí y con los lisos de crucero o exfoliación. El resultado de la alteración de las pizarras es su desmoronamiento en fragmentos a veces astillosos.

Otra de las facies, muy distinta, de la zona de filadios azulados, la encontramos en los contactos con los macizos eruptivos formando parte de la aureola metamórfica; ya hemos hablado de este aspecto al referirnos a las losas claras del cambriano superior. De la misma manera que aquéllas, las pizarras silurianas se hacen más negras y se cargan de silicatos de alúmina al aproximarse a los macizos graníticos; esta facies, que llega por grados a fundirse con un aspecto cristalino, ha sido motivo lógico de confusiones; pues dudando entre referir sus capas al estrato-cristalino o al siluriano, resolvían la cuestión dejándolas en el cambriano, para lo que había la misma razón, no habiendo seguido las capas desde los isleos conocidos, pues no se encuentran fósiles de ninguna clase, sino solamente pizarras en lastras más bien gruesas por estar colmadas de chialitolitas (Sierra del Eje, Boal, etc.).

De cualquier modo, con o sin metamorfismo, la distin-

(1) *Historia de la denudación de la costa de la provincia de Lugo.—Boletín del Instituto Geológico de España, tomo XIV, 2.ª serie, pág. 168.*

ción entre las pizarras cambrianas altas y estas del siluriano inferior, es lo más difícil del primario de nuestra zona y de donde derivan la mayor parte de las equivocaciones.

Las cambrianas son más arrugadas, más claras, más cruzadas de fracturas, menos fisibles, con más filoncillos de cuarzo y menos manchas ferruginosas; las silurianas son siempre más granudas y oscuras, bastante regulares y suelen encerrar concentraciones ferruginosas.

Como vemos, los datos empíricos macroscópicos que podemos dar son algo ambiguos, y lo mismo ocurre con los análisis químico y microscópico. La composición de ambas es de sílice, alúmina y óxidos de hierro, con pequeñas cantidades de sales alcalinas y alcalino-térreas. Al microscopio se descubre un depósito detrítico, pero muy metamorfozado; el cuarzo, la mica blanca, la clorita y masas kaolinizadas son los principales elementos. También se encuentran granos de feldespato, turmalina, rutilo, andalucita, etc.

Es, pues, preciso, como siempre, recurrir a la distinción paleontológica.

En estas pizarras hemos encontrado representantes de la fauna 2.ª, sin contar los fósiles de las cuarcitas, en San Miguel, Villaodrid, Mondigo, San Tirso, Caurel, Seceda, Villamor, Lodás, Cartea, Navia de Suarna, Becerreá, Que-reño, y quizás algún otro que falte a la lista. Los grupos representados más frecuentes en este nivel, son: *braquiópodos* (*língulas*, algún *orthis* y *strophomenas*), *ptero-podos* (*conularias* y *tentaculites*), *cefalópodos* (algún *orthoceras*), *trilobites* (*Calymene*, *Illoenus*, *Dalmanites*, etc.) y algunos *ostracodos*.

Cuadra aquí una consideración que se ha hecho muchas veces en circunstancias análogas: por lo general no todos los fósiles de un período se acantonan en él de un modo exclusivo, y así tenemos, por citar un ejemplo, cómo encon-

tramos las *conularias* en las capas de San Tirso, típicamente ordovicienses, y en las de *braquiópodos* de Caurel que están próximas a las calizas de *crinoides*. Y del mismo modo, pero con más amplitud, ocurre que las especies encontradas en una hilada son poco determinables, estando citadas en todo un piso o en el sistema entero según los diferentes autores que se consulten para su clasificación; en una palabra, que la paleontología de Galicia está aún menos conocida que la estratigrafía, y no puede rendir su fruto sin una distribución anterior de las especies en la sucesión de estratos que se considere clásica. Sin esta labor previa las dudas para los deslindes toman su peor carácter, pues podría decirse que se hacen reversibles, debiendo tomarse, aunque sea penoso reconocerlo, con cierto carácter de provisionales las consecuencias a que podamos llegar en los momentos actuales (1).

(S₃) **Cuarcitas delgadas con *Scolithus*.**—Más delgadas y divididas en lisos encontramos otras cuarcitas sobre las pizarras que contienen los minerales de hierro; tienen el mismo aspecto que las de entrada del sistema, aunque por lo general son menos veteadas de cuarzo y con menos fisuras. Su nivel es bastante constante, estableciéndose de un modo seguro, donde la serie está completa, como en cualquier corte de la sierra de Meira. Paleontológicamente tampoco tiene diferencias características, pues aunque mucho más escasas, encontramos alguna cruziana en ellas; de los fósiles que suelen tener verdadera profusión, es de *scolithus* o *tigilites* perforantes, que producen con mucha frecuencia un aspecto variolado en la cuarcita; sin embargo, esta facies de *botones*, aunque menos frecuente, también se encuentra en la ordoviciense.

(1) Véase página 9

En realidad, pues, el papel que cumple este tercer término es la separación de las pizarras que Barrois llamó de Luarca, de otro tramo potente superior a ellas y que llega hasta el siluriano superior.

(S₄) **Pizarras con pterópodos y braquiópodos.**—En la parte N. están representadas por algunas hiladas con *strophomenas* en la corrida del Acebro, Ríotorto y Meira; pero en cambio al S. adquieren un gran desarrollo, constituyendo la mayor parte de la masa pizarrosa de Caurel, sobre la que descansan las ampelitas y las calizas de *crinoides*. Por lo general son granudas, muy oscuras y en sitios algo lustrosas; las describiremos con detalle al estudiar los criaderos que contienen. Hay sitio en que su facies se confunde con la de las pizarras del ordoviciense inferior.

Se caracterizan por su fauna, y más por el conjunto de organismos que por especies aisladas. En la corrida del Acebro y Meira dominan las *strophomenas*, que pasan también a los bancos de mineral de ese pliegue, como si se tratase de un nivel superior al de los cloritoso-oolíticos.

Hacia el S. es donde forman los grandes escalones descritos al señalar la estructura geológica general de las sierras transversales, y también es esta zona del interior donde alcanza la fauna brillantes presentaciones. En Sobredo y Seceda, y en pizarras bastante tableadas y oscuras, hemos encontrado muchos *tentaculites*, *orthis*, *fenestellas*, *pólipos*, *orthoceras* y varias especies de *trilobites*, entre ellos algún *dalmanites*. Hacia Villamor estas mismas pizarras contienen *calymene* y algunas *tecas* que son del ordoviciense inferior, demostrando quizás la continuación en los sedimentos pizarrosos de todo el siluriano inferior.

Esta consideración nos hace conservar provisionalmente todo el tramo pizarroso de *braquiópodos* y *tentaculites*

unido a las pizarras de la fauna *D*, cuando los fósiles a que nos referimos son, por lo menos, de la *E* de Barrande.

En Quereño, y también muy próxima a las pizarras con *monograptus* y calizas altas, se encuentra concentrada una faunela de abundantes especies de *tecas*, algunos otros *pterópodos* y muchos *braquiópodos*, cuyas especies tenemos en estudio. Todas estas pizarras, casi negras, de la parte S., son las que forman las sierras con dirección E.-O. y tienen las fallas escalonadas o en tejado. Estas pizarras son muy piritosas, por lo que producen abundante segregación ferruginosa que llega a constituir yacimientos peculiares de hidróxido acompañados de grandes manchas de sulfato de alúmina como comprobante de la reacción cumplida en la oxidación y alteración de las piritas.

Las faunelas de *braquiópodos* de estas pizarras, con profusión de ejemplares en los yacimientos encontrados, hacen pensar en la explosión de vida que estos moluscoides tuvieron en el devoniano. Su facies y muchos de sus fósiles son muy parecidos a sus análogos de las pizarras devonianas y quizás carboníferas, encontradas por el inolvidable D. Pedro Palacios en el Pirineo Navarro, pues como en las nuestras, abundan los *tentaculites*, *briozoarios* y algunos *orthis*.

Es oportuno recordar, por citar más datos que confirman el nivel que establecemos, que en Luarca (1) he descubierta unas capas, en las proximidades del río Santiago, que están en situación análoga a las de *strophomenas*, en la provincia de Lugo (Lodás), y en ellas se ven claramente *orthis* y otros *braquiópodos*, pudiendo clasificarse algún *pterópodo*, como el *Tentaculites scalaris*, y aun cuando esta especie la cita el Sr. Mallada en el devoniano inferior, habiéndola hallado en las capas de *braquiópodos* inmediatas

(1) *Criadero de Los Oscos*, pág. 616.

a las ampelitas, hay que considerarla como parte del conjunto de fósiles de las capas más altas del siluriano.

(S₅) **Ampelitas gráficas con monograptus.**—Con la presencia de este nivel, carbonoso en general, se decide la existencia del siluriano superior y de la fauna en él contenida.

Este tramo, que suele estar repartido al menos en dos hiladas, dentro de un espesor de 100 metros, se compone de pizarras muy fisibles, blandas y desmenuzables, untuosas por el grafito que las impregna, testimonio de la intensidad de la vida en sus sedimentos, y por fin suelen contener manchas blancas de sulfato de alúmina y nódulos de pirita; los *monograptus* son abundantísimos, destacando las sierrecillas de su figura en blanco o con el dorado de la pirita sobre el fondo negro.

Este conjunto es muy llamativo, y aunque no forma nunca relieve topográfico por su blandura, es fácil de investigar casi siempre por su tono negro y por la sospecha de riqueza en *carbón* o en *oro* que hacia él suele sentir la gente inculta del campo, sospechas que de vez en cuando se traducen en pequeñas labores de investigación que, atestigüando codicia e incultura, van facilitando la fijación de esos niveles.

Esta es la facies más característica, pero también, con alguna frecuencia, las pizarras son carbonosas y mucho más granudas, conteniendo nódulos elipsoidales muy abundantes, que, en ocasiones, llegan a ocupar todo el depósito, poniéndose en contacto; la identidad de fósiles hace que se equiparen entre sí estas dos formaciones heterotáxicas.

Las facies nodulares están más desarrolladas al S. y parecen más potentes (no creemos lleguen a 200 metros); los bancos de ampelitas no pasan muchas veces de 2 metros,

pero el repartimiento de los *graptolítidos* se extiende en pizarras arcillosas bastante lisas y a veces casi blancas por meteorismo, ocupando espesores mucho mayores.

En algún sitio (cerca de Quereño) hemos visto que inmediatamente encima de las pizarras de tentaculites, se colocaba un banco de cuarcita colmado de *tigilites* muy retorcidos y encorvados unos en otros en el espesor de la roca, con marcado aspecto vermiforme, y en los lisos algunas otras pistas indeterminables; en algún otro lugar, como en Rececende, también se aprecian bancos delgados de cuarcitas, con alguna cruziana, antes de entrar en las pizarras de la fauna 3.^a. En ninguno de los casos consideramos como accidente litológico normal este horizonte detrítico.

La alteración de estos depósitos pizarrosos da lugar a distintas facies; las capas nodulares se desmoronan y quedan convertidas en una acumulación de elipsoides cuarcitosos sueltos, mientras que las ampelitas se aclaran y adoptan formas astillosas. Otras veces se produce en ellas la oxidación de la piritita, y el sulfato ferroso se transforma parcialmente en sulfato de alúmina con aumento de volumen, lo que produce pasos para las aguas en las pizarras por donde son conducidas y precipitadas las sales de hierro de estos cambios en forma de hidróxido férrico bastante pegajoso, el cual a su vez aglomera los restos de roca caídos, pero no separados, dando lugar a las brechas ferruginosas muy rojizas y modernas, frecuentísimas en la meteorización de las ampelitas.

Los yacimientos fosilíferos son numerosos: Orrea, Villarmide, Gaviais, Beche, San Tirso, Mondigo, Acebro, Pardollan, Muradal, Peñafuente, La Seara, Robledo y algunos otros que no recuerdo de momento, pero que estarán nombrados en los datos locales de los criaderos.

Cualquiera de estos yacimientos fosilíferos contiene las

formas muy repetidas y con verdadera profusión; los géneros más representados son los *monograptus* (formas recta en su mayoría) y algún *diplograptus*.

El horizonte de *graptolítidos* es absolutamente típico del siluriano y muy diferenciado, lo mismo que la cuarcita de cruzianas, y así queda esta época contenida entre esos dos episodios, detrítico en su base y legamoso en el vértice.

Precisamente por ser tan típicos los *graptolítidos* en el siluriano, es por lo que con más cuidado se debe revisar su repartimiento en los distintos niveles que los contienen. Hasta ahora todas las formas rectas, según el Sr. Mallada, pertenecen al siluriano superior, y este criterio seguimos en nuestra clasificación provisional; sin embargo, entendemos como obligación declarar nuestra duda de que alguno de los *monoprionidos* puedan entrar en los tramos inferiores a juzgar por la proximidad y constancia con que se suelen encontrar respecto a la cuarcita ordoviciense; este punto pertenece también al programa de revisiones que tenemos que cumplir al hacer el estudio de la paleontología gallega (1).

Como muy interesante para los estudios estratigráficos que hemos de hacer más adelante, debemos de citar las ampelitas del Acebro, Rececende, Beche, etc., en el sinclinal que llega en la costa a San Miguel.

En este pliegue está muy bien representada la fauna 3.^a, y sus ampelitas están muy próximas a unas pizarras con cuarcitas delgadas y un lecho de mineral de hierro que contienen una banda de abundantes *braquiópodos*, particularmente *strophomenas*, entre las que se encuentra la *expansa* (2).

(1) *Criaderos de hierro de Asturias. Criaderos de Los Oscos*.—P. H. S., páginas 615 y 616.

(2) *Fósiles de Galicia*.—B. G. de E., pág. 296.

(S₆) **Calizas de crinoides** —Sobre las ampelitas y pizarras de *tentaculites* encontramos en toda la parte S., desde Valdeorras y Villamor hasta El Cebrero y Cervantes, unas seis potentes corridas de caliza que se destacan como términos fijos en cada una de las fallas escalonadas que integran las sierras transversales de este segundo grupo (1).

Sus potencias alcanzan hasta 30 y 40 metros, pero por lo general no exceden de 20; en Seoane de Caurel, por excepción, pasarán de 200 metros, pero este espesor lo atribuimos a plegamientos; no son muy estratificadas, aunque tienen manchas y bandas grisáceas, en el sentido de los lisos, que dan el tono a la roca. Son bastante cristalinas, con frecuentes puntos micáceos, pero nunca la hemos visto disponerse en tableado como los cipolinos.

Muchas veces las calizas no están formando un solo banco, sino dos o tres hiladas separadas por pizarras lustrosas o algo calíferas con dentritas de manganeso; en estos horizontes múltiples, y a veces en el mismo crestón de caliza, se aprecia una presentación más careada, arenosa y algo amarillenta por el óxido de hierro, que recibe el nombre regional de caliza *macho*, para distinguirla de la blanca o gris, llamada *femia* o productiva, en el sentido de poderse cocer en los hornos de cal.

En estos estados de alteración es donde más a menudo se encuentran pintas de estibina, mineral frecuente en estas calizas, particularmente en el centro de Caurel.

Los fósiles encontrados hasta ahora en estas calizas no nos han permitido sincronizarla con otros términos análogos de formaciones conocidas; sin embargo, por la colocación y facies de conjunto, creemos pueda referirse al horizonte de las calizas coralinas de Wenlock en el País de Gales (2).

(1) Véanse descripciones geográfica, orográfica y geológica, págs. 1, 3 y 29.

(2) *Quart. Journal. Geol. Soc.*, tomo XXXIV.

Los yacimientos fosilíferos principales encontrados son los de Sobredo, Altos de Lucenza y Encina la Lastra; por lo demás, artejos sueltos de *crinoides* se hallan buscando atentamente en casi todos los crestones, menos en el de Seoane, donde no los pude encontrar. En los Altos de Lucenza hay abundancia de *crinoides* en *artejos* sueltos y en brazos flexuosos con terminales sumamente finos que tengo en estudio. Unidos a estos *crinoides* hemos recogido *pólipos* bien desarrollados que, como los *crinoides* y todos los fósiles de las calizas, resaltan en la superficie, y los cuales por su forma y disposición de colonias parecen *favosites*, quizás de la especie *gotlándica*. En Sobredo y Seceda los *artejos* llegan a mucho mayores dimensiones (hasta 3 y 4 centímetros de diámetro), y están sueltos o unidos en columnas cortas de dos o tres; en esos mismos afloramientos hemos encontrado algún *braquiópodo* inclasificable y *gasterópodos* con el perfil de los *escalaridos*.

En las placas calizas de Encina la Lastra he recogido, además de los constantes *artejos*, conjuntos de *braquiópodos* (*terebratulidos*) que todavía no tenemos clasificados.

De propósito hemos dejado para el final hablar de las pizarras tableadas que se superponen a las calizas y en las que aun no hemos podido encontrar fósiles, aunque suponemos conseguirlo por la facies de la roca; son bastante granudas y carbonosas y se dividen, según sus planos de estratificación, en sólidos de caras muy planas y aristas cortantes; en los lisos suelen estar salpicadas de hojuelas de mica.

Estas pizarras sólo las he visto en las Sierras de Caurel y el Cebrero acompañando a las calizas; por lo demás, en realidad no se parecen a ninguno de los estratos que hemos visto en el siluriano y no nos extrañaría que puedan corres-

ponder a terrenos más modernos, dentro del grupo primario.

Sin pretender sincronizar los tramos de nuestra división provisional con los de otras conocidas, por las mismas razones aducidas en el cambriano, diremos que su mayor parecido lo encontramos en las adoptadas por A. Bigot y L. Lecornu para el siluriano de Baja Normandía y Maine (1). En el corte del isleo paleozoico de May-sur-Orne, M. Bigot da la siguiente sucesión para el siluriano:

- 1.—Arenisca armoricana.
- 2.—Pizarras de *calymene* con mineral de hierro.
- 3.—Arenisca de May.
- 4.—Pizarras de *Trinudeus Pongerardi*.
- 5.—Gotlandiense (Ampelitas).

En la zona Bocaine (isleo de la Falaise), M. Lecornu da el mismo corte, con la diferencia de encontrar el devoniano sobre las ampelitas del gotlandiense.

En el departamento de Maine-et-Loire, en el corte teórico dado por M. Couffon, se repiten:

- Arenisca armoricana.
- Capas de mineral de hierro.
- Pizarra tegular de *Calymene Tristani*.
- Arenisca de *Calymenella*.
- Pizarra de *Trinucleus*.
- Pizarras y cuarcitas del gotlandiense.

Sucesión que puede considerarse como clásica y es muy próxima a la nuestra.

(1) A. Bigot. *Le Massif ancien de la Basse-Normandie et La Bordure*. («B. S. G. de France», 4.ª ser., tomo IV, 1904.)—Lecornu. *Sur les plissements siluriens dans la région du Cotentin*. («Bull. Srv. Cart. Geol. France», vol. 4, 1892.)

Repartimiento geográfico.

El orden que seguiremos en el señalamiento de los isleos es, como siempre, de E. a O. y de N. a S. En realidad casi podría excusarse la marcación de los isleos silurianos, pues como van a fundirse todos en la masa del fondo, podría decirse que el siluriano ocupaba todo el gran hueco por marcar.

Seguiremos, sin embargo, los sinclinales de la parte N. desde la costa, e indicaremos la posición de los pliegues en la parte S.

Las corridas de cuarcitas de la costa, seguidas hacia el S., son las que han puesto de manifiesto los plegamientos hercinianos y por los que se empezaron a deslindar los dos terrenos de *transición*.

La banda cuarcitosa de Asturias empieza desde los Altos de Tol hasta la Atalaya de Porcia, y sin perderse, unida a los minerales de hierro, se sigue hasta la altura de la Bobia, que comprende al O. hasta Paramios y Busdemouros con los yacimientos de carbonato espático.

Toda esta banda, que desde la costa ha venido con pizarras de Luarca y losas del postdamiense (1), se introduce en Los Oscos (2), donde adquiere mucha más amplitud, alcanzando desarrollo el siluriano superior con pizarras carbonosas y granudas, a veces nodulares, sobre las pizarras de Luarca. Por la Trapa y Villarchao, unidas a las pizarras y minerales de hierro, entran las cuarcitas en Galicia formando el perfil recortado de Villarmean hasta Fonfría, y

(1) *Hierros de Asturias*. Adaro, 132 y 195.

(2) Obra citada. P. H. Sampelayo, 611.

constituyendo uno de los núcleos principales en la sierra siluriana de Piedras Apañadas.

Más al S., y siempre unidas a los minerales de hierro, cortan el Navia en Sena, para volver a entrar en Asturias en poco trayecto y salir de nuevo a Galicia por Trabado y Balsa; desde aquí toda la corrida cuarcitosa, con unos 6 kilómetros de ancho, se une a las cuarcitas de Rao, y unidas van al S. hasta el granito de Ancares, que a su vez está comprendido en la gran masa siluriana del segundo trozo geográfico.

Al O. encontramos el gran pliegue del Mondigo, separado del de la Bobia por el isleo cambriano del Eo.

Estas son las cuarcitas que pasaron inadvertidas para Barrois en su corte por la costa, lo cual, prescindiendo de cómo hiciese el recorrido, resulta extraño, pues conocía la obra de Schulz sobre Galicia, y Schulz señala perfectamente el tramo de cuarcitas de Mondigo, así como dice que en Nuestra Señora de la Puente, en unas pizarras, encontró los pocos y medianos fósiles que pudo recoger; con ambas indicaciones queda definido el siluriano.

Todos estos pliegues están apretados hacia la costa, pues vemos cómo apenas está representado el siluriano en la punta Corveira, mientras que al S., antes de llegar a San Tirso, ya se han repartido las cuarcitas en dos bandas, las cuales, unidas, representan un sinclinorio; la oriental desde Cubelas pasa sobre Sante, y es la que da lugar a los yacimientos de Villaodrid, y continúa con cuarcitas y pizarras de los dos primeros tramos silurianos por Villarmide, Piquín y Pena Cartea a Muradal, desde el cual y con una mancha de ampelitas, se une al criadero de San Pedro del Río, que a su vez se enlaza con el de Penamil; desde allí las cuarcitas rotas y deformadas continúan por Son a borrarse en la aureola metamórfica que forman las pizarras alrededor del granito de Miravalles.

El pliegue occidental, que está unido al anterior en el Mondigo y el alto de Cabarcos, se va separando a medida que nos alejamos al S.; siempre alcanza más profundidad este sinclinal que el oriental, pues aloja capas de *braquiópodos* que no están allí representadas y ampelitas del gotlandiense con mucha mayor abundancia de fósiles, y esto ocurre en todo el recorrido, desde la costa a la Fontaneira. Los tramos de cuarcitas y pizarras de Luarca corren por Arante, Vidal, Trabada, Villaforman, por el alto de la Cadeira al Acebro, y pasado el río Torto, continúan por las laderas de la Sierra de Meira, para después cruzar las cortadas que originan los ríos Eo y Martín hasta el puerto de la Fontaneira en la carretera, donde se separan el Eo y el Navia. En todo el recorrido entra como término estratigráfico el nivel ferrífero, mejor representado en Vilar de Adrios. Hacia el S. la banda compuesta de cuarcitas, pizarras, mineral y alguna caliza, pasa por Fontaron y San Pedro de Cervantes, uniéndose a las corridas de Vilarello en el límite de la provincia de León, dentro de la cual continúan en la misma disposición, cortando al Burbia, para unirse a la gran mancha siluriana del N. de León.

Volvamos a la costa; al seguir atravesando los terrenos por los acantilados hacia el O. entramos en el estrato-cristalino de Foz y luego en el granito de Vivero; sobre este macizo primitivo encontramos por dos veces, en Fazouro y Cangas, capas de aspecto siluriano por la combinación de pizarras y cuarcitas que ofrece; sin embargo, nada se puede decidir por la facies de deformación que les comunica el batolito eruptivo.

Y es ocasión de insistir sobre el metamorfismo que hacia occidente van experimentando las bandas pizarrosas, y que llega a punto de asemejar sus pizarras a las lucentes y granatíferas del estrato-cristalino. Contribuye a esta escala

de transformaciones la menor frecuencia de cuarcitas a medida que nos aproximamos al gran macizo eruptivo gallego, y sin duda estas sucesivas facies han sido la causa de que los isleos dudosos se hayan atribuido al cambriano los primeros encontrados y al estrato los más occidentales, como términos graduales de una gigantesca aureola de metamorfismo. Esta afirmación la hacemos después de un detenido examen de estos isleos.

En el de Vivero, con el diastrofismo constante de buzamiento al NO., corren las cuarcitas conteniendo pizarras y mineral de hierro, hasta cruzar el Eume cerca de Muras. El análisis microscópico de los minerales nos ha servido para identificar la época siluriana.

Interrumpida la corrida cuarcitosa, que es la verdadera guía, por el cuaternario de Cabreiros y Roupas, reaparece, aun más deformada, sobre Belesar, para formar la Sierra de Castelo. Hacia el S. se aproximan los asomos graníticos por E. y O., de tal modo, que la banda estrecha hasta casi desaparecer y no quedan en los estratos ni rastros del aspecto paleozoico. Hay que llegar hasta Iglesiafeita, en el partido de Monforte, siguiendo las pizarras que contienen los criaderos de hierro, para volver a encontrar las cuarcitas y pizarras en su aspecto ordoviciense; este es el isleo que va ensanchando, adaptándose a la curva herciniana, para unirse con el de Nocedas y la Sierra de Agua Levada por bajo del manchón terciario de Monforte; este nuevo isleo (1), ya dispuesto de E. a O., se prolonga a occidente con la Sierra del Cerengo y queda unido a las pizarras negras del tramo (S_4) en Valdeorras, sufriendo el metamorfismo del batolito de La Rua.

La banda de pizarras más al O., que forma las Sierras Faladora y Loba, apenas tiene cuarcitas en el alto de Caxa-

(1) Véanse planos geográfico y geológico.

do, pero sus filadios tegulares en Loiva y hacia el S. tienen la facies típica de los silurianos. Estos isleos occidentales pizarrosos son de difícil clasificación; al S. se enlazan con los estratos lustrosos y cristalinos de Guitiriz y Cova da Serpe, y con una interrupción del granito de Chantada, vuelven a enlazarse con el isleo primitivo de la Sierra del Rodicio y Cabeza de Meda, pasando, por grados, a las Sierras del Invernadero y Queixa con macizos de pizarras negras y metamórficas.

En toda esta rápida enumeración de pliegues, que hemos recorrido pacienzudamente, no reunimos más que el siluriano del primer término geográfico, que se reduce a los tramos cuarcitoso y de pizarras inferiores. Todos esos isleos alargados tienen algo de *dedos* que llegan a la costa, y en la parte meridional se unen en la masa siluriana de Caurel, Cebrero y Cervantes.

Desde luego toda esa masa paleozoica del S. se compone de pliegues prolongación de los arcos del N., buzando normalmente al SO. y al S., pero en los cuales el sistema alcanza sus tramos más altos, según puede verse en la repetida estructura escalonada que se produce por las fallas paralelas arrumbadas al NO. (1).

Son las pizarras de *tentaculites* las ampelitas, y las calizas de *crinoides* las rocas que se repiten en este orden en todos los dientes de sierra, y van ascendiendo de SO. a NE., hasta alcanzar las mayores alturas de Caurel y Cebrero.

La facies dominante, de cualquier modo, es la pizarrosa; pizarras granudas y oscuras que se cargan de chistolita al metamorfizarse y se hacen mucho más negras y aptas para la segregación ferruginosa. Esta facies exclusiva pizarrosa, con buzamiento general al S., es la que se presenta en las sierras transversales de la parte meridional de la

(1) Véase Orografía e Hidrografía, págs. 3 y 23.

zona, en la Sierra del Eje y en los Montes del Invernadero y Sierra de la Queixa. Se puede asegurar de ellas que son macizos paleozoicos, sin que se pueda especificar el sistema; la facies, sin embargo, es idéntica a la de las pizarras negras y nodulíferas de Cerejido, La Rúa y Quereño, que parece deben ser referidas al tramo cuarto del siluriano.

Como consecuencia práctica de esta revista de isleos silurianos, se puede deducir que es muy posible que hacia occidente, dentro del gran manchón de granito y estrato-cristalino, haya algún pequeño retazo del siluriano más o menos metamorfozido que pudiera tomarse por pizarras cristalinas.

Discusión.

No es el siluriano terreno en que de momento sean precisas controversias, pues las importantes dudas proceden mucho más del desconocimiento sobre los tramos superiores que de las diferencias en la clasificación.

En realidad, siempre han sido bien conocidos los términos dominantes del siluriano inferior: las cuarcitas de *cruzianas* y las pizarras tegulares con mineral de hierro; en cambio respecto a los estratos superpuestos, lo poco que se ha dicho ha estado siempre lleno de ambigüedades y vacilaciones, y sobre ellos versarán sin duda los próximos debates, en este sistema, para la zona NO.

Hasta que avancemos en los estudios sobre las faunas descubiertas, nos limitaremos a insertar las clasificaciones conocidas con algunas observaciones.

Schulz, en 1834, dió el primer bosquejo para un mapa petrográfico de Galicia; es muy elemental, y en él, siguiendo a los autores de su tiempo, considera unidos el cambriano

y el siluriano con el título de «terreno de transición». Con fecha posterior, y del mismo insigne geólogo, conservo algún borrador en el Instituto Geológico en que ya aparecen las diferencias de siluriano y cambriano; por cierto que los límites asignados a los isleos son mucho más parecidos a los nuestros que los de la edición del Mapa Geológico de España (1), para la fijación de los cuales se sirvieron de datos muy incompletos, o como dice Adaro al empezar el terreno siluriano (2): «Se cayó en el extremo opuesto de reducir excesivamente las manchas silurianas del extremo occidental de la provincia por no incluir en ellas las cuarcitas poco potentes, pizarras y ampelitas ferruginosas que, a modo de agudas cuñas respetadas por la erosión, forman sinclinales aislados entre los pliegues isoclinales, casi rítmicos, de las pizarras cuarzosas del cambriano superior.» Esta razón es cierta en el fondo, aunque en realidad no se trate de sinclinales aislados, sino bien seguidos hasta la masa siluriana del fondo; por eso nos parecen menos disculpables las figuras curvas y caprichosas de los isleos silurianos en la edición del Mapa Geológico de España.

M. Barrois en 1882, en su obra tantas veces citada, no da clasificación para Galicia, pero sí para Asturias en esta forma:

Siluriano superior. Fauna 3. ^a	} Pizarras y cuarcitas de Corral, con ampelitas (F).
Siluriano medio. Fauna 2. ^a	} Pizarras calíferas del Horno, con <i>Endoceras duplex</i> (E). Pizarras tegulares de Luarca, con <i>Calymene Tristani</i> (D). Lecho de mineral de hierro (C).
Siluriano inferior. Fauna 1. ^a	} Arenisca de Cabo Busto, con <i>Scolithus</i> (B). Arenisca versicolor, pudingas y pizarras (A).

(1) Edición del año 1889.

(2) *Hierros de Asturias*, cap. V, pág. 165.

El nivel más bajo de areniscas versicolores y pudingas es el de la *Lingulella Heberti*, que se puede comparar al de las *lingulaflags* de Gales con *Lingulella Davisi*. Nosotros los supusimos ya del cambriano al estudiar los fósiles de Galicia, y el mismo criterio siguió el eminente Sr. Adaro después de largas y atinadas observaciones (1). En último caso se trata de una cuestión de nombre exclusivamente, pues el tramo cuarcitoso del cambriano alto y del siluriano inferior se ofrecen naturalmente unidos.

Más importancia tiene la generalización de las pudingas, como relevo de las areniscas versicolores, pues sólo encontró M. Barrois un depósito en la Pena da Rubia que, sensatamente, se pudiese referir a esta roca; en realidad, lo suponemos un error de observación.

En cuanto al banco de mineral de hierro, considerado como término litológico, se le pueden hacer dos reparos: que aunque de gran interés geológico no debe constituir un tramo en sentido estricto, sino el accidente más interesante del nivel superior o pizarras de Luarca, y que en cuanto a la posición que Barrois le asigna como normal tampoco coincide con nuestras observaciones, pues es rara la vez (Freijo) que encontramos el mineral en contacto con las cuarcitas; como regla general, se trata de horizontes múltiples que comienzan de 40 a 80 metros sobre la cuarcita, dentro de las pizarras de *didymograptus*.

Al llegar al nivel superior de la fauna 2.^a con las pizarras calíferas del Horno, empieza la desorientación y la duda; por de pronto, como hace observar Adaro (2), el tramo de las pizarras calíferas del Horno lo considera Barrois como parte y coronación de la potente masa de las pizarras de Luarca. Sedimentos pizarrosos negruzcos con vetas y

(1) *Obra citada*, págs. 167, 168 y 169.

(2) *Obra citada*, pág. 175.

lentejones de caliza no los hemos visto más que cerca de Encina la Lastra, en estratos unidos a las ampelitas de *monograptus*, pero por las descripciones de Barrois y Adaro y por las referencias que he podido recoger de las capas del Horno, deduzco que han de ser muy parecidas a las del río Poleo, cerca de Luarca (1), donde tuve la suerte de encontrar *braquiópodos* y *tentaculites* como verdadera representación, poco potente, de las capas de nuestro cuarto tramo del siluriano inferior, aunque en realidad conteniendo ya fósiles de la fauna 3.^a.

Y más que en ningún sitio se reflejan las dudas de M. Barrois en el corte de la costa, pues desde Ribadeo a Luarca no tiene en cuenta el tramo de *Calymene* hasta el sinclinal de río Negro, cuando cruzó, sin embargo, dos veces estas pizarras: en Porcia y Navia, y una vez las ampe-líticas en Touran; a las pizarras del Horno ni siquiera las concede representación gráfica, siendo muy escaso el asignado al tramo de Corral.

«En cuanto al tramo de pizarras y cuarcitas alternantes de Corral—preferimos repetir las atinadas palabras de Adaro—, sólo le introdujo Barrois sospechando que por analogía con otras regiones de España pudiera representar el nivel de la fauna 3.^a, no porque tuviese suficientes razones paleontológicas o stratigráficas para ello. Nosotros, apoyados en diversos cortes tomados sobre el terreno, nos inclinamos a creer que esas pizarras y cuarcitas, perfectamente concordantes con las del Old-red, constituyen ya la base del devoniano, porque siempre hemos notado señales de discordancia, o por lo menos en contacto accidentado y anormal entre dichas capas y las pizarras del tramo de Luarca; pero ha de reconocerse el fundamento de la sospecha de aquel gran geólogo, porque P. H. Sampilayo acaba de des-

(1) *La fauna 3.^a en Asturias: Criaderos de Los Oscos*, pág. 615.

cubrir la *Cardiola interrupta* en las pizarras de Robledo y en Cabanas, cerca de Riotorto; sobre la misma faja siluriana que viene desde el mar al O. de Ribadeo, ha recogido unas areniscas con multitud de ejemplares de la *Strophomena expansa*, que los geólogos americanos colocan en la parte más alta de la serie.»

En las hiladas de Corral están incluidas las ampelitas, y por consiguiente se refieren al gotlandiense. No hemos podido apreciar las discordancias a que se refiere el eminente Adaro, pues en los dos puntos de Asturias que hemos podido confirmar la sospecha de Barrois descubriendo la fauna 3.^a (Los Oscos y Río Santiago), no se manifestaba. Por otra parte, los dos casos nuestros no reúnen las mismas condiciones: en Robledo se trataba de ampelitas poco potentes superpuestas y concordantes con la masa de pizarras negras de *tentaculites*, mientras que la *Strophomena expansa* se encuentra de preferencia en un lecho de mineral de hierro y en pizarras que hemos supuesto de un nivel superior al de los *monograptus* (1), unida a su episodio. Esta sinceridad nuestra equivale, sin duda, a una vacilación que confiamos aclarar pronto.

En Gales se encuentra la *Strophomena expansa* unida a otros *braquiópodos*, como el *Orthis confinis* y *Strophomena grandis* en el tercer tramo de Llandeilo, en bancos de 2 metros de espesor. En Esthonia, Golfo de Finlandia (Rusia), se encuentra la *Strophomena expansa* en la caliza de Borkholm, que se considera en lo más alto del siluriano inferior. Estas variaciones son, en cierto modo, una justificación a nuestras dudas de la hilada superior del ordoviciense.

El Sr. Mallada adopta la división de Barrois para el siluriano inferior criticándola en perfecto acuerdo con nuestras ideas, pues señala la inestabilidad del tramo (C) de mineral de hierro, y, siguiendo el criterio del mismo Barrois,

(1) *Fósiles de Galicia*, 295 y 303, pág. 91 sup.^o.

hace ver la importancia secundaria de las pizarras calíferas con *Endoceras duplex*, así como la falta de razones para incluir el tramo de Corral (F) en el ordoviciense, aunque sospechando que tal vez represente la fauna 2.^a.

En cuanto al siluriano superior, adopta el Sr. Mallada la división de Barrois. «De acuerdo—dice—con el Sr. Barrois, que comparó y relacionó el siluriano superior de la Península con el de Finisterre (Bretaña)», la cual es como sigue:

- 1.^o—Samitas y grawackas con *nermites*.
- 2.^o—Ampelitas con *graptolitos*.
- 3.^o—Pizarras nodulíferas con *Cardiola interrupta*.
- 4.^o—Calizas de *orthoceras* y *crinoides*.

Añade que el subtramo 1.^o se muestra principalmente; el 4.^o predomina en la región pirenaica, y los otros dos se observan en diversas comarcas.

Desde luego en esa clasificación hay dos de los términos observados por nosotros, y salvo las modificaciones locales a que obligue un estudio detenido, consideramos que lleva en sí una sólida base natural conservando los dos términos litológicos tan llamativos: ampelitas con *monograptus* y calizas con *crinoides*.

El tramo 1.^o no lo encontramos como general, aunque sí algunas veces en cuarcitas delgadas por bajo de las ampelitas (Quereño, Rececende, etc.), pero no nos atrevemos a equipararlas con las samitas de *nermites*, ni menos a darles caracteres de generalidad.

Tampoco nos decidimos por ahora a dar independencia al apartado 3.^o, pues los fósiles que hemos encontrado en las pizarras granudas con nódulos han sido los *graptolitos* del horizonte ampelítico, y respecto del cual insistimos en la necesidad de revisión paleontológica.

El único ejemplar que hemos encontrado atribuible a la *cardiola*, estaba en el nivel de las ampelitas.

El Sr. Adaro, después de la crítica que hace de las ideas de Barrois y Mallada, termina por hacer una nueva división en el ordoviciense rehuyendo la clasificación del período superior, expresándose de este modo:

«Queda, pues, mucho que aclarar en materia de clasificación de las capas silurianas de Asturias, a partir de la hilada superior del ordoviciense. Desde luego la caliza con *cardiola* y *monograptus*, y las pizarras con *harpes*, *phacops* y *orthoceras* que el sabio Almera determinó en Barcelona como representantes de la fauna 3.^a, aunque ya tengan en Galicia niveles equivalentes, no han sido aún comprobados en nuestra región. Para nuestro objeto sólo merecen especial atención los dos tramos, cuarcitoso y pizarreño, del siluriano inferior. Al pizarreño puede considerársele dividido en tres hiladas: cuarcitas y pizarras duras, pizarras negras con *calymene* y *asaphus*, y pizarras calíferas con nódulos y *orthoceras*. En las dos primeras es donde se encuentran las masas lenticulares y capas de mineral de hierro.»

De estos tres tramos del ordoviciense pizarroso de Adaro, el primero y el medio deben reducirse a uno, no sólo porque en ambos encajan los niveles ferruginosos, sino porque el tramo de losas duras lo establece con generalidad hasta la definición que hace al dividir; por fin, el tramo de las pizarras calíferas con nódulos y *orthoceras* parece homotáxico con el de las pizarras calíferas con *Endoceras duplex* de Barrois, que más bien ha sido reconocido como subdivisión del tramo de *calymene* por Barrois, Mallada y el mismo Adaro, quedando así reducida la división del ordoviciense a los dos tramos generales y conocidos: cuarcita de los Cabos y tramo pizarroso dominante con *calymene* y *asaphus*.

TERRENO TERCIARIO

Formaciones modernas.—Son escasas, están mal representadas y carecen de importancia para nuestro objeto; así, pues, las reseñaremos ligeramente, reservando su descripción para cuando hagamos la geología de Galicia.

Todos los depósitos modernos son horizontales y poco potentes, y la diferenciación de sus edades está en sus facies, pues no se han encontrado fósiles en sus estratos.

Atribuimos al terciario los sedimentos más inferiores, que son los de mayor amplitud y en los que se perciben huellas de la acción marina, y encasillamos en el cuaternario las formaciones diluviales y actuales.

Geología.

No habiendo dedicado nuestra atención a estos terrenos desde los trabajos que hicimos sobre la costa (1914 y 1915), nos apoyaremos en ellos, modificándolos o completándolos con algunas observaciones.

Depósitos terciarios.—En primer lugar debemos de citar la arenisca de la llanura de la costa (1).

(1) *Historia de la denudación de la costa de la provincia de Lugo.*—Boletín del Instituto Geológico de España, tomo XIV, 2.^a serie. Madrid, 1914.

En toda la planicie se encuentran testigos y señales de la existencia de rocas, que dispuestas horizontalmente y en poco espesor, cubrieron estas partes llanas; la potencia de estos lechos oscilará de 0,50 a 3 metros.

Con los cortes de más altura, como son algunas trincheras de carreteras (cercañas de San Miguel de Reinante, Cangas), se puede apreciar que debieron ser tres las tongadas de detritus. La inferior, que falta en muchos testigos, es como una arenisca blanca poco coherente y con bastante mica; en algunos casos se releva por una arcilla que, aunque no muy plástica, sirve para la fabricación de ladrillos. Sobre esa capa de arcilla y arenisca blanca descansa la más normal y constante, que es una pudinga de cemento arenoso muy cargada de óxidos de hierro; los cantos, bien redondos y pequeños en general, varían mucho de volumen; son de cuarcitas análogas a las cambrianas y silurianas situadas en los acantilados y montes que por el N. y S. limitan la llanura. El cemento es una arenisca bastante cargada de óxidos de hierro, lo que le da cohesión suficiente para ser en ocasiones utilizada como losa; los granos de cuarzo son poco redondeados y semejantes a los de la descomposición del granito; en toda la roca domina el color de los hidróxidos, que llegan a ser muy abundantes.

La vegetación y el derrubio en la explanada deja pocas manchas al descubierto, pero en los casos que hemos podido comprobar la distinta posición de estas variedades de arenisca, hemos visto que la pudinga con sus cantos gruesos tiende a formar un cordón que, en la anchura de la faja llana, estará al tercio a partir del monte. Las losas de arenisca de grano fino fueron los sedimentos más próximos a la antigua costa, viéndoselos cerca de las faldas de los montes; y es en esas delgadas capas donde mejor se aprecian las superficies almohadilladas que las limitan. Esta es

la roca normal de las terciarias depositadas, y muchas veces la única en algunos manchones. Debajo de ella, y con poca potencia, hay una arcilla blanca, pero es de notar que en esos sitios no altera su nivel la roca ferruginosa, sino que es la arcilla la que ocupa un nivel debajo de ella, conseguido, al parecer, por alguna concavidad anterior al enrase de la llanura.

Las caras superior e inferior de esa tongada superficial de areniscas ferruginosas están corroidas en ondulaciones suaves.

Schultz atribuye también al terreno terciario las formaciones de lignito de Puentes de García Rodríguez. Se trata de delgadas capas de lignito comprendidas entre arcillas y lechos de arena que ocupan el subsuelo de la gran explanada de Puentes y cuyos depósitos se corren hacia Espiñaredo; representan sin duda el relleno, por aporte fluvial, de la depresión que existía en el valle del Eume y el afluente de Goente hacia Espiñaredo.

A orillas del río, en la villa de Puentes, se aprecia bien el corte superior de los depósitos ligníferos. Tendrán 5 a 6 metros de espesor en el acantilado al borde del río. En este corte, procediendo de abajo arriba, encontramos: arcilla negra con lignito compacto, lecho muy delgado de lignito rojo comprendido en otro más macizo, arcilla con delgados lechos blancos, lignito y arcillas negras poco consistentes y que se cuartejan y desmenuzan al contacto del aire; intercalados en estas arcillas superiores hay algunos niveles muy interrumpidos arenáceos y de delgados elementos detriticos. Sobre toda la formación lignífera hay 2 a 3 metros de aluvión, cuyos gruesos cantos rodados proceden de las cuarcitas paleozoicas de los montes circunvecinos.

Desde luego estas capas son muy modernas, pues parte del lignito se encuentra en trozos que muestran aún sus

fibras como si fuesen maderas; además, en los mismos lechos de lignito y en las láminas de restos detríticos, se encuentran gran abundancia de caparachos y restos de conchitas blancas y muy débiles; no hemos encontrado entero más que algún caracolito que parecía una *pupa*, lo que está de acuerdo con su origen lacustre. El llamado lignito o carbón rojo, es una resina muy parecida a la *piopisita* por sus propiedades.

Los datos que hemos podido recoger del pozo número 6, practicado como investigación el año 1917, son los siguientes:

Superficie:

Tierra vegetal y aluvión.....	0,5 a 0,60 metros.
Arena y grava.....	0,10 a 0,12 »
Barro encarnado.....	1 metro.
Arcilla negra.....	0,80 a 1 metro.
Lignito con arcilla negra.....	12 metros.
Carbón rojo.....	0,10 »
Arcillas color ceniza.....	(muro).

Los trozos de arcilla y lignito pierden una gran cantidad de su peso al secarse y se abren con el sol. En realidad, en los depósitos de Puentes no hay más de tres pequeños lechos hasta de 10 centímetros de espesor que forman el carbón propiamente dicho; es negro, manchadizo y está formado por el enlace de palitos y tallos de madera carbonizada, desde pocos a 20 centímetros de longitud.

La arcilla superior gris forma un depósito que es homotáxico con las arcillas de la explanada de Aparral y las margas de Monforte; como todas las rocas situadas al borde del río, se cuarteja en trozos de tendencia cúbica, al recibir el aire, quizás por la descomposición uniforme. Dentro de esa misma arcilla hay trocitos de madera carbonizada y uno o dos

delgados niveles arenáceos de aspecto detrítico, formados por una pudinga que también contiene elementos angulosos de cuarzo, trocitos leñosos y abundantes restos de conchas, que son los que mejor señalan la hilada; entre ellos se encuentran unos pequeños núcleos, casi esféricos, carbonosos, que se aplastan a la presión de los dedos.

Haremos el estudio de este yacimiento al ocuparnos de la distribución de la riqueza minera en Galicia, cuyo plano fué expuesto en la última Exposición de Ingeniería (Madrid, Noviembre de 1919).

Depósitos de arcilla y marga muy parecida a la superior de Puentes se encuentran, según hemos dicho, en la gran llanura de Codesido y Carrizo, que llega hasta Aparral al NO. de Villalba; con mayor desarrollo se encuentran en todo el valle de Lemus y en el de Puebla de Brollón, en los valles de Sarria, Lugo, Guntin de Pallarés, Quiroga y en Valdeorras.

En la parte inferior suelen tener unas tiras de color muy rojo sobre las arcillas finas y blancas.

Los depósitos margosos de Lemus, ocupando las colinas y lomas chatas, de aspecto muy parecido a los del mioceno lacustre de Castilla, han sido descritos con todo detalle por Schulz (1), que los supuso secundarios.

(1) *Descripción geognóstica del Reino de Galicia*, págs. 28, 29 y 30. — Madrid, 1835.

TERRENO CUATERNARIO

Sobre las areniscas terciarias de la llanura de la costa se ven con frecuencia acumulaciones de arcilla y cantos rodados, con poco arreglo horizontal, y de todas dimensiones.

Estos depósitos, que llegan a alcanzar dimensiones enormes, están muy repartidos sobre los terrenos paleozoicos, particularmente a lo largo de los grandes valles y depresiones. Además de los señalados en la costa, los encontramos en el Valle de Oro, en la Tierra Llana, en las cercanías de Lugo, Puebla de Brollón, en una gran masa en San Clodio, a lo largo del Navia desde Becerreá a Navia de Suarna, pero particularmente en los valles de Quiroga y Valdeorras, etc., pues sería larguísima y fuera de lugar la lista de esta clase de depósitos.

La mayoría de ellos son auríferos, como hemos podido comprobarlo en los de Quiroga y el Eo, y como regla general puede decirse que lo son todos los aluviones, secos o húmedos, que procedan de ríos cuyo curso esté excavado en los terrenos paleozoicos.

Evitamos el desviarnos con tan interesante asunto refiriendo al lector a la obra de Schulz sobre Galicia, pág. 32; al capítulo sobre siluriano de Asturias del mismo autor, y a nuestro trabajo de la costa, págs. 115 a 130.

Discusión.

Los depósitos de la llanura de la costa los colocamos desde luego en el terciario por su parecido con los arenosos de la derecha del Loira, atribuyendo la fase al burdigaliense. Barrois, por los estudios de Vasseur en Francia, equipara este episodio al de Salmus en la costa de Aquitania.

Aun cuando no se hayan encontrado fósiles, se deduce que fué producido por el mar terciario, pues sólo el mar tiene fuerza para producir el enrascamiento general de la llanura y la acumulación de esas tongadas de pudinga; por otra parte, lo moderno de su edad se deduce porque bastaría que el mar actual se elevase unos 80 metros sobre el nivel que hoy tiene, para que se restableciese el aspecto de la última invasión.

El Sr. Schulz, en su Memoria sobre Asturias, cita las pequeñas manchas de pudingas y areniscas ferruginosas como pertenecientes al «período más moderno de aquella época», produciendo sorpresa ver que, después de esa afirmación, no *acierte a explicar*—son sus palabras—la causa geológica de la faja llana que corre a lo largo de la costa.

Para las formaciones arcillosas de Monforte, Puentes, etcétera, se pueden hacer las mismas consideraciones, pues además de las extensas llanuras en que están depositadas, apoya su origen terciario la comunicación que con el mar actual tienen las líneas de depresión en que se alinean los diferentes depósitos arcillosos y diluviales.

Para Schulz, los depósitos de Lemus son secundarios, y fiándose sólo de las facies y coloraciones, atribuye la

parte inferior a las margas irisadas del triás, mientras que supone del cretáceo inferior la parte alta de margas y arenas verdes; termina manifestando sus dudas respecto a la clasificación de los horizontes verdosos superiores. Ahora bien, el mismo Schulz supone terciarias las formaciones ligníferas de Puentes de García Rodríguez, lo cual es perfectamente verosímil, y según esto, y teniendo en cuenta la analogía entre los episodios arcillosos de Lemus y Puentes, nos encontraríamos con que no habría razón para suponerlos de edad diferente. El encuentro de fósiles podrá resolver esta cuestión.

En nuestro estudio de la costa, y siguiendo los trabajos de Barrois y Quiroga en la cordillera Cantábrica, atribuimos un origen glacial a las formaciones cuaternarias *diluviales* de la costa, pero por las investigaciones del profesor señor Obermaier se ha podido comprobar que no es ya permitido admitir la existencia de heleros descendiendo hasta el mismo borde del mar, y las grandes acumulaciones de cantos rodados con arcilla hay que considerarlas como formaciones pseudoglaciares, iniciadas casi seguramente por heleros que arrancarían en las mayores alturas de la parte correspondiente en la cordillera Cantábrica, como son los Picos de Ancares y parte de la Sierra de Caurel, las cuales, con sus elevaciones de 2.000 y 1.650 metros, pueden hacer lógica la hipótesis, y en ella, para el cálculo de la verdadera longitud de los heleros, habría que tener en cuenta la gran denudación de las alturas. La rectificación de los terrenos paleozoicos nos hacen ver cómo la disposición digital de los sinclinales silurianos conservados, y los anticlinales cambrianos denudados desde las alturas, prestan verosimilitud a la suposición.

De todos modos, el origen de las acumulaciones de cantos permanece bastante complicado, porque no pueden

haberse formado en las condiciones climatológicas que hoy existen en la misma región. Su existencia nos obliga a admitir épocas mucho más húmedas y muy abundantes en lluvia. Podrían ser la obra de una gran época pluvial, que seguramente tuvo lugar al mismo tiempo que la glaciación de los altos vértices próximos. Ambas fases, la pluvial y la glacial, representarían los resultados del mismo fenómeno climatológico, y aun es muy probable que se pueda establecer sobre el terreno el contacto entre los depósitos glaciares (o fluvioglaciares) de la región alta con los depósitos pluviales, que forman su equivalente directo en la planicie y a lo largo de la costa.

III

OROGENIA

La característica del diastrofismo gallego, en los terrenos paleozoicos, es su frecuente y rápido plegado isoclinal, formando en planta grandes curvas cuya convexidad, lo mismo que el buzamiento de los estratos, miran al O. y producen macizos montañosos que están compuestos, en conjunto, por estratos de fondo litoral, *neríticos* o *bathyales*.

A occidente se llega al macizo granítico de Galicia, mientras que cruzando al oriente o al S. daríamos con el devoniano y carbonífero de Asturias y León; no hemos comprobado discordancia alguna en la estratificación. La primera discontinuidad bien mostrada se encuentra entre los estratos del carbonífero superior y los silurianos y cambrianos, en Tormaleo, Tineo y en las cuencas de Toreno y Villablino.

Como dato importante, demostrativo de las acciones tectónicas pasivas, debemos citar la violencia con que se precipitan las aguas en los agudos perfiles de estos ríos encajados entre estratos, y tanto más sorprendente cuanto que, dada la edad y larga emergencia de los macizos, era

de esperar una situación de perfil de equilibrio y penallanuras.

Para completar la disposición esquematizada daremos dos cortes: uno de E. a O. en la costa, al empezar la gran mancha paleozoica, y el otro al final, de N. a S., cruzando las importantes sierras transversales (1).

Corte teórico de la costa.

Empezamos el de la costa en el anticlinal siluriano del Navia, al E., donde el granito de Boal se manifiesta entre pizarras que parecen de *calymene* y que desde luego puede asegurarse que son silurianas, porque en las cumbres del S., sobre Doiras y Gío, se percibe un anticlinal perfecto de la cuarcita ordoviciense con *Calymene Tristani* en las pizarras superpuestas; se trata de un pliegue pequeño que nos da ocasión de advertir que los dos cortes que presentamos son más bien teóricos, y prescindimos en ellos de accidentes de detalle.

El anticlinal no solamente queda constatado por el granito, sino que más hacia el mar se encuentran en su prolongación las calizas de la Andina (del cambriano medio), que se siguen en cerca de 5.000 metros con arcillas superpuestas, en las que no se encuentran fósiles.

Pasado el río Porcia, en pizarras azules del siluriano medio, entramos en la loma prolongación de las capas de la Atalaya de Porcia, las cuales, después de pasar por las alturas de Horjal y Valmonte, constituyen todo el tramo de la Bobia y Busdemouras con cuarcitas y lechos de mineral de hierro delgados. Los pliegues son tres, bastante agudos;

(1) Véanse cortes.

representan los primeros sinclinales productivos que se extienden desde Porcia hasta dar vista al río Suaron en Presno y, penetrando más al S. en los Oscos, pasan por Peñafuente y al E. de Suarna, hasta estrellarse en Rao con el granito de Miravalles, cuya posición es muy parecida a la del batolito de Boal. Desde la Atalaya de Porcia hasta las cuarcitas altas sobre Presno se repiten estas rocas cuatro veces en la loma del Cordal de Acevedo hasta el Pousadoiro, y acompañadas de los delgados lechos ferruginosos entre pizarras azules (1) parecen dar lugar a uno de los pliegues recostados en W, que son tan frecuentes en el paleozoico de Galicia (2). También es digno de señalarse el adelgazamiento que experimentan los pliegues hacia la costa, y este estrechamiento se verifica no solamente en el espacio, sino en los períodos de tiempo representados; así, en el caso presente, los 5 kilómetros que aproximadamente se comprenden de un modo normal desde la Veguiña hasta las lomas de Ferredal, se convierten en 10 kilómetros contados desde la villa de Fonsagrada hasta Peñafuente, en el partido de Grandas (3), para abarcar en ambos casos el doble pliegue, y con sendos horizontes de cuarcita, pizarra y mineral.

Además, así como en las lomas de la costa no se ven más que las rocas del ordoviciense con *tigilites* y alguna *cruziana*, en cambio en las alturas de Piedras Apañadas se llega a las pizarras carbonosas con *monograptus latus* del siluriano superior. Y, en este hecho repetido suponemos se trata de algo constante que podría tener relación con un borde más resistente al N. y de menor hundimiento que el correspondiente al S. en los mismos arcos hercinianos.

Sobre este tramo de pizarras y cuarcitas con los lechos

(1) Véanse Cambriano y Siluriano, págs. 57 y R4.

(2) Véanse los yacimientos de Becerreá.

(3) Véase Criederos de Fonsagrada.

ferruginosos se encuentra una serie de pizarras cuarzosas y las areniscas feldespáticas del postdamiense de La Vega (1), y tiene debajo la caliza en un bonito pliegue con la fauna de *paradoxides* y *conocorypheos*. Como base del sistema cambriano asoman en la ensenada de Castropol las pizarras verdes, muy caprichosamente plegadas con calizas delgadas.

Este pliegue de la caliza acadiense se sigue, con pequeñas interrupciones, desde Barres (Peñarredonda) hasta Puebla de Burón en Fonsagrada, y quizás sea la misma de Navia de Suarna, perdiéndose después.

En la margen izquierda de la ría, desde el muelle de Ribadeo, se repite con presentación mucho más brillante el tramo alto del cambriano, que se extiende por toda la margen izquierda de la ría hasta San Tirso de Abres y más al S., en Taramundi, hasta Carballido, desde donde las rocas postdamienses no se diferencian bien de las demás que las comprenden.

Debemos advertir que los pliegues hasta ahora enunciados y los que hemos de examinar a continuación, no se aprecian más que en el monte o en los acantilados de la costa, estando ofuscados en la zona llana por los depósitos más modernos.

Las primeras cuarcitas silurianas se encuentran cerca del pueblecito de Cubelas, y de inclinadas al O. pasan pronto a disponerse horizontalmente para, más al O., repetirse en una serie de escalones que buzan al S. y O. en masa, sobre San Miguel y San Cosme, contribuyendo a señalar el pliegue en W, más amplio esta vez que en el siluriano occidental de Asturias.

Las capas paleozoicas quedan perfectamente caracterizadas: la cuarcita potente y con *cruzianas*, las pizarras azu-

(1) Véase Cambriano, pág. 57.

les regulares que se superponen en espesores considerables contienen bien desarrollada la fauna segunda, y en los dos agudos sinclinales que se forman a los lados del anticlinal se alojan pequeñas manchas de ampelitas con *graptolítidos* representando el gotlandiense.

Ya los últimos estratos de las repetidas fallas en escalón tienen inclinación al E. y SE., como ocurre a las pizarras verdes con delgadas calizas, que se encuentran debajo de las capas ordovicienses (1).

El rumbo NE. y buzamiento hacia los cuadrantes orientales se consolida en este borde occidental de los terrenos paleozoicos, formando la ladera derecha del Masma y los montes de la Infesta al S. de Mondoñedo. Esta disposición en la parte N. completa la gran cubeta que se inicia en el Mondigo, pues las capas orientales que dan vista al Eo buzán al O., las paralelas a la costa lo hacen al S., y al E. éstas de la parte occidental; ahora bien, como en el centro se encuentra el suave anticlinal de la cuarcita de *cruzianas*, resulta que el pliegue marcado y prolongado hacia el S. es un sinclinorio.

La tendencia a la inclinación hacia el E. de los estratos occidentales del isleo primario se manifiesta; no solamente en la porción septentrional, sino más al S., en la Sierra de Nay y ladera derecha del Cabe, y hasta el buzamiento al NE., en las pizarras al S. del Invernadero, parecen responder a esta tendencia, que no es otra sino la terminación meridional de este gran sinclinal herciniano.

Continuando el corte vemos la caliza de la Espiñeira unida a pizarras cuarzosas, y suponemos que el conjunto, con las pizarras verdes ya indicadas, equivale al mostrado en el anticlinal del Eo; sin embargo, lo cierto es que aquí no se encuentran fósiles.

(1) Véase el corte de la costa.

Debajo del tramo de las calizas, ya en la villa de Foz, se colocan pizarras lustrosas, y paulatinamente se convierten en filitas y micacitas granatíferas, rocas desde luego cristalinas; no hay discordancia aparente en el paso del cambriano al estrato-cristalino.

La caliza, y parte de las capas cristalofilianas, se prolongan al S. con su buzamiento oriental, para formar la ladera izquierda de las Sasdoningas, contribuyendo a la formación del sinclinorio.

Las rocas cristalinas, con el mismo buzamiento, se siguen atravesando hasta el valle de Cangas; pero en dos sitios, en Fazouro y Burela, se encuentran estratos arenosos que se disponen como cuarcitas paleozoicas, con sus facies, en las mismas series escalonadas, y hasta con el buzamiento al NO.; son tramos muy metamorfizados de difícil clasificación y que quizás tuviesen su lugar entre las manchas primarias deformadas por metamorfismo, pues es general, desde que nos aproximamos al granito, el cambio por grados en la facies.

El gran batolito eruptivo con algunos haces de capas cristalinas aisladas sobre él como xenolitos, se prolonga hasta Vivero, donde, de un modo definido, ocupa el granito sólo la orilla derecha, mientras que la izquierda lo está por estratos pizarrosos metamórficos que soportan pliegues con cuarcitas, filadios verdes y mineral de hierro, formando un isleo alargado hacia el S. que se sigue hasta la zona de Villalba, donde el metamorfismo lo borra totalmente; este mismo isleo parece ser el que se reanuda hacia Iglesiafeita y se enlaza con el de Noceda, pasando bajo la mancha moderna de Monforte, para disponerse en la parte meridional con rumbo casi E.-O. y buzamiento al S.

El último pliegue de la costa es un pequeño anticlinal que termina en una falla longitudinal, como separación del

granito de Ríoarba, que queda comprendido entre los estratos silurianos del criadero de magnetita y las pizarras azules del Barquero, donde termina la zona ferrífera, y que pueden servir de ejemplo en cuanto a la repetición de manchitas pizarrosas, con facies paleozoica, pero sin fósiles, que se encuentran hacia los macizos eruptivos y arcaicos occidentales.

Corte meridional, desde los Ancares a la Sierra del Invernadero.

Lo hacemos de N. a S. en este caso, para cortar normalmente a los isleos y a las capas que los integran.

A partir del granito de Miravalles, que asoma por un ojal alargado al NE., y pone en contacto la roca eruptiva y los sistemas primarios con una falla curvilínea, se entra en la Sierra del Cebrero, donde se repiten seis veces las calizas y las pizarras granudas (1), con ausencia casi total de cuarcitas, demostrando un fondo mucho mayor en las formaciones manifiestas, pues de litorales y neríticas pasan a bathyales.

En contacto con el granito se encuentran las pizarras tan metamórficas que se transforman en una verdadera aureola de rocas cristalinas, pero que rápidamente pierden este aspecto al separarse del batolito eruptivo, mostrándose los estratos como cambrianos, puesto que van acompañados de la primer caliza que es la de Cerejido, y la cual, por su situación que parece prolongación de la de Luarca, y su facies unida a los oligistos como en la de Vegadeo, suponemos colocada en el cambriano medio. Siguen

(1) Véase yacimientos de Caurel.

hacia el S. depósitos clásicamente silurianos, pues se encuentran entre cuarcitas y pizarras, en San Miguel y Vilarello (1) los horizontes de mineral de hierro correspondientes a los sinclinales del Mondigo, que son, como en casi todo el recorrido: oolítico y cloritoso-carbonatado el oriental, y constituido por una pudinga magnética el occidental; las ampe-litas del gotlandiense suelen estar poco representadas por manchitas estrechas.

La segunda y tercera corrida de calizas cortadas hacia el S., son las que corresponden a Piedrafita y al Cebrero, y son las mismas que al NO. se prolongan hasta la Albela y Becerreá, y al SE. se internan en León paralelamente y próximas a las carreteras de Villafranca.

Estas calizas alternan con pizarras bastante oscuras y tableadas, arrumbándose todo el haz de NO. a SE., con buzamiento SO. y tendencia general al buzamiento S; aun cuando en estos estratos no encontramos fósiles, los suponemos del siluriano superior o de niveles más altos (2).

Continuando al S. y SO. cortamos un anticlinal hasta las calizas de Seoane y un sinclinal profundo geológicamente, y bien marcado por sus fósiles, hasta las calizas de Lucenza, con *braquiópodos* y *crinoides* (véase corte).

El grupo calizo que acabamos de indicar es sin duda el que integra las Sierras de Encina la Lastra y los Caballos, dando lugar a los soberbios acantilados de Toral de los Vados, que al E. siguen levantándose en las Medulas y Sierra Cabrera.

Desde Lucenza hasta las calizas de Barco de Valdeorras, que son las mismas de Villanova y el Incio, se ofrece un tramo muy potente de pizarras granudas, fragmentado en trozos escalonados por repetidas fallas paralelas, que es

(1) En Cervantes.

(2) Véase estudio sobre el Caurel, el principio.

el que contiene los criaderos de hierro, y los cuales, como segregaciones de menor importancia, aun se siguen hasta las laderas del Sil, sobre pizarras que van descendiendo de nivel hasta el siluriano inferior.

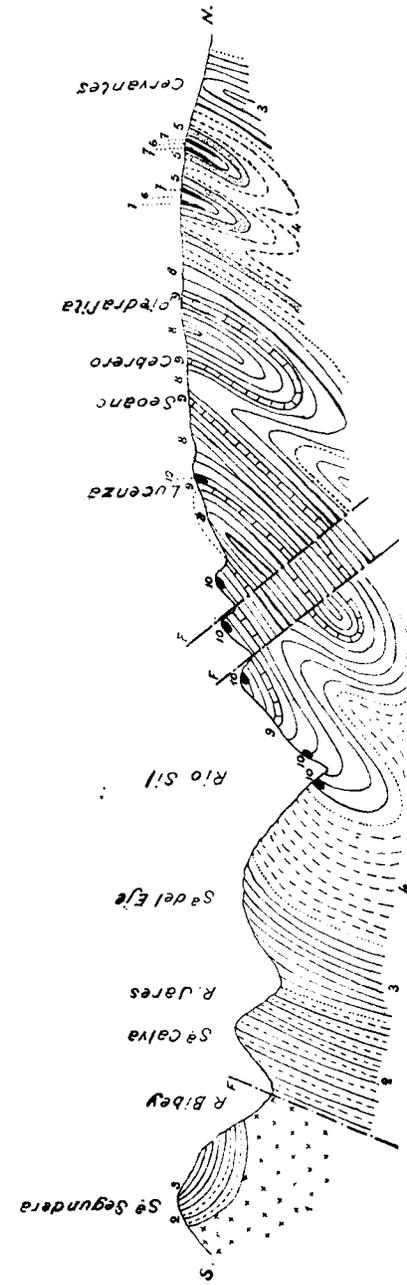
Los depósitos modernos del Sil, desde el Puente de Domingo Flores hasta Quiroga, enmascaran en parte la disposición de los estratos, pero ya en toda la subida de Santigoso hasta la Sierra del Eje se manifiestan claramente arrumbadas de E. a O.; las pizarras son tegulares, casi negras, de facies silurianas y buzanan al S., pero se van haciendo cada vez más horizontales a medida que se llega a la cima; no es solamente el aspecto lo que nos decide en la asignación de la edad, sino que su prolongación lateral va a dar al Cerengo y Sierra de la Moa, cuyos estratos son decididamente ordovicienses.

A medida que nos aproximamos al S., hacia el río Jares, las pizarras se hacen más inclinadas y se cargan de maclas.

En todo el intermedio entre los ríos Jares y Vibey, por tierras de Viana y El Bollo, las pizarras muy metamórficas, y con el mismo diastrofismo, van pasando paulatinamente a capas cristalofilianas que se demuestran claramente en pizarras lustrosas y con núcleos de cristales de feldespato, constituyendo un verdadero gneis nodular análogo al de la Pendella, cerca de Monfero (1); el buzamiento y el plegado siguen siendo muy rápidos al S., de modo que al marchar en ese mismo sentido se encuentran las capas del estrato-cristalino superpuestas a las pizarras paleozoicas, y hay porciones en que el distinto metamorfismo de estos estratos simula alternancias, lo cual es, sin duda, el fundamento para que Schulz y Cortázar hablen del desorden estratigráfico apreciado en esta zona.

La Sierra de Queixa, lo mismo que la Segundera, están

(1) Véase estrato-cristalino, pág. 47.



CORTE MERIDIONAL DESDE LOS ANCARES A LA SIERRA SEGUNDERA (1)

1. Granito.—2. Estrato-cristalino.—3. Pizarras cambrianas.—4. Siluriano inferior.—5. Cuarzita ordoviciense.—6. Pizarras del siluriano medio.
7. Minerales de hierro estratificados.—8. Pizarras del siluriano superior.—9. Calizas del siluriano superior.—10. Mineral de hierro no estratificado.

(1) En el texto (pág. 130) pone, indebidamente, Sierra del Invernadero.



formadas esencialmente por granito que parece comprendido entre dos fallas, a juzgar por los accidentes topográficos de la unión.

Para encontrar nuevamente las pizarras tegulares, muy explotadas, hay que llegar hasta los altos del Invernadero, donde el distinto buzamiento de las pizarras, más o menos metamorfozadas, dibuja un sinclinal rematado hacia el S. con algunas cuarcitas silurianas, lo que termina de fijar, como de la segunda fauna, a las pizarras azules y tegulares de las cimas.

Deducciones.

Vemos, pues, que, en resumen, la nota saliente de ambos cortes es la relativa sencillez; así, en el de la costa el motivo principal es el gran sinclinorio del Mondigo, que se desenvuelve ampliándose hacia el interior en los dos sinclinales laterales del pliegue en W, que son los que alojan a los tramos productivos. En el pliegue meridional hay una doble flexión de las capas desde la Sierra del Eje a la del Invernadero que parece corresponder con el sinclinorio de la costa, y únicamente al N. se rizan agudamente los estratos superiores con las sierras más altas de Cervantes, Cebreiro y Caurel.

Recordando los experimentos de Daubrée sobre geología experimental, en los que se vió que la forma de los plegamientos dependía no solamente del empuje de los bordes del geosinclinal, sino de la carga que soportasen los estratos estudiados, siendo tanto más amplias las inflexiones cuanta menor carga tuviesen, podríamos deducir que los sedimentos del siluriano medio dominantes, debie-

ron plegarse sin que sobre ellos pasasen depósitos superiores, y en concordancia con estas ideas, son menos agudos los pliegues en los estratos del siluriano superior de las sierras más altas, y a la inversa ocurre con las pizarras verdes del cambriano superior en Castropol (1).

La disposición marcada por nuestros cortes fué en líneas generales conocida por Schulz, que, observador concienzudo, señala, sin expresarlo, por medio de las cuarcitas, las líneas axiales; Barrois sigue sus ideas, y con su descubrimiento de la fauna primordial hace entrar en juego la caliza del acadiense; es Adaro, admirable estratígrafo, quien desarrolla ampliamente la colocación de los pliegues en su obra sobre los hierros de Asturias (2).

Geosinclinal.

Movimientos antiguos.—El conjunto de sedimentos va del estrato-cristalino al siluriano superior sin discordancia alguna, y este conjunto de la era primaria demuestra la constancia del geosinclinal en la zona débil de N. a S.

El levantamiento que dió las líneas enérgicas al plegamiento tuvo que ser el herciniano, puesto que son los depósitos carboníferos medios y superiores los primeros francamente discordantes.

Movimientos anteriores son evidentes, puesto que son neríticos muchos de los sedimentos reconocidos, pero en realidad no están acusados esos movimientos, ni por discordancias, ni por transgresiones de pudingas; no negamos los movimientos precambrianos en nuestra zona, pero sí soste-

(1) Estudio de la costa, pág. 154.

(2) Obra citada, lámina 2.ª.

nemos la crítica de que no son tan demostrables y sencillos como los admite el Sr. Macpherson, tomándolos como fundamentales, y en cuyas ideas le siguen todos los demás geólogos (1).

El movimiento de hundimiento tuvo que ser lento y prolongado, según el espesor de los sedimentos, y el antiguo continente se debe de suponer hacia el N. y el O., a juzgar por la posición de las capas detríticas y el mayor espesor geológico hacia el S.

Creemos poder deducir que el plegamiento fué lento y se inició en dos sentidos por lo menos, fundándonos en la gran transgresión que la caliza carbonífera alcanza sobre la cuarcita siluriana en el occidente de Asturias, faltando todos los sedimentos pizarrosos del ordovicicense, por lo cual tuvo que realizarse una emergencia que libró de sedimentos a las cuarcitas asturianas, mientras se hundía la región gallega hacia el S. y O. recibiendo los depósitos de limo y abysales.

A las alternativas del movimiento se refiere también una pudinga siluriana ferruginosa que no se encuentra lejos de las pizarras con *braquiópodos*, asimilables a episodios superiores del siluriano.

A juzgar por el buzamiento de los estratos, orientado de un modo constante hacia el O. y el S., se puede suponer que el mar profundo y la zona débil estuvieron en la parte oriental, donde se ofrecen los acantilados abruptos de las fallas imbrincadas y repetidas, confirmando esta colocación la facies bathyal del siluriano y la extensión de los terrenos recubiertos hacia el E.

El empuje debió de actuar de E. a O. preferentemente, marcando el buzamiento la situación de la resistencia, de modo que en este episodio el macizo granítico gallego sir-

(1) Discusiones del estrato-cristalino y cambriano.

vió de *región frontera* (vorland) (1), mientras que la *zague-
ra* (interland) hay que suponerla en Asturias.

La demostración de la preponderancia del empuje horizontal creemos verla en la constancia de los pliegues isoclinales; la acción vertical debió de ser pequeña y quedar representada en los escalones abruptos hacia el E.

La gran curvatura de los pliegues primarios parece en efecto debida, según supuso Macpherson, a una desviación del plegamiento herciniano originada por el choque contra la masa rígida de Galicia.

Una vez emergidos, los estratos silurianos no volvieron a ser cubiertos por sedimentos posteriores y se incorporaron al núcleo resistente del NO., que juega papel principal en la formación de la Península. Esto hace que los movimientos posteriores al herciniano y anteriores a la fase alpina, no puedan ser discernidos con seguridad.

Únicamente cabe observar que siendo los pliegues y fallas repetidos paralelos a los estratos, en esa misma situación debieran correr los cursos de agua desde el principio; pero así como hoy el sentido es hacia la costa, al principio de la emergencia debió de ser en dirección contraria, pues es al S. donde se acumulan los depósitos carboníferos horizontales discordantes con el siluriano.

Movimientos terciarios.—Las deducciones acerca de los movimientos pirenaicos proceden de las observaciones sobre la pudinga ferruginosa de la llanura de la costa (2).

La arenisca de la faja llana es la misma pudinga, y en sitios se llega a convertir en arenisca de grano bastante fino. Recordando también el buzamiento contrario que en el monte y en el escarpe de la costa tienen los estratos de la

(1) Términos de Suess en *La Faz de la Tierra*.

(2) Véase los terrenos modernos, pág. 116.



Borde granítico de la falla, Monte de San Roque

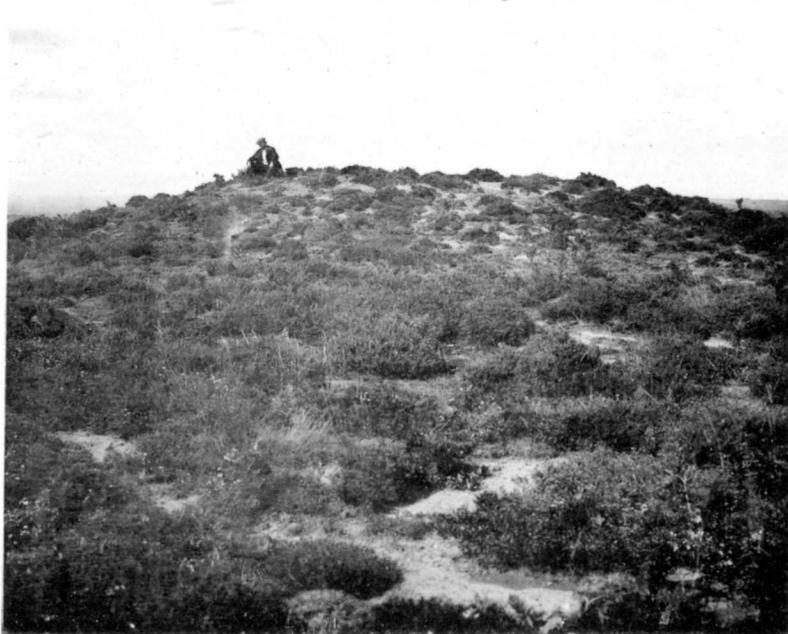


Borde pizarroso, perfil lejano del yacimiento.





Isla Gabeira marcando, con la costa, los tramos pizarrosos del criadero



Mamoá circular con depresión en su parte alta señalando la antigua apertura.

TERMINOS DE VAAMONDE.

zona del Mondigo (1), podemos ofrecer las fases de los movimientos terciarios, advirtiéndose que sus edades, así como la de las capas, quedan determinadas por el orden relativo, pero no sincronizadas con tiempos conocidos, pues no hemos podido encontrar fósiles.

En la *fase primera* el diferente buzamiento de las capas paleozoicas, al N. las de la costa y al S. las del monte, respectivamente, indican un pliegue de E. a O. o un desgaje a lo largo de la misma dirección, caso particular de los que afectaron a todo el N., y que quizás puedan referirse a los movimientos finales del eoceno, abogando en nuestro supuesto la continuidad de señales de levantamiento paralelamente y a lo largo de la dirección pirenaica, señaladas por el señor Hernández Pacheco en su ensayo de *Síntesis geológica*.

La *segunda fase* se puede admitir al imaginar la denudación y nivelación completa de la costa hasta convertir en llanuras la serie de bloques y macizos producidos por las roturas y desgastes. Este nuevo movimiento tuvo que ser de hundimiento, y a él hay que referir el enorme trabajo de erosión necesariamente producido por un batido del mar fuerte y prolongado, pues no de otro modo se puede explicar un enrasamiento general en unos 100 kilómetros.

La *fase tercera* señala una emergencia. La superficie inferior y ampliamente amigdaloides de la arenisca (2), indica que esta roca se depositó cuando la llanura estaba erosionada con los agentes atmosféricos, lo que conviene con el régimen de pequeñas lagunas que representan hoy las escasas depresiones rellenas de arena y arcillas blancas. La duración de esta fase hay que suponerla corta, pues de otro modo una denudación persistente habría producido des-

(1) Página 127.

(2) Véase *Estudio geológico de la costa de la provincia de Lugo*, tomo XIV, pág. 98.

mantelamientos que más adelante se acusarían por los mayores espesores que en profundidad alcanzase la arenisca.

El depósito completo de las areniscas corresponde a *una nueva inmersión*. El fondo presentaría un talud suave rompiendo el mar en los acantilados del pie de los montes; los arenales debieron ser extensos y el cordón de pudingas podía ser vestigio del litoral en alguno de los momentos de la invasión.

La fase final vuelve a ser de emergencia y está representada por el escalón uniforme y constante de los acantilados entre los fondos de la arenisca y el actual.

Esta elevación en masa de la zona pudo tener relación con el movimiento basculatorio que supone el Sr. Macpherson hacia el NO. de Galicia y que dió lugar al hundimiento de los valles en esa parte.

Como carácter general a todas las oscilaciones anteriores, se les puede asignar el haber sido pequeños, en masa y lentos, pues esto se deduce del espesor de los sedimentos y no encontrar desarreglo marcado en la horizontalidad de la faja llana.

Su duración, exceptuando la segunda fase, parece que fué corta.

Estos movimientos de la fase alpina tuvieron forzosamente que alterar en algo la colocación actual de los estratos, que debe de ser mirada como la resultante de los diastrofismos sufridos.

La forma del relieve actual se debe a la energía de los agentes meteóricos y a las acciones orogénicas pasivas, y como se sale fuera de nuestro objeto, referiremos al lector a nuestro trabajo de la costa y a la nota aclaratoria (1), en los que hemos estudiado estos fenómenos de ablación y pseudoglaciario.

(1) Tomos XIV y XVI del *Boletín del Instituto Geológico de España*.

IV

CLASIFICACIÓN DE LOS CRIADEROS

La clasificación, en general, como expresión sintética que es del conocimiento de los objetos, contiene las grandes dificultades de proporcionar unidos los diferentes aspectos estudiados.

Razonaremos brevemente la que adoptamos, examinando rápidamente los principios de las distintas escuelas actuales.

La primera tendencia respecto a los criaderos metálicos fué su división en cuanto a la forma, hasta que Cotta inició el criterio geológico adoptando los términos de *lechos*, *venas*, *masas* e *impregnaciones*.

Más adelante, y sólo destacando los puntos culminantes en la evolución, el Dr. A. von Groddeck hizo cuajar los principios genéticos, adoptando en su clasificación los dos grandes grupos de, *A)* depósitos originales y *B)* depósitos de restos, incluyendo en el primero, *A)* dos divisiones: 1) los contemporáneos con la roca y estratificados, y 2) los formados después (cavidades rellenas, venas, depósitos en huecos, depósitos metamórficos).

El final de esta tendencia genética, seguida por las escuelas alemanas y austriaca, cristalizó en la clasificación de Stelzner, figurada en sus líneas generales en el siguiente cuadro, con alguna modificación del geólogo Sr. Adán de Yarza, que la siguió para sus explicaciones en la Escuela de Minas.

CLASIFICACIÓN DE CRIADEROS METALÍFEROS

Protógenos o de primera formación.	{	Singenéticos, formados simultáneamente con las rocas en que encajan.....	Incluidos en rocas eruptivas...	1. Segregaciones magmáticas.			
			De origen sedimentario.....	2. Capas sedimentarias.			
		{	Rellenando huecos....	{	Fisuras....	Cortando la estratificación o atravesando rocas eruptivas.	3. Filones propiamente dichos.
						Paralelas a la estratificación...	4. Filones capas.
					Huecos irregulares.....		5. Masas filonianas bolsadas, etcétera.
		{	Epigenéticos formados posteriormente a la roca en que encajan		6. Minerales en grano rellenando cavidades en rocas calizas.	
					7. Capas sedimentarias impregnadas por menas.	
					8. Sustitución de rocas calizas por menas.	
				Formados por metamorfismo de contacto entre una roca eruptiva y una sedimentaria.....		9. Criaderos de contacto.	
		{	Dentógenos formados por yacimientos preexistentes	Por descomposición química y concentración <i>in situ</i>		10. Aluviones metalíferos.....	
Por desagregación, transporte y depósito fluvial				11. Aluviones metalíferos.....			
				} Placeres.			

La manera de ver indicada es sin duda la más científica, pero en cierto modo se aleja del principio geológico.

En Inglaterra y América se consideró como fundamental la disposición estratificada o no, y en 1854, al estudiar la región del Mississipi, J. D. Whitney enuncia las líneas generales de una clasificación sencilla y natural: 1) superficiales; 2) estratificados; 3) no estratificados, que con diferentes variaciones en las subdivisiones y términos finales ha sido seguida hasta J. A. Phillips, el cual agrupa en los superficiales: *a)* formados por la acción mecánica de las aguas, y *b)* resultantes de la acción química de las aguas; en los estratificados constituye tres clases: *a)* lechos metálicos por precipitación, *b)* depositados en el origen y luego metamorfoseados y *c)* diseminados en las capas sedimentarias, y, por fin, los no estratificados, en: *a)* verdaderas venas, *b)* venas de segregación, *c)* venas limitadas (Gashveims), *d)* impregnación, *e)* red de venas (Stockwerks), *f)* Fahlbands, *g)* depósitos de contacto y *h)* cámaras o bolsadas.

Van Hise, dentro de la escuela americana, forma separación especial y, fiel a sus magistrales ideas sobre el metamorfismo, divide los criaderos en tres grupos, según deban su origen a: 1) proceso de sedimentación; 2) proceso ígneo, y 3) proceso de metamorfismo.

Lindgren, el maestro actual americano (1919), establece el lazo con la escuela francesa, separando: I, depósitos producidos por concentración mecánica, y II, depósitos producidos por concentración química. Apartado que a su vez comprende una división en tres, según se trate de depósitos superficiales, dentro de las rocas o formados por proceso de diferenciación magmática.

En cuanto a la escuela francesa, se fija de preferen-

cia en el punto de vista químico, y está actualmente representada por De Launay, que distingue yacimientos de inclusión, yacimientos filonianos y yacimientos sedimentarios.

En realidad, cualquiera de las tendencias serviría para contener los criaderos gallegos, pero es preciso que la agrupación tenga un sentido natural, que es el geológico en nuestro caso.

Para razonarlo adelantaremos que, como síntesis del estudio de los minerales, se pueden hacer dos grandes grupos: minerales oolíticos con todas sus deformaciones y minerales hidroxidados. Entran los primeros en los yacimientos que ocupan el horizonte ferrífero siluriano, tanto en toda la pureza de su textura oolítica, como en sus alteraciones hasta quedar borrada, mientras que en el segundo grupo se comprenden los yacimientos silurianos epigenéticos y los de las bandas cambrianas. Además, en la práctica, al llegar a la apreciación minera, son los criaderos silurianos los de cubicación más importante y los únicamente explotados, quedando los cambrianos en posiciones semejantes, pero de escaso valor, y esta nota de disminución de riqueza se acentúa aún más en los criaderos del estrato-cristalino; no obstante, conservamos el apartado de este terreno por completar la separación geológica.

En la división de segundo orden, ya dentro de los terrenos, seguimos el criterio genético, que es el que logra la separación de los criaderos más importantes, que son los ordovicienses estratificados, de los de segregación, más llamativos e incluidos en rocas del mismo período geológico, y esta misma norma la paralelizamos en los yacimientos cambrianos.

Respecto a las divisiones del tercer orden debemos hacer algunas observaciones:

Las formaciones *filonianas*, propiamente en costras, de los sistemas siluriano y cambriano, están enlazadas con las de segregación y son tan contadas que apenas se pueden entresacar como ejemplos.

Los *reemplazamientos de materia* los encontramos muy repetidos, tanto en los terrenos primarios como en el arcaico, y no nos decidimos a llamarlos metasomáticos, porque es muy patente siempre el proceso de formación, conservándose parte de la forma y residuos de la roca antigua (idiolita) dentro de los minerales nuevos (xenolita) (1).

Los yacimientos de *concentración* se refieren a la agrupación de granos de magnetita en capas sedimentarias.

Los depósitos superficiales del estrato adquieren importancia en Villalba. Todas las separaciones y enlaces de la división quedarán más aclaradas al estudiar la formación de los criaderos.

Ahora bien, como el final científico de la clasificación es el estudio específico de las formaciones, debemos exponer al paso, y de un modo paralelo, las líneas generales de nuestro criterio genético.

Para la acumulación de datos que nos sirvan para explicar la formación de los yacimientos, nos vemos obligados a volver a la primera y sencilla separación: a un lado los oolíticos y derivados, y los hidroxidados al otro.

Todos los demás casos incluidos en la clasificación de yacimientos representan una pequeña cantidad de mineral comparados con los dos grupos indicados, y como, por otra parte, la mayoría se pueden considerar como casos

(1) Al hablar de metasomatismo o reemplazamiento en general, adoptaremos estas palabras para indicar la roca propia antes de la transformación: *idio-lita*, piedra propia, y *xeno-lita*, piedra extraña, para el término final. Consideramos que estas palabras son útiles y de correcta formación.

afines o particulares a las dos separaciones, no los tendremos en cuenta respecto a la formación, y en cada monografía expondremos nuestro juicio concreto sobre el criadero de que se trate y sus relaciones con las ideas generales que daremos para la formación de los dos grandes grupos.

Reuniremos, pues, en primer lugar las deducciones de los minerales cloritoso-carbonatados, y, fundándonos en ellas, procuraremos analizar el origen de estos depósitos; a continuación estudiaremos las alteraciones de estos minerales según dos caminos: deformaciones producidas por metamorfismo de origen interno y deformaciones por meteorismo, las cuales, a su vez, se pueden dividir en resultados de la silicificación y de la hidroxidación. Queda, pues, todo el primer grupo repartido en cuatro divisiones:

- 1.º (o) depósitos oolíticos *originarios*.
- 2.º (m) depósitos *metamorfizados*.
- 3.º (s) *silicificados*; y
- 4.º (h) *hidroxidados*.

Para que se pueda apreciar la extensión e importancia de las agrupaciones que hacemos, todas las cuales se derivan del estudio de la evolución de los minerales que consideramos como originarios, marcamos con una letra entre paréntesis los nombres de los criaderos correspondientes en el cuadro de clasificación; pondremos (o) para los depósitos originarios, y (m), (s) y (h), respectivamente, para los metamórficos, silicificados e hidroxidados, según corresponde a su inicial de calificación, evitándonos la repetición de la lista.

Todas las formaciones de ese primer grupo vemos que se pueden referir a la acción marina, mientras que todas las formaciones hidroxidadas del segundo grupo tienen su explicación en las acciones continentales, dentro de las

cuales se comprenden los yacimientos de la función epipol-
hídrica formados últimamente. En resumen, para el estudio
de la génesis haremos dos apartados: acción marina, con
su evolución posterior, y acción continental, con las leyes
de movimiento del hierro.

A continuación insertamos el cuadro de todos los cria-
deros examinados, y a él nos referiremos durante toda
la obra.

DATOS PARA LA HISTORIA
DE LOS CRIADEROS

Bibliografía.

- 1835.—Madrid.—*Geognosia del Reyno de Galicia*.—Guillermo Schulz.
- 1841 y 1843.—Madrid.—*Datos Mineros*.—*Anales de Minas*, tomos II y IV.—Guillermo Schulz.
- 1873.—Madrid.—*Estudio Geológico de Orense*.—Daniel de Cortázar.
- 1882.—Lille.—*Recherches des Anciens terrains des Asturies et de la Galice*.—Charles Barrois.
- 1910.—La Coruña.—*La Minería en Galicia*.—Ramón del Cueto y Antonio María de Irimo.

Nuestro trabajo principal en estas notas sobre la historia se reduce a reunir, de un modo disciplinado, los pocos datos que hemos podido recoger, y que en su mayor parte insertamos, para que se aprecie mejor su enlace y lograr mayor libertad en el comentario.

En cambio prescindimos, en absoluto, de toda la parte nebulosa de los tiempos remotos, evitando la fatiga a través de la serie de conjeturas inciertas de historiadores y geógrafos. Por otra parte, los tiempos antiguos han sido bastante bien tratados en las publicaciones de *Criaderos de hierro*, del Instituto, por los Sres. Villasante y Adaro, en los tomos de Murcia y Asturias, y a ellos referimos al lector.

Durante la Edad Media estaban en explotación algunos de los yacimientos de óxidos ricos, poco fosforosos y fácilmente reducibles, como son los de segregación de las pizarras en las *veneiras* de Roquis y Formigueiros de Caurel. La mena explotada se consumía en las *ferrerías* de Caurel, Incio, Samos, y hasta las de Valcarce, en Villafranca.

Los frailes de Samos fueron propietarios de varias herrerías y unos de los principales consumidores, según contrato que hemos visto de fecha de 1707, celebrado con el Excelentísimo Sr. Conde de Maceda, dueño desde el siglo xvi de las citadas *veneiras* de Formigueiros.

Más adelante, en parte del siglo xvii y principios del xviii, se mezclaron los minerales del país con los de Vizcaya, que desembarcaban principalmente en La Vega de Ribadeo y San Ciprián, según recuerdos y datos recogidos en las antiguas *ferrerías*, arruinadas en su mayoría y que, ocupando pintorescos sitios en los ríos, son preciosos restos del antiguo esplendor.

El caldeo se hacía en general con carbón de castaño y con el de raíz de brezo la reducción del óxido; por término medio se obtenía un 35 por 100 de hierro dulce; la producción de las *ferrerías* a fines del siglo xviii sería de unos 20.000 quintales de hierro al año, y su valor de 2.200.000 reales.

Describiremos las *ferrerías*, con las enseñanzas que nos han suministrado, al estudiar los criaderos más próximos a ellas, y así desfilarán las de Vilar de Cuiña, Caurel, etcéte-

ra, hasta la de Rugando que, con intermitencias, funciona todavía: caso asombroso de supervivencia.

Al esbozar siquiera el progreso industrial de Galicia, aparece como la figura de más relieve, la del Excmo. Señor D. Antonio Raimundo Ibáñez, y al hacerle ocupar el lugar que le corresponde, experimentamos la complacencia de romper con una injusticia; así de olvidados están en Galicia su memoria y relevantes méritos. Nació el Sr. Ibáñez en Santa Eulalia de Oscos el 17 de Octubre de 1749, y después de recorrer parte de España ejerciendo lucrativamente el comercio, se asentó en Ribadeo, desde donde fomentó el cabotaje e inició el intercambio de productos con Rusia, importando particularmente linos, con lo cual, en Coruña y Vivero, se desarrolló la industria textil. El 1791, después de grandes dificultades, logró la Real concesión para establecer en Sargadelos dos herrerías y una fábrica de *potes* de hierro; con esta misma autorización y valiéndose de los conocimientos del Ingeniero alemán D. Francisco Richter, que servía a España en el Cuerpo de Artillería, construyó un alto horno que sostuvo campañas ejemplares (1).

Fundó también la primera fábrica de loza, que se hizo célebre por sus excelentes productos, y dejó iniciada otra de vidrio. Al empezar la guerra de la Independencia y «ocupadas o destruidas por los franceses todas las fábricas del Estado, ella sola sostuvo el peso de la guerra, proveyendo de municiones a las plazas de Cádiz, Badajoz, fuerte de La Concepción y otros puntos, hasta de América; de suerte que desde La Coruña y el puerto de San Ciprián, inmediato a la fábrica, se hicieron a la vela en poco tiempo nada menos que 1.360 buques cargados de sus productos bélicos» (2).

(1) La biografía completa y todos los datos que hemos podido reunir sobre Sargadelos, los daremos en el tomo II, al estudiar los minerales de la costa.

(2) Apuntes para la biografía de D. Antonio Raimundo Ibáñez, por el Sr. G. La-verde.

Y este hombre admirable, que no dudó en destruir las instalaciones que destinaba a la elaboración para hierro dulce que le rendían cuantiosos ingresos, reemplazándolas por otro nuevo alto horno que pudiese producir más municiones, que se esperaban con ansia; que se jugó la vida en la ocupación por los franceses de la fábrica de armas de Orbaiceta (Navarra), de la que era Director; que sostuvo una compañía de soldados a su cargo desde que comenzó la guerra, fué tildado de afrancesado por la ruindad y la envidia, y acusado durante una revuelta de amparar a la familia de Godoy, de quien era amigo íntimo, fué vilmente asesinado a la salida de Ribadeo, cuando intentaba huir hacia Sargadelos; las turbas ingratas y tornadizas lo lapidaron y arrastraron su cadáver (2 de Febrero de 1809). Y así, bárbaramente abortado, terminó el progreso industrial de la Mariña de Lugo, avanzado más de un siglo por Ibáñez sobre el resto de España.

Las fábricas de Sargadelos, siempre en decadencia, continuaron trabajando hasta el año 1868 bajo la dirección del hijo del fundador y de su nieto, el Ingeniero de Minas Don Carlos Ibáñez, que merece ser citado como gallego ilustre. La revolución y el desbarajuste administrativo del Estado cerraron estos centros, que durante la verdadera dinastía industrial de los Ibáñez produjeron un impulso en el florecimiento siderúrgico del Reino de Galicia y un desarrollo de toda la minería de la costa. En los hornos de Sargadelos se fundieron minerales de la orilla derecha de Eo hasta la Grandela, los del Mondigo, Rinlo, San Miguel de Reinante, San Pedro de Benquerencia, Vivero, Galdo y hasta los de Testa de Ferro, en la punta del yacimiento de Vivero bañada por el mar.

Los Sres. Cueto e Irimo, dicen en su obra citada: «A principios del siglo último se estableció en Sargadelos,

a 18 kilómetros al E. de Vivero, una fábrica de fundición en la que se construyó el primer alto horno de España, e inmediato a ella otra de cerámica. Se empleaban minerales de Vivero y Reinante (Lugo) y de Vizcaya, y kaolines y arcillas de aquella costa. La producción de hierro fundido se elevó algunos años a 30.000 quintales que se consumieron en Trubia, en Ríotinto y en la tubería del Canal del Lozoya; de allí procede el grupo que adorna la fuente de la Plaza de Lugo.» Esto hace decir razonablemente a los señores Cueto e Irimo, que «Galicia hizo su entrada en el campo de la moderna siderurgia antes que región alguna de la Península Ibérica, con su célebre fábrica de municiones de Sargadelos, que instaló el primer horno alto el año 1791, tres años antes que el construido por disposición de Carlos III en la fábrica de cañones de Cabada (Santander), y con medio siglo de anticipación al primero de Bilbao».

Son estas consideraciones las que les hacen citar las palabras de Schulz: «Los asturianos manifiestan ser poco aficionados a la minería, y no ha entrado en ellos el espíritu de asociación que felizmente se está desarrollando en el resto de la Península. En Galicia son más aplicados, y la industria minera es más nacional; utilizan bastante bien sus minas de hierro y algún tanto las de estaño, siendo digno de referirse los lavaderos de oro del río Sil, en cuyo ejercicio se ocupan 230 personas.»

Aun en el año 1835, que es cuando Schulz publica su Memoria de Galicia, funcionaban 30 herrerías y la fábrica de Sargadelos, aunque ya iniciada la decadencia de las forjas por falta de combustible. Se sostuvieron aún algunas en relativa actividad hasta los años siguientes a la revolución, en que se acentuó la falta de leñas.

«A mediados del siglo pasado (1) se suspendieron los

(1) Cueto e Irimo: obra citada.

trabajos del establecimiento siderúrgico, pero siguieron funcionando algunas fraguas y pequeñas herrerías, que se dedicaban con preferencia al trabajo de herramientas, aperos, verjas, puertas y balconería, surtiendo a las necesidades del país en sus ramos de construcción y agricultura. La competencia con las elaboraciones hechas en otras provincias que disponían ya de ciertos adelantos y la fácil introducción por el ferrocarril Central de los artículos similares con más baratura en los precios corrientes, hizo que poco a poco se fueran cerrando estas modestas fábricas, cesando así una industria que había tenido bastante importancia.»

Es al iniciarse la decadencia de las *ferrerías* cuando empieza a publicarse la exigua literatura sobre los criaderos de hierro; primero Schulz, en 1835, con su *Memoria Geognóstica*; en el 1873, Cortázar, en la *Descripción de Orense*, y Barrois, en 1882, con su obra fundamental.

Schulz (1835), al hablar en el terreno primitivo de la banda de pizarra negra que va desde Santa Marta al S. de Vaamonde, dice (1): «Tenemos en esta losa negra muchos criaderos de buen mineral de hierro; el uno está en Lousadela, al S. de Guntín, y surte la herrería de este nombre; otro en Eirige, al O. de Guntín; varios en Piedrafita, al S. de Vaamonde, que surten la nueva herrería de Ombreiro; otro se halla virgen, a dos leguas al O. de Villalba, entre Cazás y la Puente Figueroa; otro a un cuarto de legua al E. de la iglesia de Roupar.»

Más adelante, al ocuparse de los llamados terrenos de transición, que son el cambriano y siluriano, vuelve a señalar yacimientos de hierro: «Tenemos en el terreno de transición muy buenos criaderos de mineral pardo de hierro; el más famoso, y sumamente abundante, es la venera de Formigueiros, tres leguas al N. de Quiroga, de cuyo

criadero se surten más de 15 herrerías, algunas a muy larga distancia; otra venera semejante es la de Rocas, más al O., en los mismos montes de Caurel; excelente mineral de hierro es el de Reinante, dos leguas al O. de Ribadeo, de donde se surtía principalmente la gran fábrica de fundición de Sargadelos, que actualmente recoge también una parte de su vena en las inmediaciones de Nuestra Señora de la Puente, donde se halla el mineral en bancos y vetas menos considerables. Un hermoso criadero de mineral de hierro se halla en el valle de Ríotorto, y entre esta parroquia y la feria de Aguajosa se beneficiaba antiguamente otro criadero que surtía una herrería y se halla acompañado de mucho manganeso gris. Indicios de buen mineral de hierro se hallan a media legua al NE. de Quintela; también entre Quiroga y Ricopete se ha descubierto un criadero de este mineral. Todos estos minerales de hierro que acabo de mencionar son mayormente de hidróxido pardo.»

Por fin, en su *Sección tercera*, al ocuparse de las sustancias útiles que el país ofrece para la minería, vuelve sobre los criaderos de hierro del terreno de transición: «En el terreno de transición tenemos muchos criaderos de excelente y abundante mineral de hierro que, en lo futuro, cuando los montes se hayan puesto en mejor estado, pueden llamar la atención; actualmente se reduce el beneficio del hierro maleable a las forjas catalanas, de las que hay en Galicia cerca de treinta, cuya mayor parte van en decadencia por falta de combustible. La magnífica fábrica de municiones y potes de Sargadelos, cerca del Cabo de Burela, también es susceptible de grandes mejoras, particularmente si encontrara el mineral más cerca y perfeccionase sus máquinas, agregando la de torneear, cilindros, etc. No es necesario repetir aquí la enumeración de los criaderos de hierro, bien conocidos y que se hallan indicados en su respectivo lugar

(1) *Descripción geognóstica del Reino de Galicia*, pág. 20.

en la sección petrográfica; pero vuelvo a enunciar tres que aun son desconocidos: uno en el llano de Roupar, un cuarto de legua al E. de la iglesia parroquial de este nombre, en el camino de ésta a Lousada; otro dos leguas más al S., entre Cazás y Puente Figueroa, dos leguas al O. de Villalba, en el camino de esta villa a Betanzos, y el tercero en el valle de Ríotorto, un cuarto de legua al SO. del lugar de Las Rodrigas. Además se descubrirán aún otros cuando se reconozca este país con alguna detención.»

El Sr. Cortázar, en su estudio sobre la provincia de Orense (1873, Madrid), inserta algunos datos sobre la minería del hierro. «En el terreno de transición—dice—existen dentro y en los alrededores de la provincia de Orense, abundantes criaderos de superior mineral de hierro, venetas cuya explotación está hoy limitada, por falta de combustible y de vías de comunicación, a satisfacer las mezquinas exigencias agrícolas de la localidad, a cuyo efecto se obtiene el hierro maleable en forjas a la catalana.

»El mineral, que es casi siempre el hidróxido o hematites parda, y que a veces viene acompañado de manganeso gris, se presenta en vetas y capas-filones, algunas de gran importancia, enclavadas en la pizarra arcillosa.

»Entre los que concurren a la producción de hierro en la comarca, es el criadero más importante el de Formigueiros, situado en la provincia de Lugo, aunque no lejos de la de Orense. El mineral se halla formando una capa-filón entre las rocas de transición, reconocido en una extensión de más de 2 kilómetros de NO. a SE., con buzamiento a SO.

»Las labores son todas a cielo abierto y sobre el mineral, haciéndose el arranque sin el auxilio de la pólvora, por medio del pico, la cuña y la porra, sin más dirección ni sistema en la marcha de los trabajos que el capricho de los obreros.

»Los demás criaderos de hierro, dentro ya de la provincia de Orense, son de menos importancia, siendo la mena en la mayor parte de los casos, como ya hemos dicho, la hematites parda.»

Barrois (1882, Lille), al tratar de Galicia no cita los criaderos de hierro más que en el corte del Valle del Masma, y se refiere a dos pequeñas capas de oligisto, de 0,50 de potencia, que se encuentran en San Vicente y Grove (1), en las pizarras unidas a las calizas, y que sin duda son la prolongación del oligisto de la playa de San Miguel, y otros dos lechos análogos en Fonfría (2). A pesar de esta escasez de datos, al dar su resumen general sobre el cambriano de Galicia pone como normal, por bajo de la caliza de La Vega, un horizonte de mineral de hierro de 1 a 2 metros de espesor.

Sus deducciones no son injustificadas totalmente, si se tienen en cuenta los cortes de Asturias; en ellos, sin embargo, confunde la mayor parte de las veces el horizonte del siluriano inferior (3) con el que considera ordinario para el cambriano superior, y clasifica como cambrianos los yacimientos de Porcia y Fonsagrada, que son sin duda ordovicenses; queda, pues, con poco fundamento, el término general ferrífero de la clasificación, y en el cual aumenta la potencia dada para Galicia, pues allí la hacía variar de 1 a 2 metros y aquí de 1,20 a 2.

En cuanto a los minerales oolíticos silurianos no los cita ninguna vez en Galicia, pero en Asturias los encuentra dos veces: en Cabo Vidrias y en Sierra de Barayo, apreciando perfectamente en ambos sitios toda su significación. «Audez du grés blanc de la Sierra Barayo, on voit à l'entrée

(1) Obra citada, pag. 411.

(2) Obra citada, pág. 414.

(3) Obra citada, págs. 414, 418, 419 y 422.

de Jabugo, un minerais de fer exploté, contenant des galets du grés à *Scolithes*. Ce minerais forme un banc régulier dans des Schistes avec quartzites supérieurs aux grés blancs, surmontés à leur tour par la grande épaisseur des schistes noirs de Luarca. C'est la première fois que nous signalons cette couche de minerais, elle est cependant très constante à ce niveau, et nous la retrouverons assez souvent: elle est toujours plus pauvre en fer que celle que nous avons signalé au haut du terrain cambrien. Elle présente toutefois un intérêt tout spécial quand on se rappelle qu'on retrouve ce minerais au même niveau dans l'Ouest de la France, où Dalmier a su si habilement profiter de son existence comme point de repère stratigraphique: il est remarquable de suivre cette couche sur une si grande étendue.» Palabras son estas de admirable precisión que demuestran la clarividencia de Barrois, justificando la generalización del lecho de mineral de hierro para el sistema siluriano.

Hemos preferido insertar los anteriores datos, los únicos que existen en la literatura de los criaderos de hierro en ese tiempo, para que se vea lo escaso del apoyo que han podido prestar al investigador y su falta de enlace con las explotaciones actuales.

A pesar de esta literatura, que aunque escasa siempre produciría propaganda, continúa acentuándose la decadencia de las explotaciones y fraguas hasta anularse unas y otras; parece existir un divorcio absoluto entre la industria minera y sus propulsores científicos, y sin embargo, el fenómeno no es más que aparente: el mal tenía raíces más hondas, por lo que no se lograba detener la decadencia con las publicaciones.

Es cierto que la falta de carbón vegetal y la competencia de productos elaborados de hierro, son las causas principales que mataron la industria minera de Lugo, pero

también lo es que, a pesar de cierta facilidad en los puertos, no se pudo reemplazar la pasada prosperidad por otra que se fundase en la exportación; la razón era que los minerales verdaderamente abundantes son los fosforosos, aun entonces no considerados como menas hasta la vulgarización de los procedimientos básicos; buena prueba de ello es que Schulz, Cortázar y Barrois, ni siquiera citan los criaderos silurianos, y no se ocupan de más yacimientos que los escasamente fosforosos, de hidróxido dulce y formación relativamente moderna, y cuya cantidad no autoriza el establecimiento de exportación.

Y sin embargo, es evidente que tanto en Asturias como en Galicia, es Schulz el que imprime movimiento a la nueva industria minera, a pesar de las crisis de las fraguas y de la revolución originada con la entrada en mercado de las menas pobres fosforosas. Son los estudios de Schulz los que atrajeron la atención del minero D. Ricardo de Llanos y Oleaga, el cual—según los Sres. Cueto e Irimo—«era oriundo de Vizcaya y entusiasta buscador de minas, a las que dedicó su vida y fortuna».

Los yacimientos de Vivero, Orol, Muras y el Incio fueron dados a conocer por él, después de una gran perseverancia en sus investigaciones. No pudo desarrollar sus vastos proyectos, pero sí dió lugar en parte a la resurrección minera en Galicia, verificada al entrar los minerales ordovienses en la categoría de menas.

Los pasos primeros de Llanos fueron orientados por las observaciones de D. Guillermo Schulz, el guía del cual, Don Miguel Reinante, fué acompañante constante de D. Ricardo Llanos. Como comprobación del enlace que marcamos, hemos visto en una antigua colección de la familia Reinante, en Ribadeo, ejemplares de minerales silurianos que tuvieron que ser conocidos, aunque no citados, por Schulz.

El año de 1910 se publicó en Coruña *La Minería en Galicia*, de los ilustrados Ingenieros del Cuerpo de Minas D. Ramón del Cueto y D. Antonio María de Irimo. Es obra muy meritoria, pues además de ser la primera publicación que se hacía con miras al fomento industrial, desde los datos mineros de Cortázar, representa la primera síntesis de la riqueza minera gallega.

Sus autores se propusieron, ante todo, procurar el desarrollo de la minería, y positivamente han logrado atención de los capitales y empresas de fuera del país gallego, traducida hasta ahora en gran número de informes y proyectos.

En la obra citada, con un corto estudio sobre el criadero de Villadrid, hice yo mi primera publicación de carácter geológico-minero.

La labor de propaganda minera en Galicia ha sido continuada de un modo entusiasta, en estos últimos años, por el Ingeniero Jefe de Minas D. Ramón del Cueto y Noval, haciéndose acreedor al agradecimiento de Galicia.

Las minas de Vivero y Villadrid fueron denunciadas en la última década del siglo pasado, entrando en explotación unos diez años después, hacia los años 1903 y 1904.

En el año 1907 llegaban a 386 las concesiones de minas de hierro, con una superficie de 11.706 hectáreas, elevándose su cifra hasta el año 1910, en que llegaron a 560 minas (1). En la misma proporción se elevó el arranque, de 14.000 toneladas el 1899 hasta 314.037 el 1906, debiéndose casi toda la producción a las explotaciones de Vivero y Villadrid.

Sobre estos aspectos industriales y de estadística volveremos al final de nuestro trabajo, al tratar de los criaderos desde el punto de vista minero-industrial.

(1) Cueto e Irimo, *op. cit.*

Las explotaciones mineras, suspendidas durante la guerra, reanudaron su marcha en parte de los años 1919 y 1920, volviendo a interrumpirse por la intensa crisis industrial, que al escribir estas líneas influye de un modo enérgico y prolongado en la paralización de los mercados de mineral de hierro.

VI

NOTA SINTÉTICA
DE LOS CRIADEROS

Para la exposición seguiremos el mismo orden adoptado en la clasificación, los grupos de la cual son divisiones naturales.

YACIMIENTOS SILURIANOS SINGENÉTICOS
(SEDIMENTARIOS)

Ya hemos visto al estudiar la época siluriana que los horizontes ferruginosos, dentro del tramo de las pizarras de Luarca, representan un término que se puede considerar como normal dentro del sistema.

La distribución geológica y geográfica de estos criaderos coincide con las grandes sierras longitudinales de la provincia de Lugo, jalonadas por las cuarcitas como hileras más resistentes.

Criadero típico. Presentación exterior.—Las consideraciones que hagamos respecto a un depósito siluriano, supuesto en un caso típico, se pueden generalizar a todos los yacimientos gallegos, a los del occidente de Asturias y a los del O. de León, que a esta superficie se extiende el siluriano productivo, y a la mayor parte de sus yacimientos hemos llevado nuestro examen comparativo.

Una presentación de minerales ordovicienses se suele componer de varios niveles, rara vez de uno (Galdo), y pocas veces llegando a seis (Wagner en León, y Luarca en Asturias).

El caso más general es el de los depósitos pareados, casi nunca en contacto con la cuarcita de los cabos (1) (Freijo en Monforte, y El Sueve en Asturias); la mayor parte de las veces hay de 40 a 80 y 100 metros desde las cuarcitas a la primera capa de mineral. La separación entre las dos capas varía de 2 metros (Porcia) hasta más de 40 (Vivero), y en casos extremos desde una delgada lámina cloritosa hasta cerca de 100 metros, dándose ambos casos en algunos sitios del yacimiento de la Silvarosa (Vivero); la separación más general es de 10 a 20 metros. Con la colocación indicada resulta que, levantadas como están las capas de toda la región, quedan los yacimientos aflorando a media ladera, pues las crestas las forman las cuarcitas; pero como las capas de mineral tienen más dureza media que las pizarras que las contienen, suelen resaltar en las laderas por medio de protuberancias paralelas y corridas, señaladas también por un desarrollo distinto de la vegetación sobre ellas.

Las capas en esa situación corren a lo largo de las sierras, o lo que es igual, de los valles, y son los afluentes

(1) Precioso nombre dado por Adaro a la cuarcita de *cruzianus*, pues por su mayor dureza forma muchos salientes de la costa.

perpendiculares los que marcan las soluciones de continuidad, facilitando en cambio la explotación, pues por sus depresiones se pueden emboquillar galerías de dirección en todo el desnivel, desde los crestones más altos hasta el valle del afluente, donde hay lugar para instalar depósitos de mineral, salidas del transporte y hornos cuando fuesen necesarios.

En el supuesto general de que los estratos estén levantados, los crestones suelen resaltar bastante, pero no son llamativos ni por su color ni por la reunión de restos acumulados en su pie. Su tono es pardo u oscuro, y sus residuos, muy esparcidos, nunca forman torrontera. El afloramiento más alto que hemos visto, sobre la rasante del terreno, es la Pena do Corvo, en Galdo (Vivero), que llegará a más de 30 metros. En estos criaderos son muy frecuentes los descarnados seguidos, ofreciendo ejemplo los afloramientos de Galdo, que levantan de 4 a 8 metros en casi todo el recorrido; aunque en menor número de veces, también se encuentran los afloramientos casi enrasados con la superficie del terreno (Porcia).

Es digna de atención la manera de presentarse de los crestones, pues por ellos, en primer lugar, se realiza la investigación.

No siempre afloran los criaderos a la superficie, sino que, con relativa frecuencia, terminan tan adelgazados entre las pizarras, que quedan incluidos en ellas como final de lentejón y apenas ofrecen una línea de mineral al exterior, y aun ésta llega a suprimirse (Luarca) (1). Aflore o no, en cualquiera de los casos, es casi seguro que se acusa al exterior la proximidad del mineral por medio de la coloración rojiza o vinosa de las pizarras que contienen la capa (Luarca, Meira, etc.). Esta coloración hay veces que no se limita

(1) P. H. Sampilayo. *Criaderos de Asturias.—Zona de Luarca*, pág. 632.

exclusivamente a las pizarras que hacen de roca lateral, sino que tiñe los depósitos diluviales o arcillas que tienen superpuestos los estratos; tal ocurre en Freijo (Monforte), donde se llegaría a encontrar los yacimientos de Nocedas con dejarse guiar por el grado de las coloraciones del valle.

Insistimos sobre la importancia de este punto y aconsejamos a los investigadores seguir las líneas rosadas y vinosas que se prolonguen sobre las trazas de los estratos en la superficie, y esto sin ocultársenos la facilidad con que pequeñas cantidades de hidróxido pueden producir teñido en las rocas que estén a su alrededor; con alguna práctica se aprecia la diferencia, porque la colocación de las manchas en el caso de éxito es paralela y alargada con las cuarcitas, primera roca en que se debe de apoyar la investigación, y está comprendida entre la banda de cuarcitas y la de pizarras ampelíticas, muy llamativa en general por su aspecto negro.

Un indicio muy manifiesto en general, en la proximidad de los criaderos, son las aguas ferruginosas que producen depósitos y señales de muy distintas clases; las más acentuadas las hemos visto en La Rua, Incio y en la Sierra de La Loba, y son depósitos de crenatos y lodos con hidróxido recién precipitado que llega a endurecerse, formando costros, que coinciden con las antiguas depresiones de las bajadas de aguas.

La mayor parte de los depósitos ferruginosos de esta clase se forman donde hay pizarras cargadas de pirita, que son las que más segregación producen. Volveremos a insistir sobre este punto en la formación.

No extenderemos las reglas prácticas, pues las excepciones son sumamente variadas e innecesarias para el técnico, que debe de apoyarse en los restos orgánicos.

Dimensiones.—Cualquiera que sea el fondo del criadero, magnético o cloritoso-carbonatado, el afloramiento es de hidróxido y tiene como características generales la disposición en bolas por capas concéntricas y las concentraciones cloritosas en su masa; describiremos esta facies al hablar de los minerales y su evolución, por no restar unidad a esta exposición.

La potencia en los crestones cambia desde pocos centímetros, formando un ligero saliente, hasta tener 30 ó 40 metros, como ocurrió en los crestones de la Silvarosa, en Vivero, y mina «Luisa», de Villadrid.

La mayor longitud reconocida sin discontinuidad se encuentra en las Sierras de Meira y de Bravos, y no excederá de 12 kilómetros; el mayor recorrido del nivel geológico, contando algunas interrupciones, es el del sinclinal de Ríortorto, Meira, etc., que hemos denominado segundo, y termina para Galicia en los límites del reino de León; su longitud será de unos 100 kilómetros.

En cuanto al conocimiento que se pueda tener en el desnivel y potencia de estas capas, procede principalmente de las explotaciones y preparaciones mineras (Vivero, Villadrid, Monforte, Porcia, El Sueve, Las Wagner, etc.); el desnivel máximo reconocido desde el valle hasta los crestos altos, es de poco más de 300 metros, y las labores más inferiores bajo las vaguadas de los vallejos que cortan transversalmente los criaderos, no pasan de 8, 12, y hasta unos 30 metros en algún sondeo (Vivero).

Las potencias término medio de estos depósitos, varían de cero hasta 25 y 30 metros en Vivero, habiendo llegado a pasar de los 40 en las canteras superiores; por lo general, y aunque las capas ferruginosas ocupan un nivel geológico bien definido, su forma peculiar de depósito es de lentejón alargado concordante con los demás estratos, variando

mucho, como hemos visto, las dimensiones de estas masas lenticulares; en la trinchera de la carretera que corta en Asturias las capas de Porcia, se aprecia en un talud un lentejón de tres cuartas por una en mineral magnético, y en cambio en Meira, con potencias de 6 a 20 metros, se recorren algunos kilómetros. Como caso más frecuente, su alargamiento es dimensión tan dominante sobre la potencia, que se pueden considerar como capas bien seguidas en las que varía poco la potencia. Como ejemplo de regularidad, es oportuno citar la capa de mineral que desde Pozo Mouro, en las minas de Galdo, va cortando los arroyos de Pozo Mouro, Acido, San Miguel y Pena do Corvo, en cuyo recorrido, de unos 4.000 metros, varía poco de 8 de potencia en todo su afloramiento descarnado.

Clase del mineral.—La clase de mineral que integra los depósitos varía algo de unos sinclinales a otros, observándose que a medida que nos acercamos al macizo granítico van haciéndose magnéticos. El fondo de los depósitos originales es en todos el mismo, y está compuesto esencialmente por la clorita y el carbonato, siendo la disposición en diminutos oolitos (de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ milímetro) la textura característica; deben, pues, denominarse minerales oolíticos cloritoso-carbonatados.

Estos depósitos típicos que representan el nivel geológico de los yacimientos de hierro, evolucionan por diferentes causas, sufriendo deformación de su textura, cambio de clase, y al final descomposición y destrucción. Las causas principales de alteración son: metamorfismo regional, o meteorismo, es decir, de orden interno o externo. Son señales visibles de metamorfismo la pizarrosidad y la tendencia al mineral magnético, mientras que lo son de meteorismo la constancia de los crestones en hidróxido y la formación de

yacimientos secundarios a lo largo del emplazamiento de los silurianos y a expensas de ellos.

En los sinclinales de Asturias que hacia el S. entran en Galicia, el mineral del fondo del criadero es siempre oolítico carbonatado, no muy cloritoso, excepto en la costa de Asturias, donde tiene contacto con los apuntamientos graníticos de Salave y en donde se convierte en magnetita en su mayor parte. El sinclinal de Villaodrid, muy inconstante en cuanto a la continuación de los minerales, carece también de manifestaciones magnéticas, exceptuando algunas porciones de la capa más delgada de Villaodrid que tiene en su masa cristallitos de óxido interrumpiendo la textura oolítica. En el pliegue de Meira, La Fontaneira y Vilarello, el mineral dominante adopta la forma de una pudinga magnética con cantos de cuarzo y pizarra, en la que a duras penas se discierne algún trozo de oolito de la desaparecida textura original. También es frecuente en el mismo pliegue la presentación cloritoso o talcoso-carbonatada, pero sin oolitos; sin embargo, en la corrida no son muy taxativos los asomos eruptivos o la causa del pronunciado metamorfismo.

En el plegamiento de Vivero el mineral es magnético compacto cuando está muy próximo al gran macizo granítico de Vivero, y se hace algo carbonatado en Galdo, cuando la distancia es mayor.

En los sinclinales que quedan al S., Agua Levada y Monforte, se encuentran los minerales oolíticos clásicos en el primero, fuera de zonas eruptivas, mientras que son granitoides y de textura borrada los de Noceda (Monforte), unidos en su recorrido con diques porfídicos.

La misma comprobación que venimos exponiendo, la hemos verificado en Porcia y otros puntos de Asturias y León, creyendo autorizadamente que podemos generalizar:

«que el metamorfismo en los yacimientos oolíticos del siluriano inferior produce la formación de magnetita a expensas de la textura anterior», y como consecuencia natural, que los tipos más deformados se han de encontrar al occidente y S., en el arco límite de los plegamientos hercinianos; y los sanos, típicos, en los pliegues interiores, como Villaodrid.

Como confirmación de esta tendencia de metamorfismo, traducida en desarrollo de magnetita en las proximidades del granito, podemos citar los yacimientos magnéticos de Vaamonde en el cambriano, y los de Olla de Mar en Foz en el estrato-cristalino.

Accidentes y fallas.—Las cortadas y fallas que afectan a estos criaderos, como a todo el paleozoico de Galicia, son muy frecuentes, y se suelen disponer en tres series, según planos próximamente cartesianos; en ellas alguna vez se encuentran filoncillos de sulfuros metálicos que quedan a modo de vetas cortando o siguiendo el mineral de la capa, según la disposición en que estén; siempre son pequeñas cantidades que no afectan industrialmente al criadero; hemos visto galena en Vivero y Porcia, calcopirita en Villaodrid y blenda en Vilargondurfe.

La disposición levantada de los estratos y la normalidad de potencia y continuidad favorece la explotación por galerías en dirección sobre el valle, en el que tienen lugar apropiado las instalaciones de depósito, transporte y calcinación, etc. Ejemplos: Vivero y Villaodrid.

Primer sinclinal.

Los yacimientos principales descubiertos en este pliegue oriental son, según el cuadro:

San Miguel.
 Villaodrid.
 Santalla.
 Vilargondurfe.
 Cartea.
 San Pedro del Río.
 Paradela.
 Mazaira.
 Penamil.

No hace falta insistir respecto a que en esta sucinta exposición no hacemos sino resaltar las características de los distintos yacimientos, los detalles de los cuales se encontrarán en la segunda parte.

El orden del cuadro es de N. a S. en la colocación del pliegue.

De San Miguel a Villaodrid—El yacimiento de San Miguel, explotado antiguamente para la fábrica de Sargadelos, está relacionado con las cuarcitas de las estribaciones del Mondigo, y forma parte del gran pliegue de la provincia de Lugo, según puede apreciarse en el corte que damos en el capítulo de Orogenia.

La capa tendrá un metro escaso de potencia, está bastante tendida sobre la cuarcita y no se recorre en más de 100 metros de longitud. Más que por sus afloramientos, está señalada la capa por los huecos de la antigua explotación.

El mineral del afloramiento, que apenas se ve, es hidróxido, pero el que constituye el fondo del criadero es un carbonato propiamente dicho, formado por granos cristalinos prensados y mordidos unos con otros como si fuese una caliza cristalina de elementos menudos; la clase es muy poco silícea y alrededor del 50 por 100 de hierro.

Actualmente, aunque es el criadero más próximo a la costa, ni se puede apreciar en él cantidad de importancia, ni está en condiciones de ser explotado.

Siguiendo hacia el S. estos pliegues cuarcitosos de la parte occidental, vamos por los jalones de la corrida ferrífera, o sea, en último caso, siguiendo los alargados isleos silurianos; así pasamos por los asomos de Arante y las cuarcitas de Balboa, Sante y San Tirso, en las que no se manifiesta de un modo claro la posición del horizonte ferrífero, pues alguno de los asomos conocidos son de clasificación dudosa, pudiendo atribuirse al cambriano.

Todos los afloramientos son de hidróxido, que llega a 48 y 50 por 100 de hierro, 6, 8 y 10 por 100 de sílice y alguna cantidad de manganeso con frecuencia y que no suele pasar del 1 por 100.

La potencia, que se aproxima a un metro, se aprecia mal porque los crestones son de hidróxido entre pizarras deleznales; en conjunto parecen de escaso valor.

El único dato favorable de estos afloramientos es su altura sobre el valle.

Continuando este sinclinal, cuya riqueza se presenta con intermitencias, se llega al yacimiento de Villaodrid, el más importante del pliegue y, con el de Vivero, los únicos en explotación.

Los de la costa serán los primeros depósitos que descri-

bamos al empezar la parte analítica, y aquí no insertaremos más que datos de orientación para que se aprecie lo que pueda interesar el yacimiento.

Villaodrid.—En Villaodrid hay dos capas paralelas que corren a lo largo del Eo de N. a S. en posición bastante levantada y son cortadas normalmente por los pequeños afluentes. La longitud bien reconocida de los criaderos es de unos 2.000 metros de N. a S., dividido en tres trozos: desde los altos de Voulloso (cota 320 metros) hasta el río Turia unos 500 metros; desde este afluente del Eo se sube hasta lo alto de las minas «Consuelo» y «Luisa» (cota 340 metros) para bajar al arroyo Xanfoucín (representando unos 1.000 metros de largo el recorrido), y, por fin, desde este arroyo hasta el alto de Vieiro (cota 270 metros), otros 500 metros.

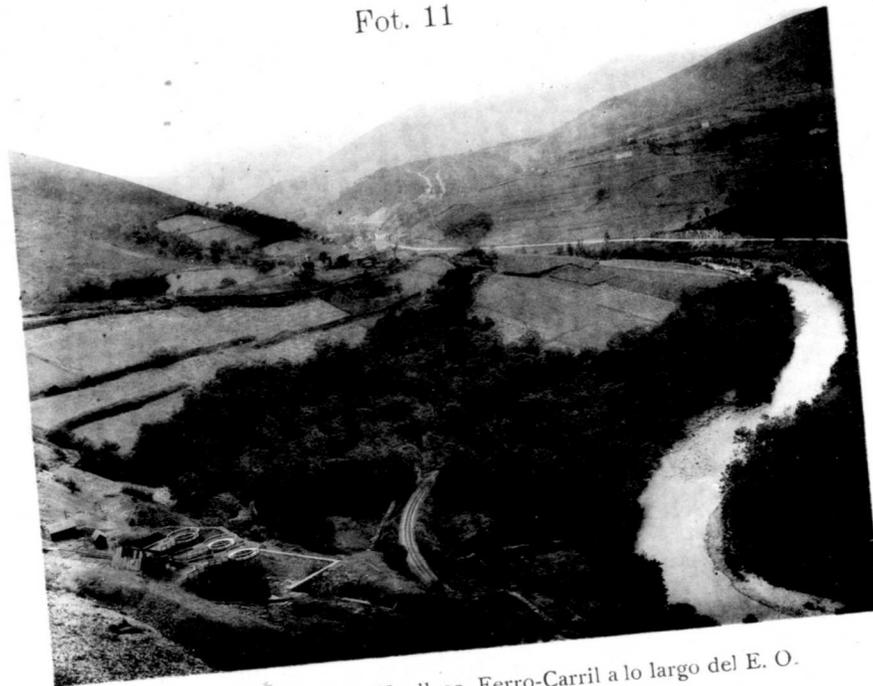
Las capas, separadas entre sí unos 10 a 20 metros, están comprendidas entre pizarras de la segunda fauna con *didymograptus Murchisoni*, y a su vez todo el tramo por cuarcitas de *cruzianas* a uno y otro lado, guardando una distancia de unos 400 metros, marcándose bien el pliegue sinclinal en el Turia frente a Voulloso.

En los extremos del criadero, el trozo de Voulloso al N. y el de Vieiro al S., no tienen más que una sola capa, mientras que son dos en el centro.

Los crestones, hoy casi explotados, fueron bien seguidos, excepto en parte de la capa grande. Las potencias varían mucho, pero en la parte central y más importante habrán sido 3 ó 4 metros en la capa del E. y hasta 8 ó 10 en la occidental.

La altura de mineral reconocida y explotada ha sido de unos 250 metros, estando a 80 sobre el mar la rasante del ferrocarril.

Fot. 11



Hornos y depósitos de Voulloso. Ferro-Carril a lo largo del E. O.



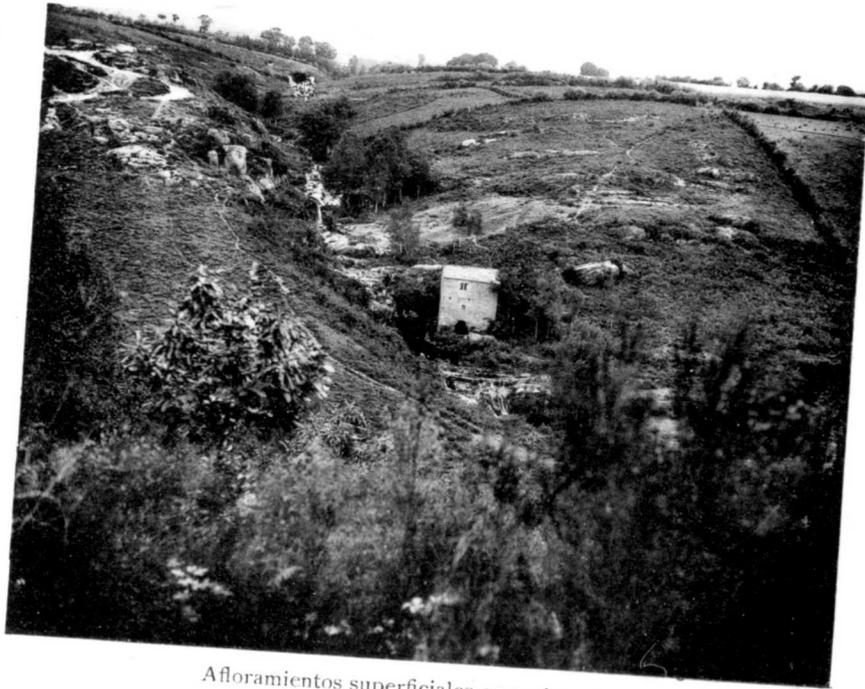
Al S. (frente) labores de la mina Consuelo; en primer término instalaciones de Voulloso.

MINAS DE VILLODRID





Almenas producidas por erosión sobre la cuarcita paleozoica



Afloramientos superficiales en un barranco

SIERRA DE CAUREL.

El mineral es de hidróxido en *bolas* en todos los crestones; también se encuentra hidróxido en columnas que cortan verticalmente a las capas; en el N. del criadero y en toda su porción central, la clase es cloritoso-carbonatada con textura oolítica, y algo magnética en la capa más delgada (filón pequeño).

Estas capas, bastante continuas y regulares, son explotadas por galerías en dirección y sobre el valle, dejando arcos o macizos para el sostenimiento de las galerías.

El hidróxido, llamado mineral rubio, se embarca tal y como sale de las minas, pero el carbonato sufre calcinación en hornos de cuba, con un gasto de unos 30 ó 40 kilogramos por tonelada y una merma de 25 a 30 por 100.

El arrastre del mineral se verifica por un ferrocarril de vía de un metro, de 34 kilómetros de largo, desde Villadrid hasta Ribadeo, donde tiene un cargadero capaz para 600 u 800 toneladas en las ocho horas.

El arranque que se ha hecho hasta ahora ha llegado a un máximo de 160 y 180.000 toneladas por año; en diez y nueve años de explotación van extraídas aproximadamente 1.700.000 toneladas; en la actualidad las minas están escasas de preparación.

De Villadrid a San Pedro del Río.—Desde Villadrid hasta San Pedro del Río, cerca de 40 kilómetros al S. sobre la misma corrida, no se encuentra investigado ningún yacimiento de importancia industrial. Sin embargo, el pliegue se prolonga hacia mediodía, perfectamente indicado por las crestas de cuarcita que se siguen desde Vieiro (Villadrid), sin encontrar más que pequeñas manifestaciones hasta Santalla, donde por un pequeño registro

al borde de un camino se corta una delgada capa de mineral oolítico, en el que domina el carbonatado cloritoso y talcoso, identificándose el nivel ferrífero. Sobre la misma tirada de cuarcitas que cruzan el Eo dos veces, se encuentra en Vilargondurfe, unos 3 kilómetros al S., una galería al pie del río que corta una capa de 3 metros escasos de potencia con mineral cloritoso-carbonatado, cuyos oolitos van sirviéndonos de guías; en esta capa hay unido un filoncillo de blenda y algo de plomo.

Hacia el S. se sigue el sinclinal ordoviense, muy caracterizado, por Villarmide, Navallo, Mestre y San Jorge de Piquín, con escasas demostraciones ferruginosas en óxidos muy coloreados y ninguno de los cuales se pueden atribuir al horizonte característico; en Pena Cartea, después de pasar el río Bao, entre las enhiestas cuarcitas, se encuentra un afloramiento de menos de un metro de carbonato muy silíceo, que al microscopio aparece como depósito detrítico, sin que se vean los oolitos, a pesar de lo cual lo considero como jalón del nivel que seguimos.

Es cerca de Mourisco y Vilariño, antes de llegar a Muradal, donde se encuentran, entre las pizarras, pequeños crestones de hidróxido sin hacer manifiesta su potencia, que parecen referirse a la posición de la capa oolítica. Hay que distinguir en la zona indicada los afloramientos de óxido pardo citados, con tendencia a la disposición en bolas, de los hidróxidos de colores vivos mezclados con los ocres, que son resultado de alteraciones de los primeros y rellenan como filoncillos las litoclasas de los macizos pizarreros.

Desde Muradal y en Cerredo, donde la carretera cruza a las líneas de cuarcita del plegamiento, se encuentran los primeros afloramientos bien representados y que parecen

corresponder a dos o tres capas diferentes que, con distintas alternativas, se van siguiendo por todos los altos de San Mamed y Vilarsocarral hasta el río Ferreira, el cual corta normalmente al yacimiento, y es donde principia el de San Pedro del Río.

San Pedro.—Con ese nombre se distinguen las galerías y zanjas que reconocen las capas comprendidas en longitud, desde el río Ferreira hasta el de San Pedro; son dos capas casi verticales con rumbo N.-S., que se elevan desde 320 metros en el río San Pedro hasta la cota 600 en los altos de Sudros. Los crestones son poco salientes y su mineral es hidróxido en bolas; en cambio en el interior del yacimiento la clase es de mineral carbonatado talcoso, con textura oolítica muy desarrollada, y que se conserva tanto en el carbonato como en el *rubio*. La separación de filadios azulados entre las capas será de 15 a 30 metros; de 4 a 6 la potencia, y el recorrido de unos 1.000 metros, entre las galerías practicadas en las orillas de ambos ríos.

La clase de mineral es fosforoso, como todo el típico de la corrida, llegando a 47 y 48 por 100 después de calcinada y con 8 a 10 por 100 de sílice.

Es, sin duda, la masa de mineral más importante de la corrida, descontando Villaodrid.

El número de capas de mineral comprendidas entre las pizarras silurianas es variable en esta zona, y así vemos como en la orilla del Ferreira, hacia el N., se cuentan por lo menos tres horizontes ferríferos, no encontrándose más que dos en el trozo de San Pedro, y muchas veces uno hacia el S., en la prolongación.

La facies litológica continúa siendo la misma, pero las cuarcitas, que tan bien caracterizadas han estado en Mura-

dal y que al S. vuelven a levantarse en el alto de la Cruz de Restela, están como ofuscadas en la porción de San Pedro, sin llegar nunca a su anulación.

De San Pedro del Río a Penamil.—En unos 5 kilómetros, el plegamiento de las cuarcitas se hace múltiple, y así se ofrecen a la altura de Paradela tantos afloramientos como delgadas cuarcitas estrían las lomas que preceden, y siguen a la Cruz de Restela. Casi todos esos crestones son de un metro escaso de potencia, y sus capas están sin reconocer. No se siguen bien las corridas de mineral más que por dos capas que pasan próximas a Paradela y se prolongan al S. por el pueblo de Mazaira hasta Penamil, al borde del Navia. Aun cuando los crestones llegan a estar bastante descarnados, la potencia siempre es pequeña y, en conjunto, no muy grande la cantidad de mineral.

La clase es de hidróxido, con la división en capas concéntricas en la parte alta, y carbonato algo cloritoso y oolítico en la parte inferior. Los análisis del rubio llegan hasta 48 por 100, y a cerca de 50 por 100 de hierro del carbonato calcinado; sílice del 8 al 10, y de fósforo 0,6 a 0,8, pareciéndose bastante a los de San Pedro del Río.

Desde Penamil se siguen muy mal las manifestaciones ferríferas del sinclinal, cuya facies litológica se deforma y borra al llegar por Son y Quindós a la aureola de metamorfismo producida por el batolito eruptivo de Donís y los Ancares, en el límite de León.

Segundo pliegue.

Comprende los yacimientos de:

Trabada.
Villapena.
Acebro.
Rececende.
Judán.
Orrea.
Sierra de Meira.
Penacoba.
Martín.
Vilar de Adrios.
Fontarón.
San Pedro de Cervantes.
Vilarello.

Empieza este sinclinal productivo, lo mismo que el anterior, desde el pliegue del Mondigo, respecto del cual se coloca al O. Es mucho más constante en cuanto a la continuidad de los criaderos que encierra y a la clase que los componen, conteniendo en conjunto mucho mayor cantidad de mineral. Con un examen poco atento, se podría atribuir su horizonte a un nivel distinto del examinado anteriormente, particularmente por ser tan uniforme y distinto el mineral, pero las cuarcitas laterales y los residuos de la textura oolítica en la masa, los reducen a las mismas hiladas, aunque hay que reconocer que son constantes las diferencias de presentación.

De Trabada a Villapena.—Los primeros afloramientos se encuentran en las pizarras del camino de San Tirso a

Trabada, sin que se pueda precisar cuáles sean los que corresponden al horizonte oolítico. Quizás se puedan tomar también como de este sinclinal los minerales que, sobre las cuarcitas de San Miguel y San Pedro de Benquerencia, corren por los altos orientales del valle de Lorenzana, pues en el Alvarón y las Peñas del Timón, encima de Trabada, se van a reunir las cuarcitas en un haz que marca el conjunto del pliegue.

En cualquiera de estos casos citados, los pequeños afloramientos son de hidróxido, y la potencia no parece pasar de un metro.

En Villapena, unos 5 kilómetros al S. de Trabada, y siempre en la continuación de la banda cuarcitosa que hasta el final hemos de llevar como guía, encontramos afloramientos más importantes, que desde la fraga de Villapena se siguen mejor hacia el S.; parecen representar dos capas, aunque en realidad son de una sola serie los más significados; el mineral es hidróxido, ya dispuesto en bolas con algún trozo de clorita, y la potencia no excede de 3 metros. La dirección de la corrida está cortada por el barranco profundo de Villapena, que va a dar en el Eo, sobre el ferrocarril de Villaodrid, y es la disposición y longitud en que se siguen estos afloramientos lo que les hace más dignos de ser tenidos en cuenta en la misma corrida que los enumerados hasta ahora.

Acebro.—En el Acebro, adonde se llega sin separarse de las líneas de cuarcita, se ven por lo menos dos capas bien representadas, pues las características de colocación son las mismas hasta pasar la Sierra de Meira, y como su variación no es sensible más que en grandes trozos, evitamos repetir las en cada afloramiento. Su rumbo es N. 20° E., a veces casi N.-S.; son próximamente vertica-

les con ligera inclinación al NO., y su potencia no debe pasar de 8 a 10 metros, aunque en las labores aparente ser mayor.

La longitud en que se extiende el mineral de La Pichoca y el Acebro será de unos 800 metros; las capas entran en el barranco de San Estebo y ascienden hasta 500 metros, cortando transversalmente la cima que las contiene; esta colocación es importante, pues en una explotación podría facilitar un frente vertical de unos 300 metros de altura.

Desde el arranque del mineral en la costa, es el primer sitio en que se encuentra cantidad de consideración, siendo muy difícil cubicar.

El mineral de los afloramientos es *rubio en bolas*, encerrando con frecuencia nódulos de arena y delgadas láminas, también de granos de sílice, en la separación de las vetas alabeadas que forman las figuras curvas del crestón, el cual, en algunos sitios, está bastante descarnado.

Descartando la Sierra de Meira, es este el sitio de la corrida donde están mejor hechos los reconocimientos: constan de siete galerías y varias labores, practicadas con resultado diverso, que investigan el yacimiento por bajo de los crestones. El mineral descubierto en estas labores tiene dos variedades: en forma de pudinga magnética o en carbonato cloritoso o talcoso; en cualquiera de las dos formas, que describiremos al tratar de los minerales en general, la textura es esencialmente detrítica, pero analizando microscópicamente con atención se llega a comprobar la existencia en el origen de las formas oolíticas.

Considerada la clase como mena resulta pobre, pues como término medio no pasará de 42 a 45 por 100 de hierro, y suele ser muy silícea, excediendo del 20 por 100 de sílice en algunas muestras.

De Rececende a Orrea.—Las capas reconocidas en el Acebro cruzan el río Torto y ascienden a las lomas de Rececende, donde se van siguiendo sus frecuentes crestoncillos por Judán hasta las minas «Columbas», en Orrea y Lodás. Los afloramientos, siempre pequeños y poco descarnados, son de hidróxido con algunos rellenos de sílice; sus potencias, poco apreciables por lo desmenuzables que son las pizarras que los contienen y su poca dureza, no parecen pasar de 1 a 2 metros de potencia en la mayor parte de los casos. Toda esta tirada, larga de unos 8 kilómetros, la mayor ventaja que tiene es su posición para la explotación, pues está cortada por pequeños afluentes al Judán; la altura que alcanza sobre el valle no llega a los 200 metros.

Desde cerca del Acebro se desdobra con mayor amplitud el pliegue de la banda que seguimos y se marca un sinclinal representado por un tramo de ampelitas, dejando las cuarcitas repartidas a los dos lados, y con cada una de ellas coincide la posición de una capa de mineral; por tal motivo, desde los altos de la Pena de Insua, en el Acebro, ya vemos una corrida de mineral paralela a la que antes hemos señalado y que pasa al E. de Currás, por la mina «Suplemento», de la Sociedad Villaodrid, y representa los afloramientos del barranco de Liñeras en el camino de Larmarcede, todos los cuales son bastante pobres.

Así, pues, dentro de este pliegue N.-S., contenido por cuarcitas de *cruzianas*, se encuentran de E. a O.: la corrida de la pudinga magnética entre pizarras y cuarcitas, ampelitas gráficas con *monographus*, y vuelven los estratos pizarrosos y cuarcitas conteniendo la capa de Rececende y Las Columbas; es en esta capa y en las pizarras verdosas que están sobre ella, donde se acantona la faunela de *strophomenas*; cerrándose más al O. el pliegue por las cuarcitas de *cruzianas* que se repiten. En conjunto hay,

pues, una subida geológica desde el nivel de las cuarcitas orientales hasta el carbonato de *strophomenas*, que puede considerarse como tramo más alto del siluriano representado.

También debemos advertir que la separación entre las clases de mineral de las dos corridas no es absoluta y las encontramos mezcladas en algunos sitios; sin embargo, la forma característica del pliegue es la de las pudingas magnéticas.

Orrea.—En Orrea, en una colina que de lado a lado está cruzada por la capa de *braquiópodos*, hay cinco o seis galerías en longitud y a media ladera que reconocen bastante bien este trozo de corrida. La longitud reconocida será de unos 500 metros y la altura pasa de 100; en cuanto a la potencia, oscila entre 2 y 5 en las diversas galerías. La mayor parte del mineral reconocido es hidróxido, pero las galerías descubren también carbonato talcoso, en el que, con investigación atenta, se observan algunos oolitos.

Desde Courel y Espido hasta Penacoba, lugar situado al S., en unos 12 kilómetros, se extiende la Sierra de Meira, estriada en su longitud por las tiradas de cuarcitas, entre las cuales asoman los crestones, bastante descarnados a veces, de las dos capas de mineral, que alcanzan alturas de 400 a 550 metros sobre el mar y de 200 a 300 sobre el valle del Eo, por donde ha de pasar el ferrocarril a Villafranca, que será el transporte apropiado para la exportación de estos minerales.

Sierra de Meira.—La Sierra de Meira, de un modo sintético, es un anticlinal con dos capas de mineral, una a cada lado de la cuarcita doblada.

El mineral dominante en la capa oriental, que pasa por Espido, Seijosmil, etc., es el de la pudinga magnética. Esta capa es la más reconocida, pues con los buzamientos al O., contrarios a la situación del valle y las laderas, resultan largas y costosas las galerías de investigación y preparación, que suelen detenerse al llegar a esta primer capa.

La altura sobre el valle será de 200 a 300 metros, y en cuanto a la potencia no debe de exceder de 8 metros, aunque por la forma sesgada en que son cortadas simulan potencias de 12 y 14 metros en las galerías.

El mineral de los afloramientos es hidróxido, pero el de fondo se puede referir a la pudinga magnética con algunas porciones de carbonato granudo.

En cuanto a cantidad, la Sierra de Meira representa sin duda el mayor tonelaje de todo el sinclinal; su clase, por lo general, es pobre en hierro y bastante silícea.

De Penacoba a la Fontaneira.—Siguen al S. 14 ó 15 kilómetros, de Penacoba a la Fontaneira, en que los criaderos se reducen notablemente de importancia por la gran denudación que ha producido en ellos el Eo, cortándolos con una serie de meandros por los cuales se precipita el agua, formando cascadas al cruzar las cuarcitas; en la Pena da Mua y Castros de Rillouso se encuentran las dos capas, de *strophomenas* y mineral magnético, con la misma clase y potencia de la Sierra de Meira, pero con poca cota sobre el valle. En la Fontaneira está asimismo indicado el paso y manifiestos los fósiles que atestiguan su identidad; es en Vilar de Adrios, a menos de 2 kilómetros al S. de la Fontaneira, donde las capas en mineral magnético alcanzan mayor desarrollo, llegando a 12 y más metros en su potencia; sin embargo, la importancia industrial no es muy grande de momento, porque el desnivel comprobado es pequeño, muy

silícea su clase y se hallan bastante alejadas de un medio de transporte.

De Fontarón a Vilarello.—Continuando el recorrido nos encontramos con que en 20 kilómetros al S. la potencia disminuye considerablemente, escaseando cada vez más los afloramientos, que asoman con poco más de un metro de potencia, siempre en bolas de rubio. Sin embargo, la prolongación del sinclinal se deduce por las cuarcitas, también disminuidas en espesor, pero bien caracterizadas. El afloramiento más importante es el de Fontarón; otros más estrechos, igualmente en hidróxido, se encuentran sobre Cervantes, frente a Villapún. En Vilarello, en la colina que soporta al castillo de Doiras, volvemos a ver bien caracterizada, y por última vez, capas de la pudinga magnética con una potencia de 2 a 3 metros y un desnivel de cerca de 200 hasta el Mazo; el recorrido será de unos 1.500 metros; la clase, dentro de lo que son estos minerales, es bastante aceptable; la prolongación meridional de estas capas entra en la provincia de León, según demuestran las cuarcitas del pliegue.

Tercer pliegue.

La lista de nombres que se alinean sobre la corrida de este tercer sinclinal, son:

Testa de Castro.
 La Rega.
 Silvarosa (Vivero).
 Serra Moura.
 Aveledo.
 Armada.
 Pena do Corvo.
 Fornos.
 Pena Ferreña.
 Pena do Rayo.
 Pena Salgáez
 Oncián.

En este pliegue están comprendidos los yacimientos de Vivero que, con Villadrid, son las dos únicas grandes explotaciones mineras de Galicia.

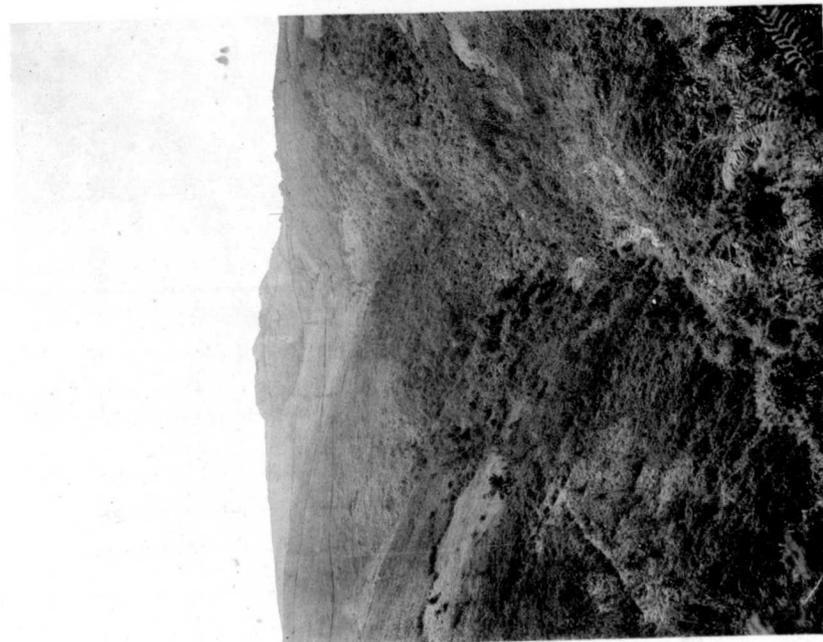
Cumpliendo la regla que hemos dado al hablar del metamorfismo, vemos que, en efecto, es de oxidulo todo el criadero, considerado en conjunto, como inmediato que está al macizo granítico de Vivero y no lejano del arcaico occidental que forma la masa de Coruña.

Sigue el mismo rumbo, aproximadamente, de los pliegues anteriores (al NE.), ajustándose a los arcos del plegamiento herciniano, pero es mucho más corto en sentido de su longitud, pues desde 100 kilómetros, próximamente, que tendrá el pliegue de la pudinga, pasamos a unos 40 kilómetros en este de Vivero.

Fot. 13



Extremo N. del yacimiento de Vivero
 PUNTA DE TESTA CASTRO



Afloramientos a lo largo hasta la
 Silvarosa en el fondo (S)
 BARRANCO DE LA REGA





Extremo N. del criadero; en el fondo isla Gabeira, al E. ría y cargadero de mineral.



Terraplen de la Galería Federico cementado por la acción de aguas ferruginosas.

VIVERO. (LUGO.)

De Testa de Castro a la Silvarosa.—En el mismo mar, formando la punta de Testa de Castro que avanza al N., se encuentra el arranque de la capa, que se ofrece con potencia de 10 a 12 metros, pero pequeña cota sobre el mar, pues no llegará a 50 en su mayor cota y el recorrido andará por 200 metros, con algunas interrupciones.

La capa, bien estratificada entre las pizarras y con presentaciones discontinuas, sobre todo al principio, está reconocida en los 6 kilómetros comprendidos hasta la Silvarosa, por varias galerías y zanjas que acusan potencias de 6 a 12 metros en los diversos sitios.

En cuanto al éxito en profundidad, el resultado es variable y en algunos de los sitios no profundiza la potente capa de mineral con alguna intercalación de pizarra, como si se doblase en un sinclinal muy rápido.

Todo el recorrido del tramo productivo, desde Testa de Ferro y a través de los barrancos transversales de La Rega, es paralelo a un gran filón de cuarzo 200 a 400 metros al O., que, más hacia el S., sirve para explicar el desenvolvimiento del pliegue.

En todo este recorrido los crestones resaltan muy poco y hay que investigar las capas por los grados y señales de metamorfismo de las pizarras próximas.

El mineral es cloritoso-magnético, con tendencia a cambiarse en hidróxido en los afloramientos; es bastante silíceo y, como todo el de su corrida, el más fosforoso de Galicia y Asturias; quizás pueda estar su ley representada, en término medio, por 45 % Fe, 14 % Si O₂ y 1,30 Ph.

La cubicación en los barrancos de San Juan y La Rega es difícil y, como todas las demás, las consideramos al final, en la parte industrial. Desde luego es su tonelaje digno de aprecio, pues se alcanzan alturas de 300 metros, y el yacimiento está muy próximo al mar.

La separación de pizarras divide en dos a la capa en casi todo el recorrido, y aunque en la bajada del Pombal, por ejemplo, parecen ser varias las capas, no se comprueba la multiplicidad de niveles hasta las minas de la Silvarosa.

Vivero.—El yacimiento explotado en el Monte de la Silvarosa es el que se conoce con el nombre de Minas de Vivero.

Está comprendido entre los arroyos profundos de Casavella, cota 300 al N., y Choupin, 260 al S.

Lo forman dos capas de mineral que corren con rumbo N. 40° E. y están reconocidas y explotadas en una longitud de cerca de 1.200 metros, desde la hondonada de Casavella, al principio de las labores de cielo abierto, hasta el S. de la explotación.

Estas capas que cruzan el monte desde un arroyo a otro, no son las mismas seguidas desde el mar, pues la prolongación de aquélla parece ser una tercera, situada unos 70 metros al E. de las citadas y reconocida con poca potencia en las galerías más bajas de la mina.

La altura a que se elevan estas capas en la superficie es de 420 metros sobre el mar en las labores y crestones que hubo en la parte más alta.

La separación de pizarra entre las dos capas principales es muy variable, desde 30 metros en las labores superiores de cielo abierto, hasta reducirse a una lámina en algunos sitios, como en la galería 7 A. Las capas son casi verticales, buzando ligeramente al N., y sus potencias oscilan de 2 a 6 metros en la capa occidental, y en la oriental, más potente, de 10 a 20 metros; los límites son: desde cero en la capa más estrecha, hasta 40 metros en algunos sitios en que se pueden considerar unidas.

La primera explotación se realizó a cielo abierto, en gra-

das sobre los afloramientos de las laderas y parte alta. Sin embargo, el *desescombros* se hacía muy difícil a medida que se profundizaba, y pronto se tuvo que cambiar de sistema, introduciendo las labores en subterráneo, terminando por adoptar, después de varias tentativas, el método en *grandes tajos*, que es el que hoy se sigue para el arranque y relleno.

La mina está actualmente dividida en seis niveles, en los cuales hay otras tantas galerías generales de arranque practicadas en el yacente, dentro de la pizarra sana, y desde las cuales arrancan transversales cada 50 metros que cortan a la capa para formar los tajos de arranque alternadamente cada 4 metros a lo largo de la corrida de mineral; después de extraídos los primeros macizos se rellenan antes de arrancar las reservas. Las operaciones del arranque y relleno se repiten por plantas de 3 metros hasta subir a la altura de 30 metros, que es el término medio de separación de los niveles de explotación y en la rasante de los cuales se establecen los depósitos, estaciones de carga del tranvía, talleres y compresores de aire comprimido. La capacidad de los depósitos de la mina será de unas 6 a 8.000 toneladas.

El mineral de Vivero, en las dos capas explotadas, es magnético, con un punteado de magnetita que se hace más grueso hacia la roca estéril y con un corte compacto de óxido en las clases mejores. Al microscopio se aclara como una verdadera roca compuesta de granate, clorita y piroxenos entremezclados con los cristallitos de óxido en textura granitoide y algo fluidal, conforme a su derivación sedimentaria.

Considerado el mineral como mena, varía, en cargamento, del 44 al 46 por 100 Fe, del 14 al 19 de Si O₂ y de 1,20 a 1,50 de fósforo; representa desde luego la mena más fosforosa del N. de España.

El mineral es sumamente duro, lo que dificulta la perforación y hace necesario el trabajo con martillos neumáticos, pero es muy quebradizo, partiéndose en grandes trozos, por lo cual resulta buena su composición mecánica.

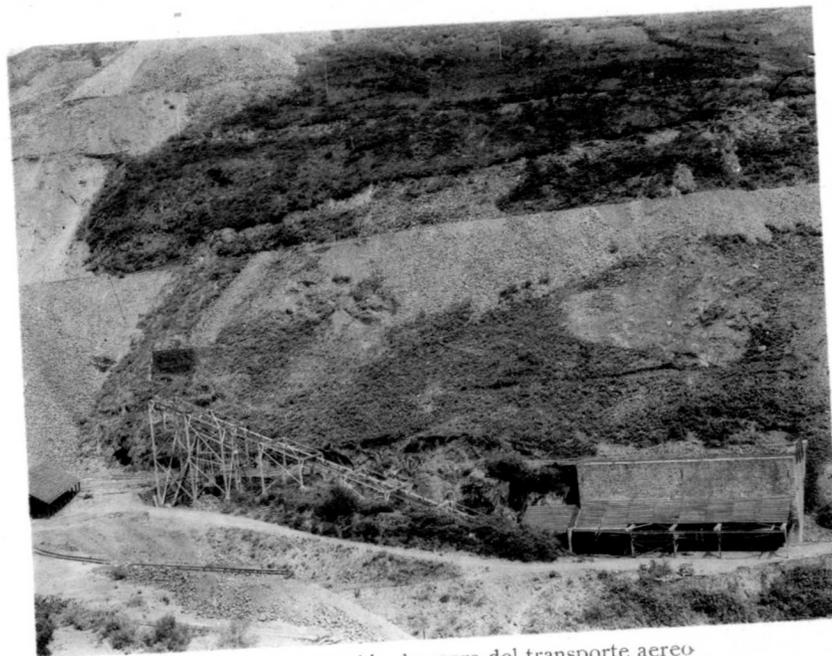
Las fracturas y pequeñas fallas que afectan al criadero de Vivero son abundantísimas, y en alguna de ellas (planta 3 A) se han producido *flojos* en el mineral fracturado, apareciendo filoncillos de clorita con piritita de hierro y calcita; como excepción, se ha encontrado algún pequeño trozo de galena.

El arranque se hace por medio del aire comprimido, suministrado por dos compresores suficientes para 10 ó 12 martillos y actuados por fuerza eléctrica.

El transporte de los minerales se efectúa por medio de un tranvía bicable, sistema Bleicher, de 5.000 metros de longitud, desde el alto de la Silvarosa hasta el cargadero de la margen izquierda de la ría. Consiste en una viga armada, donde pueden cargarse vapores hasta de 6.000 toneladas, enlazada con depósitos para 20.000; en jornada de diez horas se pueden cargar hasta 2.000 toneladas, por medio de baldes que transportan una tonelada.

Estas minas, que llevan en explotación desde el año 1902, han producido 1.670.000 toneladas, llegando a 130.000 anuales; en la actualidad la mina se encuentra preparada para producir cómodamente 120.000 toneladas al año, si no escaseasen los obreros.

De la Silvarosa a Fornos.—Los montes que hacia el S. suceden al de la Silvarosa, son estribaciones de los llamados Padrón y Peón, que forman parte de la Sierra de Bravos. El río de este nombre, paralelo a los pliegues y separando el isleto granítico del siluriano, recibe varios pequeños afluentes, en sentido perpendicular, que seccionan



Depósito y estación de carga del transporte aéreo
(Galería Federico.)



Instalaciones de la Silvarosa (Barranco de Casavella.)

MINAS DE VIVERO. (LUGO.)

profundamente el haz de capas que contienen la corrida de mineral y ponen de manifiesto en sus laderas los crestones descarnados y seguidos en unos 5.000 metros desde la Silvarosa a Bravos.

Al principio, hasta Pozo Mouro, se encuentran dos capas próximas con una cuña interpuesta de 12 metros de pizarra; esta separación se aminora en profundidad, hasta anularse en la galería del fondo del barranco, a unos 100 metros de la superficie; esta disposición parece concordar con la idea del sinclinal muy agudo que suponemos para el yacimiento de Vivero.

Las potencias, de las siete labores realizadas en la altura reconocida, varían de 8 a 14 metros, considerando el mineral reunido. La clase es de mineral cloritoso-carbonatado, exceptuando el afloramiento alto, único que resalta, y en el cual aun se acusan, con la brújula, restos del magnético. En conjunto es un mineral pobre, pues oscilará de 42 a 44 por 100 de hierro después de la calcinación.

Desde el arroyo Pozo Mouro al Acido se comprende, siempre hacia el S., una colina de unos 70 metros sobre el valle que contiene la prolongación de las capas. En este montecillo, llamado Serra Moura, los afloramientos de hidróxido resaltan algo más y conservan una potencia de 6 metros cuando menos.

El tercer trozo de la prolongación está dado por la porción limitada entre los arroyos Acido y San Miguel, en una longitud de unos 1.000 metros. Las condiciones de presentación son de absoluta normalidad e idénticas con los trozos anteriores. La potencia varía de 8 a 10 metros, y los afloramientos, aunque no muy descarnados, son continuos en casi todo el recorrido. Su clase es de hidróxido y carbonato cloritoso en los dos tercios al N., pero se va transformando en magnético en la ladera de San Miguel que mira al S.; esta



Entrada de las Galerías
Antigua explotación en Canteras
MINAS DE VIVERO.



Pruebas de calcinación.
MINAS DE GALDO

Fot. 16



clase magnética es bastante distinta a la de Vivero (Silvarosa), y mucho más parecida a la pudinga magnética de la Sierra de Meira, pues, como ella, contiene diminutos cantos de rocas extrañas.

Los estratos que tocan a estas capas son filadidos azules, que con frecuencia acusan el metamorfismo intenso sufrido, por medio de los cristalillos de silicatos de alúmina.

La cuarcita superior, distante unos 300 a 400 metros al O., se dobla en anticlinal muy agudo y es más seguida que la inferior, la cual, más próxima al criadero, está dividida en lisos delgados e interrumpida con frecuencia; en conjunto, el corte viene a representar un sinclinal agudo de las capas fructíferas contenido entre dos anticlinales de la cuarcita inferior.

El trozo comprendido desde San Miguel al arroyo de la Pena do Corvo tendrá de largo otro kilómetro próximamente, y en él los crestones alcanzan las mayores alturas, llegando a 440 en el Alto de Vilariño, que hacen unos 300 sobre el valle de San Miguel. Las labores de reconocimiento están concentradas en la ladera septentrional, llamada de la Armada, y consisten en galerías y canteras que descubren la capa con potencias de 8 a 10 metros, señalándose aquí también la separación en pizarra que marca las dos capas. El mineral, presentado entre las pizarras metamórficas de un modo idéntico que en el trozo anterior, es de hidróxido en el afloramiento, mientras que en el interior es, en su mayoría, franca pudinga magnética, mezclada en la parte baja con algo de carbonato cloritoso y muy digno de mención, porque es el único sitio en que hemos podido encontrar representado el horizonte oolítico; para conseguir la verificación hay que hacer un examen microscópico muy atento, pues el número de oolitos es muy escaso. Este descubrimiento geológicamente es interesante, pues está en concordancia con el corte geológico que hemos supues-

to, y la posición de los yacimientos coincidiría con el horizonte clásico oolítico del siluriano inferior.

En la parte alta disminuye la potencia y aun sufre oscilaciones la capa, cuyos afloramientos no se ofrecen continuos más que en la bajada al arroyo de Pozo Mouro, en donde está descarnada de 2 a 4 metros, y con potencias de 8 bastante constantes; todo el mineral de esta parte alta es de hidróxido en bolas con vetas de concrecionado, y la clase muy aproximadamente igual a la de los trozos anteriores.

El último trozo de esta corrida, seguida desde el mar en unos 10 kilómetros, está comprendido entre el arroyo de la Pena do Corvo y el de Fornos; el crestonaje es continuo en los 500 metros de longitud; la altura que alcanzan será de 150 sobre el mar, que no son más de 50 sobre el valle, y en cuanto a la potencia varía de 3 a 12 metros. Todos los afloramientos están bastante descarnados, y en particular el que forma la ladera S. del arroyo de Pena do Corvo; es el mayor de toda la corrida y podrá contener unas 3.000 toneladas. Todo el mineral es hidróxido en bolas, bastante silíceo, pero a poco que se profundice bajo los afloramientos, se encuentra en el fondo un mineral muy cloritoso-carbonatado de textura pizarreña que también es bastante silíceo.

El término medio de las menas de Galdo oscila en crudo del 42 al 44 por 100 de hierro y 16 a 18 de sílice; estos datos se refieren al *rubio*; en cuanto al mineral carbonatado suele ganar 4 ó 5 unidades en la calcinación, pasando, por ejemplo, del 39 al 46 por 100. En realidad la mayor parte del mineral es mezcla de hidróxido y cloritoso-carbonatado, pues aun la mena de los afloramientos, que es toda de limonita, tiene porciones no transformadas en hidróxido por la calcinación natural que produce el meteorismo y gana unidades de hierro después de su paso por el

horno, deduciéndose que, para llegar a una buena aceptación en el mercado, convendría calcinar todo el mineral de Galdo; en la parte analítica de los yacimientos damos detalles acerca de este interesante punto.

Fornos y Pena Ferreña.—El río de Fornos, que corre casi de E. a O., cortando el criadero lo mismo que los anteriores, representa una falla que hace desviar unos 600 metros al criadero al O. Sin embargo, ya no vuelve la continuidad de crestones en lo que queda de pliegue hacia el S., pues desde un pequeño afloramiento en la ladera derecha del Fornos ya no se vuelve a encontrar el mineral hasta Pena Ferreña, unos 6 kilómetros al S.; esta ausencia, sin embargo, entendemos que puede referirse a falta de investigación bien llevada, pues el haz de capas continúa invariable hacia el S. con el mismo rumbo y buzamiento, sirviendo de jalones llamativos los afloramientos del anticlinal de cuarcita que se descubren al O. en los altos de la Sierra de Bravos; entre esta Sierra y la de Sabucedo que es frontera a ella, se ofrece el corte más completo de estratos en este pliegue, comprendiendo desde las pizarras con calizas del cambriano, que se descubren de Orol a Sabucedo y Cebrián, hasta las pizarras y filadios que al O. de la Sierra de Bravos tocan con la banda de estratocristalino.

En los 8 ó 9 kilómetros que van de Pena Ferreña al río Eume, vuelven a ser los crestones bastante continuados.

Desde Pena Ferreña hasta el Rego das Colmeas los crestones son delgados y poco voluminosos, siendo la nota más curiosa la comprobación de horizontes múltiples con mineral cloritoso-carbonatado de textura pizarreña, bastante parecido al de Aveledo, entre los ríos Acido y San Miguel.

Penas do Rayo y Salgáez.—Unos 2.000 metros al S. se vuelven a encontrar afloramientos descarnados y no interrumpidos en otro kilómetro; nos referimos a los crestones de Panda de Debodas y Pena do Rayo. Las potencias pasan de 5 a 8 y hasta 10 metros, con resaltos de 4 a 8 metros; la clase de mineral es de *rubio* en bolas, bastante mezclado con vetas de cuarzo lechoso en algunos sitios; aunque raro, también he encontrado algún trozo con reacción magnética.

Las alturas en Pena do Rayo alcanzan hasta 800 metros, pero sobre el valle no pasarán de 150 metros de cota. No se comprueba más que un solo nivel, pero es un depósito de importancia. En el fondo, el yacimiento debe de ser de carbonato cloritoso y parte de magnético.

Para volver a encontrar el mineral hay que trasladarse otra vez al O. unos 400 metros, según otro salto que termina en la Pena Gelgáez o Salgáez. Este llamativo afloramiento es un gran peñón sobre el río Eume, formado de varias capas de las que venimos siguiendo, y probablemente desprendido de una altura cuya cima debió de formar; en estos afloramientos finales vuelven a reconocerse hasta cinco capas, con potencias de 1 a 6 metros, de la cual no deben de pasar las capas que integran la Pena Gelgáez, que tendrá 80 metros de largo por 30 de ancho, y más de 20 hasta el pie del acantilado en el río; aunque, por la posición de las capas, simula un gran bloque único de mineral, está formado por dos capas que no pasarán de 6 a 7 metros de potencia.

Todo el mineral es de hidróxido en bolas, y se dispone, como hasta aquí, entre los filadios azules metamórficos.

Prolongación de Oncián.—Citaremos como interesante, al final de este pliegue, el descubrimiento que he-

mos hecho de la prolongación al otro lado del Eume, salvando otro salto al O. de 300 a 400 metros hasta un pueblo llamado Onciñán, en donde se vuelven a encontrar los afloramientos de *rubio* en bolas. El salto de la cuarcita, apreciado desde lejos, es el que nos puso sobre aviso en la investigación. Insistimos en la conveniencia de apoyarse en las cuarcitas al efectuar reconocimientos en estos criaderos sedimentarios, pues guardando con frecuencia las mismas distancias a la capa, y desde luego idénticas relaciones estratigráficas, resulta en cualquier caso una roca de mucho más resalte por su dureza y tono de color.

Después de pasar el Eume, ya en los llanos de Roupar que tocan a la mancha cuaternaria de Villalba, se aprecia la cuarcita denudada hasta desaparecer, y los estratos pizarrosos van siendo paulatinamente relevados por otros de aspecto más cambriano, hasta formarse la banda pizarrosa negra que toca el granito en todo este arco herciniano extremo (1). Y aun cuando desde Belesar se ven marchar nuevamente las cuarcitas del O. hacia el S., no hay fundamento para suponerlas equivalentes a las de Vivero, ni aun siquiera de origen siluriano. Por otra parte el yacimiento de Vaamonde, que nace en parte como segregación de la banda pizarrosa, tiene aspecto y génesis absolutamente distintos a los considerados hasta ahora para los criaderos paleozoicos sin-genéticos. Más podrían referirse a prolongación de Vivero, por la forma de presentarse, las concentraciones de magnetita en las pizarras al O. del yacimiento de Vaamonde, y que atribuimos también al cambriano.

En realidad al recorrer los estratos, prolongación de los examinados desde el mar, vamos pasando paulatinamente a los cambrianos en contacto con el estrato-cristalino. Puede sin duda aceptarse que parte de las capas, que se encuen-

(1) Véase págs. 52 y 53 de Geología.

tran hacia el S., sean más modernas y metamorfizadas por el granito que se aproxima por E. y O., pero es mucha la distancia de 80 a 90 kilómetros que separa los últimos yacimientos magnéticos de Onciñán con los de Iglesiafeita, unos 15 kilómetros al N. de Monforte, para considerar como silurianos deformados a todos los criaderos seguidos desde Vaamonde hasta Freijo. Suponemos, pues, según se desprende del estudio geológico, que en los estratos silurianos de Iglesiafeita empieza un pliegue ordoviciense distinto, que denominamos el cuarto de Galicia y lo expondremos por separado.

Cuarto pliegue, productivo, del siluriano inferior.

Comprende este pliegue unos 50 kilómetros, desde las primeras cuarcitas al N. de Monforte hasta el granito de La Rua.

Yacimientos importantes no contiene más que los de Freijo y Nocedas, al S. de Monforte, y los de la Pena Sabel y Sierra de Agua Levada, al O. de Quiroga.

Empieza el pliegue en Iglesiafeita con cuarcitas poco potentes y filadíos, entre los que encajan algunos afloramientos de óxido pardo, no resaltando del terreno y con un metro escaso de potencia; este siluriano poco caracterizado llega hasta las manchas terciarias de la llanura de Monforte, bajo las cuales queda oculto, asoma en el centro del isleo moderno para servir de apoyo al Castillo, y vuelve a levantarse en Nocedas y al N. hacia el Lor, desarrollándose ampliamente su pliegue en unos 15 kilómetros de anchura, y en los cuales comprende los yacimientos paralelos y clá-

sicos de Freijo y Pena Sabel, que van a terminar en el estrato-cristalino y en el granito que se encuentran hacia el S., en Paradela y Enciñeiras.

Freijo.—Las minas de Freijo empiezan a unos 6 kilómetros al S. de Monforte y se extienden de NO. a SE. siguiendo la dirección del isleo siluriano que las contiene.

La longitud en que las capas están descubiertas y reconocidas es de unos dos kilómetros; al N. se ocultan bajo la mancha moderna de Lemus, y al S., pasado el Sil, van a dar en el granito de Castro Caldelas, en la provincia de Orense.

Las capas son casi verticales con algún buzamiento ligero al O.; sus potencias oscilan de 0,50 centímetros hasta 2,50; son, por consiguiente, capas delgadas y que, en proporción, tampoco avanzan mucho en longitud, sufriendo frecuentes relevos, por lo cual los depósitos resultan lenticulares alargados; el desnivel aumenta paulatinamente desde el valle hasta unos 150 metros de cota.

El número de asomos seguidos entre los estratos del terreno es el de cuatro, que hacen el efecto de cuatro capas paralelas comprendidas en los 400 metros de anchura que tendrá la mancha cuarcitosa y que muy probablemente se refieren a un solo horizonte muy plegado.

El terreno geológico está muy bien caracterizado por cuarcitas muy delgadas, en las que se encuentra *vexillum*, *tigilites* y otros fósiles propios de este nivel ordoviciense; como interesante se puede citar el contacto que hacen las capas de mineral con las de cuarcita, demostrando una transgresión de la capa oolítica sobre el horizonte de *crúzianas*, con la supresión del tramo de *calymene*. Los pliegues en que el yacimiento está contenido son varios agudos y están razonados en la parte analítica, a la cual nos he-

mos de referir siempre que se deban hacer ampliaciones de materia.

El criadero está cortado transversalmente por cuatro arroyos, que forman divisiones naturales para la colocación de explotaciones e instalaciones; los reconocimientos están bastante bien efectuados por unas 12 galerías, con más de 500 metros de longitud en total, y de cuyas labores se habrán arrancado de 10 a 15.000 toneladas.

El mineral de estos criaderos está cortado en varios sitios por diques de pórfido, que son los que han producido el paso de la mena cloritosa carbonatada a magnética. Casi todas las clases son algo blandas, y con dificultad se descubren en las más compactas restos de la textura oolítica, desaparecida por metamorfismo.

La ley de estos minerales oscila del 53 al 60 por 100 en hierro, 4 a 8 por 100 en sílice y 0,6 a 0,8 por 100 de fósforo. Dentro del grupo de los minerales silurianos son los más ricos, pero la escasa potencia de las capas y su alejamiento de los puertos de Vigo y Coruña (unos 200 kilómetros) le hacen perder puestos entre los primeros que se han de explotar.

El pliegue que contiene estos depósitos se desarrolla hacia el N., abarcando los criaderos de San Clodio, pero conservando la misma dirección NO.-SE., y aun cuando geológicamente éstos se puedan referir al mismo grupo que los de Freijo, considerados de un modo industrial hay que estudiarlos separadamente, pues tienen salida y explotación muy distinta, estando obligada la de los de Quiroga por el ferrocarril del Norte que los corta dos veces: a las orillas del Sil y a las del Lor.

Yacimientos de San Clodio.—Estimados como formación siluriana independiente, empiezan las primeras

cuarcitas en los altos al SO. de Puebla Brollón, de cuya mancha cuaternaria arrancan los estratos paleozoicos, pero los afloramientos de mineral no se encuentran hasta la Sierra de Agua Levada. En la cima de esta sierra se colocan las cuarcitas casi horizontales, y sobre ellas los delgados depósitos del carbonato oolítico, algo talcoso y cloritoso, muy poco metamorfizados. Al llegar al corte del río Lor en este haz de capas silurianas, el pliegue se hace más complicado, inclinándose y multiplicándose por tal causa las capas, que son tantas como cuarcitas se encuentran, aunque todas ellas de escasa importancia, pues no llegan a 2 metros. El pliegue de las cuarcitas, que ya se marca en anticlinal, al cruzar el Lor, se presenta en grupo de capas verticales y muy apretadas al llegar al Sil, formando el monte rocoso conocido por Pena Sabel, sitio donde el criadero toma su mayor importancia, pues las cotas se elevan desde 245 en el río hasta 520 en la cima, siguiendo el nivel ferruginoso que, como ocurría en Freijo, está en contacto de las cuarcitas delgadas y no pasa de 2 metros.

El mineral es todo carbonatado oolítico, poco silíceo por la escasez de silicatos que contiene en su masa. Para su aprovechamiento tendría, todo él, que sufrir calcinación que lo transformaría en una excelente mena.

Su calidad y situación respecto del ferrocarril, al borde del cual se pueden instalar hornos y depósitos, hacen aumentar la estimación de este criadero.

Ya al cruzar el Sil, marchando hacia el SE., las capas vuelven a tenderse en gran anticlinal, muy quebrado, con fallas escalonadas, pero, aunque bien representado geológicamente (*vexillum*, *tigilites*, etc.), los yacimientos pierden importancia, y a poco que se apartan de la ribera del Sil hacia el S. ya no se ven más que escasos y pequeños aflo-

ramientos de hidróxido, que se borran casi por completo en el potente tramo siluriano de la Sierra del Cerengo, y únicamente hacia Sotordey y Peites se encuentran capas de carbonato granudo muy silíceo, que parecen el equivalente de los depósitos cloritoso-carbonatados; los afloramientos y el terreno paleozoico terminan frente al granito de Enciñeira, que en cierto modo está unido al de Puebla de Trives y La Rua.

Pliegues de Asturias y Galicia.

Los yacimientos comprendidos en Galicia, dentro de los pliegues comunes a Galicia y Asturias, son los situados en Villarmean, Fonfría, Pena Mayor, Villabol y Rao, en el partido de Fonsagrada.

La mancha siluriana, que los comprende como términos, empieza en Asturias desde Tol al Franco, con una anchura de unos 10 kilómetros, y se extiende hacia el S. en otros 80 próximamente, desde la costa hasta el granito de Ancares; el isleo es productivo en toda su extensión.

Los criaderos de esta banda empiezan en Asturias, en Porcia, y abarcan las corridas de la Grandela y Prelo, que llegan en anchura hasta cerca de Tol; son cuatro las corridas, pero, con gran diferencia, la más importante es la de Porcia.

Las características de estos depósitos en la zona asturiana son: la escasa potencia que en general tienen las capas de mineral y las cuarcitas, la multiplicidad de horizontes ferruginosos y el contacto constante con las pizarras; los fósiles son muy escasos en todo el recorrido, pero los suficientes para que sea fija la clasificación efectuada.

Porcia y prolongación.—Las capas de Porcia son seis en casi todo el recorrido hasta cerca de Presno; no se explotan más que dos, que llegan hasta 3 metros de potencia; el diastrofismo es NE., con buzamiento ligero al NO., pues son casi verticales. La clase de mineral varía con el recorrido: es magnético al principio, cuando está en contacto o próximo al asomo eruptivo; se encuentra en forma litoide, con vetas de espático, en Santa María del Monte, y poco más al S. ya se hace espático hasta la Garganta, a 20 kilómetros de la costa. La textura original de estos depósitos es la oolítica de los cloritoso-carbonatados clásicos, pero tan difícil de discernir por el metamorfismo intenso, que únicamente en los carbonatos de Santa María hemos podido lograr confirmación (1).

Los crestones, en todo el recorrido, son de hidróxido.

Los yacimientos orientales del pliegue, o sean los que resultan de la prolongación de Porcia, continúan por Valmonte a la Bobia y desde allí a Los Oscos (2) y Peñafuente, y son los que cruzan el Navia cerca de Ouviaño y van a entrar en Galicia por Rao, hasta en el granito de los Ancares. En realidad, exceptuando los afloramientos de Peñafuente, tiene poca importancia todo el recorrido que hacen estas capas silurianas en Galicia; en Peñafuente hay dos clases de afloramientos: unas capas de oligisto de cerca de 2 metros pegadas a las cuarcitas, y otras más importantes procedentes de la alteración de las pizarras de *monographtus* y que, por su manera de formarse, incluimos en otra sección.

En todo el largo del isleo se puede comprobar el arco herciniano de los estratos de cuarcita que acompañan al criadero y que, arrumbándose al NE. en la costa, se hacen

(1) En la obra del nunca bien llorado D. Luis de Adaro, se pueden encontrar detalles referentes a estas minas y criaderos, págs. 204 y 431.

(2) Véase nuestro trabajo sobre los yacimientos de Los Oscos.

N.-S. hasta la altura de Fonsagrada, para dirigirse al NO. desde esta población hasta los Ancares.

Fonsagrada.—Las capas de Grilo y la Tormentosa en forma lenticular, con mineral espático en el fondo y limonita en los crestones, se prolongan hacia Presno y Busdemouros, cerca de la Garganta, llegando algunas veces a potencias de 7 y 8 metros, como en la Grandela y Busdemouros; sin embargo, por lo general son poco potentes. Entran en Galicia por La Trapa y Vilarchao, con tantas interrumpidas series de pequeños afloramientos como filas de cuarcitas, y éstas suelen ser cuatro, que integran todo el principio de la Sierra de Piedras Apañadas, colocándose transversalmente a su dirección; el trozo de yacimientos que tiene mayor importancia, el que se puede tener en consideración desde el punto de vista industrial, es el comprendido desde Fonfría hasta Vilar de Cuiña, en las orillas del Navia. La longitud será de unos 10 kilómetros; las cotas varían en sus extremos desde 940 metros en Fonfría y los altos de Piedras Apañadas, hasta 480 en el borde del Navia. Las capas principales son dos, próximas y comprendidas entre pizarras, y con potencias que llegan hasta 8 y 10 metros (con alguna intercalación de pizarra) en el trozo de Fonfría a Ferreiros y hasta 13 metros en las Alzadas de Rastromeiro; es posible, sin embargo, que de 3 a 5 metros pueda representar un buen término medio.

Los crestones, que resaltan poco de la superficie del terreno, son todos de hidróxido en bolas. Los minerales son cloritoso-carbonatados, de textura oolítica y del tipo clásico. A poco que se avancen las explotaciones tendrán que recurrir a calcinar casi todo el mineral, operación que podría dar una mena de 46 a 48 por 100 de hierro, 10 a 14 por 100 de sílice y 0,7 a 0,8 de fósforo. Se trata, pues, de

un depósito importante por la cantidad y clase de mineral, aunque bastante alejado de las vías de comunicación.

El resto de la corrida, siempre acompañada de las cuarcitas silurianas, se prolonga hacia el S. por Sena, Ribeira, Balsa, etc., hasta Pando y los granitos de Miravalles; en los 20 a 30 kilómetros finales, no tiene afloramientos que merezcan citarse.

La línea más occidental de cuarcitas, que es la que pasa por Villabol, va acompañada de una delgada capa de hidróxido que debió ser intensamente explotada en el pueblo llamado de Castañedo.

Geológicamente, el argumento principal del pliegue de Fonsagrada es un gran anticlinal que se desenvuelve principalmente en los altos de Fonfría.

Otros pliegues silurianos.

Por dar la relación completa de los criaderos silurianos, haremos mención de los de Baralla, Gestoso de Arnao y Robledo.

Los depósitos de Baralla están representados por pequeños afloramientos de hidróxido entre las capas de cuarcitas, que forman un estrecho isleo siluriano de N. a S., el cual se prolonga al N. hacia el Pradairo y al S. por la Peña del Pico a los montes de la Albela.

El criadero de Gestoso de Arnao está colocado entre el límite de las provincias de León y Lugo, en las faldas de la Sierra de los Caballos; geológicamente está comprendido entre las pizarras ordovicienses de una mancha siluriana constituida por cuarcitas y pizarras que, con rumbo al NO. casi E.-O., pasa de un reino a otro.

El criadero lo forma una capa potente de magnetita granuda, con 8 a 10 metros de espesor, y que resalta poco sobre la superficie; hacia el NO. se prolonga, disminuyendo considerablemente de potencia en dirección de Galicia, donde no está descubierta ni reconocida. La clasificación de este criadero no es segura, pues aunque hay cuarcitas plegadas muy próximas, también se encuentran otros estratos del gotlandiense con *monographus*.

Por último, atribuimos al mismo horizonte típico del ordoviciense el yacimiento de Robledo, en la unión de las provincias de Lugo, Orense y León, que consiste en una capa de 2 a 3 metros colocada horizontalmente sobre las cuarcitas que coronan parte del Montouto, en el extremo S. de la Sierra de los Caballos.

Estos criaderos, aunque dignos de consideración en cuanto a cantidad, están distanciados de una próxima explotación por su carencia de medios de transporte.

YACIMIENTOS SILURIANOS EPIGENÉTICOS (DE SEGREGACIÓN)

Disposición de los yacimientos.— Incluimos en este apartado los criaderos que se alojan en los cortes de las pizarras silurianas por segregaciones producidas en las circulaciones de las aguas meteóricas entre los estratos.

Se caracterizan por su colocación discordante o atravesada con las capas en que se apoyan, y por el aspecto y textura de sus minerales que tienen facies moderna.

Su importancia, con ser estimable, empieza a ser más literaria que real. Son los que han difundido la fama de Galicia como país de veneros, sobre los que se endurecían las generaciones de expertos ferrones galaicos y de los que se forjaron las antiguas espadas y arados. Representan la historia y todo el esplendor desaparecido; con los actuales yacimientos sedimentarios en explotación, apenas tienen parentesco; sirvieron, ya en su decadencia, para atraer como señuelo a hombres muy estudiosos y audaces que iniciaron la minería de hoy.

La antigua, la que se apoyaba en las *venas rojas*, era más regional, se tramaba con los ríos, en sus rincones más pintorescos, buscando los saltos que batiesen el hierro y con los bosques seculares que rompían sus leyendas al ceder su carbón.

Los adelantos modernos, y quizás las malas leyes, aca-

baron con todo, y ruinas son las antiguas fábricas y con ellas las historias de riqueza, los monasterios que daban la cultura, y la minería gallega quedó paralizada, después de haber sido ejemplar.

Las rocas en que encajan son las pizarras del tramo de *calymene* principalmente, pero también se suelen encontrar segregaciones en los estratos gotlandienses.

La manera más frecuente de yacer es haciendo contacto su superficie con los cortes donde asoman los planos de fisibilidad, lo cual tiene la lógica explicación de que por ellos suelen circular las aguas que conducen el hierro en disolución. Cuando se da el caso particular de que los estratos de segregación son próximamente horizontales, se verifica que al excavar el valle en ellos, o al producirse en una falla de hundimiento, quedan los bordes de los paquetes de filadios paralelos al río y siguiendo su curso, y al producirse la segregación se coloca el afloramiento sobre esos filetes de las pizarras, haciendo el efecto de una capa de hidróxido interestratificado, y más teniendo en cuenta que siempre hay tramos que, por ser más piritosos por ejemplo, son los que tienen mayor poder de producción.

De cualquier modo son siempre las grandes quebradas repetidas los lugares a propósito para alojar estas formaciones, pues proporcionan, con idéntica presentación, escarpes y bajadas de aguas que paulatinamente van incrementando los depósitos ferruginosos.

Conforme a esta idea, estudiaremos los criaderos de esta clase divididos, como se encuentran, en las tres grandes quebradas del río Cabe, del Lor y del Sil.

Por las razones apuntadas y las indicadas en la parte geológica, se observa que ocupan estos criaderos las sierras que hemos llamado transversales en la parte geológica, con lo cual queda marcada de un modo categórico

la separación entre los criaderos silurianos singenéticos y los epigenéticos.

Como el caso más frecuente es que sean las pizarras más granudas y piritosas las que produzcan mayor cantidad de exudación ferruginosa, ocurre que van acompañados los crestones de grandes manchones de sulfato de alúmina que se destacan a lo largo por sus colores blancuzcos y amarillentos.

Los afloramientos son todos de óxido pardo o rojo, en los que se ofrecen las formas estalactíticas más diversas y por lo general muy porosas y poco consistentes, jamás con la disposición en bolas que es peculiar de los criaderos paleozoicos singenéticos. Cuando la circulación de aguas se efectúa entre detritus de roca o por las fisuras de alguna muy fracturada, se producen las brechas de hidróxidos de hierro modernos cementando pedazos de pizarras antiguas; tales formaciones son casi normales en los criaderos que estudiamos.

Por lo general dominan en ellos los colores vivos rojos del ocre; el amarillo no es tan frecuente.

Respecto a la forma del criadero no hay nada más irregular, y es natural que así ocurra debiendo su origen a circunstancias que no tienen normalidad dentro de las formaciones geológicas, pues si bien es cierto que se encuentran de preferencia unidos a las pizarras de Luarca, sus orígenes primitivos y determinantes son la disposición en quiebra de esas pizarras y el deslizamiento de las aguas sobre ellas. Y así ocurre, en efecto, que la mayor parte de estos depósitos se encuentran en las depresiones, por las que se deslizan las aguas hacia las grandes quebradas.

Pasaremos la rápida revista de esta nota sobre los yacimientos de las quiebras de los ríos Cabe, Lor y Caurel

unidos, y río Sil; los más importantes desde el punto de vista minero son: los depósitos del Incio, Formigueiros y La Rua.

Seguiremos en el repaso el mismo orden de la clasificación, el cuadro de la cual repetimos:

Yacimientos silurianos epigenéticos de segregación	Quiebra del río Cabe.....	Incio...	Cueva das Choyas. Incio. Casela.
	Quiebra de los ríos Lor y Caurel.....	Caurel..	Salcedo. Villamor. Sobredo. Seceda. Ferreirós. Formigueiros.
	Quiebra del Sil.	Valdeorras..	Montefurado. Cereijido. Villamartín. La Rua.

Aquí cuadra una observación respecto a los nombres que citamos. Estos se refieren siempre a crestones distintos de un mismo criadero, y la enunciación dentro de cada grupo equivale a considerar su afloramiento con valor para seguir o estimar el yacimiento; en una palabra, para conocerlo, pero sin que la inclusión de los nombres en la lista los iguale en importancia científica o industrial

Quebra del río Cabe.

(Incio.)

El grupo de minas del Incio es uno de los más afamados de la provincia, pues sus menas surtían a gran número de antiguas ferrerías.

Los afloramientos están situados en la margen izquierda del río Cabe, sobre la que alcanzan unos 7 kilómetros de longitud.

La serie geológica en que enclavan los depósitos se compone de estratos casi horizontales buzando al SE., y se superponen por orden: pizarras y calizas en la parte inferior, filadios azulados y pizarras granudas en el centro, constituyendo el tramo de segregación, y cuarcitas con pizarras oscuras en la parte alta, coronando las cimas. Encontramos fósiles en el tramo pizarroso medio y en el superior, que sirven para referir todas sus capas al siluriano; los restos orgánicos son *lingulas* y *tigilites* en las pizarras, *cruzianas* y *vexillun* en las cuarcitas y *graphtolítidos* en las pizarras superiores; de modo que a juzgar por el argumento paleontológico vemos que se pueden distinguir parte del ordoviciense y del siluriano superior, deduciéndose el cambriano medio para la colocación de la caliza, aunque sin haber encontrado fósiles en ella.

Los estratos quedan sobre el río Cabe, presentando sus líneas de exfoliación, horizontales próximamente, en ásperos acantilados.

Los yacimientos tienden a colocarse en los cortes del tramo pizarroso, simulando seguir las curvas de nivel con

sus afloramientos hidroxidados, que se disponen en forma de una o dos capas, en los diferentes sitios, con potencias de 3 a 5 metros. Examinando atentamente los criaderos vemos que sus afloramientos, siempre de hidróxido pardo, no se presentan en la disposición de bolas como los paleozoicos, sino con formas estalactíticas muy variadas. Vemos también que, en realidad, los afloramientos van subiendo más rápidamente que lo hacen las trazas de los estratos en las laderas del Cabe, y desde la cota 500 que ocupa el afloramiento de Viduedo, ascienden hasta la 800 cerca de la Casela, sin haberse salido los afloramientos, en todo el recorrido de 8.000 metros, del tramo pizarroso medio, es decir, que la posición de los afloramientos varía dentro del corte pizarroso en que se asoman al valle del Cabe, y por consiguiente no están siempre referidas a una sola hilada dentro del mismo nivel geológico. Por otra parte, los crestones más importantes son los que se encuentran en los pequeños afluentes que bajan al río por su margen izquierda, es decir, que se disponen como puntos de inflexión, en la aproximada curva de nivel que los contiene, al cortar los pequeños arroyos de la ladera; su relación con las líneas de bajadas de aguas no termina con esto, sino que muy próximas a esos afloramientos de los barrancos se suelen encontrar fuentes con importantes depósitos de lodos y crenatos ferruginosos, que en algunos sitios, llegan a endurecerse y a ofrecer espesor importante sobre las pizarras de segregación, y en contacto con los afloramientos de los depósitos. Todas estas consideraciones, que pueden en gran parte ser tenidas por generales, y el resultado de alguna de las labores de investigación, nos han llevado a la deducción de considerar estos yacimientos en el grupo que lo hacemos.

El afloramiento de más importancia, por las dimensiones que en él alcanzan las investigaciones practicadas, es el co-

nocido por Cueva das Choyas, y le siguen en importancia, marchando hacia el S., los llamados Cuevas de Avión, Pernandar, Cova de Muracevo, Penedo Veneiro y Cova do Val, hasta llegar a Redondelo cerca de la Casela.

El depósito de las Choyas, en Viduedo, es un gran crestón, reconocido en unos 30 metros de desnivel por una gran cueva y una galería que tendrán unos 90 metros de largas, alcanzando 8 a 10 metros en sus potencias. Las capas en este sitio están bastante levantadas y el crestón intercalado entre las pizarras, con parte de las cuales se mezcla, según puede apreciarse en la galería inferior; el buzamiento es al SE., y encima de las pizarras que contienen el mineral, hay una arenisca bastante ferruginosa superpuesta al tramo de pizarras y cuarcitas ordovicienses.

El mineral de Viduedo es hidróxido en la superficie y en la galería de abajo, pero en los hastiales de la cueva, y en los centros de los grandes trozos, se encuentra un carbonato de grano claro y uniforme, con brillo de alguna pajueta micácea, que atribuimos a formación moderna en un medio reductor. Por lo demás, en la quiebra del Cabe no hay más que otra pequeña señal de esta clase; es análogo al mineral de los yacimientos de Salcedo, no lejos de Puebla de Brollón. Volveremos sobre este punto al tratar de la formación de los minerales.

Las Cuevas de Avión, que pertenecen a la bajada de las aguas del monte de San Miguel, tienen una cota más alta en 200 metros (760), la potencia variará de 3 a 4 metros y el mineral, de forma estalactítica, es todo de hidróxido.

Los afloramientos de Pernandar, en el arroyo de su nombre, tendrán 20 metros de largo, 8 de ancho y 3 de potencia; la clase sigue siendo la misma, óxido de formas butroides, y así ocurre hasta el final en los crestones de Muracevo (740), con 2 metros de potencia, en la excavación antigua de la

Cueva del Buey (750), en la Cueva del Oso (730) y con aspecto de formación muy moderna en su arroyo, debido a los colores ocráceos; en el Penedo Veneiro, antes de llegar al Establecimiento de Aguas, hay antiguas labores de importancia con más de 100 metros de longitud, y lo mismo ocurre en los trabajos de la Cova do Val, que elevan su cota a 850. Este mineral de los crestones a que nos referimos, y que en realidad es bastante uniforme, alcanza una ley de 50 por 100 de hierro, es poco silíceo y contiene pequeñas cantidades de fósforo, lo cual es una confirmación de su origen epigenético.

La prolongación de los yacimientos del Incio se encuentra hacia la quiebra del Lózara, por bajo de los altos de Miranda, que es donde se vuelve a ofrecer otro escalón, entre el macizo del Incio y el de Caurel y Lózara, separados por el río de este nombre. Estos puntos de vista serán desarrollados en las monografías correspondientes.

Quebras de los ríos Lor y Caurel. (Salcedo y Caurel.)

En realidad no todos los yacimientos de esta clase están comprendidos en las tres quiebras que damos, sino que hay otros muchos pequeños depósitos en los barrancos de las sierras paralelas. Y así es natural que ocurra, pues estos yacimientos resultan de la coincidencia de dos elementos: descenso, y salida de aguas en los tramos pizarrosos del siluriano medio, y como hemos visto que las sierras del S. adoptan la colocación transversal, es natural que en las estribaciones y macizos montañosos de la parte meridional de la provincia se encuentren más afloramientos.

La que llamamos quiebra del Lor y Caurel está dada por estos ríos, que forman una línea de NE. a SO. paralela a la que tenía el río Cabe y a la porción que más adelante indicaremos para el Sil. Los montes que comprenden los depósitos del Lor y Caurel, son los que arrancan desde la Sierra de Agua Levada hasta Formigueiros, en unos 25 kilómetros.

Los afloramientos, como de origen independiente entre sí, no guardan continuidad y están alojados en las depresiones de las márgenes, considerando a los ríos Lor y Caurel en prolongación.

Los depósitos empiezan en la cuenca del Lor, y los más dignos de mención son los de Salcedo (en Loureiro), Villamor, Sobredo, Seceda, Ferreirós y Formigueiros, que es el de mayor importancia industrial.

Los afloramientos de Salcedo se encuentran en las cercanías de este pueblo, sobre el monte Todrigo y en las laderas del arroyo Loureiro; los depósitos son de dos clases: o bien de segregación, con tonos muy rojizos, cementando con frecuencia trozos de pizarra hasta formar brecha ferruginosa, o por impregnación de las pizarras segregantes hasta transformarlas en mena. El sitio más digno de atención, en cuanto a potencia, es el llamado As Covas, cota 590, en el monte Todrigo. Es una gran excavación, de 40 metros de largo, con 3 ó 4 metros de potencia en la dirección de los estratos casi verticales, como si se tratase de una capa sedimentaria; las labores llegan a 20 metros de altura; aunque con dificultad se encuentran en ellas trozos de mineral carbonatado idéntico al de la Cueva das Choyas, del Incio. Todos los demás afloramientos extendidos por Villamor, Folgoso, Sobredo, Seceda y el barranco de Ferreirós, tienen relativamente pequeña cantidad de mineral, y necesitarían reunirse para llegar a justificar la construcción de un transporte, condición indispensable para la explotación.

La segregación se produce no solamente en el tramo pizarroso de *calymene*, sino en las pizarras más altas, sobre las calizas, que se encuentran, por ejemplo, en Seceda. En estos yacimientos, y con más razones que en el Incio, se pueden repetir las consideraciones de por qué simulan su origen singenético; la diferencia de nivel de los afloramientos varía desde 450 a 500 metros en Barjas, hasta 1.000 en Formigueiros, sin que por la índole de su génesis tenga gran importancia la cota.

El diastrofismo general de estos estratos es rumbo al NO. y buzamiento al SE., repitiéndose de esta misma manera las fallas escalonadas, las cuales quedan, lo mismo que los estratos, colocadas transversalmente a la dirección de las grandes sierras, fenómeno que ya hemos explicado en la parte geológica. Entre cada dos fallas se encuentra la serie de capas que componen el terreno, y son éstas: calizas, pizarras y algún banco de cuarcita, en ese mismo orden.

El mineral de todos los afloramientos es muy poroso, de formas estalactíticas y, en general, de colores vivos, debido a los ocre amarillos y rojos de que va acompañado.

Las minas de Formigueiros son las más importantes, y se encuentran colocadas en un barranco que mira al SE. y baja las aguas hacia Ferramolín, para dar en el Selmo. Las capas en que se apoya este yacimiento forman la misma serie que las de Seceda y Folgoso: calizas de crinoides, pizarras piritosas, que suponemos de Luarca, y cuarcitas delgadas.

Los depósitos se encuentran en la línea de vaguada del arroyo Formigueiros y en su ladera izquierda, pues la derecha es acantilada como borde de fractura. Están repartidos en cuatro centros: Retorta y Veneiros Vello en la parte alta; Caborco y Pozo en la parte media de la ladera, con el mayor depósito de mineral; la parte baja del Pozo unida a las

labores conocidas por Los Carros, y por fin, Las Ferreñas, que tiene los depósitos de la línea de talweg.

Todo el mineral es hidróxido, de aspecto moderno, faltando en absoluto las formas paleozoicas de los crestones.

Las labores son diez y siete, varias antiguas, algunas de grandes dimensiones, desde la cota 1.100 a la 1.400. En el Pozo se reconocen 50 metros de altura de mineral, por medio de tres galerías que tendrán hasta otros 50 de entrada hacia el N. Respecto al yacimiento de Formigueiros y otros muchos de Caurel, se podría decir, de un modo sintético, que son costras enormes de limonita endurecidas en el fondo de un barranco.

El yacimiento de Formigueiros fué el más renombrado en épocas remotas, por la clase y cantidad de mineral; de él se surtían todas las ferrerías de Caurel y otras más alejadas.

Hemos visto un contrato autorizando el arranque de la vena de Formigueiros, otorgado en el año 1707 por el Excelentísimo Sr. Conde de Maceda a favor de los frailes de Samos, que eran los que laboraban las principales ferrerías.

Quebra del Sil.

(Valdeorras.)

Las pizarras oscuras de la zona meridional que en los montes de Villamor y Caurel se arrumban de un modo fijo al NO., buzando al SO., van cambiando paulatinamente a medida que se acompañan al S., y desde Parada Piñol y Cereijido se colocan casi E.-O., con buzamientos variables, siendo el NE. uno muy marcado; de este modo queda seña-

lada la quebra que aloja al valle del Sil y la zona de los criaderos que se acantonan de preferencia en la ladera derecha, en unos 15 kilómetros de longitud, desde Montefurado y Cereijido hasta Villamartín al E.

Más típicamente todavía que en los criaderos del Incio y Caurel, se encuentran representados en La Rua los depósitos de segregación y precipitación en costras.

Los yacimientos de segregación se alojan en las grietas de las pizarras, se enlazan casi siempre con las costras de las depresiones y aunque apoyados de preferencia en las pizarras, como roca más afín por el hierro que contiene, también se encuentran en contacto con el granito hacia el arroyo de Carballeira, en los términos de San Martín. Puede decirse, de un modo concreto, que los criaderos de Montefurado, San Martín, La Rua y Villamartín, o sea todos los del valle de Valdeorras, hacen entradas en los arroyos que, de N. a S., descienden al Sil y forman en las caídas de la margen derecha un festón discontinuo, pues no quedan bien señalados más que en las entradas de los pequeños valles, como demostración clara de que su origen es debido a descenso de las aguas.

Los valles y barrancos principales, contando de O. a E., son: Montefurado, Carballeira, Cutelas, Arroyo del Fucarón, Fontes de Ervedido, Viloalle, Casares y San Julián.

Las pizarras son granudas, bastante oscuras y muy piritosas, propiedad que suponemos fundamental para la génesis de los yacimientos; en la proximidad del granito de Robledo se hacen grafitosas y se cargan de maclas; esta analogía de pizarras con las de Caurel y Salcedo explica la identidad de formación de sus yacimientos. La altura a que se colocan los depósitos en los barrancos es, en general, hacia la mitad, pues en la parte baja la denu-

dación es mayor y en la alta son más escasos los motivos de formación.

Algunos yacimientos, como el de la Somoza, se extienden en cerca de 1.000 metros a lo largo de su vallejo, y la brecha ferruginosa superpuesta alcanza hasta 3 metros de potencia; el más largo es el de las Fontes de Ervedido, donde se habrán extraído unas 500 toneladas; las labores están distribuidas desde los 350 de cota a los 620 metros, en que hay una galería de 35 metros que reconoce el depósito de una litoclasa importante entre las pizarras. El sitio de mayor cantidad de mineral debe ser «Mal Paso», correspondiente al barranco de Carballeira; el manto tendrá 2.000 metros de longitud y la potencia cerca de 3 metros.

El mineral de estos depósitos es muy poroso y de formas estalactíticas planas, con laminillas sumamente delgadas y de colores vivos ocráceos amarillos y rojos; estos minerales pasan insensiblemente a los depósitos de crenatos y lodos endurecidos que se forman actualmente; casi todo el mineral, en mayor o menor cantidad, lleva trozos de pizarra cementada; es digno de mención el mineral formado de delgados tubitos, testimonio de las formas vegetales entre las que se consolidó.

La mena es de magníficas condiciones, pues pasando de 50 al 60 por 100 de hierro, está casi exenta de fósforo.

Estos criaderos son de interés por la clase de mineral y su proximidad a la línea férrea; su arranque también habría de ser fácil, pero no así la separación de los trozos de pizarras que lleva incluidos en su masa. En cuanto a la cubicación, hay que comprobarla con cuidado y separadamente, depósito por depósito.

Yacimientos silurianos epigenéticos.

Por impregnación y reemplazamiento de materia.

- | | | |
|-----------------------|---|--|
| a) De las pizarras.. | } | Veneira de Roquis (Monteagudo, Incio). |
| | | Peñafuente (Asturias). |
| b) De las cuarcitas.. | } | Paradela (Mercurín, Caurel). |
| | | Naipín. |

De las pizarras.—En los criaderos silurianos de segregación y precipitación en costras, hemos resumido de preferencia los de carácter industrial, y si damos las listas de todos los afloramientos, aunque la mayoría tengan más interés científico que esperanzas de explotación, es por catalogarlos, sometiendo a índice todos los yacimientos gallegos; esta observación se debe de generalizar sobre las listas que han de seguir, siendo obvio razonar el interés de tal especificación.

Los ejemplares que podemos citar de impregnación y sustitución en el sistema siluriano se refieren a las pizarras y a las cuarcitas.

El cambio de horizontes de pizarras a minerales de hierro es relativamente frecuente en el paleozoico. Las pizarras en que se cumple el fenómeno han estado bastante fisuradas, para que entre ellas se haya podido efectuar la circulación activa de las aguas.

Se suelen encontrar todos los tránsitos, desde la pizarra alterada por la pérdida de sus sales de hierro, hasta la totalmente impregnada y reemplazada por la limonita; en el caso límite no queda más rasgo de la antigua textura que los lisos de pizarrosidad vistos de frente, pues en la fractura nor-

mal a su dirección no se ven más que delgadas y paralelas vetas de hidróxido que, pegadas entre sí, constituyen la forma más general de estos minerales.

Las pizarras silurianas en las que con más frecuencia se da esta alteración, son las grafitosas contenidas en el siluriano superior y que suelen contener núcleos piritosos, lo cual puede ser motivo de la abundante producción de sales férricas.

En los dos casos que hemos visto bien cumplida la transformación, han sido: Peñafuente, cerca del Acebro, y en Monteagudo (Veneira de Roquis); en ambos el óxido de hierro acusado tenía raya rojiza, pero con aspecto ocráceo y hasta pizarroso, si se raspa en el plano de los lisos de fisibilidad conservados.

El yacimiento de Peñafuente se encuentra al E. de las cuarcitas que contienen unas pequeñas capas de oligisto, y consiste en un afloramiento de cerca de 3 metros de potencia con textura pizarreña; sin embargo, a poco que se excava parece descubrirse que la impregnación desaparecerá en profundidad.

El depósito del Incio, en Roquis, es mucho más importante; las labores y excavaciones sobre los afloramientos tendrán unos 3.000 metros de longitud, y el desnivel comprende desde la excavación más alta, en Grail (1.080), hasta 840 al S., en un camino, pasado el Bocón; las excavaciones, sumamente variables en anchura, varían de 8 a 10 hasta 40 metros.

Los límites del criadero son dos cuarcitas, buzando al SO. como todo el haz de capas, las cuales encierran el tramo de pizarras con el hermoso crestón de hidróxido, conccionado en su mayoría, y que abasteció, en centenares de años, a más de 15 ferrerías.

Para ver el fondo del criadero hay que visitar una gale-

ría de 130 metros en la cota 940, la cual corta, entre las dos cuarcitas y próximo a las del N., un tramo pizarroso que se va cargando en sus grietas y estratos de óxidos de hierro, y de él se pasa al mineral con muchas oquedades de arcilla en unos 20 metros. La transformación parece verificarse al contacto de la segunda cuarcita, quizás por mayor circulación de las aguas. Los estratos pizarrosos cargados de óxido rojo se aprecian mejor fuera, hacia el S. y al O. del Bocón.

De las cuarcitas.—Tampoco es raro el caso de que las cuarcitas silurianas hayan pasado a hidróxido arenoso. Cuando ocurre tal cosa, no siendo la cuarcita permeable, se verifica el ataque por las litoclasas, lo que favorece la formación en bolas de los crestones.

Aun cuando sólo citaremos el caso de Mercurín, hay otros varios sin importancia industrial que reseñaremos al hablar de la geología de la zona que los comprende. Hemos observado este fenómeno en el Acebro y en la Fontaneira.

El yacimiento de Mercurín se encuentra en contacto con la cuarcita que, como todo el grupo de estratos, tiene rumbo al NO. buzando al SO. El largo total de los afloramientos será de unos 1.000 metros, y las potencias serán de 2 a 8 metros; la labor más importante es una trancada de cerca de 50 metros que desciende en mineral. La clase es hidróxido en bolas, bastante arenosas, que hacia el S. se cambian hasta quedar la cuarcita limpia, volviendo a cargarse a la margen izquierda del Lor, en los afloramientos de Paradela.

Esta clase debió de consumirse en alguna cantidad para las ferrerías de Seoane.

También se puede considerar el de Naipín como yaci-

miento que tiene su origen en la transformación de las cuarcitas silurianas. Se encuentra en las altas lomas que pasan al E. de las sierras de Villaodrid, de cuyas minas distará 3.000 metros.

El yacimiento está pegado a un crestón de cuarcita que se arrumba al NE. como los demás estratos. El mineral adherido, en las abundantes y grandes oquedades, es limonita, conservando vestigios de los núcleos de piritita marcial que, unidos en el origen a la cuarcita, han dado lugar al criadero por su alteración; parte de la cuarcita más porosa también está impregnada.

La altura en que se encuentra el mineral será de unos 150 metros y 300 el recorrido de las labores. En resumen: es una cuarcita con sulfuros, fisurada, y que ha sufrido el ataque meteórico.

Casos análogos se encuentran en el occidente de Asturias; las Cuevas de Revellón, Miudes y El Collar, en Los Oscos, pueden servir de ejemplo de estas presentaciones silurianas.

YACIMIÉNTOS CAMBRIANOS SINGENÉTICOS

Consideramos como yacimientos cambrianos singenéticos los afloramientos incluídos entre las pizarras más altas del postdamiense; para evitar repeticiones respecto de este nivel geológico, nos referimos a las consideraciones hechas en la clasificación del cambriano (1).

A este horizonte ferruginoso es al que entendemos se refería Barrois al darlo como normal en las pizarras unidas a las calizas del cambriano medio. Ocorre, sin embargo, que la mayoría de las capas que contienen estos criaderos carecen de fósiles, y podría suceder que algunos de los yacimientos citados fuesen restos de otros silurianos incluídos en algún pequeño sinclinal. Sin embargo, hay diferencias bastante marcadas de los afloramientos silurianos a los cambrianos. Los afloramientos ferruginosos silurianos hidroxidados suelen estar divididos en bolas, siempre que se ha podido confirmar su clasificación, o por lo menos en ellos se descubre el punteado oolítico, clorita en su masa y con frecuencia arena suelta, mientras que en los cambrianos la regla es el mineral de limonita con vetas concrecionadas. Insistiremos sobre este punto al hablar de los minerales, y por ahora nos basta dejar sentada la diferencia.

Nunca alcanzan gran desarrollo los crestones de estos depósitos, ni en potencia ni en longitud, y aun en las labores que sobre ellos conocemos, tampoco exceden algunas dece-

(1) Págs. 63 y siguientes.

nas de metros sin que la dimensión seguida adelgace mucho o se suprima. Esta tendencia amigdalóide, en pequeño, determina su difícil explotación y hasta su conocimiento exacto como horizonte, pues las labores de investigación se paralizan a las primeras esterilidades de su frente.

La lista de los yacimientos que con mayor fundamento estratigráfico se pueden admitir en el cambriano, son los del postdamiense del Eo:

Vilela (Ribadeo).
 San Miguel de Barreiros.
 Grove (Mondoñedo).
 Sante.
 San Tirso.
 San Mamede.
 El Cairo.

Los afloramientos de Vilela son de hidróxido entre las losas azuladas meteorizadas, y muy pequeños; las delgadas capas de la costa en San Miguel y el Grove, hacia Mondoñedo, son de un metro escaso de oligisto y se encuentran entre pizarras. Los de Sante, San Tirso y San Mamede, son afloramientos hidroxidados y tienen la mejor colocación de los de la serie, pues dispuestos casi verticalmente entre las pizarras próximas y paralelas al ferrocarril de Villaodrid, alcanzan cotas de 200 metros; los espesores en general no llegan a 2 metros. El yacimiento de El Cairo, a 2 kilómetros escasos del ferrocarril de Villaodrid, es una capa de magnífico carbonato espático que alcanzará cerca de un metro de potencia, de cantidad poco reconocida, pero cuya situación y clase incitan a una investigación con ánimo de explotar. En cuanto a la clase de minerales, son en general menas que pasan del 50 por 100 de hierro con poca sílice, y 0,6 a 0,8 por 100 de fósforo. En resumen, tienen poca importancia minera por no ser grande el tonelaje que parecen contener.

YACIMIENTOS CAMBRIANOS EPIGENÉTICOS (DE SEGREGACIÓN)

Banda pizarrosa del Oeste	El Barquero. Espasante. Grañas del Sor. Freijo. Caxado. Puentes de García Rodríguez. Gestoso. Moján. Sierra de La Loba. Porto Vello (Guitiriz).
Banda pizarrosa de Vaamonde.	Belesar. Sierra do Castelo. Piedrafitá. Ousá.
Banda pizarrosa de Guimarey. . .	Guimarey. Guntín de Pallares. Negral. Recelle. Puertomarín.

Respecto de esta larga lista de yacimientos, se pueden hacer observaciones parecidas a las que sirven para diferenciar los afloramientos de segregación (1). En efecto, incluimos en esta clase de criaderos de segregación los formados

(1) Página 206.

de óxidos concrecionados en grietas y depósitos, que casi siempre se disponen a lo largo de las bandas de pizarra, dando la impresión de encontrarse estratificados con ellas. Y puede ocurrir que la determinación no en todos los casos sea apropiada, pues, aparte de que los minerales sean de origen filoniano, la clasificación de las bandas pizarrosas está hecha por razones estratigráficas, pero sin conocer fósiles en ellas; esto significa que alguno de los crestones de las bandas pizarrosas podría ser producido por metamorfismo y deformación de otros silurianos sedimentarios, particularmente en la zona occidental, y de este modo el carácter que imprime la existencia del nivel ferrífero no se puede tener en cuenta más que según el aspecto que presente el afloramiento.

Puede ocurrir en estos yacimientos de las bandas pizarrosas que haya confusión según tres clases: silurianos sin genéticos deformados, cambrianos incluidos, con la misma deformación, y por fin, criaderos de segregación en grietas a lo largo de la estratificación. Las diferencias están en los minerales del crestón y en sus relaciones de inclusión con las pizarras laterales del yacimiento.

Suponiendo que en los tres casos los crestones fuesen de hidróxido, tendríamos, *si era un caso típico, bolas* con capitas de arena en los silurianos, limonita algo arenácea también en la mayoría de los cambrianos y óxido concrecionado con formas butroides o zoneado en costras por depósito químico en los puramente filonianos; para apreciar la indeterminación que estos rasgos producen, hay que tener presente que si en crestones paleozoicos se produce más modernamente una grieta, en ella se aloja después un filoncillo concrecionado formado a expensas del criadero anterior, y este fenómeno, repetido e intensificado, puede llegar a ofuscar totalmente su fisonomía presentándole como filoniano.

Los trozos esquinados de roca lateral en la masa del afloramiento, son señales evidentes de la formación filoniana en ese momento.

Las relaciones de los crestones con las pizarras que las contienen, también varían de unos a otros yacimientos; cuando tienen alguna discordancia o ramificación que corta las líneas de pizarrosidad, es claro su origen por circulación de aguas, pero como ocurre con frecuencia que las grietas, siguiendo la menor resistencia, se forman a lo largo de los pliegues y en ese mismo sentido son las numerosas fallas, resulta a menudo difícil el deslinde.

En las sendas monografías detalladas que hemos de hacer de los criaderos, razonaremos el fundamento de su inclusión en este grupo; por ahora elegiremos el criadero de Vaamonde para marcar sus líneas generales, pues además de ser un tipo bastante normal, es el único que reúne condiciones de explotación por el momento, y en los demás no nos detendremos, pues su indicación especificada constituiría una monótona repetición de crestones de hidróxido concrecionado dentro de las bandas pizarrosas que, de N. a S., se encuentran hacia los arcos extremos de los isleos silurianos occidentales.

Banda pizarrosa del Oeste.

Los afloramientos de estas bandas de pizarras son siempre discontinuos y muy diseminados. La faja de pizarras occidentales, que en partes puede ser tenida por ordovicien-se ofuscada, está moteada de afloramientos de hidróxido en los 70 kilómetros que comprende su recorrido; pero en ningún caso, ni aun estando los crestones a la vista unos

de otros, se podría asegurar su prolongación ni correspondencia en un horizonte geológico. La banda queda dividida en dos partes por la mancha cuaternaria de Puentes de García Rodríguez, y los afloramientos repartidos en la porción N. empiezan en El Barquero, junto a la costa, donde son en su mayoría superficiales, según se pudo apreciar en un intento de explotación que produciría unas 500 toneladas; los afloramientos continúan hacia Grañas del Sor y Freijo, alcanzando su mayor tamaño en el monte Caxado; en todo el recorrido es muy frecuente que los afloramientos estén jalonados con bloques de mineral suelto, y esto es debido a la compacidad y resistencia que opone el mineral a la denudación, por lo cual se van destruyendo las pizarras hasta una parte estrecha del crestón, que queda entero y levantado de momento por su mayor dureza, ocurriendo después su caída y permanencia sobre el terreno.

El mineral es compacto, duro y lustroso, generalmente de color negro, y va acompañado de abundantes vetas de cuarzo que comprueban el origen filoniano.

Pasada la planicie cuaternaria de Puentes de García Rodríguez, vuelven afloramientos al hilo de los estratos, con más aspecto de estratificados, por su disposición en tiradas paralelas acompañados a trozos por delgadas cuarcitas, y tal presentación es bastante constante en los términos de Gestoso, Momán y en la Sierra de La Loba. El yacimiento de Porto Vello, en Guitiriz, separado al S. por unos 12 kilómetros de pizarras estériles, es más superficial, y tiene afloramientos que llegan a 6 y 8 de potencia.

Banda pizarrosa de Vaamonde.

Principian los afloramientos después de terminada al S. la llanura de Villalba, y se encuentran entre pizarras deleznable y grafitosas, acunándose a poca distancia de la superficie, sobre la cual marcan por lo menos tres líneas de crestoncillos de muy poco relieve y muy mezclados con pizarras, unas veces en trozos sueltos, formando brecha con la masa del mineral, lo que suele ocurrir en el fondo del valle, y otras se entremezclan las pizarras con las vetillas de hidróxido. Esta presentación se ofrece en los primeros asomos de Belesar y en la ladera oriental de la Sierra do Castelo, hasta llegar al río Parga y a la vía del ferrocarril que corta la banda de pizarras.

El trozo de yacimiento que se extiende al S. del ferrocarril tendrá unos 8 kilómetros de longitud en línea recta, y asciende constantemente desde 404 metros en la estación del ferrocarril hasta 600 metros en el final (Pedra do Couto). La faja pizarrosa en que están enclavados los criaderos, tiene el granito por ambos lados, y una anchura de 3.000 metros; al O. de la banda, unos 600 metros separada del granito, hay una corrida de cuarcitas pareadas que forman las Penas Do Fró al S. y la Serra do Castelo al N. con aspecto bastante paleozoico.

Cuatro son las corridas de mineral: una al O. de la cuarcita y al E. las otras tres, pero en realidad las más importantes son las centrales, que arrancan de las minas «Caridad» y «Transvaal», y pasando por los lugares de Piedrafita y Airavella, comprenden más al S. la explotación de Cavanaril, para prolongarse por Lousado hasta Pedra do Couto y Cordal de Ousá. Las potencias no exceden de 2 a 3 metros, y en la mayoría de los casos pasan poco de 1. Las labores importan-

tes sobre el recorrido son: la explotación de la mina «Caridad» y las antiguas de Cavanarril. La explotación de la «Caridad» se realizó por cuatro niveles, desde las cotas 421 a la 456, y en una longitud de unos 200 metros, habiéndose producido en total más de 40.000 toneladas, todas del filón oriental de los dos centrales.

El mineral es amarillo compacto en general con algo de ocre amarillo de grano muy fino, y a veces en costras zonadas por depósito químico; el mineral del filón occidental es más negro y lustroso, con muchos poros. Considerado como mena, produce una ley de 48 por 100 de hierro, 8 a 10 por 100 de sílice y 0,3 de fósforo, tanto por ciento este último que dificulta su inclusión en el grupo fosforoso; algunos de los análisis acusan la presencia del arsénico, lo que produce una depreciación.

Las labores hasta Ousá son zanjas o pocitos de escasas dimensiones que no permiten decidir la profundidad que pueda alcanzar el yacimiento, y sin cuyo dato bien aclarado no se podrá lograr una cubicación ni arriesgarse a una explotación costosa.

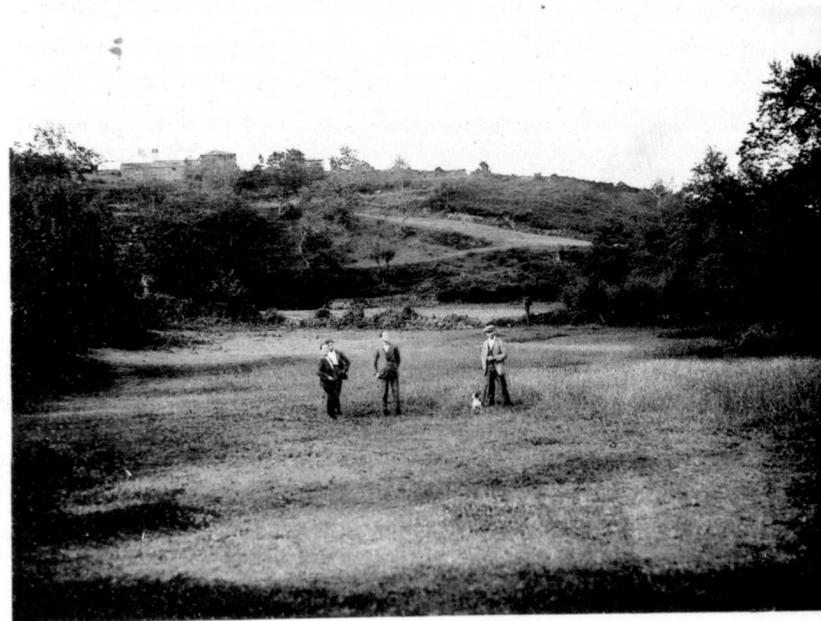
Más al S. los dos isleos graníticos se aproximan hasta no dejar posición a las pizarras y borrar los rastros de los criaderos ferríferos.

Banda pizarrosa de Guimarey.

Lo mismo que la de Vaamonde, está comprendida entre dos isleos laterales de granito, que distan entre sí 4 kilómetros en Guimarey, y cerca de 16 en Puertomarín. Los afloramientos repartidos en esta faja, que de uno a otro punto tendrá unos 28 a 30 kilómetros de longitud, son relativamente esca-



Al frente (S) disposición de todas las gradas y terraplenes



Depósitos hidroxidados sobre el estrato cristalino



Manto de hidróxidos modernos



Minas de La Rua, El Fucarón.

VALLE DE VALDEORRAS.

sos y únicamente importantes los de Guimarey y Guntín de Pallares. En Guimarey el yacimiento está constituido por tres filones paralelos de hidróxido concrecionado negro, cimentando pedazos de pizarra con frecuencia y separados entre sí por macizos de pizarra de 60 a 80 metros; los afloramientos se siguen en cosa de 1.000 metros en la parte principal, pero en realidad son 4.000 metros de corrida; la potencia varía de 2 a 7 metros y tiene 80 de cota sobre el valle; todos los afloramientos de esta serie están incluidos en las pizarras negras y guardan con ellas relación. Estos minerales son excelentes y dan una ley media que se aproxima a 55 por 100 de hierro, 6 a 8 por 100 de sílice y 0,2 a 0,3 de fósforo, es decir, un análisis parecido al de Vaamonde, aunque mejorado.

El yacimiento de Guntín, que es el más importante, varía bastante de forma; es un manto de hidróxido rojo muy poroso, formado sobre las pizarras lucientes, casi horizontales, por la circulación de las aguas entre detritus y cantos rodados de pizarras que han quedado en su masa, produciendo brechas en varios sitios; la superficie ocupada por el criadero, sobre una colina próxima a la carretera, será de 8 a 10 hectáreas, con alturas de brecha que llegarán hasta 15 metros, pero sin que se puedan tomar más de 5 como término medio. Con frecuencia el manto de los minerales porosos y de colores vivos está fracturado, y entonces en las grietas se alojan vetas de óxido compacto, luciente, típicamente filoniano, así como el poroso lo es de segregación.

Los demás afloramientos carecen en absoluto de valor industrial; el de los yacimientos de Guimarey y Guntín sería mucho mayor si pudiesen disponer del proyectado ferrocarril central gallego que, al principio y en mucho tiempo, sería de mejores resultados económicos que el de la costa (1).

(1) El desarrollo de las ideas económicas lo haremos al final, después de tratar las monografías.

Yacimientos cambrianos epigenéticos.

Por impregnación y reemplazamiento de materia.

Incluimos en esta clase los yacimientos de

Castelo (Vaamonde).

Puentedeume (Coruña).

Malpica (Coruña).

Respecto a los tres se pueden hacer algunas observaciones generales: en el mineral de todos ellos se encuentran trozos de las pizarras originales; la clase es siempre el hidróxido pardo, bastante compacto; ninguno de ellos tiene valor industrial, y todos están comprendidos en grupos de pizarras que tenemos por cambrianas, aunque sólo por deducciones y sin razones terminantes, según exponemos en la parte geológica y en las monografías correspondientes.

El yacimiento de Castelo consiste en afloramientos de óxido pardo a lo largo y al E. de las pizarras próximas a las cuarcitas de la sierra de este nombre; éste, como casi todos los criaderos de esta clase, profundiza poco, y así, desde 5 a 6 metros de anchura en la parte alta, llega a cero a la profundidad de 5 a 10 metros, siendo el largo de las labores de 300 a 400; la ley será de 42 a 44 por 100 de hierro, y se habrán arrancado unas 7.000 toneladas.

Al O. de Puentedeume, y en unas pizarras bastante grafitosas que llegan en Centroña al borde mismo del mar, donde hay practicadas, con escaso resultado, unas labores antiguas, se encuentran vetas de hidróxido y núcleos de pirita que pueden explicar las concentraciones de hidróxido.

En Malpica es aún más dudosa la clasificación de las pizarras, pues algunas son lucientes y contienen granates que, por su oxidación, contribuyen a la formación de mena; los crestones son de limonita muy buena; la cantidad de mineral es muy escasa, según se comprueba por la esterilidad de las labores.

Yacimientos cambrianos epigenéticos estratificados.

Por concentración de materia en capas sedimentarias.

Únicamente podemos citar el producido en unas pizarras que estarían a cosa de un kilómetro al O. de la estación de Vaamonde. Estas pizarras de aspecto cambriano; como todas las de la zona, tienen diseminados en sus lisos pequeños granos de magnetita que están muy compactos en el interior del horizonte pizarroso que las contiene, llegando a constituir un verdadero mineral en estas concentraciones centrales.

La potencia de estas pizarras llega a 6 y 7 metros, pero a medida que se reconocen las pizarras, alejándose de los núcleos, se encuentran con menor cantidad de granitos de óxido, hasta quedar limpias por completo.

En las partes altas el meteorismo ha producido crestones de hidróxido que tiende a disponerse en *bolas*, como los afloramientos de los criaderos silurianos; esta corrida de magnetita se comprueba en cuatro sitios, en unos 7.000 metros, pero no ofrece, exceptuando el señalado, más que cristalillos de magnetita unidos a filamentos de clorita y esparcidos en pizarras con cristales de silimanita y otros de metamorfismo.

YACIMIENTOS EN EL ESTRATO-CRISTALINO

Los depósitos de mineral de hierro son más bien raros en el arcaico de Galicia; los únicos que merecen la pena de ser citados son los del cuadro siguiente:

Superficiales . .	} Por precipitación química	Roupar.
		Cabreiros.
		Villalba.
Estratificados .	} Por impregnación y reempla- zamiento	La Pluma (Coruña).
		San Genjo (Pontevedra).
	} Por concentra- ción	Magnético de Foz.
Filonianos . . .		Los Peares (Orense).

Yacimientos superficiales.

Por precipitación química.

Los yacimientos comprendidos en esta denominación son los que se extienden en depósitos horizontales sobre las rocas del estrato-cristalino que constituyen la gran explanada de Villalba; los principales son: Roupar, Carboeiros y Coto Vieiro, cerca de Lanzós.

La colocación de los afloramientos guarda relación con las cuarcitas de Pena Goia y su prolongación, que son las que suponemos en la parte alta del estrato-cristalino, y esto es sin duda porque entre estos estratos cuarcitosos hay estratificada una brecha ferruginosa que, por medio de las aguas meteóricas, ha podido ser el manantial de los criaderos modernos.

Los depósitos son horizontales y, por consecuencia, discordantes con las rocas del arcaico. Sus potencias varían de pocos centímetros hasta cerca de 4 metros en Coto Vieiro; 1,50 a 2 metros, quizás, podría representar un buen término medio.

En general, estos yacimientos se extienden en las laderas poco pronunciadas contiguas a los altos que forman las cuarcitas de la Goia y enlazándose con los depósitos cuaternarios de la llanura.

Los minerales son de hidróxido compacto mezclado con limonita más terrosa y concentraciones de bióxido de manganeso, indicio de su formación moderna.

En casi todos los casos, debajo del depósito de hidróxido, se encuentra una capa de arenisca blanca, poco coherente, idéntica a los depósitos arenáceos del terciario de la costa; estos depósitos de arena blanca se prolongan hacia la llanura, pero sin el hidróxido que se superpone en las laderas de la corrida de cuarcitas.

Para apreciar el tonelaje de estos depósitos se precisan pocitos o sondeos muy repetidos.

En resumen, se trata de yacimientos terciarios colocados sobre rocas del estrato-cristalino.

Yacimientos estratificados.

Corresponden a las dos clases anteriormente vistas en el cambriano: por impregnación y reemplazamiento y por concentración; en la primera se pueden incluir los yacimientos de La Pluma y San Genjo, y en la segunda los de Olló de Mar, en Foz.

Se encuentra el yacimiento de La Pluma en una serie de micacitas que, en las proximidades de la Sierra de Monfero, se arrumban al NE. y parte de las cuales están reemplazadas por hidróxido pardo, conservándose marcada la pizarrosidad de los estratos lucientes. Los afloramientos se encuentran en una ladera, sin resalto ninguno y son de dimensiones muy reducidas.

Los criaderos de San Genjo, próximos a la península de Grove, en Pontevedra, se encajan en los altozanos de poco relieve que, a la orilla del mar, forman las micacitas con rumbo al N. Entre ellas, siguiéndolas a lo largo con ensanchamiento alternativo, se encuentran las vetas de óxido concrecionado que suelen ramificarse en las litoclasas perpendiculares a los estratos. Próximos a las micacitas doradas hay estratos carbonosos que parecen tener alguna relación con los yacimientos, cuyo origen está en el fácil acceso de las aguas meteóricas por un nivel de las micacitas; los depósitos más importantes son los que corresponden a los arroyos o depresiones que conducen las aguas a la orilla. Las mayores medidas llegarán de 30 a 50 metros de largo, 8 de ancho y 3 a 5 de alto, y será de unos 10 el número de pequeños afloramientos.

Entre las micacitas de Foz (Olló de Mar) se encuentra

un yacimiento de magnetita concentrada análogo al de Vaamonde (1) y, como todos los de este grupo, de escasa importancia industrial.

Yacimientos filonianos.

Como ejemplo de esta clase de depósitos podemos citar el mineral magnético de Los Peares, en Orense. El criadero está constituido por un filón de magnetita, de un metro de potencia y casi vertical, que corta las micacitas y el gneis granitoide. Los principales afloramientos están en las abruptas laderas del arroyo Froxan, alcanzando un desnivel de 300 metros desde la rasante de la vía hasta el alto, y con un recorrido de unos 500 metros; es la magnetita más pura de Galicia.

(1) Página 229.



VII

MINERALES

Las menas que se conocen y explotan en Galicia pocas veces se pueden considerar como minerales, en el sentido de especies mineralógicas, pues son en su mayoría verdaderas rocas elevadas a menas por su proporción de metal, siendo en ellas regla general la mezcla o combinación de los compuestos ferruginosos con la sílice y diversos silicatos.

Según el punto de vista que se tome, se pueden establecer diferentes divisiones, el fundamento de las cuales puede ser: industrial, científico o genético. Razonaremos brevemente por qué adoptamos, como más natural, la que se refiere a su modo de formación.

De un modo industrial, las menas de hierro se dividen en dos grandes apartados, según contengan o no suficiente cantidad de fósforo para el procedimiento básico de Thomas. Los minerales considerados como no fosforosos y apropiados para el procedimiento Bessemer son los que no pasan de 0,05 de fósforo, mientras que se tienen como francamente fosforosos los que pasan de 0,6 a 0,7 de fósforo.

Esta división es esencial desde el punto de vista mercantil, pues como las fábricas necesitan utillaje diferente para consumir una u otra clase de mena, resulta que los mercados son diferentes y no siempre semejantes las fluctuaciones de sus precios, que hasta ahora, y de un modo general, han sido más bajos, pero más sostenidos, para los minerales fosforosos.

Entre los dos tipos señalados hay otros intermedios por su contenido en fósforo y de más difícil colocación en el mercado.

La mayoría de las menas gallegas son fosforosas, y desde luego a ellas pertenecen los dos millones y medio de toneladas exportadas de los yacimientos de Villaodrid y Vivero.

Además de éstas se habrán vendido unas 50.000 toneladas de Vaamonde, con una ley de 0,3 de fósforo, que corresponde al mineral intermedio. El punto de vista del precio nos llevaría, de un modo lógico, al estudio de sus variaciones, pero éstas y las deducciones que se puedan hacer, las reservamos para la tercera parte de esta obra, donde tendrán su lugar apropiado.

El fundamento puramente científico sería del mismo modo improcedente, pues siendo las menas rocas y no minerales, no nos podría servir el estimable intento mineralógico más que para seguir especulativamente especies muy comunes, como la limonita, junto a otras escasamente representadas. Doy a continuación la lista de las especies de la familia del hierro que hasta ahora he encontrado en Galicia, la cual evidenciará la incongruencia señalada:

Lista de las especies de minerales de hierro encontradas en Galicia y occidente de Asturias ⁽¹⁾.

- PIRROTINA (PIRITA MAGNÉTICA).—Orense.
 PIRITA DE HIERRO (PIRITOEDRO).—Villaodrid (Lugo), etc.
 MARKASITA (CRESTA DE GALLO).—Vivero (Lugo), etc.
 MISPIKEL.—Valdoviño (Coruña), Naipín (Lugo), etc.
 MAGNETITA.—Los Peares (Orense), Vivero (Lugo), Porcia (Asturias), etc.
 OLIGISTO (EISSENROSE).—Cerdido (Coruña).—Veiga de Logares, etc.

Serie hidroxidada:

- GOETHITA.—Leitariegos (Asturias).
 LEPIDOCROCITA.—Villaodrid (Lugo), etc.
 LIMONITA.—Vaamonde (Lugo), etc.
 LIMNITA (HIERRO PICEO).—Guitiriz (Lugo), etc.
 AFINES A LOS DE PANTANOS.—La Rua (Orense), etc.
 SIDEROSA.—El Cairo (Lugo), etc.
 ELEONORITA (FOSFATO HIDRATADO).—Vivero (Lugo).
 ARSENIOSIDERITA.—Los Baos (Cangas, Asturias).
 VAVELITA (CLORITA FERRUGINOSA).—Villaodrid (Lugo).
 LUCITA (S. N. [^])? (CLORITA FERRUGINOSA).—Vivero (Lugo).
 AFINES A LAS TURINGITAS, Vivero, Villaodrid, Freijo, etc., y otros silicatos ferruginosos.

La ordenación de las menas con arreglo a las cantidades que se pueden estimar en las cubicaciones nos conduciría a dividir las en cuatro apartados:

(1) Véase plano de distribución de riqueza minera.

- 1.º Minerales cloritoso-carbonatados.
- 2.º Hidroxidados.
- 3.º Magnéticos; y
- 4.º Carbonatos.

Y esta división subsiste atendiendo a su modo de formación, con lo cual resulta la más natural, puesto que sin perder de vista el concepto industrial, nos conduce al estudio de la génesis por clases. La seguiremos como norma, exponiendo las más importantes, y al final, al tratar de la génesis, haremos algunas consideraciones respecto a los distintos minerales, particularmente sobre aquellos que por su gran repartimiento pueden contribuir a la formación de los yacimientos, como son las piritas.

En realidad, y siguiendo el criterio genético, las cuatro clases se vienen a reducir a dos: minerales oolíticos y minerales hidroxidados; y decimos esto, porque parte de los hidroxidados y los magnéticos se incorporan a los oolíticos, mientras que los carbonatos son siempre formas secundarias derivadas de los criaderos preexistentes y representan una pequeña parte de los horizontes cambrianos y silurianos en la separación de Asturias y Galicia, se refieren a un punto especial y carecen de importancia industrial en Galicia, por lo que preferimos no incluirlos y dejar su estudio para las monografías, con lo cual ganará en unidad esta nota, en la que tomaremos como fundamentales los minerales oolíticos con su deformación magnética y los hidroxidados en su origen. Estas mismas tres clases: oolíticas (a), magnéticas (b) e hidroxidadas (c), han sido también las únicas explotadas.

(a) **Minerales oolíticos del siluriano.**—Los minerales oolíticos son los que corresponden al horizonte clásico del siluriano y forman la base del tonelaje en reserva; las

explotaciones principales sobre esta clase han sido las minas de Villaodrid. Casi idénticos a estos minerales son los del mismo sinclinal, de San Pedro del Río y Penamil; después de ellos y como los más parecidos, entre los silurianos, están los de Fonsagrada y Pena Sabel (San Clodio).

Estas menas son las equivalentes a las extranjeras del mismo horizonte geológico: idénticas en constitución, análisis y hasta en fauna microscópica contenida; están en el mismo horizonte que los de Bretaña y Normandía, tienen la misma presentación que las chamositas y turingitas de Bohemia y Turingia, e incluso los de Clinton, en Norteamérica, aunque contenidos al parecer en estratos del siluriano superior; son, como los ordovicienses, clásicamente oolíticos. Todos los crestones de estos yacimientos se ofrecen siempre en forma hidroxidada, y así en las explotaciones hay dos clases: una de óxido que no necesita operación previa para entrar en el mercado, y otra, la más importante en cantidad, de mineral de profundidad, que necesita calcinación para su venta. Hasta fines del año 1914, se habían embarcado en Ribadeo 1.491.467 toneladas procedentes del coto de Villaodrid, y de las cuales 1.000.000 próximamente habrán sido de hidróxido (mineral *rubio*) y 500.000 de carbonato calcinado (1).

(b) **Mineral hidroxidado.**—El mineral hidroxidado comprende todos los depósitos filonianos y de segregación que en tiempos pasados surtieron a las *ferrerías* de primeras materias; por consideraciones que expondremos en la parte industrial, quizás se pueda apreciar en 1.000.000 el tonelaje total extraído para las forjas. La única explotación de los tiempos modernos, sobre esta clase de mineral, es la realizada en Vaamonde, que ha llegado a unas 50.000 tone-

(1) Véase pág. 171.

ladas, embarcadas por el puerto de La Coruña. Corresponden a esta clase de minerales los crestones de las capas silurianas y todos los filonianos y de segregación; de cualquier modo, la cantidad por ellos comprendida es muy inferior a la de los cloritoso-carbonatados.

(c) **Minerales magnéticos.**—Los únicos minerales magnéticos son los explotados en Vivero, y de los cuales se habrán embarcado próximamente 1.000.000 de toneladas (1). En realidad, estas menas magnéticas proceden de las cloritoso-carbonatadas por deformación de metamorfismo. Los minerales magnéticos no se encuentran más que en la proximidad de las rocas eruptivas, y el tonelaje que de ellos se puede evaluar es mucho menor que en las clases anteriores.

Dentro de cada clase de las indicadas, manifestaremos también las variaciones más salientes de cada uno de los yacimientos.

Esta preponderancia que hacemos de los minerales, dentro del plan general de los criaderos, la estimamos muy justificada, porque así como los cortes stratigráficos y estudios geológicos fijan la posición de los yacimientos como términos geológicos y dan su verdadera importancia de conjunto, son a su vez las observaciones sobre los minerales y sus análisis microscópicos los que concretan su personalidad y nos ponen en camino de aclarar su génesis y las evoluciones sufridas, unificando de este modo, con frecuencia, yacimientos de aspecto y presentaciones muy diversas, y procurándonos al mismo tiempo deducciones muy estimables para la ubicación de los criaderos.

(1) Véase pág. 180.

Siendo el análisis microscópico una de las partes más importantes y originales que he realizado dentro del estudio de las menas de hierro, debo advertir que en este primer tomo no incluyo más que las ideas expositivas generales, dejando para las monografías, en el tomo segundo, el estudio de las formas especiales y la evolución y transformación que sufren en cada caso.

Parte de las fotografías que publico las exhibí en la Exposición de Ingeniería (Madrid, Octubre de 1919), sin que, como todos los demás trabajos y objetos, se pudiesen hacer constar siquiera en lista, pues por falta de consignación y organización no se pudo publicar el Catálogo.

MINERALES

CLORITOSO-CARBONATADO-OOLÍTICOS

Los de Villaodrid, San Pedro del Río, Penamil, San Clodio y Fonsagrada, son los que mejor representan la denominación específica que comprende a esta clase de minerales.

Todos ellos son muy compactos, de dureza desigual, de 3,5 a 4,5, y con una densidad en masa de 3,7 a 4,5. El color es gris ceniza con tonos rojizos, debidos a su principio de alteración, y otros verdosos por la presencia de la clorita. Su fractura es uniforme y granular, pero con variación en la dimensión de los granillos, pues en los de Villaodrid, San Pedro, y aun algunos de Fonsagrada, se distinguen los oolitos hasta de cerca de 2 milímetros, mientras que en los de Penamil y San Clodio el grano es sumamente fino, aunque discernible a simple vista en la fractura. La mayoría son de 2 a 4 décimas de milímetro, visibles con lente ordinaria.

De todos ellos, el mineral que tiene más grabadas las características del grupo es el de Villaodrid, y a él nos referiremos más precisamente al hablar en general.

Dos maneras principales tiene este carbonato cloritoso de ofrecerse: macizo, formando capas compactas, o como *bolas* encerradas en las concéntricas y delgadas envolventes de hidróxido; ambas maneras dependen de la mayor o

menor meteorización que sufren, o sea, como regla general, de la posición que tienen respecto al nivel hidrostático.

Ya hemos dicho en la parte geológica, que las capas productivas del siluriano suelen estar muy levantadas y corren según los valles mayores labrados, por efecto de la dureza de las cuarcitas, a lo largo de éstas, quedando cortada la corrida de mineral por los pequeños afluentes perpendiculares. Conforme a esta disposición, todas las partes altas se encuentran transformadas en hidróxido, y lo mismo ocurre en todas aquellas grietas verticales que, con frecuencia, cortan a estos criaderos, y por las cuales penetran las aguas meteóricas produciendo columnas de hidróxido como resultado del prolongado ataque.

La transformación de la mena en óxido hidratado se inicia por la circulación de las aguas activas meteóricas entre las litoclasas que fraccionan en sólidos independientes las capas del carbonato cloritoso uniforme; estas series de fracturas, según tendremos varias ocasiones de ver en las descripciones geológicas, son tres, frecuentemente según planos cartesianos perpendiculares, y así, los bloques en que queda seccionada la capa son a modo de paralelepípedos, poco desiguales en la mayoría de los casos, en razón de la misma homogeneidad. Las disoluciones meteóricas, al circular entre estas litoclasas, empiezan el ataque de cada trozo rodeándole por completo, y avanzan, paulatinamente y con pérdida de su actividad química, hacia el interior del núcleo; la alteración se interrumpe por varias causas: por difícil penetración de las disoluciones en la roca, por anulación en su poder de alteración al haberse neutralizado en el trayecto recorrido, o por agotamiento o escasez del vehículo líquido. De cualquier modo, el ataque se paraliza en una envoltura delgada que rodea el sólido que se considere.

Al reanudarse y suspenderse simultáneamente el ataque por lluvias más abundantes, sequías, cambios de estación, etcétera, se van produciendo de fuera a dentro capas bien distintas, arreglándose en ellas las costras del óxido formado y las láminas de granos de sílice no incorporados, produciendo una repetición de delgadas capas de hidróxido y sílice, las cuales, a medida que se adentran hacia el núcleo, se van haciendo más redondeadas, suavizándose y esfumándose en ellas la figura exterior y primitiva del bloque, y a la cual quedan concéntricas todas las demás superficies envueltas.

Según la intensidad de alteración, ésta alcanza más o menos a los núcleos interiores, que son de carbonato, u oquedades vacías, o con parte arenosa de relleno.

Este es el mecanismo que produce la disposición en *bolas* de estos minerales, la cual es sumamente característica de los crestones silurianos, de tal modo, que sirve para identificar el origen de algunos depósitos (1).

Análisis de los minerales de Villaodrid.— Los que sirvieron para la Memoria de constitución de la Sociedad Minera de Villaodrid, fueron hechos en los Laboratorios de Tatlock and Thomson y Forges et Aciéries de Denain et Anzin, y dieron por resultado, en análisis completo:

(1) Las reacciones químicas de este proceso las estudiaremos en la formación de los minerales hidroxidados.

	Tatlock and Thomson.	Forges et Acieries, etc.
Peróxido de hierro.....	65,82	73,61
Protóxido de hierro.....	17,56	»
Óxido de manganeso.....	0,70	0,21
Cal.....	0,82	0,50
Magnesia.....	0,11	0,58
Alúmina (soluble).....	2,31	2,03
Sílice.....	10,76	12,50
Ácido carbónico (pérdida por calcinación)....	0,80	9,30
— sulfúrico.....	0,10	»
— fosfórico.....	1,54	1,76
— arsénico.....	0,05	»
— litérmico.....	0,22	»
Óxido de cobre.....	»	»
Agua de combinación.....	1,01	»
TOTAL.....	101,80	100,49

Siendo las equivalencias, respectivamente:

	Tatlock and Thomson.	Forges et Acieries, etc.
Hierro.....	58,34	51,53
Manganeso.....	0,50	0,15
Azufre.....	0,04	»
Fósforo.....	0,67	0,76
Arsénico.....	0,03	»
Humedad.....	0,91	»
Cobre.....	»	»

Veamos las variaciones de los tres elementos principales: hierro, fósforo y sílice.

Desde el momento que la explotación estuvo en marcha, se modificaron gradualmente los análisis del mineral en los diferentes cargamentos, hasta llegar a dar 46 por 100 como término medio de hierro, y aun menos en muchas ocasiones, siendo los límites del hierro desde 44 a 48, pero para

alcanzar esta última cifra se precisa una selección escrupulosa de los productos que se extraen del horno. El fósforo apenas ha sufrido variación, y generalmente oscila de 0,6 a 0,8. En cuanto a la sílice sube con la calcinación, entrando a reemplazar con el hierro la pérdida de materias volátiles y humedad, de las cuales se desprende en el horno; oscila de 12 a 20 por 100, y aun ha subido en ocasiones a mayor cantidad; sin embargo, es la sílice el único elemento perjudicial que se puede en parte eliminar con operaciones mecánicas, enriqueciendo el producto en metal.

La sílice se encuentra en estos minerales en forma de clorita en su mayor parte, según veremos en el estudio micrográfico, y en granos de arena sueltos en las delgadas láminas interpuestas entre las capitas que forman las *bolas*; esta última es la sílice que se puede combatir, pues en los diferentes fraccionamientos que sufre el mineral, por su arranque y transportes sucesivos hasta llegar al depósito de carbonato crudo, se va soltando la arena interpuesta, pasando al menudo; por consecuencia, las operaciones de cribado o lavado restarían una buena cantidad de sílice, que simplemente queda evitada separando el menudo.

Estas diferencias señaladas entre los análisis obtenidos en la iniciación de un negocio y los que luego resultan en la práctica de la explotación, son debidas a nuestro entender, a la excesiva generalidad que se concede a las primeras muestras tomadas sobre escasa cantidad de mineral y que sólo deben referirse a los afloramientos y a las exploraciones practicadas. En minerales como el hierro, en que la uniformidad del producto debe ser una de las garantías de éxito económico, creemos que no deben nunca aceptarse como de utilidad análisis que estén tomados sobre cantidades inferiores a 500 toneladas de mena del afloramiento o punto que se considere.

Análisis de los minerales de San Pedro del Río.

Los minerales de San Pedro del Río, muy parecidos macroscópicamente a los de Villaodrid, han dado los resultados siguientes, en el Laboratorio de Mr Riley, en Londres:

	Rubio.	Carbonato.
Peróxido de hierro.....	66,13	18,65
Protóxido de hierro.....	Trazas.	36,63
Sulfuro de hierro.....	0,122	0,82
Ácido sulfúrico.....	Trazas.	Trazas.
Sílice.....	14,90	9,51
Alúmina.....	4,92	3,40
Óxido de manganeso.....	0,35	0,52
Cal.....	0,22	2,20
Magnesia.....	Trazas.	1,02
Ácido fosfórico.....	1,88	1,32
» arsénico.....	0,063	Nada.
Óxido de cobre.....	Nada.	Nada.
Ácido carbónico.....	Trazas.	22,50
Agua combinada.....	10,26	2,53
Humedad.....	1,16	0,72
TOTAL.....	100,005	99,82

Siendo las equivalencias:

	Rubio.	Carbonato.
Hierro metálico.....	46,35	41,92
Azufre.....	0,65	0,44
Fósforo.....	0,82	0,578
Arsénico.....	Trazas.	»
Pérdida por calcinación.....	»	21,95
Hierro metálico.....	»	53,71

Los análisis de estas muestras, facilitados por el Ingeniero D. Ricardo de Gondra, parecen bien tomados y no han de diferir gran cosa de los resultados de explotación, a

juzgar por el conocimiento que tenemos de los de las minas análogas en marcha actual.

Análisis de los minerales de Fonsagrada.—Bastante parecidos son los análisis de las menas de Fonsagrada, a juzgar por los siguientes datos del Laboratorio de D. Juan del Castillo, en Gijón:

	Muestra de carbonato y rubio.	Después de calcinada.
Pérdida al fuego.....	13,20	Nada.
Hierro al estado de óxido ferroso.....	1,08	Nada.
Hierro al estado de óxido férrico.....	69,36	80,82
Óxido de manganeso.....	6,12	7,61
Alúmina.....	1,03	1,16
Cal.....	0,22	0,25
Magnesia.....	0,17	0,19
Arsénico de arseniuros y ácido.....	Nada.	Nada.
Ácido fosfórico.....	0,96	1,101
Azufre de sulfuros y sulfatos.....	Nada.	Nada.
Sílice pura por disgregación.....	7,90	9,04
TOTAL.....	100,04	100,171

Siendo las equivalencias:

	Muestra de carbonato y rubio.	Después de calcinada.
Hierro metálico.....	49,21	56,78
Manganeso.....	4,82	5,55
Arsénico.....	Nada.	Nada.
Fósforo.....	0,421	0,485
Azufre.....	Nada.	Nada.
Humedad de la muestra natural.....	1,73	»

Observación.—En la pérdida por calcinación va incluida el agua combinada, la pequeña cantidad de materia orgánica y la cantidad de ácido carbónico.

Los minerales de San Clodio, en Quiroga, son de grano mucho más fino y uniforme, de un gris más claro, y en ellos no se descubren los oolitos, ni con lente fuerte. Son muy características en estos minerales las delgadas vetas de clorita en escamas y otras de cuarzo y siderosa cristalizada; el espesor de estos filoncillos queda a veces reducido a pocos milímetros.

En cuanto a estas menas de Quiroga, por citar todas las más importantes entre las cloritoso-carbonatadas, no tenemos los datos totales de los análisis practicados por el Laboratorio de John S. Arnott, de Gijón, pero sabemos que después de calcinadas las muestras acusaron de 54,90 a 55,11 de hierro, 0,81 a 1,3 de fósforo y 7,86 a 11 de sílice; oscilando de 11 a 27 por 100 la pérdida por calcinación.

Análisis término medio.—Vemos, según los datos anteriores, que los análisis de esta clase de minerales tienen una cierta homogeneidad. Revisaremos las proporciones de los componentes.

El hierro, cuyo origen investigaremos ampliamente en el estudio de la formación, varía de 40 a 48 por 100, sin llegar a la mitad de la composición.

La cal, aunque en pequeña cantidad, siempre está representada; pocas veces baja del 0,5 por 100, y llega hasta 3 y 4 por 100; su término medio quizás se aproximará a 2,50 por 100. En general se supone de origen orgánico, y su constancia y difusión es uno de los argumentos de la escuela que sostiene el origen metasomático de la mena como derivada de una caliza original.

La magnesia también está presente en casi todos los análisis, pasando rara vez de 2 por 100; su término medio podrá estar representado por 1 y unas décimas. Su origen

está, sin duda, en los silicatos complejos que siempre contienen estos minerales.

Mucho más predominante que los elementos anteriores es la alúmina, que lo más frecuentemente se determina sólo en su parte soluble, y suele llegar hasta un 6 por 100; la suma de alúmina soluble e insoluble asciende, en general, de 8 a 10 por 100; su presencia es muy característica en los minerales de horizonte paleozoico. Sigue, pues, la alúmina su relación general de paragenesis con el hierro, y más acentuada en los minerales pisolíticos, en los cuales, y por grados insensibles de la serie, se puede llegar hasta las bauxitas, pues ambos hidróxidos, de aluminio y hierro, tienden a la forma globular. Quizás parte de la alúmina se pueda derivar de la iniciación de un proceso laterítico, pero lo más probable es que su origen esté en la arcilla aportada por las corrientes desde el principio de la formación.

En cuanto a la sílice, único elemento perjudicial que se puede eliminar parcialmente, no suele descender de 12 ó 14 por 100, y llega a cerca de 30 en algunos minerales deformados por silicificación; la calcinación aumenta su proporción en la mena, puesto que no sufriendo alteración en la operación, entra a reemplazar en parte a la pérdida de materias volátiles; la única sílice que se puede eliminar es la que se suelta en granos de arena en los minerales que han sufrido un principio de meteorismo, marcando su división en bolas. La sílice contenida en forma de silicatos, que es su mayor parte, no se puede eliminar ni disminuir, pues, como veremos en el estudio micrográfico, forma parte integrante de la trama de la roca en los oolitos del depósito. Su enlace con la magnesia, hierro y alúmina merece una observación, y es que para practicar el análisis de estos minerales deben fundirse previamente con bisulfato potásico o carbonatos alcalinos para que rindan todas las unidades de

hierro y acusen la sílice contenida. En realidad, parece que la mayor cantidad de sílice procede de acumulaciones posteriores al depósito primitivo, puesto que, según veremos en el estudio micrográfico, no se encuentran granos de cuarzo que se puedan suponer clásticos, sino conteniendo inclusiones que demuestran su origen secundario, bien sea por quedar libre en la descomposición de otros silicatos o por su introducción posterior, en forma de sílice coloidal, por medio de las aguas meteóricas.

El ácido carbónico es sumamente variable, y es natural que así ocurra, pues estos minerales son mezcla de silicatos y algo de carbonato que con facilidad pasa a óxido al recibir el ataque de las aguas meteóricas; como término medio quizás pueda darse del 10 al 15 por 100 en las menas algo oxidadas y que contienen cristallitos abundantes de magnetita, mientras que llegará a 20, y aun pasará algo, en las menas muy carbonatadas, como las de San Pedro del Río y San Clodio.

Siempre contienen los minerales alguna substancia orgánica (no llega a 0,5 por 100), que con frecuencia se determina con el ácido carbónico.

El fósforo es uno de los elementos de menor variación y más constancia en estos minerales silurianos; no baja, en general, de 0,6 ni suele pasar de 0,9, es decir, lo suficiente para que entren las menas de un modo franco en el cuadro de los minerales fosforosos; a veces, sin embargo, pasa de 1 por 100 la cantidad de fósforo, aumentando con ello sus buenas condiciones de mercado, pues hay costumbre de contar, en las ventas, un chelín por unidad de fósforo.

Este elemento es indudable que procede de los organismos que lo contienen y formaban parte del primer depósito; su tanto por ciento indica el grado de concentración y diseminación de los restos; en sedimentos actuales costero-

ros y muy cargados de conchas y organismos, se ha llegado a dosificar del 1 al 2 por 100.

Procediendo esta aglomeración de detritus orgánicos de los litrales o lugares donde la circulación de las aguas favorece el desarrollo de organismos, y en los que, como es consiguiente, se produce la extinción de vida en grandes cantidades al suspenderse anormalmente las condiciones favorables, puede decirse, en cierto modo, que el fósforo demuestra las concentraciones de elementos vitales realizadas por las corrientes y movimientos marinos.

El azufre no suele llegar a más de 0,6 por 100, faltando casi siempre; procede de las piritas y minerales metálicos fijados en la masa mineral por reducción; sin embargo, algunas veces se encuentran en las fallas vetillas de origen filoniano (1).

El arsénico es aún más raro que el azufre, y no pasa de unas centésimas cuando se encuentra; proviene del mispikel asociado a las piritas; en algunos minerales paleozoicos que se asientan en las cuarcitas silurianas, llega a cantidades apreciables y muy perjudiciales (2).

Las características macroscópicas y los análisis de los diversos tipos de deformación (segundo sinclinal), las daremos dentro del estudio micrográfico, al llegar de un modo lógico a sus formas.

Como resumen de los análisis, podemos decir que los componentes esenciales de estos minerales son: el hierro, cal, magnesia, alúmina, sílice, fósforo y ácido carbónico con algo de substancia orgánica.

Al estudiar la formación de los criaderos procuraremos fijar el origen de cada elemento componente.

(1) Vivero, Villaodrid, Vilargondurfe. Véase «Nota sintética de los Criaderos», páginas 170, 172 y 184.

(2) Véase Naipín, págs. 217 y 218.

MINERALES HIDROXIDADOS

Antes de abordar los minerales gallegos de este grupo, consideramos imprescindible precisar las ideas mineralógicas que nos permitan ordenar la clasificación y nomenclatura de las diferentes formas encontradas. Y lo juzgamos preciso para oponernos a la confusión que produce el empleo de un solo nombre al cubrir todos los términos de una serie de diez, elevados a especies por los mineralogistas con argumentos no del todo decisivos en la mayoría de los casos, y que, sin embargo, tienen grandes diferencias morfológicas, aun dentro de la misma composición. En nuestra zona los mineros incultos emplean la denominación exclusiva de *rubio* para todos los términos. Después de exponer el cuadro completo y nuestras ideas, estudiaremos las menas gallegas.

Los minerales de esta sección forman una verdadera serie que, empezando en la hematites roja, que es el óxido férrico anhidro, termina en los minerales de pantano, que llegan hasta el 24 por 100 de agua de combinación. La escala de las fórmulas y análisis de las distintas especies admitidas, fué incluida primero por Dana en su *Mineralogía*, siendo más tarde propuesta ordenadamente por Clarke en su *Geochemistry* y repetida por diferentes autores americanos; es la que incluimos, con alguna ampliación, para hacer más patente la gradación, poco determinada, de sus tránsitos. Las especies admitidas son las siguientes:

ESCALA HIDROXIDADADA DE LOS MINERALES DE HIERRO

NOMBRES DE LAS ESPECIES	Óxido férrico.	Agua contenida por 100.	FÓRMULA	Dureza.	Densidad.	Cristalización.	Rayas.
Hematites (oligisto)	100,00	0,00	Fe_2O_3	»	»	Rómbica.	Morada.
Turgita	94,7	5,3	$2\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_4\text{O}_3(\text{OH})_{21}$	5	3,6	Amorfa.	Roja.
Goethita	89,89	10,11	$2\text{Fe}_2\text{O}_3, 2\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_4\text{O}_4(\text{OH})_{14}$	5-5,5	3,8-4,2	Rómbica.	Amarilla.
Lepidocrocita....	85,50-85,53	12,20	{ Ullmann. } { Lacroix. }	3,5	3,7-3,8	Tendencia rómbica.	»
Limonita	85,56	14,44-14,5	$2\text{Fe}_2\text{O}_3, 3\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_4\text{O}_5(\text{OH})_6$	5-5,55	3,4	Amorfa.	»
Stilpnosiderita (negro piceo) ..	82,87	13,46-14,40	{ Ullmann. } { Schmidt. }	4,5-5	3,6-3,8	»	»
Xanthosiderita ...	81,60	18,4-18,88	$2\text{Fe}_2\text{O}_3, 4\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_4\text{O}(\text{OH})_8$	{ Hausmann }	2,5	»	»
Desconocido.....	»	»	$2\text{Fe}_2\text{O}_3, 5\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_4\text{O}(\text{OH})_{10}$	»	»	»	»
Limnita (var humifera y fosforosa de limonita)	74,70	25,30	$2\text{Fe}_2\text{O}_3, 6\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_4(\text{OH})_{12}$	»	»	»	»
Hierro de pantanos.....	20-60	7 a 30	»	»	»	»	»

La turgita, que es el término menos hidratado de la serie, se suele presentar en masas compactas, de fractura concoidea plana, color pardo rojizo y raya rojiza; por lo general, es la única especie que da la raya de este color dentro de la serie hidratada. A este mineral compacto se ha referido por Hausmann la Hidrohematites de Breithaupt, que se parece a la hematites parda en su textura, pero que tiene color más oscuro y más densidad; su grado de hidratación no pasa tampoco del 5 por 100.

A medida que se avanza en el grado de compacidad y aparecen las formas butroides al exterior, se van indicando las formas cristalinas de la goethita, las cuales, por lo general, se traducen en agrupaciones fibrosas esferolíticas, en las que no se diferencia bien más que la repetición de la arista vertical y estrechas caras, hasta merecer la goethita los nombres de *hierro acicular* y *mica rubino* por el brillo diamantino de sus agrupaciones, y lepidocrocitas (1) sus variedades afines en cristalización.

Ni la dureza ni el peso específico de la goethita son fijos, y esta variabilidad se acusa hasta en el análisis, pues suele contener algo de sílice o manganeso. En cambio la goethita no sufre ninguna alteración, es la única que cristaliza de un modo definido, y su cantidad de agua combinada parece estar sometida a menores fluctuaciones que la correspondiente a las demás especies; Fischer ha llegado a afirmar que de todos los óxidos hidratados sólo está bien definida la goethita, pues el agua en las demás formas no entra en combinación, con lo cual, en pureza, no se las podría aceptar como especies.

En cuanto a las lepidocrocitas, señaladas como especies por Ullmann y reunidas después por Lacroix en su *Mineralogía de Francia y sus Colonias*, están formadas por la

(1) Nombre griego que alude a su constitución escamosa.

agrupación de individuos microcristalinos en masas, que producen agregados hemisféricos o vermiformes de estructura fibrosa y superficie por lo general granuda y escamosa. La composición es muy parecida a la goethita, pero contienen con frecuencia de un 2 a un 5 por 100 de óxido de manganeso; subsiste la poca determinación en cuanto a sus características de dureza y densidad. El grado de hidratación aumenta, pero no lo suficiente para poderse referir a la fórmula de la limonita. Algunos mineralogistas, como Rammelsberg, se inclinan a considerar las lepidocrocitas como procedentes de la unión de la limonita con la goethita, entre las cuales ocupa el término medio en cuanto a grado de hidratación.

La hematites parda o limonita es la forma más estable, dentro de la escasa precisión de los términos de la serie, y así se ve cómo hacia su análisis tienden a la larga todos los precipitados obtenidos en los Laboratorios y las formas oxidadas naturales, pues lo mismo el oligisto, que la magnetita, que el hierro de pantanos, es decir, los extremos anhidros, hidratados o escasamente oxidados, van evolucionando en cantidad de agua y oxígeno, por vía meteórica, hasta alcanzar, más o menos aproximadamente, la fórmula de la limonita. Su textura, así como sus características, son bastante variables, y entre sus formas se comprenden minerales testáceos fibroso-radiales que se enlazan con las lepidocrocitas y otros más blandos, porosos y deleznales que llegan a confundirse en su aspecto con la limnita y el hierro de pantanos. Algunas veces se encuentran preciosos ejemplares irisados. Según Lacroix, en algunas limonitas fibrosas se reconoce la cristalización rómbica, crucero g_1 y policroísmo intenso. Por pura que sea la muestra, suele contener algo de sílice, ácido fosfórico y orgánicos.

Son tales las diferenciaciones de la limonita, que por

mucho tiempo y por los más distinguidos mineralogistas, se han establecido separaciones que son perfectamente naturales, aun cuando los análisis resulten aproximadamente iguales; así, entre la variedad compacta de formas butroides y fractura brillante, o la terrosa, o la pisolítica contenida en terrenos más modernos, y hasta los hierros de pantano, de composición parecida, hay más distinción aparente que entre muchas especies minerales distintas, y esto explica el número de variedades señaladas por Dufrenoy, clasificadas del modo siguiente y por edades de un modo relativo:

- 1.º Hematites parda.—Concrecionada y fibrosa.—Terrenos antiguos.
- 2.º Mena en roca.—Compacta.—Terrenos secundarios (calizas).
- 3.º Mena geódica o oetita.—Terrenos modernos con minerales en granos.
- 4.º Mena en granos (pisolíticos).—Terrenos terciarios.—Mezclados con arcillas.
- 5.º Mena oolítica.—Jurásico.—Minerales oolíticos pardos.
- 6.º Mena térrea.—Como límites las formas arcillosas y los ocre.
- 7.º Mineral resinoso de pantanos.
- 8.º Mineral pseudomórfico y epigenético.

Los análisis de estas variedades varían del 70 al 82 por 100 de óxido férrico y del 13 al 15 por 100 de agua.

La stilpnosiderita de Ullmann tiene trozos compactos y muy negros, por lo que se le ha conocido también por hierro piceo, pero su raya sigue siendo amarilla como en toda la escala hidratada, y en general es más porosa que las limonitas, aproximándose en parte a las masas blandas

de los depósitos de pantanos. Son variables su dureza y densidad. En el análisis acusa hasta 3 por 100 de ácido fosfórico y 0,67 de sílice; y estas diferencias, con la poca precisión respecto al agua, han producido distintos criterios en cuanto a su fórmula: Kobell supone que se puede referir a la goethita, mientras que Ullmann la supone variedad de hematites parda con algo menos de agua en su composición.

En la xanthosiderita, aunque con mucha menor cohesión, se vuelven a repetir las formas fibrosas radiales de finas agujas rectas, dispuestas normalmente a delgadas capitas concéntricas; por lo general es traslúcida, con brillo sedoso y se puede aplastar entre los dedos, por lo cual parece una goethita a falta de consolidarse. Y esta es la opinión de Tschermak, que la supone formación epigenética con el aspecto de goethita; algún otro autor (Zerrenner) cree se trata de una pseudomorfosis de pirolusita, por sus formas.

Por fin, la limnita (1) y los minerales conocidos como hierros de pantano tienen texturas muy variadas, pero siempre más o menos flojas o esponjosas; en ellos son frecuentes los colores amarillos y rojos de los ocre, pero en general su raya es amarillenta. Son con frecuencia fosforosos y tienen porciones con brillo vítreo y resinoso.

La misma stilpnosiderita se puede suponer formando extremo en estos minerales de formación reciente, y en los cuales las variaciones de presentación llegan a su grado máximo con formas porosas, de láminas brillantes, tubulares, etc., siempre poco consistentes y de colores más bien vivos. Las variaciones en el análisis son grandísimas, de tal modo que su sola consideración destruye la idea de especie. En los diferentes análisis encontrados hemos visto variar el óxido férrico de 20 a 60 por 100, y el agua de 7 a 30 por 100; casi siempre contiene algo de óxido ferroso

(1) Es considerada por Lapparent como var humífera y fosforosa de limonita.

y de manganeso y pequeñas cantidades de ácidos orgánicos, entre ellos el crénico y apocrénico. La variedad limnita suele tener también siempre brillo vítreo y alguna cantidad de ácidos orgánicos y fosfórico. A veces se toma el brillo como señal proporcional del fósforo contenido, pero hemos podido comprobar que no es afirmación exacta. La limnita y la xanthosiderita también se han encontrado unidas a la limonita en el hierro de pantanos y en las formaciones modernas.

La serie hidroxidada llega en su límite a enlazarse con la de sales férricas orgánicas; así J. M. von Bemmelen considera como complejos coloidales de óxido férrico y agua a los que no dan fórmula exacta aplicable, y esta suposición se puede aplicar lo mismo respecto a sales derivadas del ácido húmico, llamadas ferrohúmatos.

Vemos, pues, que la serie de hidratos de hierro forma un conjunto natural en que cada término es un estado distinto de hidratación ascendente del principio al fin, pero sin que las características de composición, textura y cristalización proporcionen precisión para fijar las especies.

Los caracteres más comunes entre todas, y los más fácilmente comprobables, son: el polvo pardo amarillento de su raya, su densidad de 3,5 a 4; al soplete se hacen atraíbles por el imán, y se disuelven en ácido clorhídrico, dando un líquido amarillento.

En cuanto a la hidratación, la escala se cumple de un modo continuo, aunque no gradual, y respecto a textura, creemos puede deducirse cierta relación con la edad del mineral: *cuanto más antiguos los hidróxidos, más compactos, y en general menos hidratados, hasta aproximarse a la goethita que es la única forma cristalina; los colores son también más oscuros y pardos en los minerales más antiguos, y rojos, amarillos, acaramelados y negros resi-*

nosos en los más modernos, guardando positiva proporcionalidad la antigüedad y lo apagado de los tonos, que se hacen vivos y hasta brillantes en los minerales recientes. En una palabra, y de un modo empírico, puede decirse que un mineral formado hace tiempo es compacto con tendencia a la disposición fibrosa, pardo, pesado y poco poroso, mientras que otro de reciente formación está formado de láminas o tubos en masa porosa o algo esponjosa, de tonos rojos, amarillos o negros, con brillo vítreo muchas veces y presentación siempre amorfa.

Esta hipótesis nuestra explica también cómo en grietas positivamente modernas se alojan a veces minerales concrecionados, evidenciando que en muchos de los casos es relativamente reciente y rápida la formación de los hidróxidos de hierro, y la falta de fundamento, en nuestra opinión, en que incurren algunos geólogos al dar reglas generales sobre las relaciones paragenéticas entre los minerales y la clase de terreno en que yacen; así, por ejemplo, se suele afirmar que las hematites pardas son propias de los terrenos paleozoicos, la limonita del secundario y terciario, etc.; contra estas afirmaciones, hemos encontrado en un mismo criadero términos específicos de casi toda la serie hidroxidada, pudiendo seguir toda la formación, desde las aguas con cretatos, hasta la hematites parda concrecionada (Río Cabe, Incio).

La separación en dos clases, según su tendencia cristalina, ya intentada por algunos autores, como Dufrenoy y Lacroix, tampoco sirve para simplificar la clasificación, pues de un modo insensible se pasa de las agrupaciones cristalinas de la goethita a las fibrosas de las lepidocrocitas, sin que acompañe la igualdad de análisis en estos tránsitos. En los siguientes análisis, insertados por Dufrenoy, puede apreciarse lo que decimos entre seis variedades fibrosas; la hi-

dratación de la goethita y su composición aproximada parecen las dominantes:

CUADRO DE ANÁLISIS

	Lepidocrocita por M. Brandes.	Rubin-gli- mer por M. Beudant.	Chileita por Breithaupt.	Onegita por Kobell.	Xanthosi- derita por E. Schmidt.	Mina de Rancié (Ariège) por M. Drenoy.
Fe ₂ O ₃	89,20	88,00	85,30	89,55	75,00	89,40
Óxido.....	»	0,50	»	0,16	1,33	»
H ₂ O.....	10,80	10,75	10,30	10,07	14,10	9,10
Si O ₂	»	0,50	4,40	0,28	5,02	1,20
Alúmina.....	»	»	»	»	1,51	»
TOTALES..	100,00	99,75	100,00	100,06	96,96	99,70

Vemos, pues, que, en realidad, hay dos medios esenciales de diferenciación, según tengan o no tendencia a las formas cristalinas y la cantidad de agua contenida; con cualquiera de los dos sistemas que se adopte llegamos a encontrar la escala completa.

Así, de la limonita concrecionada se pasa a variedades fibrosas, y de éstas a las lepidocrocitas finamente radiadas, las cuales llegan a ofrecer un principio de formas cristalinas rómbicas, poco diferenciadas por la repetición del solo crucero prismático ($g_1 h_1$), y de este modo, sin tránsito ninguno brusco, llegamos a la goethita, única forma bien definida como cristalina.

En cuanto a los análisis basta fijarse en lo más distintivo, como son las cantidades de agua contenida, para ver cómo siempre acusan alguna cifra decimal que permite, por grados, establecer los tránsitos.

Es, pues, indudable que la limonita y sus variedades forman una gran familia de óxido férrico hidratado, en la cual las formas más antiguas y lentamente constituídas

tienden hacia las disposiciones fibrosas y cristalinas rómbicas de agregados, con la menor hidratación, mientras que las presentaciones amorfas y el mayor grado de hidratación son propios de las formaciones modernas, hasta enlazarse con los hierros de pantanos y los crenatos recién depositados.

Se deduce de aquí la dificultad de denominación, pues resulta impropio un solo nombre, como limonita o hematites parda, para representar a toda la familia, que es lo que hasta ahora ha venido ocurriendo cuando no se ha precisado mineralógicamente, y como esto la mayoría de las veces no es posible, encontramos preferible la denominación de hidróxido de hierro, que cubre todo el grupo, y es la que emplearemos en las descripciones.

Menas hidroxiadas gallegas.

Expuestas nuestras ideas generales sobre la serie hidroxiada del hierro, examinaremos los tipos más frecuentes en las menas gallegas, tratando después de referirlos aproximadamente a alguna de las casillas establecidas.

Los minerales hidroxiados constituyen todos o la mayoría de los crestones de los yacimientos ferríferos, y algunos depósitos por completo, como los cambrianos y de segregación; pero los únicos que hasta ahora han resultado productivos han sido los de Villaodrid y Vaamonde. En Villaodrid se habrán embarcado 1.050.000 toneladas (1) de mineral *rubio* y en Vaamonde unas 50.000, por el puerto de La Coruña; los análisis medios que en cargamento han acusado estas menas varían poco de 45 por 100 de hierro para el de Villaodrid, con 12 por 100 de sílice y 0,7 a 0,8

(1) Página 171.

de fósforo, mientras que los de Vaamonde estarían representados por 48 por 100 de hierro, 8 a 10 de sílice y 0,2 a 0,3 de fósforo, condición esta última la más perjudicial, pues resulta imprecisa su clasificación por fósforo.

El *rubio* de Villaodrid, como paleozoico clásico, se encuentra siempre dispuesto en bolas, la formación de las cuales es debida al intenso meteorismo sufrido; pero aun en el último grado de alteración, y con la ayuda de una lente fuerte, se perciben los oolitos mineralizados en un óxido generalmente más claro, por lo que se destacan en pequeños granos sobre la veta unida y parda de las capitas de mena que constituyen las bolas; las láminas que separan esas capitas entre sí son arenosas y granudas, distinguiéndose también entre sus trocitos de cuarzo los oolitos alterados. En esta clase de minerales las vetas o capitas son de óxido pardo, bastante unido en general, de fractura concoidea y con raya amarilla. De los varios análisis que conocemos, hay uno de Tatlock and Thomson que representa bastante bien el término medio:

Peróxido de hierro.....	58,06
Protóxido de hierro.....	6,48
Oxido de manganeso.....	0,34
Cal.....	1,03
Magnesia.....	0,32
Alúmina.....	4,10
Sílice.....	14,95
Acido carbónico.....	5,11
» sulfúrico.....	0,20
» fósforo.....	1,60
» arsénico.....	»
» liténico.....	0,04
Oxido de cobre.....	»
Agua de combinación.....	7,77
TOTAL.....	100,00

Siendo sus equivalencias:

Hierro.....	45,68
Manganeso.....	0,24
Azúfre.....	0,08
Fósforo.....	0,70
Arsénico.....	»
Humedad.....	1,00
Cobre.....	»

Con un ligero examen se aprecia perfectamente que se trata de una alteración de los cloritoso-carbonatados por meteorismo, puesto que no varía esencialmente su composición de la de aquellos minerales más que respecto al agua combinada y el predominio de las formas férricas o de mayor oxidación. La alúmina también aumenta algo (1), como comprobación de su origen laterítico, en cierto modo, y cumplida su formación en las zonas externas; por último, el ácido fosfórico y la cantidad de ácido carbónico que aun contienen, evidencian que la roca matriz ha sido la carbonatada oolítica.

Macroscópicamente no se pueden determinar bien varias especies en la serie hidroxidada de Villaodrid, pero sí se aprecian diferencias claras; encontramos trozos de disposición fibroso-radial, como la goethita, y oquedades de las disposiciones de bolas, rellenas con arena unas veces y otras revestidas de formas butroides, y hasta con brillantes colores irisados; sin embargo, aunque el agua de combinación más parece referirse a los términos de mayor oxidación, como la turgita y las lepidocrocitas, no puede aceptarse en sentido estricto por no tratarse propiamente de un mineral en estado de pureza, sino derivado de una verdadera roca, y por con-

(1) Puede hacerse la comparación con los análisis dados en las páginas 248 y siguientes que se refieren a los minerales cloritoso-carbonatados.

secuencia, un final de alteración. En resumen: ni el análisis, ni el examen macroscópico, nos autorizan a la admisión de especie como un término de la escala de hidroxidación.

Los minerales de Vaamonde, producidos esencialmente por segregación filoniana, son limonitas muy compactas, de grano sumamente fino, color amarillento y fractura concoidea en la mayor parte de los casos, pero también es muy frecuente el mineral pardo, casi negro, lustroso y con bastantes poros menudos, que constituye casi toda la corrida del O.

Se aprecia perfectamente que no corresponde a la formación singenética paleozoica por la escasa cantidad de fósforo, y que, sin embargo, es la suficiente para demostrar está influenciado por el depósito preexistente.

Además de los minerales hidroxidados que se han explotado, en Galicia hay grandes reservas, representadas por los crestones de los criaderos silurianos de los pliegues segundo y tercero (1), así como de los epigenéticos silurianos y todos los contenidos en el cambriano.

Pasaremos un vistazo rápido, sólo para fijar las ideas.

Los minerales del segundo pliegue (Acebro, Sierra de Meira) son muy granudos y silíceos, como términos finales que son del meteorismo de los oolíticos. Tenemos varios análisis del Acebro y de la Sierra de Meira; el que parece en el Acebro representar el término medio es uno de John Cockerill, que arroja en sus equivalencias 47,35 de hierro, 1,30 de fósforo, 16 por 100 de sílice y 0,10 de manganeso.

En cuanto a los afloramientos del pliegue tercero, son igualmente granudos y silicificados, proviniendo la textura de la meteorización de los minerales metamórficos.

De 42 análisis efectuados en Bilbao, en el Laboratorio

(1) Véase Clasificación, pág. 146.

del Sr. Gutiérrez del Río, inserto los dos tomados sobre mayor cantidad de mineral de Galdo (Vivero), mina «Robada»:

Hierro.	Sílice.	Azufre.	Fósforo.
44,88	14,09	0,123	1,160
45,696	18,65	0,069	1,337

En esas dos clases de minerales silurianos (Meira y Galdo) se pone de manifiesto su origen, procedente de menas carbonatadas clásicas por el fósforo que acusan.

Esta regla de identificación por medio del fósforo es absolutamente segura, y la vemos igualmente confirmada en los análisis de Robledo (Orense), en el apartado que hemos titulado «Otros pliegues» (pág. 200) (1).

Mineral de Robledo (Orense).

Oxido férrico	71,47
Cal	Indicios.
Magnesia.....	»
Alúmina.....	0,80
Sílice.....	12,80
Acido fosfórico.....	3,78
Agua combinada	10,05
» higroscópica.....	0,97

Siendo sus equivalencias:

Hierro.....	50,03
Fósforo.....	1,65

En ese análisis el cuadro de *síntomas paleozoicos* está completo y, en efecto, corresponde al horizonte de los

(1) En toda esta exposición nos ajustamos, como procuramos hacer siempre, al orden establecido en la división de los criaderos.

oolíticos. Considerando a este mineral como especie, su fórmula correspondería más bien a los óxidos de menor hidratación, pero hay que hacer la misma advertencia que anteriormente, pues estos óxidos hidratados proceden de la alteración de una verdadera roca y no se pueden nunca considerar como términos definidos en la escala de los hidróxidos.

Los minerales de las quebradas del Sil, Cabe y Caurel, así como los de las bandas cambrianas, pueden estar representados por los análisis números 8, 9 y 10 del cuadro que damos a continuación. El factor común que los une es la pequeña cantidad de sílice y carencia de alúmina, cal y magnesia, como derivados de precipitaciones químicas de aguas ferruginosas. Todo el hierro en forma férrica demuestra la formación del depósito en plena oxidación. Por fin, el fósforo contenido proviene de los organismos y plantas que, según veremos en la formación, favorecen la acumulación del precipitado, y como varían de un sitio a otro, producen alteraciones en el contenido en fósforo de unos trozos a otros.

Con objeto de equiparar los minerales gallegos a los términos de la serie hidroxidada, insertamos a continuación un cuadro de análisis efectuados en el Laboratorio de la Escuela de Minas, en el cual figuran diez muestras de las clases que representan mayor tonelaje:

	Núm. 1 Freijo Por 100	Núm. 2 Vivero Por 100	Núm. 3 Sierra de Meira Por 100	Núm. 4 Orrea Por 100	Núm. 5 Murra Por 100	Núm. 6 Incio Por 100	Núm. 7 Vaamonde Por 100	Núm. 8 Guitiriz Por 100	Núm. 9 Montefu- rado Por 100	Núm. 10 La Rua Por 100
Pérdida por calci- nación.....	7,20	2,20	1,60	10,00	8,00	0,60	6,60	7,30	16,00	14,10
Sílice.....	6,60	7,00	19,80	8,40	12,60	50,00	3,60	3,40	1,20	4,40
Alúmina.....	No contiene.	No contiene.	4,20	No contiene.	No contiene.	1,20	No contiene.	1,40	No contiene.	No contiene.
Cal.....	1,00	4,00	2,40	0,40	Indicios.	Indicios.	Indicios.	Indicios.	Indicios.	No contiene.
Magnesia.....	Indicios.	0,87	0,65	0,80	Indicios.	Indicios.	Indicios.	Indicios.	Indicios.	No contiene.
Protóxido de hierro.	0,14	0,20	0,15	0,35	0,56	0,15	0,15	0,25	0,15	0,45
Peróxido de hierro.	82,12	82,35	67,80	69,15	67,75	46,45	87,30	83,85	65,60	80,40
Óxido de mangane- so manganesífero.	0,48	0,48	0,30	1,25	No contiene.	No contiene.	No contiene.	No contiene.	No contiene.	No contiene.
Anhidrido fosfórico.	1,6	1,4	1,15	1,85	1,40	0,75	1,35	1,05	0,75	0,10
Agua de combina- ción.....	,	,	,	,	,	,	6,50	6,60	14,30	13,20

Los números 1, 2, 3, 4 y 5 se refieren a hidróxidos derivados de minerales oolíticos deformados, total o parcialmente, por metamorfismo.

Tal es la razón para que no puedan ser considerados como términos específicos de la serie hidroxidada, y claramente lo demuestran las cantidades de cal, magnesia y alúmina, que representan residuos de la caliza o de los silicatos contenidos en los primitivos depósitos silurianos; la significación de estas sustancias la hemos dado al examinar los análisis de los minerales oolíticos. Como se trata, en esos primeros números, de minerales de crestón producidos por meteorismo, su grado de transformación depende de su alteración, y esto explica las irregularidades en sus pérdidas de calcinación, que en su mayor parte proceden del agua combinada. El origen común de estos minerales paleozoicos se aprecia mejor en sus contenidos en sílice y fósforo, elementos que han debido sufrir escasa variación durante su alteración.

Es la sílice también, que como el óxido de hierro termina por sufrir su total removido, la que evidencia el origen de las muestras restantes.

La número 6 es una pizarra siluriana que ha sufrido una sustitución bastante importante por óxido férrico anhidro. Las números 7, 8, 9 y 10 contienen la escasa sílice que caracteriza a los minerales hidroxidados depositados químicamente de disoluciones acuosas, y que, por consecuencia, pueden ser equiparados a términos específicos de la serie hidratada.

La número 6 (Vaamonde), por su grado de hidratación se encuentra comprendida entre la turgita y la goethita, pero como su contenido en óxido férrico está más próximo al de la limonita y sus formas son concrecionadas y semejantes a las vistas en la hematites parda, a esta especie

aproximamos el mineral de Vaamonde y sus análogos, como buena parte de los del Incio, etc., y algunas de cuyas muestras nos han dado mayor cantidad de agua combinada.

La número 7, de Guitiriz (Lugo), marca de modo más decidido la separación de la casilla que por su grado de hidratación le corresponde y la que reclaman su textura y contenido en óxido férrico. Por su cantidad de agua, en efecto, habría que incluirla, como la anterior, en la cabeza de la escala, entre la turgita y la goethita, y sin embargo, su contenido en óxido férrico es mucho más aproximado a la stilpnosiderita; y en efecto, contiene en trozos el tono negro piceo brillante de este término, aproximándose sus formas, siempre concrecionadas, a las de algunas limonitas o al hierro negro resinoso, y es a los términos afines, pero inferiores a la limonita, a los que considero se aproxima. Minerales análogos a estos son los que se alojan en toda la banda cambriana del O. (véase Clasificación); forman afloramientos de relativa importancia, pero por lo general penetran poco entre los estratos o lo hacen de un modo irregular.

Por fin, las números 9 y 10, por su mayor grado de hidratación y su disminución en óxido férrico, señalan una franca tendencia hacia los minerales de pantano; y en efecto, son agregados de masas esponjosas o láminas de brillo resinoso y colores vivos por su mezcla con ocres; su misma formación en las depresiones que conducen el agua meteórica, determina su afinidad con el grupo de los hierros de pantano. Minerales como los de Montefurado y La Rua son los de casi toda la Sierra de Caurel, y unidos a vetas del tipo de las de Guitiriz, constituyen los yacimientos de todas las quebradas de las sierras meridionales. Afines con los minerales de pantanos son los minerales terciarios depositados en la llamada Tierra Llana (Terra Chá), Roupar

(Villalba); son formas testáceas arcillosas con manganeso, y pasando del 14 por 100 de agua de combinación.

Aparte de las menas, encontramos en Galicia algún otro mineral hidroxidado que vamos a señalar por completar lo más posible la lista de los términos.

La goethita o lepidocrocitas las he visto casi siempre en la fractura de las formas butroides de la limonita, y como resultado de un movimiento completo del hierro y de su cristalización lenta; particularmente bien presentada la hemos visto en Asturias, cerca de Leitariegos, en filón de cuarzo piritoso, y quizás procedente de la alteración de este mineral, lo cual estaría de acuerdo con las determinaciones del mineralogista Kobell, que demostró que la alteración metasomática de la pirita era en general goethita.

Otra forma que encontramos con frecuencia, pero jamás llegando a constituir piedras de regular tamaño, es un hidróxido acaramelado rojizo que se deriva de la rápida alteración de la pirita y llega a producir vetas en las pizarras que la contienen; en algunas escombreras de minas (Vivero) y al pie de algunos afloramientos de ampelitas gráficas, donde por derrumbamiento o labores hay acumulados detritus abundantes, se producen brechas consolidadas en un año a consecuencia del depósito de este hidróxido, que es algo mucilaginoso, con lo cual favorece la adherencia de los trozos, entre los cuales se deposita.

Hidróxidos radiales de formación moderna, como la xanthosiderita; aun cuando citados en Braganza por P. Gomes, no los hemos podido identificar en Galicia.

Parece, pues, deducirse que la edad guarda parejas con el grado de compacidad y con la deshidratación; y como es regla general que las tendencias cristalinas y la de igualdad de análisis coincidan con las formaciones antiguas, y en cambio las texturas blandas y con el máximum de hidrata

ción corresponden a formaciones modernas, creemos que con fundamento se puede establecer que los hidróxidos recién formados, sea por segregación lateral de la roca, por precipitación de las aguas activas que las conducen o por acción de bacterias, siempre se depositan al principio con un grado alto de hidratación y con textura coposa, en flecos o blanda en general, y paulatinamente al envejecer va disminuyendo la cantidad de agua y modificando su textura, que tiende a hacerse parda y compacta, y por fin, concrecionada o fibrosa. Como demostración de esta hipótesis nuestra, podemos citar que en alguno de los yacimientos de segregación, como en parte del Incio, podemos examinar sobre un mismo frente trozos de hematites parda compacta y concrecionada que señalan los antiguos pasos del agua y sus precipitaciones, y sucesivamente hidróxidos más blandos a medida que nos acercamos al lugar actual de la bajada de aguas, en donde llegamos a encontrar una substancia amarillenta correspondiente a las materias húmicas, que es soluble en ácido clorhídrico y corresponde en sus propiedades con el ácido crénico y crenatos; lo más general es que las evoluciones de textura y deshidratación vayan de un modo paralelo y así se produzca la forma estable de limonita compacta, pero si hay desacuerdo en los dos fenómenos, se producen las anomalías que acusan algunos análisis en desacuerdo con la textura, como en parte hemos visto en el cuadro de análisis de nuestros minerales.

MINERALES MAGNÉTICOS

En realidad los que llamamos minerales magnéticos son, en su mayoría, menas derivadas de las cloritoso-carbonatadas y en las que domina la magnetita, distribuída con cierta regularidad y profusión en la roca en forma de diminutos puntos y cristalillos; por excepción, en Los Peares, se ofrece como magnetita maciza, y es el único caso en que, con propiedad, se le puede aplicar la denominación de mineral.

Las menas magnéticas, derivadas de las cloritoso-carbonatadas, son las más abundantes y las únicas, en su clase, que han contribuído a la exportación; su textura y modificaciones se enlazan tan íntimamente con la de los minerales oolíticos, que en ellos conservamos incluídas sus descripciones (1).

El origen de estos cristalillos de magnetita diseminados en la masa de la mena suponemos está en la transformación de parte de los granos de siderosa en óxido, reacción que debió de verificarse en una calcinación parcial al abrigo del aire, con el calor debido al metamorfismo regional o al dinamometamorfismo. Suponemos que la reacción sería análoga a la dada por Dana:



También podría suponerse formada la hematites por la ac-

(1) Véase Estudio micrográfico.

ción del calor sobre la hematites roja en presencia de un reductor, así



En nuestro caso es mucho más verosímil la transformación del carbonato, y como prueba práctica en apoyo del supuesto tenemos que, después de la calcinación, los carbonatos de los sinclinales de Vivero y Villaodrid se hacen magnéticos, acusando al microscopio el desarrollo de los granillos de óxido ferroso férrico.

La justificación del calor se encuentra perfectamente, por ejemplo, en los esfuerzos de plegamiento, pues M. Mallet (1) ha demostrado que en el aplastamiento de un metro cúbico de roca se producen 24.000 calorías.

Respecto a tonelaje contenido, el orden sería: yacimiento de Vivero, la corrida de la pudinga magnética del segundo pliegue (véase Clasificación) y Freijo, y como de poco valor industrial se pueden citar los de Vaamonde, Foz y Los Peares (Orense).

Respecto a su formación se dividen en tres clases: derivados de los oolíticos silurianos (Meira, Villaodrid, Porcia y Freijo), reunidos por concentración (Ollo de Mar, Foz y Vaamonde) y magnetita filoniana en Los Peares.

Macrocópicamente casi siempre se presenta la magnetita en roca compacta y granuda, pero varía mucho desde el mineral cristalino y duro de Vivero, que partiéndose en grandes trozos esquinudos apenas hace fragmentos, hasta el finamente granudo y blando de Freijo; los más ásperos de aspecto son los que provienen de las pudingas magnéticas.

Son minerales mucho más compactos y pesados que los cloritoso-carbonatados, pasando siempre su densidad de 4

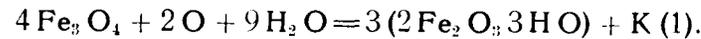
(1) P. H. Moulán, *Minerais de fer.*—Paris 1904.

cuando se los considera como macizos, que, salvo las lito-clasas, suele ser su disposición más frecuente.

Su color es negro, con tintes verdosos, de la clorita en todos los casos, y sobre ese fondo se descubren los puntos brillantes del oxidulo, particularmente en los de Vivero y Sierra de Meira.

El meteorismo altera también estos minerales a hidróxidos con disposición en bolas, pero es más difícil el ataque que en los carbonatados; por lo demás, el mecanismo es el mismo que el descripto para ellos.

La reacción que produce esta transformación podría representarse de este modo:



En cuanto a los minerales de Foz y Vaamonde, son concentraciones de gruesos granos y cristales de magnetita, de 1 a 3 milímetros, dentro de la masa pizarrosa, verificadas por afinidad química o por reunión detrítica, por efecto de corrientes de agua durante su formación; la discusión de formaciones la reservamos para las monografías.

Por fin, el mineral magnético de Los Peares es de grano fino, con fractura algo concoidea, unida y compacta; es la única magnetita pura de Galicia y la única que se ofrece en verdaderos filones en el contacto de las pizarras y una masa eruptiva.

Damos a continuación tres análisis de minerales magnéticos, efectuados en el Laboratorio del Instituto Geológico, por el Ingeniero Sr. Menéndez Puget, y que se refieren a las menas existentes en gran tonelaje.

(1) Van Hise. *A Treatise of Metamorphism*.

ANÁLISIS DE LAS MENAS MAGNÉTICAS DE GALICIA

	VIVERO	MEIRA	FREIJO
Sílice...	20,60	11,90	8,80
Óxido férrico.....	63,00	75,73	80,61
Alúmina.....	8,46	7,87	8,00
Cal.....	2,80	0,20	1,80
Magnesia.....	0,20	0,15	0,54
Fósforo.....	1,20	0,70	0,69
Hierro.....	44,00	53,01	56,43

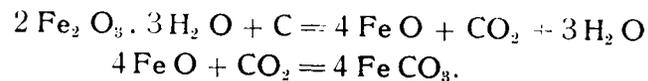
El comentario que podríamos hacer sería análogo al de los cloritoso-carbonatado oolíticos.

MENAS CARBONATADAS

Son muy escasas en su tonelaje visto y en sus reservas, y se reducen a los yacimientos de El Cairo, cerca de Villadrid; San Miguel de Reinante, en la costa, y Cueva das Choyas, en el río Cabe (Incio).

En El Cairo el carbonato es magnífica siderosa, bien cristalizada y con pintas de pirita en algunos sitios y vetas de cuarzo lechoso en otros. El carbonato de San Miguel es de grano fino, pero cristalino, y se encuentra en la posición de los minerales clásicamente ordovicienses, mientras que el de la Cueva das Choyas, también de grano uniformemente cristalino y fino, parece de formación relativamente moderna. El carbonato tiene dos modos de producirse: bien por reducción de sales férricas o por precipitación de las ferrosas en forma de carbonato.

Las reacciones de cambio en fondos reductores parecen ser:



Es decir, primero reducción del óxido férrico recién precipitado a óxido ferroso, y después combinación de éste con exceso de anhídrido carbónico.

Esta reacción, que se ha dado como clásica en el caso de verificarse las precipitaciones en praderas, pantanos, etcétera, es decir, en fondos donde la materia orgánica está en

descomposición, no parece aplicable a los nuestros, en los cuales la conducción del hierro ha tenido que ser, como bicarbonato $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ en disolución, lograda por las aguas cargadas de CO_2 , o como sulfato ferroso arrastrado también por aguas meteóricas.

La conducción del hierro en forma de bicarbonato es posible únicamente mientras hay un exceso de ácido carbónico en el agua, y en general de corto recorrido, pues en cuanto se satura la disolución del oxígeno del aire, tiene lugar la precipitación en forma de hidróxido. Para que se verifique la precipitación como carbonato, en las disoluciones carbonatadas, es preciso un medio reductor, el cual no se produce por la descomposición de la materia orgánica de un modo exclusivo, sino por condiciones de profundidad, según las ideas de Van Hise, lo cual es mucho más verosímil para las menas gallegas.

La intervención de la oxidación de la pirita en la producción de los carbonatos, la consideramos verosímil y muy probable en los casos nuestros, guiándonos por los resultados de algunas experiencias de laboratorio y por la gran diseminación que en los filadíos silurianos llega a tener la pirita.

Así, Harder da cuenta de cómo se reproduce artificialmente el carbonato ferroso precipitándolo de una disolución de caparrosa verde, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, con bicarbonato sódico. Calentando la mezcla durante doce a treinta y seis horas, y a 150° , se obtienen romboedros microscópicos de carbonato. Si la reacción tiene lugar en frío, el precipitado del carbonato es coposo y cambia pronto a hidróxido.

Idénticos a los minerales de El Cairo son los de la Grandela, al S. de Porcia, y Busdemouros y Montealegre, en la cuenca del Suarón, perteneciendo todos a la corrida que se prolonga por Piorno hasta Los Oscos, y cuyas monografías y formación incluiremos en la segunda parte.

VIII

ESTUDIO MICROGRÁFICO
DE LOS MINERALES

El carácter genérico de los minerales cloritoso-carbonatados del siluriano, es el de contener oolitos que varían de media décima de milímetro a dos milímetros y están compuestos de leptocloritas ferruginosas, del tipo de la bavalita y chamosita, arrolladas en la forma oval característica.

Los minerales oolíticos sufren alteraciones esenciales, y hasta destrucción de su textura, por dos mecanismos diferentes: por metamorfismo o por meteorismo. Ya hemos visto que estos minerales, influidos por una roca eruptiva, se cargan de granos de magnetita, según el grado de metamorfismo, hasta quedar empastados por el oxídulo y borrada su textura. Por meteorismo se pueden considerar dos causas distintas de destrucción de textura: oxidación y silicificación, las cuales, en realidad, no se excluyen por completo. Se cumple la oxidación en la parte de zona de fractura superior al nivel hidrostático y está representada en todos los crestones, mientras que la silicificación, aunque acantonada también en la misma zona de fractura, se verifica lo mismo

en los minerales carbonatados (Meira) que en los magnéticos (Vivero). Como término final de la oxidación están los minerales hidroxidados, y como último término de la serie silicificada, las cuarcitas ferruginosas o agrupación de silicatos.

En los estudios micrográficos de los minerales que forman la serie de los cloritoso-carbonatados, no daremos más que las formas principales y algunas ideas generales respecto a su evolución, reservando para cada monografía el estudio micrográfico completo, con todas sus variaciones (1).

(1) Véanse los *Criaderos de Luarca*, por P. H. Sampelayo.—*Hierros de Asturias*, páginas 643 y siguientes.

TIPOS CLÁSICOS

Minerales de Villaoдрid.

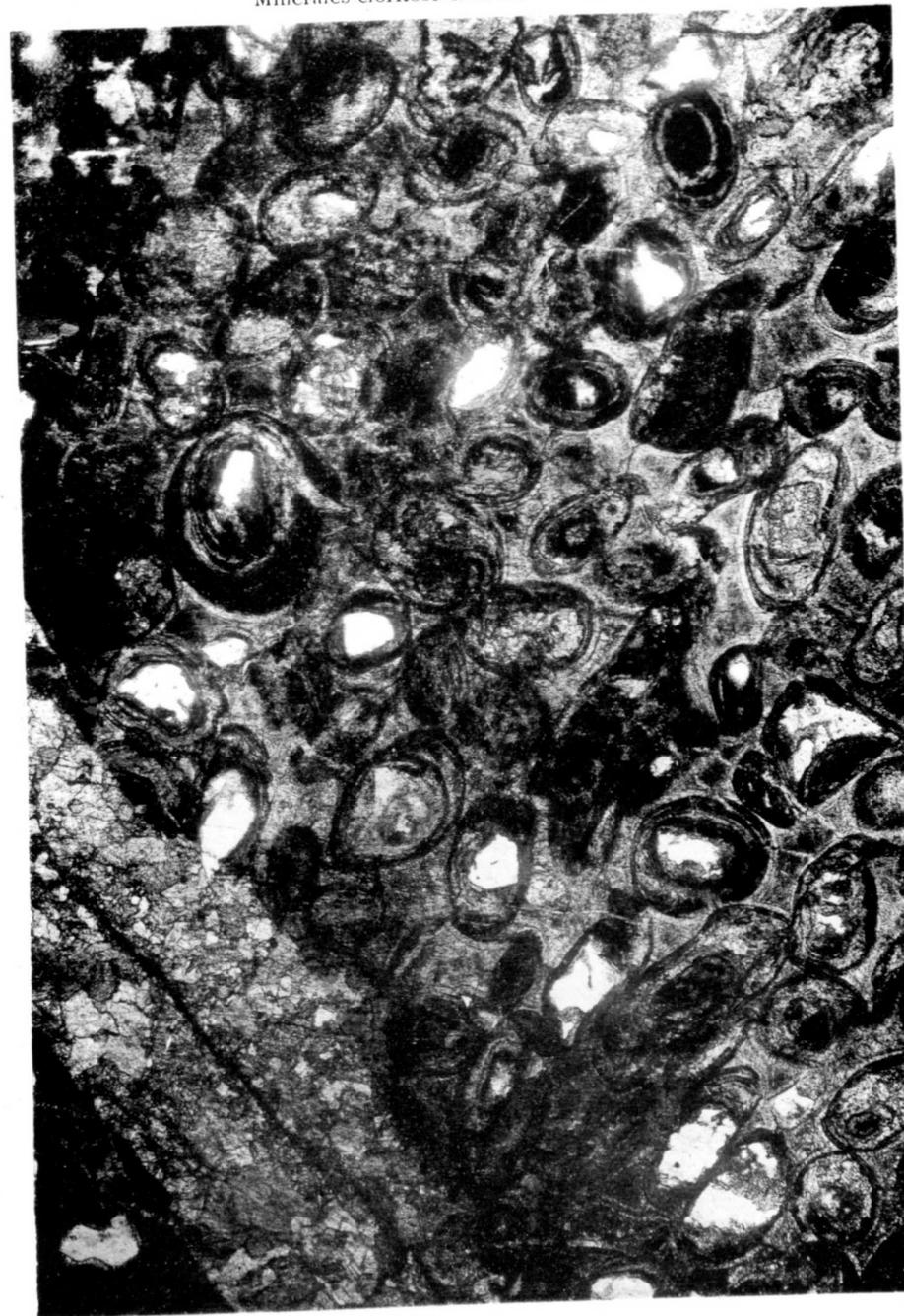
En el tipo más frecuente, los oolitos, siempre algo verdosos e iguales, están casi en contacto sobre el fondo gris del cemento, que tiene tendencia a dividirse en zonas paralelas. En la preparación microscópica, con luz transmitida y pequeños aumentos, resaltan las envolventes rojizas del hidróxido de los oolitos, algunos granos de cuarzo transparente, y los diminutos y bien definidos cristalillos de magnetita que motean toda la clorita. En muchas láminas delgadas es patente la disposición fluidal, marcada por tiradas de oolitos.

Expondremos por separado los oolitos y el cemento.

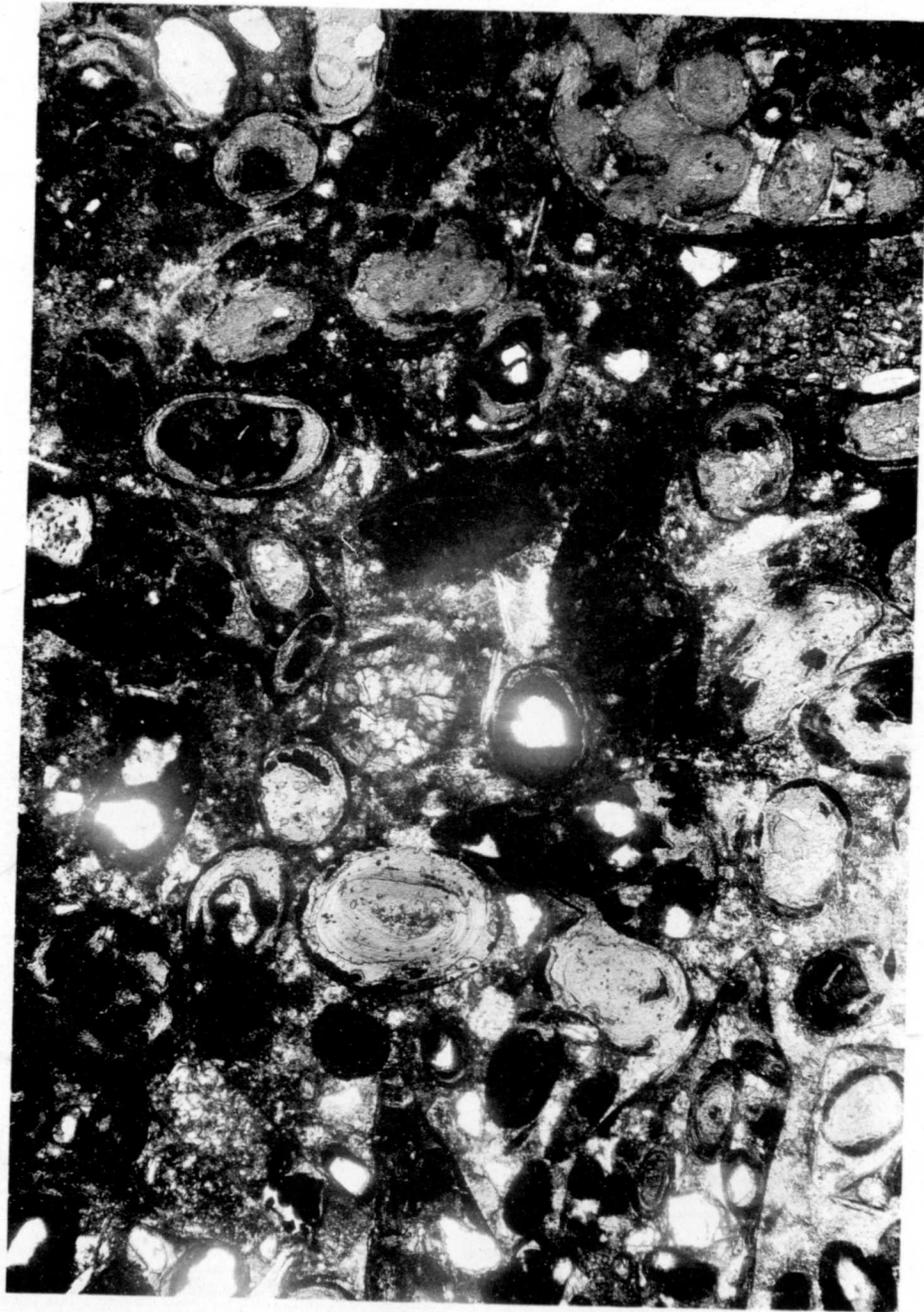
OOLITOS

Los oolitos, de forma ligeramente elipsoidal, son muy abundantes y están en contacto unos con otros; algunos hay casi esféricos y otros discoidales dando el límite de la serie de formas, por su alargamiento y deformación.

Sus dimensiones varían, en general, de una décima de milímetro a dos milímetros.



37 diámetros. Luz natural.
Oolitos de clorita (líneas finas), carbonato (agrupaciones blancas), e hidróxido (grupos oscuros). Centros cuarzosos y carbonatados. Cimento de carbonato e hidróxido. Filón de carbonato, cuarzo y clorita en una esquina.



37 aumentos. Luz natural.

Oolitos muy cloritosos, algunos hidroxidados, Cimento muy granulado por oxidación.
Canto rodado de textura oolítica.

VILARGONDURFE. RIBADEO. (LUGO)

Los oolitos pueden reducirse a dos clases: enteramente cloritosos o que solamente lo son en su parte cortical; las dos clases van acompañadas de granos sueltos y agregados cristalinos de magnetita, y en ambas deben distinguirse la zona cortical de los oolitos y su núcleo.

La regla general es que los oolitos tengan centro o núcleo, pero son numerosos los que no lo tienen diferenciado. Dentro de los oolitos uniformes podemos hacer tres divisiones, correspondientes a la materia que los mineraliza, y que es, según su importancia en número, la clorita, la hematites parda y el carbonato.

OOLITOS SIN NÚCLEO

a) **Cloritosos.** — En los enteramente cloritosos suele adoptar la clorita dos tonalidades: verde parda en la zona cortical y más clara en el centro; los últimos anillos periféricos tienen frecuentemente un tinte sucio, por estar parcialmente hematizados (1).

La clorita se resuelve en pequeños corpúsculos de aspecto tubular; disposición que, por lo demás, es normal para todo el fondo de las láminas delgadas, no exceptuándose de este aspecto más que el cuarzo, los cristales de magnetita y algunas líneas de limonita que forman la cutícula exterior de los oolitos, y aun estas líneas quizás deban su apariencia unida a su total hematización, que las hace oscuras sin que las resuelva la luz.

Estos corpúsculos de la clorita se alinean en rosarios dispuestos como láminas concéntricas, según la estructura

(1) Fotografía 20.



de los oolitos; en adelante, sin embargo, emplearemos para designarlos las palabras hojas o láminas, aunque su resolución microscópica sea en rosario de trocitos tubulares.

En todos los oolitos la clorita está poco diferenciada en láminas concéntricas, según la estructura oolítica, y es únicamente en la zona cortical, y hacia los polos del elipsoide, donde se inician fibras de clorita con tendencia concéntrica. Sin embargo, en general no falta en la clorita la tendencia al concentrismo, pero está dada con frecuencia por pequeñas líneas brillantes y rectas, entretrejidas a la clorita como espinitas luminosas a la luz polarizada; en algunas preparaciones hemos podido determinar específicamente estos cristallitos, que resultan de talco.

El centro de los oolitos cloritosos es siempre de clorita más clara, sin que los corpúsculos marquen líneas; éstas se empiezan a destacar en la parte media del oolito, alcanzan su mayor fineza y diferenciación hacia los polos (sobre todo si el elipsoide es bastante aplastado, pues entonces aparecen despegadas unas de otras) (fot. 21-I) y vuelven a hacerse más confusas hacia la periferia, por estar próximas y hematizados muchos de los corpúsculos que las constituyen, lo que le da el tono sucio a la clorita.

Exteriormente están limitados los cloritosos, como la mayor parte de los oolitos, por una película, casi nunca entera, de hematites parda. Son raros, pero hay alguno en el cual las hojas de clorita tienen una sola orientación óptica, siendo paralelas, pero no marcando el concentrismo del elemento a que pertenecen, y el que no está en ese caso representado más que por la película de limonita que lo limita; en casi todos estos casos se comprueba que esos trozos de clorita deben ser restos de antiguos oolitos fraccionados y que han servido de núcleo al nuevo elemento, representado únicamente por la cutícula exterior de hematites parda. En un

oolito se aprecia claramente que tiene su núcleo un medio oolito cloritoso más antiguo, cuyas líneas concéntricas están ligeramente hematizadas (1). Se distingue en los oolitos cloritosos una gran propensión a hematizarse en todas y cada una de sus partes, y así se encuentra toda la serie completa, desde los cloritosos a los formados exclusivamente de hematites parda. En los términos intermedios de la serie, cuando las líneas concéntricas alternativas se hematizan, es en los que se destaca, con más claridad que en ningún caso, la estructura típica (fots. 19 y 20).

Hay, finalmente, entre los oolitos cloritosos, algunos en que dominan en superficie las partes verdes claras, con o sin concentrismo señalado, y todas estas partes claras son constantemente las menos moteadas por los cristales de magnetita, que se agrupan sobre las coronas verde hierba o verde sucio (fot. 22).

Los cloritosos, en general, se presentan con un color verde hierba no limpio por completo, debido a la magnetita. Este mineral acompaña constantemente a la clorita; de tal modo es íntima la unión entre estos dos minerales, que puede asegurarse que no hay fibra de clorita que no vaya acompañada por polvo, granos o agregados cristalinos de hierro oxidulado, así como cristales o puntos de magnetita implican la presencia o contigüidad de la clorita. En algunos trozos de carbonato, o en manchas y agregados de hematites parda también aparece la magnetita, pero aun en estos casos puede apreciarse, sin duda, que se trata de alteraciones de carbonato a clorita, y de este mineral a hidróxido; a juzgar por las preparaciones examinadas, podría suponerse que la clorita era el único manantial de magnetita, o que su origen, al menos, era simultáneo (fot. 21-II).

(1) Véase algún oolito en la parte superior de la 21-I.

b) **Oolitos de hematites parda.**—No son muy numerosos, pero los hace dignos de esta mención separada, su modo especial de agruparse y presentarse.

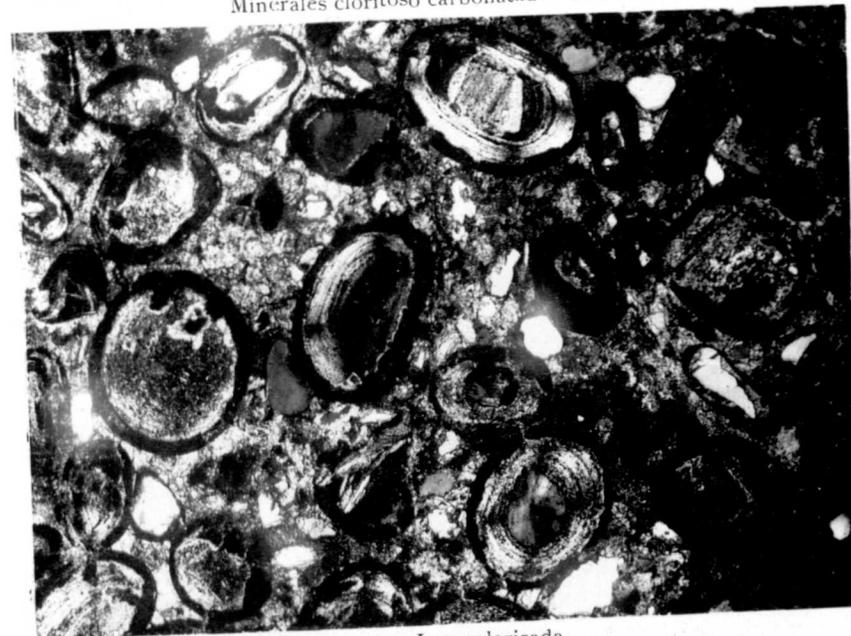
Su estructura aparece ofuscada o exaltada según su grado y uniformidad de hematización; si la transformación en limonita es completa y tiene tinte uniforme, no se aprecia el oolito más que por su forma externa, quedando borrada su textura (1), pero en cambio está sumamente marcada cuando las antiguas coronas de clorita se han hematizado con alguna alternancia (fot. 21-I); en algunos de estos casos de textura bien manifiesta, hay coronas enteras claras en que parece faltar la materia; van acompañados de poca magnetita en su centro y zona cortical, y ésta, en los casos en que existe, se encuentra en cristales pequeños o en polvo fino; en algunos elementos se distinguen granos de una hematites más clara, con la forma algo esfumada, y ocupando el mismo lugar que los cristales de magnetita en los cloritosos.

En las diferentes partes en que se presentan siempre lo hacen agrupándose en series de tres o más oolitos contiguos y encerrados, por una línea límite de hematites, en una figura irregular de contorno redondeado; la cutícula que encierra estos pequeños conjuntos de oolitos hematizados, es en unas partes tangente a ellos, o los corta bruscamente en otras (2).

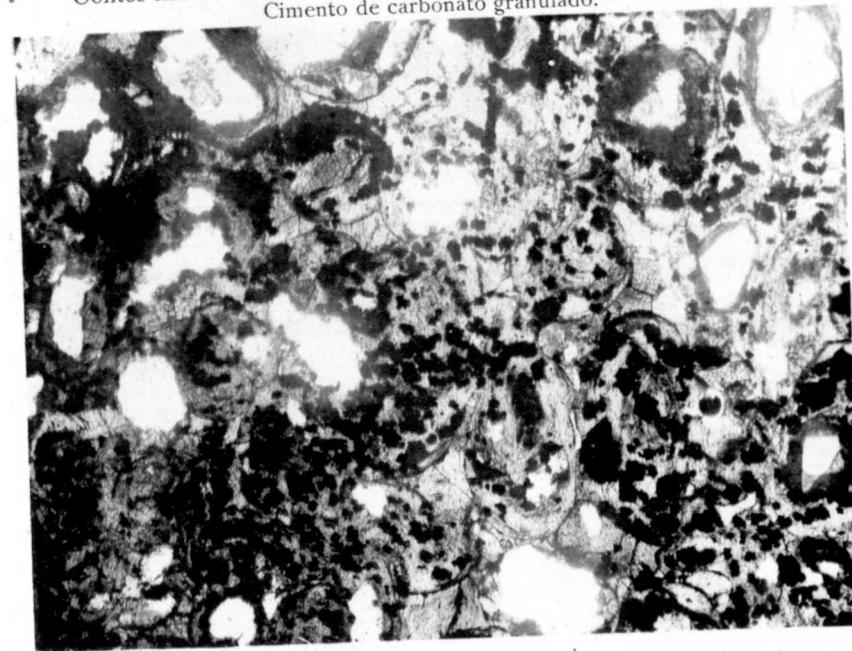
Producen el efecto, estos agregados, de cantos rodados procedentes de trozos de mineral oolítico y enlazados en una nueva formación oolítica, por lo que, considerados en conjunto y respecto a la idea que impone la línea general que los limita, mejor debiéramos incluirlos entre los cuerpos no oolíticos, abundantes en estos minerales.

(1) Fotografía 19, oolito en el extremo superior derecha.

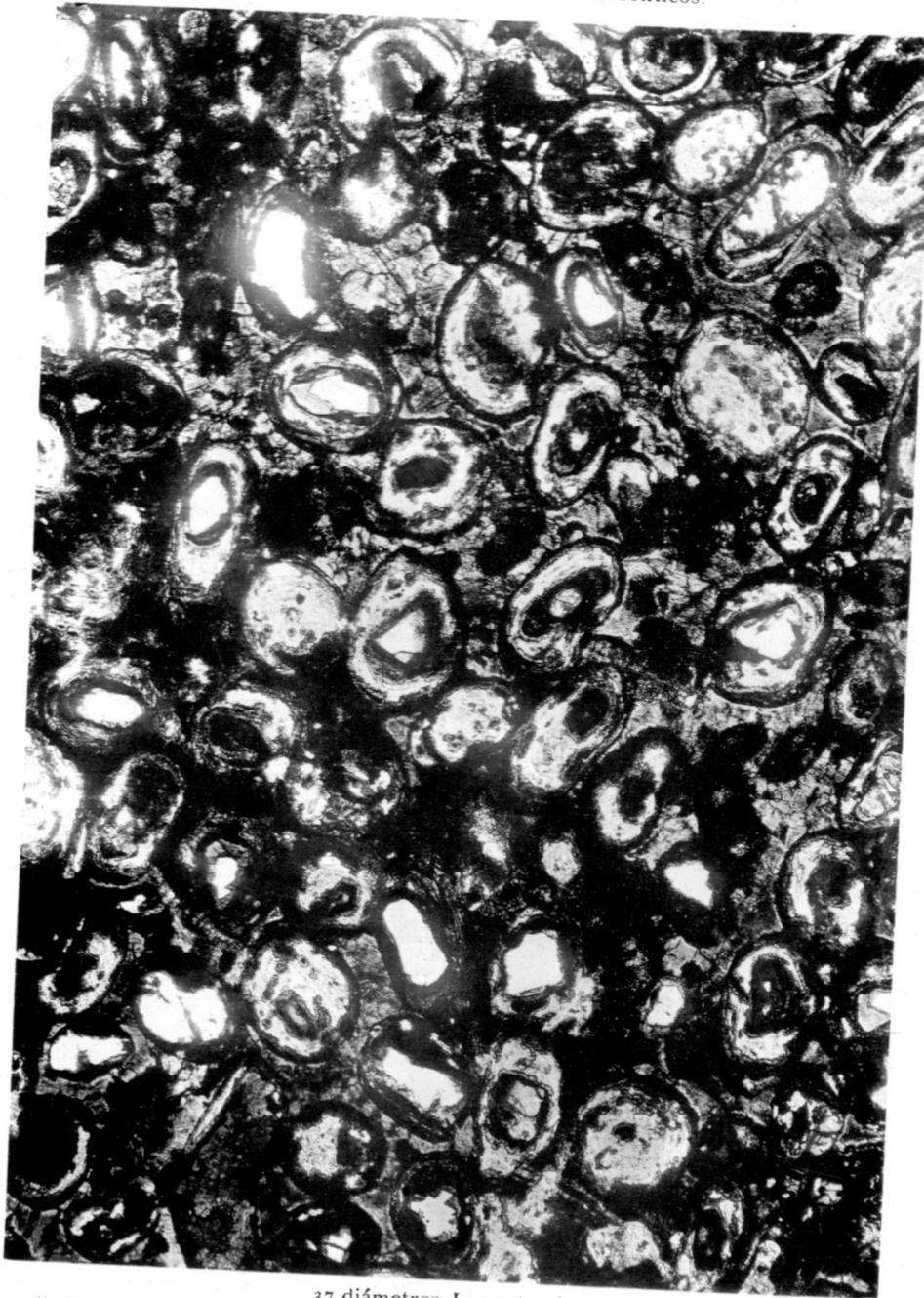
(2) Fotografía 20, extremo superior derecha.



37 aumentos. Luz polarizada.
Oolitos talcoso carbonatados (con cruz negra), zona cortical hidroxidada
Cimento de carbonato granulado.



45 diámetros. Luz natural.
Textura oolítica ofuscada por metamorfismo. El carbonato se distingue por
sus cruceros. Los grupos y cristales negros son de magnetita.



37 diámetros. Luz natural.
 Oolitos sin líneas concéntricas, por alteración de la clorita. Cimento hidroxidado,
 con alguna placa de carbonato en romboedros.

SANTALLA. RIBADEO. (LUGO)

Todos los agregados en que aparecen tienen el tono pardo de la hematites, que destaca claramente del verdoso de los oolitos contiguos; sin embargo, no falta en ellos algún oolito con corona o centro de clorita, caso en el cual aumentan el tamaño y número de cristales de magnetita que, siempre, lleva ese mineral como cortejo; en los conjuntos avanzados en hematización no hay vestigio de clorita, ni casi de magnetita.

c) **Oolitos carbonatados.**—Son muy pocos los formados exclusivamente de este mineral, y entre sí tienen un aspecto bastante parecido (1). No muy grandes ni reunidos, suelen estar en contacto con oolitos cloritoso-carbonatados. Están constituidos por granos de siderosa cristalizada enlazados como en placa, y en los cuales están marcadas frecuentemente líneas de crucero; el color de este carbonato es amarillo claro; entre los granos de carbonato suele haber alguno de cuarzo con la misma forma que ellos.

Estos oolitos, de forma elipsoidal poco deformada, están limitados por la película de hematites que, más o menos completa y señalada en el contorno, parece marco obligado de todos los oolitos; filamentos y pequeños agregados fibrosos de hematites, que arrancan de la cutícula periférica, penetran algunas veces hasta el núcleo, principalmente siguiendo las uniones de los granos carbonatados; de este modo se establece el tipo mixto entre los oolitos carbonatados y los hematizados. En algunos carbonatados la hematites ocupa una mancha en el centro (2).

(1) Fotografía 19, parte derecha.

(2) Fotografía 23, oolito en la parte superior.



OOLITOS CON NÚCLEO

Constituyen la mayoría en las preparaciones, y aun cuando los cloritosos con diversas clases de núcleos representan casi la totalidad, también se encuentran algunos cuya zona cortical está en hematites y otros carbonatados.

Cloritosos.—En esta división de oolitos cloritosos con núcleo se comprende el tipo que puede considerarse como clásico en los minerales silurianos (fots. 19, 20, 21 y 27). Tiene al centro un cristal, muy irregularmente recortado, de cuarzo con inclusiones de carbonato, rodeado de una zona carbonatada, la cual interiormente se ajusta a todas las recortaduras, algunas profundas, que tiene el cuarzo, haciendo el efecto, en luz natural, de que, hacia el interior transparente, está desgarrado a jirones el carbonato amarillento que ocupa el cuarzo; el límite exterior de esta desigual corona ya es elipsoidal y está marcado por líneas concéntricas de hematites parda, dando lugar a una aureola de poco espesor que contrasta, sin embargo, vivamente, entre el amarillento del carbonato interior y el verde hierba de la zona cortical cloritosa que la envuelve.

Esta aureola verde, salpicada de cristales de magnetita, en que la clorita adopta las formas de líneas finas concéntricas descritas en los oolitos cloritosos, acentúa la textura hacia los vértices del elipsoide, y es la zona más potente y la que, limitada por la película de hematites parda, diferencia entre sí unos individuos de otros (1).

(1) Fotografía 20, oolito en el extremo inferior derecho.



37 diámetros. Luz polarizada.
Carbonato cloritoso de Strophomemas. Disposición fluidal en el cemento de granos de carbonato y placas de clorita. Algún oolito talcoso.
Secciones alargadas de conchas.

LODÁS. RIBADEO. (LUGO.)





37 diámetros. Luz natural.
Roca de la caja acusando la acumulación detritica (pudinga.)
Cantos de cuarcita y materia carbonosa. cemento de placas de calcita y carbonato.

ORREA. RIBADEO. (LUGO.)

El clasicismo que atribuimos a estos oolitos completos, al considerarlos como tipos, queda justificado por los dos conceptos de composición y estructura, y así ocurre que el cuarzo, el carbonato, la clorita, la magnetita y la hematites, combinándose, con desarrollo variable, entre el núcleo y la zona cortical concéntrica, dan lugar a un número extraordinario de presentaciones individuales que pueden ser considerados como casos particulares del oolito tipo. Este, de un modo amplio, dicta la ley de esas múltiples variaciones exponiendo, si no todas, algunas páginas que estaban borrosas en la historia de estos minerales. De él se podrían derivar todas las variedades por desarrollo incompleto de alguna de sus partes, como otros tantos casos particulares del oolito completo, siendo superfluo añadir que esta clasificación no tiene valor natural, sino únicamente el de facilitar el estudio, metodizándole.

Centro.—El cuarzo de los núcleos, que a primera vista podría parecer detrítico habiendo servido cada grano como centro de atracción para cada oolito, examinado atentamente demuestra bien pronto que es de origen secundario, por la gran cantidad de inclusiones de carbonato, clorita, hematites y aun magnetita que encierra (1).

Esto concuerda con la forma irregular y recortada de sus bordes, y con los jirones de carbonato que avanzan en sus recortaduras, a veces hasta el mismo centro, próximos a los cuales, dentro del cuarzo, se suelen ver islotes de carbonato que responden idénticamente a la luz polarizada, como testigos de la invasión del núcleo por el cuarzo (2). A veces el cuarzo del centro no está constituido por un solo grano, sino por dos o más, enlazados en una red de jirones de carbona-

(1) Fotografía 21-II, oolito con centro en la parte superior izquierda.

(2) Fotografía 19, cerca del filón de clorita.

to que pasan de un lado al otro en la zona carbonatada del centro; aun en este caso, todas las partes del cuarzo tienen la misma orientación óptica, demostrando su origen común. El tamaño de estos diferentes granos cuarzosos del núcleo son muy diferentes entre sí algunas veces, y se da el caso de estar dispuestos en granos pequeños dentro de la zona carbonatada del centro y no silicificada todavía, lo que les da, al invertirse los términos, apariencias de inclusiones de cuarzo dentro del carbonato; por el contrario, cuando se ha verificado la total descarbonatación del núcleo, el cuarzo ocupa todo el centro, pero no llega a adquirir apariencia elíptica exteriormente, porque siempre quedan como bordes vestigios de carbonato sano o alterado en hematites (1).

Como caso raro, debe citarse algún núcleo cuarzoso constituido por muchos granos, afectando la forma de los cristales de siderosa unidos en placa y señalados para los oolitos enteramente carbonatados; en las uniones de los granos abundan las inclusiones pulverulentas de clorita.

Inclusiones y líneas de fractura.—Las inclusiones que se encuentran más a menudo son de aspecto pulverulento, en agregados o en puntos sueltos; la generalidad son de carbonato claro en agregados nubosos, pero las hay también de clorita clara unida en el mismo copo con el carbonato; como muy raro, algún pequeño cristal o polvillo de magnetita.

Los cuarzos nucleares, sobre todo si son grandes, tienen líneas de fractura que aparecen como tubitos cuando los bordes están ligeramente separados; si la separación de los dos trozos de cuarzo es algo mayor, tienen orientaciones distintas en la extinción. Estas líneas son casi rectilíneas,

(1) Fotografía 27-II, oolito grande, casi en el centro.

ligeramente encorvadas, y cortan de un lado a otro a los cuarzos o se terminan unas en otras, encontrándose casi normalmente y dividiendo los cuarzos en grandes figuras de ángulos rectos u obtusos.

Carbonato del centro.—Está formado por cristales amarillentos de contorno irregular, bastante desiguales en tamaño y enlazados en placa, como lo hacen los cristales de calcita en los mármoles; este es el caso más general, pero otras veces no se marcan bien estas especie de escamas o laminillas, empotradas unas en otras, y el conjunto parece fibroso confusamente; pocas veces están señalados los cruceros romboédricos (fots. 19 y 21-II).

Algunos núcleos, respecto al carbonato, podrían ser calcificados de mixtos, pues, con el mismo aspecto amarillento, tienen en una parte escamas dispuestas en placa, y en otra, a la que se pasa sin solución de continuidad, líneas de cruceros romboédricos. Estas líneas de división en el carbonato de los centros, ni son frecuentes, ni están definidas de un modo terminante, sino alteradas por las antiguas líneas irregulares que limitaban los granos de las plaquitas.

Es oportuno recordar aquí el fondo corpuscular, como materia amorfa en vías de cristalización, que indicamos al hablar de la clorita en los oolitos completamente cloritosos. Con grandes aumentos todo el carbonato, inclusive el del cemento, se resuelve en el mosqueado de los trocitos de apariencia tubular, pero en las partes del carbonato nuclear en granos irregulares, o cuando tiene textura coposa o algo fibrosa, el fondo corpuscular se acentúa, mientras que en las partes que tienen líneas de crucero el mosqueado disminuye, siendo los cristales romboédricos iniciados o formados mucho más transparentes y claros, sin perder el tinte amarillento.

El carbonato coposo o confusamente fibroso de los nú-

cleos parece tener relación, por su textura esencialmente corpuscular en el fondo, con las partes cloritosas, y además de su semejante disposición, lo abona el que analizados los cristalitas con más de 500 diámetros, encontramos corpúsculos cloritosos enlazados con la mayoría de los carbonatados, y algunos bastantes hematizados en parte o totalmente. Aun entre los carbonatados, vemos unos más blancos y algo irisados, y otros desde luego amarillentos y transparentes; en una palabra, que el fondo que venimos llamando corpuscular comprende innumerables cristalitas de diferente mineralización, dominando los carbonatados. La polarización que dan estas masas es ondulante, de agregado y sedosa, no pudiendo aclararse bien las dos clases de carbonato; los caracteres ópticos, sin embargo, más bien parecen referirse a la calcita, lo que no está de acuerdo con el análisis del mineral. Recurriendo a procedimientos microquímicos, vemos que en frío el ácido acético nos da algunas, aunque pocas, burbujas hacia las partes más claras e irisadas de la masa corpuscular; tratando parte de la preparación por los vapores de ácido nítrico, se cubre de una película de hematites de color pardo cálido, y quedan indicadas, también por tener películas, pequeñas burbujas adheridas en las partes amarillentas, de preferencia en las que tienen líneas de cruces, donde no han llegado los vapores a cubrir la preparación con la laminilla continua de óxido. Como el ataque del ácido nítrico, para formar óxido de hierro, no sería eficaz más que sobre los carbonatos de hierro y la magnetita, y esta última, por la proporción en que se encuentra en la lámina delgada no sería sino un pequeño manantial de hierro, es preciso deducir, considerando la lámina de hematites en que se convierte la preparación, que la mayoría del fondo carbonatado es de siderosa. En resumen, la masa corpuscular del carbonato está formada por cristalitas de side-

rosa, calcita, algunos de clorita y otros hematizados total o parcialmente; esta masa, que pudiéramos considerar como primera materia para la formación de los cristales de siderosa o como producto de alteración, tendría que sufrir una purificación y cambio de textura para llegar a cristalina, y así parecen confirmarlo las partes amarillentas más transparentes y menos corpusculares de los núcleos carbonatados, en que se inician las líneas de los romboedros.

El carbonato del centro avanza, según hemos dicho al ocuparnos del cuarzo, hacia el interior siguiendo las recorriduras del cuarzo, y uniéndose los restos de un lado con los de otro en forma de jirones, llega a presentar una disposición en enrejado, los cuadros de la cual quedan rellenos por el cuarzo (1). Los residuos de carbonato que quedan en los bordes exteriores del cuarzo, cuando la silicificación de la siderosa nuclear ha sido grande, suelen presentar divisiones tubulares bastante largas y dirigidas normalmente a la superficie del elipsoide central.

El cuarzo y carbonato del centro están envueltos por una lámina de hematites parda, que generalmente es muy fina, a modo de película; no siempre está completa ni tiene un espesor tan tenue. Faltando en algunas porciones de cualquier oolito, queda en ese caso el carbonato en contacto con la clorita; cuando el espesor es apreciable tiene disposición esponjosa y confusa, siempre con tendencia a penetrar en el carbonato, en filamentos disgregados y manchas, conroyéndolo a veces en su totalidad; preferentemente le sirven de caminos de invasión las líneas de división de los elementos del carbonato, ya esté en granos o en cristales. En esta película o corona de hematites, empiezan a verse puntos de magnetita salpicando su masa (2).

(1) Fotografía 19, oolito en el extremo inferior derecho.

(2) Fotografía 27-II, oolito central en la parte superior.

Vemos, pues, que el núcleo tipo está constituido por el conjunto que dan la envolvente de hematites parda encerrando al carbonato y cuarzo centrales, y como tanto el cuarzo como el hidróxido tenemos que considerarlos como minerales secundarios y derivados directamente de la siderosa, podemos hacer una deducción de importancia, y es que el núcleo total fué en otra época totalmente carbonatado. Posteriormente dos acciones simultáneas destructoras actuaron sobre él: la silicificación y la hematización; la descarbonatación actúa de dentro a fuera, puesto que constantemente ocupa el cuarzo central la parte más interior, mientras que la invasión de hematites va de la periferia hacia el centro, partiendo de la película que envuelve al núcleo.

Prescindiendo por ahora de cuál de las dos causas destructoras de la siderosa se inició primero en la evolución mineralógica del mineral, nos encontramos con que ambas actúan simultáneamente en la generalidad de los elementos.

Los casos límites de estas dos fuerzas destructoras contrarias, están representados por la anulación de una de ellas y actuación exclusiva de la otra. Las múltiples variaciones que en su presentación y composición tienen los núcleos, son las resultantes de la diferencia de fase con que se cumplen las dos invasiones, y así encontramos centros enteramente cuarcificados en contacto con la clorita de la zona cortical, muchos en que el cuarzo y carbonato nodular están rodeados por la corona esponjosa de hidróxido; en otros la hematización y silicificación han terminado su obra destructora, y el cuarzo o granos de cuarzo—según provengan de la siderosa en forma de aureola irregular o en forma de red—están contenidos en aureola o red de hematites, y finalmente (caso de hematización exclusiva), hay no pocos

núcleos completamente hidroxidados rodeados de la clorita cortical (1).

Los tres minerales secundarios—clorita, hematites y cuarzo—que intervienen en estas metamorfosis, conservan en general la textura de la siderosa que reemplazan; esto, sin embargo, no es exacto en un proceso más avanzado, manifestándose dos tendencias opuestas, pues mientras la clorita y la hematites ofuscan la textura, el cuarzo la pone de relieve.

El carbonato cristalizado de los núcleos parece tener más afinidad por el cuarzo, y el de disposición confusa por la clorita o la hematites, sin que, sin embargo, se pueda deducir regla; cuando el cuarzo se deriva del cristalino, suele estar más limpio de inclusiones.

Una disposición particular del carbonato central es quedar reducido a una corona, bastante bien contorneada por la película de hematites y con puntas cristalinas hacia el interior del cuarzo, dispuestas más o menos radialmente.

La película de hematites que ordinariamente encierra el núcleo, tiene frecuentemente ensanches en todo su espesor, deduciéndose de un examen atento que los incrementos en este sentido proceden lo mismo del carbonato interior que de la oxidación de la clorita cortical, testimoniando este último origen no sólo la imitación de la textura concéntrica de la clorita, sino los cristales de magnetita de que, como en aquel mineral, están salpicadas estas hojas hematizadas. El hidróxido, cuando está dispuesto en esta forma de corona, lanza radiaciones coposas o fibrosas, y siempre irregulares, hacia el interior del núcleo carbonatado, siguiendo la invasión de hematites las líneas de más fácil oxidación, como son las uniones de cristales y granos de siderosa. A veces la hematites de esa zona se descompone en granos casi calibrados, en contacto unos con otros y aun super-

(1) Fotografía 20, oolito grande en el tercio superior izquierda.

puestos; sobre esta disposición volveremos más adelante, pero sí debemos insistir sobre la fidelidad con que la hematites suele copiar la textura al sustituir a otros minerales; este hecho es bien conocido macroscópicamente por las numerosas y bien conservadas fosilizaciones que mineraliza.

Zona cortical.—Parcialmente está constituida por una ancha aureola de clorita en fibras concéntricas, salpicada de cristales de magnetita y limitada exteriormente por una delgada lámina de hematites, como verdadera periferia del oolito. Esta disposición clásica tiene gran número de variantes, que indicaremos al estudiar los tres minerales de la zona.

Clorita.—En el fondo se descompone en la misma masa corpuscular que la clorita descrita en los oolitos totalmente cloritosos. Las líneas determinadas por las series de residuos corpusculares, tienen en general tendencia al concentrismo, pero repetidas veces se aprecia que forman como arcos aproximadamente paralelos a las extremidades del elipsoide y limitados lateralmente por los lados rebajados del oolito, haciendo el efecto de que los arcos completos cloritosos por desgaste del elemento o por deformación debida a un aplastamiento lateral han quedado interrumpidos bruscamente (1). De todos modos hay una tendencia muy marcada y general en las láminas de clorita a manifestarse exfoliadas, y aun despegadas hacia los vértices de los elipsoides, mientras que en las partes planas, que naturalmente son las más estrechas de la zona cortical, el concentrismo se ofusca por estar pegadas las láminas en un espacio estrecho, o sencillamente las láminas despegadas o de exfoliación de los casquetes están recogidas en un punto de esa parte plana. En algunos elipsoides muy alargados y discoi-

(1) Fotografía 21-I, oolito en la parte superior.

dales, parece orientada la clorita en numerosas láminas dispuestas perpendicularmente al eje del elemento.

Estas líneas de exfoliación, y en general la textura concéntrica, está subrayada por el color sucio de hollín que tienen muchos de los grumos que señalan las líneas.

Con los nicoles cruzados se produce, al girar la platina, una polarización de agregado con brillo azulado sedoso que descubre perfectamente la orientación diferente de los distintos haces o grupos de láminas cloritosas. Por este brillo, y por las líneas manchadas a que antes hacíamos referencia, se pone en claro que varios oolitos están constituidos por haces de láminas diversos que, entrecruzados y arrollados irregularmente, producen elementos de apariencia concéntrica; las líneas de unos haces están interrumpidas bruscamente por las de otros, y por tránsitos sucesivos se llega hasta el caso de un medio oolito cloritoso comprendido, como núcleo, dentro de una zona cortical completa del mismo mineral, dispuesta y terminada como en un oolito normal. Confirma ese dato dos tiempos en la formación oolítica.

En la zona cortical se encuentran algunos cristalillos de talco.

Dentro de la masa cloritosa hay, sin que sea raro, granos blancos cristalizados de carbonato de hierro.

Magnetita.—Es el mineral que, a pesar de su color, resalta más brillantemente en la preparación; contribuye a ello el estar representado por cristales separados y bien recortados que engastan en la clorita verde hierba y que llevan muchas veces, como aumento de su llamativa demostración, un finísimo vivo blanco alrededor de los cristales.

Aun cuando, según dijimos, hay que considerar a la magnetita como compañera inseparable de la clorita, debemos hacer notar que cuando su presentación es verde cla-

ra, de apariencia amorfa por su fondo uniforme y poco corpuscular (disposición preferente en los núcleos de oolitos enteramente cloritosos), está casi limpia de magnetita (1); en cambio la presencia del oxidulo es segura en cuanto la clorita se hace más oscura por las líneas concéntricas de apariencia sucia marcadas en su fondo corpuscular alineado. Parece, pues, que, dentro de la clorita, se puede establecer cierta relación entre el concentrismo y la existencia de la magnetita.

Las secciones que se aprecian en los numerosos cristales son en su inmensa mayoría cuadradas, pero también se encuentran algunas trapezoidales, triangulares, irregularmente exagonales y otras rómbicas; este último grupo es el segundo en su importancia numérica. Teniendo en cuenta que el sistema cristalino de la magnetita es el cúbico con formas dominantes del octaedro combinado con el dodecaedro romboïdal, y algunas veces con la forma cúbica, resultan difíciles de explicar las secciones rómbicas, que no pueden tener otro origen que pseudomorfosis de otros minerales o deformación de los cristales de magnetita.

La presentación de los cristales de este mineral en la hematites de la corona que suele encerrar el núcleo es siempre más oscura, no sólo por los colores relativos, sino porque los cristales tienen algo corroídas o deformadas sus aristas, siendo claro en algunos un principio de alteración a hidróxido; en algunas porciones de la hematites de los oolitos aparece la magnetita en agrupaciones de puntos pequeños.

En el carbonato de los núcleos es muy rara la presencia de la magnetita en puntos o cristales pequeños. En los contados casos en que penetran los cristales en el cuarzo, lo

(1) Fotografía 22, oolitos con clorita de nueva formación, sin magnetita, ni líneas concéntricas.

hacen en el borde de la corona de carbonato (o hematizada), con la que están enlazados, por lo cual no pueden considerarse como incluidos en él.

Vemos, pues, que el yacimiento natural de la magnetita es la clorita de la zona cortical, y en general la de estructura hojosa; en ella se desarrollan los mayores y mejor definidos de sus cristales, se agrupan, se pegan unos a otros, y en un proceso de aumento llegan a formar estos grupos una disposición concéntrica, rodeando el núcleo y ocultando en gran parte a la clorita; se comprende que en el límite todo el oolito estaría sustituido por la masa arracimada de la magnetita, menos el núcleo, y aun éste si todo el elemento fuese cloritoso, con lo que quedaría ofuscada o destruida la textura original.

Una disposición particular de la magnetita es en anillos bien limitados y precisos dentro de la zona cortical; en un solo caso vemos a este mineral constituir todo el vértice de uno de los elipsoides, limitándole exteriormente con un perfil bien definido; es decir, que contra el caso anterior de masas arracimadas en que al ir cubriendo los elementos quedaban huecos en la unión de los grupos de cristales visibles sobre la clorita (con destrucción de la textura), hay otra manera de invasión de la magnetita, en que el negro perfectamente unido y limitado de esta especie, produciría la conservación de la textura primitiva oolítica.

Aun cuando indudablemente haya que considerar a la clorita como el principal manantial de la magnetita, llama la atención el pequeño número de puntos en que se pueden sorprender los cristales de magnetita como en vías de formación; estos sitios son nebulosas dentro de algunos oolitos cloritoso-carbonatados, constituidas por corpúsculos densificados y oscuros, mezclados confusamente con otros blancos sucios, es decir, que en la nube, que considera-

mos generadora, hay partes blancuzcas, como de carbonato confuso, y otras de corpúsculos de magnetita. Partiendo de estas capas hacia la clorita, se ve cómo los corpúsculos se sueltan y aclaran de color hasta llegar a enlazarlos paulatinamente con los de la clorita; marchando en sentido contrario, de la nebulosa hacia el cristal de magnetita, vemos cómo los corpúsculos se reúnen y apelmazan, oscureciéndose hasta formar manchas negras que insensiblemente nos llevan hasta el interior del cristal que suponemos en vías de formación, y del cual dos lados (en el ejemplo que tomamos) están perfectamente limitados.

Según esto, tanto podríamos considerar derivada la magnetita de la siderosa como de la clorita.

Como casos raros, encontramos algunos cristales con un núcleo, borroso en sus bordes, a manera de nubecilla de corpúsculos carbonatados o hematizados.

Las líneas brillantes que subrayan parte del contorno de estos cristales, están dispuestas con frecuencia perpendicularmente a la dirección del alargamiento de los oolitos, que es también la que consideramos dictada por las antiguas corrientes. Parece como si después de consolidado el primitivo depósito fluidal, y desarrollados los cristales de magnetita en el proceso de la evolución mineralógica de estas menas, hubiesen soportado enérgicas presiones, impresas en la deformación de los oolitos y en el pequeñísimo desplazamiento, por arrastre, de los cristales de magnetita; esos espacios lineales brillantes subrayando la mitad de la periferia del cristal que tenga dirección normal a la de deformación, son testimonios del esfuerzo y manera de producirse.

Estos pequeños espacios, que suponemos de desplazamiento, se presentan casi siempre en la clorita como fondo normal de los cristales de oxídulo, que son los que los han

producido; examinados con grandes aumentos, se ve cómo los corpúsculos cloritosos son más bien raros en estas bandas claras y están dispuestos, con formas casi rectas, en la dirección del movimiento de arrastre. Cuando éste coincidió próximamente con la diagonal de alguna de las secciones de los cristales, quedan unidos los tales espacios a los dos lados en ángulo igual al de desplazamiento del cristal; el contorno brillante y paralelo al borde del cristal que así se presenta con sus escasos y rectos corpúsculos según la diagonal, producen, más que en ningún caso, la impresión del desplazamiento sufrido por la sección.

La mayoría de los ángulos, en los cortes de los cristales de magnetita, son rectos, algunas secciones triangulares, otras muchas redondeadas, pero no faltan en alguna cantidad las presentaciones rómbicas o paralelogramáticas. El sistema cristalino del oxídulo, con sus formas dominantes del octaedro, tetraedro y rombododecaedro, explican claramente la mayor parte de las secciones; muchas de las rómbicas y paralelogramáticas podrían deducirse por deformación de los cristales; con bastante frecuencia los ángulos agudos de estas figuras son de 75 a 77° , y aun cuando no se vean derivar los cristales de oxídulo de los corpúsculos carbonatados, recuerdan sus secciones a las del *romboedro inverso* de la calcita.

La hematites parda se descompone siempre y en último término, contando con aumentos de 300 y más diámetros, en forma grumosa y de granos, por lo cual, aun cuando aparentemente conserva la textura de los oolitos y cuerpos extraños que sustituye, en el fondo la ofusca.

Refiriéndonos a la zona cortical del oolito que consideramos como normal, la limonita se coloca, limitándolo, en una línea periférica que raras veces es completa; el espesor de esta especie de marco es bastante variable con la

disposición esponjosa del hidróxido; marca sin duda alguna la invasión, de fuera a dentro, de la limonita, y vemos representada la serie completa hasta toda la zona cortical invadida. En algunos casos, entre la línea límite de hidróxido y la clorita cortical, hay pequeños cristales romboédricos de carbonato casi blanco, unidos en pequeñas series, y presentando sus apuntamientos hacia la clorita interior. El aspecto de este carbonato cristalizado y claro es muy parecido al de muchas láminas interoolíticas del cemento y parece más juvenil que la siderosa amarilla de los núcleos o que las nebulosas carbonatadas que se distinguen a la luz polarizada. En los sitios en que la línea periférica de hematites falta, la clorita de la zona cortical se une con la correspondiente de otro oolito, y a veces, aunque pocas, queda en contacto con las placas blancas de siderosa cristalizada del cemento.

Variaciones.

Los **oolitos cloritosos** con núcleos distintos de los cuarzoso-carbonatados, que consideramos como clásicos, son casos particulares de los que hemos descrito, y las variaciones se refieren a núcleos carbonatados cuarzosos o hematizados, no indicando los tipos mixtos por haberlos señalado al estudiar el núcleo de los oolitos cloritoso-carbonatados.

Los centros exclusivamente carbonatados presentan diferentes texturas que, en líneas, se reducen a dos: 1.^a, disposición corpuscular en nebulosa (1); 2.^a, carbonato cristalizado que admite diversos matices, desde cristales casi

(1) Fotografía 20, oolitos en la parte superior derecha.

blancos, al de nebulosa, con tipos amarillentos intermedios, que son los más frecuentes (1). Cristales y nebulosas puede decirse que coexisten constantemente en el mismo centro, pues aun en el caso de estar todo el núcleo cristalizado con elementos de líneas bien definidas, vemos, con grandes aumentos, que en el centro de esos romboedros elementales de siderosa hay sombras corpusculares cloritoso-carbonatadas y toques de hematites y magnetita. Los centros exclusivamente cuarzosos son de granos cristalinos transparentes unidos en placa, marcándose una tenuísima trama de la materia corpuscular en las uniones; las inclusiones suelen ser de siderosa amarillenta, y no están muy cargados de ellas.

Pocas veces se presentan los núcleos completamente transformados en hematites, pero en casi todos hay una diferenciación viva del núcleo a la clorita cortical; no se enlazan en la periferia del centro las fibras de clorita con los granos de hematites, exponiendo cómo la evolución del núcleo ha sido realizada con mucha anterioridad sobre la de la parte media del oolito. Estos centros hidroxidados tienen dos tonalidades muy marcadas y correspondientes, sin duda, a dos distintos grados de hidratación: uno amarillo claro, desde luego de hematites, y otro bastante más encendido, dentro del tono castaño, y muy parecido al de la goethita; ambos óxidos se resuelven en granos y grumos, pero no en fibras, como cuando son derivados de la alteración de la clorita o bavalita; esta disposición en granos es muy interesante, pues se presenta con relativa constancia, no sólo en centros, sino en oolitos completamente alterados en limonita y algunos de los cuales, teniendo en cuenta la fidelidad para conservar texturas de este mineral, son como discos que hubiesen contenido muy numerosas celdas contiguas, es decir, restos de organismos.

(1) Fotografía 19, oolito en el borde derecho, poco más alto de la mitad.

En esta idea quedaba bien aclarada la razón del avance en la evolución del núcleo sobre su zona media cloritosa, pues siendo más antiguo sirvió como centro de atracción para un nuevo oolito.

No todos los casos de centros hidroxidados son de esta clase, pero sí la mayoría en los oolitos cloritosos; también los hay en que el hidróxido tiene apariencia nubosa o fibrosa, como derivándose de la masa corpuscular carbonatada o de las cloritas.

Oolitos hematizados.—Los escasos oolitos que existen en las micropreparaciones, transformados por completo en hematites y con núcleo, tienen éste silicificado y de grandes dimensiones, llegando casi a ocupar la superficie entera del oolito, el cual sólo queda determinado por la línea periférica de hidróxido; la textura y modo de estar dispuesto el cuarzo, es idéntica a la que vimos al tratar el centro de los cloritoso-carbonatados, e idénticas son sus fracturas y sus inclusiones. En realidad, pues, pueden ser estos escasos tipos hidróxido-silicificados, productos finales de descomposición de dos de las fuerzas destructoras del oolito cloritoso nucleado; la transformación en cuarzo, empezando su ataque en la siderosa central y marchando hacia el exterior, y los hidróxidos que comienzan la alteración de la clorita exterior y marchan hacia el interior en su labor destructora, la cual termina poniendo en contacto la sílice y el hidróxido, verdaderos finales estables del meteorismo.

En menor número aun se encuentran los *oolitos carbonatados con núcleo*; propiamente viene a hacer veces de tal, uno o varios granos de cuarzo que, con sus inclusiones carbonatadas, llenan el centro y aun cortan el oolito atravesándolo (1); el carbonato es el amarillento cristalizado en

(1) Fotografía 19, oolito en el borde inferior a la derecha.

granos, sin que estén indicadas las líneas de los romboedros; todo el elipsoide está encerrado en la segura línea periférica de hidróxido.

Los oolitos hidroxidados o carbonatados, entre los de núcleo, no van acompañados de magnetita, pero si hay alguna, está enlazada en la limonita, quizás como derivada de la clorita directamente.

CEMENTO

En las micropreparaciones más generales que estudiamos, el cemento está poco desarrollado, pues los oolitos se ofrecen en contacto unos con otros, pero como son elipsoides y no muy deformados, sino que muchas veces sus secciones tienden a círculos, se comprende que entre los oolitos tienen que quedar diferentes figuras, en su mayoría triángulos, limitados por los casquetes curvilíneos de los elipsoides, pues según su dirección es como se orientan, y en ese sentido del alargamiento marchan unidos, pegados, sin dejar lugar a espacios interoolíticos, que ya vemos se producen hacia los extremos (1).

Esos espacios triangular-curvilíneos están zoneados, como haciendo diferentes aguadas, desde su periferia hacia el centro, demostrando claramente que sus incrustaciones sucesivas han sido formadas por el paso de las aguas. Estos antiguos poros o conductos suelen estar próximos a oolitos o cuerpos extraños en grado más avanzado de oxidación o en figuras incompletas, como si hubiesen sido los conductos de disoluciones que originaron cambios secundarios y redisoluciones, probando la porosidad de la roca (fots. 20 y 24).

(1) Fotografía 19, toda la parte central y borde derecho.

El carbonato ocupa estos huecos la mayoría de las veces constituyendo placas de siderosa transparente, con los romboedros bien dibujados; otras veces son los granos amarillentos irregulares los que, uniéndose, forman las escamas de carbonato ferroso que ocupan los espacios interoolíticos. El verdadero fondo de cualquiera de estas disposiciones es el corpuscular, pero, como constante, vemos que son más claras, menos cargadas en su fondo de nebulosas cuanto mejor marcadas están las líneas de los cristales, como si la siderosa estuviese más purificada; por eso estos espacios, en contacto con las zonas verdes corticales de la clorita o bavalita, o con los límites periféricos de hidróxido, se destacan claramente; los óxidos de hierro, y por el mecanismo ya explicado otras veces, tienden a reemplazar a la siderosa haciendo más oscuros y confusos los espacios.

Si esta alteración a hidróxido está muy avanzada, suelen presentarse granos de cuarzo entre los grumos de limonita, es decir, que en el cemento también la silicificación empieza con mucho retraso respecto a los núcleos; como caso raro se ve algún espacio interoolítico ocupado por granos unidos de cuarzo, procedentes de la descarbonatación de la siderosa; si hay algún grano de magnetita, está enlazado con la hematites.

En alguno de estos espacios, ocupados casi siempre por el cemento, es donde encontramos las *girvanellas* (1), las cuales ocupan cuerpecillos cloritosos o de ópalo, alargados, verdaderos campos llenos de estas algas; otras veces ocupan el espacio sin cemento y acompañadas solamente de tenue masa corpuscular, y por fin, en pocas ocasiones creemos verlas en el cemento de siderosa; dentro de los oolitos no las encontramos de un modo fehaciente (fots. 26 y 27-II).

(1) Fósiles de Galicia, por P. H. Sampelayo. —Boletín del Instituto Geológico de España, págs. 284 y siguientes.

Cuerpos extraños.—Son principalmente de dos clases: hidroxidados y de ópalo; hay algunos transformados totalmente en cuarzo o en carbonato. En general tienen formas alargadas, y están dispuestos acentuando la tendencia fluidal marcada por la orientación de los oolitos (fots. 20 y 24).

Aclaran varios puntos muy interesantes en la historia de estos criaderos.

Pueden tener contornos perfectamente claros y precisos (1.º), o, por el contrario, ser éstos esfumados (2.º).

1.º *De contornos precisos.*—Con esa condición hay dos clases de cuerpos que no son oolitos; los contornos, en todos los casos, son redondeados.

a) Cantos redondeados encerrando oolitos convertidos en hematites oscura, y que pueden considerarse como arrancados de una formación oolítica anterior y batidos por las mismas aguas agitadas (1).

La antigüedad de estos cuerpos se deduce, no solamente del confinamiento, determinado precisamente por la línea límite redondeada, sino porque casi todos los oolitos comprendidos han terminado su evolución a hidróxidos (limonita y goethita) con algunos anillos y aun centros huecos por falta de materia, y otros casi formados por polvo de magnetita.

Su tamaño es de poco más de un milímetro.

b) Cuerpecillos redondeados de ópalo; son de gris claro, comportándose como isótropos con luz polarizada.

Unos aparecen como lisos, con inclusiones corpusculares uniformemente repartidas, y otros, en cambio, tienen manchas de clorita y hematites, y con frecuencia *girvanellas*. Son los uniformes bastante redondeados, con tendencia al alargamiento, y se parecen mucho a diminutos cantos rodados (fots. 26 y 27-II).

Los manchados de clorita e hidróxidos son a menudo

(1) Fotografía 20, cuerpo en la parte superior derecha.

muy alargados (hasta de 8 a 10 milímetros por medio de ancho), con la presentación que, en algunos minerales oolíticos devonianos, tienen las secciones de *braquiópodos*; constituyen los mejores yacimientos de *girvanellas*, que a veces en pelotones ocupan todo el espesor del cuerpecillo, y la existencia de las cuales no se decidiría en esos ovillos de puntos y trazos, si no fuese porque al aclararse hacia los extremos se las distingue con sus caracteres muy repetidos y bien marcados. Dentro de estos campos alargados encontramos algunos oolitos aislados, con la clorita y óxido de hierro que forman su masa, deshilachados, rotos en copos y enlazándose las *girvanellas* algo hidroxidadas, con la limonita.

Con luz polarizada dan reflejos de carbonatos los tubos de estas algas, y parte de los oolitos; en general copos carbonatados se enlazan con las fibras hidroxidadas, y en fin, hay cuerpecillos de estos en que casi todo el espesor es carbonatado; el fondo del campo da caracteres de ópalo.

En los sitios en que las masas de *girvanellas* se aproximan al borde, que es lo mismo que decir a las manchas de hidróxido, los contornos del cuerpo se esfuman y aun se borran; en algún detalle de la línea de contorno se comprende la causa, cuando vemos alguna *girvanella* que la cruza; deduciéndose que ya existían oolitos y los cuerpecillos cuando ocurrió la invasión de *girvanellas*.

2.º *De contornos esfumados.*—Vemos, según lo anterior, que la serie de cuerpecillos extraños comprende desde los de ópalo sencillos, con *girvanellas* incluídas, hasta los hidroxidados por completo, de contornos difuminados y desprovistos en absoluto de organismos.

Las líneas límites de estos cuerpos, aunque borradas en parte, se siguen aproximadamente por la igualdad de coloración, y así se aprecia que el contorno de tales elementos no

oolíticos, es también redondeado. Todos los cuerpos extraños de esta clase están mineralizados en hidróxidos de las dos tonalidades que venimos señalando.

En el interior de esta masa se discierne cierto punteado, como a modo de textura; estos granos, circulares en muchos sitios (como de una centésima de milímetro), recuerdan las celdillas de varios organismos; si la concentración de hidróxido es grande, se borran, distinguiéndose grumos repartidos con cierta regularidad. Con atención, y sobre las partes más claras, al contacto de los bordes esfumados de estos cuerpos se llegan a distinguir las figuras de las *girvanellas*, presentándose en gran número y con secciones de todas clases; hacia el interior aumentan en densidad, se pierden los contornos y no se ven sino grumos de distintas tonalidades de hidróxidos, y como es fácil encontrar todos los pasos de la serie, se llega con asombro a deducir la enorme cantidad de *girvanellas* que, por su acumulación, constituyen la masa del cuerpecillo; estos últimos suelen tener un milímetro de diámetro, y no llega a una centésima de la misma unidad el de las algas amontonadas.

Esta deducción de que partes hidroxidadas de los minerales sean integraciones fosilíferas, nos lleva a examinar otras así mineralizadas, y sorprende ver la identidad de estructura, sobre todo de algunos centros de hematites parciales incluídos en oolitos cloritosos; para explicárselos de la misma manera, habría que suponer que los centros independientes procedían de una formación anterior y, al entrar en ésta la clorita, les ha tomado como centro de atracción.

Dos consecuencias importantes se deducen del examen de estos cuerpos, extraños a la textura oolítica:

1.ª Que las *girvanellas* intervienen en la producción de las tonalidades de la serie de los cuerpos extraños, desde los cuerpos uniformes de ópalo, hasta los esfumados de hi-

dróxido; la importancia de la invasión determina la casilla que ocupe en la escala.

2.^a Los cuerpos extraños son más antiguos que las *girvanellas*, puesto que éstas los destruyen, y ambos pertenecen a las primeras fases de la formación del mineral; lo confirma el grado de hidroxidación, que es función del número de algas, habiendo terminado la evolución los exclusivamente fosilíferos.

Sin embargo, la mayoría de los cuerpos extraños son campos alargados de ópalo, clorita y carbonato, sin *girvanellas*, de límites confusos hidroxidados y multitud de medios oolitos; todos ellos repartidos en desorden entre los elipsoides y enlazados por el cemento (fot. 24). Entre los de ópalo, siempre con figura redondeada, los hay con parte del contorno roto, invadido por la clorita amorfa acompañada de su óxido imprescindible. Algunos de estos cuerpos extraños contienen oolitos de óxido, varios de ellos cloritosos.

Entre los cuerpos extraños a los oolitos, es muy interesante citar algunos cantos grandes redondeados que, además de encerrar oolitos, tienen su límite esfumado por una parte del contorno hasta fundirse en la masa del cemento, con lo cual viene a resultar que los oolitos pasan, insensiblemente, desde la parte externa hasta el interior del cuerpo extraño, demostrando con ello que, al menos algunos, se han tenido que formar *in situ*, destruyendo el contorno del cuerpo al desarrollarse la textura oolítica. Este mismo hecho de destrucción de límites por la acción oolítica, lo encontramos en algunas calizas ferruginosas, cuyos restos fósiles están invadidos por los oolitos. Las interesantes deducciones que se pueden hacer, son tres:

1.^a La textura oolítica puede desarrollarse *in situ* en las formaciones silurianas.

2.^a La acción que origina la formación de los oolitos en la roca consolidada, es destructora de los contornos de los cuerpos contenidos en la masa silicatada, los cuales sufren a modo de un contagio; y

3.^a Parte de los oolitos son posteriores a las aguas batiientes que han producido los contornos redondeados en los grandes cuerpos, extraños a los oolitos.

Filoncillos (fot. 19).—Los más típicos y repetidos son uniformemente estrechos y suelen cortar las preparaciones a todo su largo. El relleno es brechoide, de partículas desprendidas de las partes próximas atravesadas por él; estas partículas están cimentadas por dos substancias, siderosa y cuarzo, depositadas al circular aguas exteriores por la grieta, o, de otro modo, que su formación es la más reciente. :

La siderosa está en romboedros que no difieren en nada de los de algunas placas de los espacios interoolíticos; el punto de interés lo da el cuarzo: cuando atraviere algún núcleo cuarzoso-carbonatado, se distinguen en contacto muy claramente el nuclear y el del filoncillo; el cuarzo de esta veta es más oscuro, en granos pequeños, con más inclusiones que el de los centros oolíticos; además de esta forma granuda, hay otra en calcedonia, que suele estar enlazada con ella en banditas sumamente finas y paralelas al contorno que rellenan o a la partícula que rodean, y a menudo tienen colores vivos irisados. Otras veces, y con frecuencia, los filoncillos son de clorita color verde claro dispuesta en escamillas, cuyos índices y características parecen referirse a la variedad pennina; nunca falta el cuarzo, que demuestra que su origen, por lo menos en muchos de los casos, es moderno y del exterior su invasión.

MINERALES DE SAN PEDRO DEL RÍO

Es curioso ver cómo en el mismo sinclinal, pero a una distancia de 35 kilómetros, se reproducen características oolíticas que permiten identificar los yacimientos de Villadrid y San Pedro con la misma seguridad de los argumentos paleontológicos, y con la gran ventaja de que dos láminas delgadas, de mineral ordinario, bastan para establecer desde luego la identidad, siendo este uno de los beneficios que se derivan del estudio micrográfico de los minerales.

Lo mismo que en el caso de Villadrid, adoptaremos para la descripción el mineral tipo.

La forma que representa la mena del fondo del criadero es un carbonato blanquecino, ligeramente pardo a la luz natural y casi amarillento a la polarizada, por el tono del carbonato. La roca es completamente oolítica; los oolitos están en contacto, dejando únicamente para el cemento los espacios interoolíticos de contorno curvilíneo, y están poco deformados; no tienen tendencia fluidal y son casi iguales en tamaño, de 2 a 3 décimas de milímetro (1).

Oolitos.—La mayoría de los oolitos están sin centrar; los centrados alcanzan escasamente un 6 por 100. Vetillas estrechas, carbonatadas, cruzan las preparaciones en dos sentidos casi perpendiculares.

(1) Fotografía 29; no da mucha idea de la disposición por su grado de oxidación.

El tono de los oolitos es bastante más oscuro que el del cemento; esto es debido al fondo cospuscular, ligeramente verdoso, del carbonato de los oolitos, que con eso queda dicho que es poco cristalino. Aunque no acusa mucha reacción, es claramente dicroico, y esto, unido a su aspecto fibroso, hace que de primera intención se piense en atribuirlo a especie distinta, que podría ser parecida a la chammosita; pero como no se funde fácilmente, ni produce atracción sobre la aguja magnética antes de ser sometido al soplete, y en cambio da efervescencia y, como la siderosa, se ennegrece y hace magnética después de la calcinación, creemos que, aunque pueda en ocasiones justificar una variedad, debemos referirlo al carbonato de hierro.

No todo el carbonato de los oolitos es de aspecto fibroso, pues; por el contrario, la parte interior más bien es granuda, aunque con el mismo fondo nuboso, al que positivamente contribuyen los óxidos de hierro con sus estados confusos. Con esto viene a resultar que, en cierto modo, son centrados casi todos los oolitos, puesto que tienen diferenciada su parte interior, granuda, de la zona externa, con disposición fibrosa. Esta especie de núcleo, aunque carbonatado, tiene tres presentaciones distintas: la más curiosa consiste en un relleno de granos carbonatados, pero casi redondos e iguales, de una a dos centésimas de milímetro; están en contacto unos con otros y producen la apariencia de un disco de origen orgánico; otras veces la parte interior está constituida por una o varias plaquitas carbonatadas de distinta orientación óptica, y en este caso más claras, con más tendencia cristalina; como caso menos frecuente, queda el del oolito uniforme, desde el centro hasta la periferia, todo él formado de carbonato nuboso, y con tendencia, no muy marcada, a la disposición concéntrica.

En realidad ninguna de las tres presentaciones es la más frecuente, sino que, en general, los discos ovales tienen en su interior granos de carbonato nuboso mezclados con espinitas de talco y pequeñas fibras de una clorita muy pálida. Esta clorita, que apenas tiene tono verdoso y muy poco dicroica en luz natural, azul claro en la polarizada paralela, es la que se mezcla con el carbonato confuso y es la que puede producir en algún caso el policroísmo.

Aun cuando las mezclas de granos carbonatados y agrupaciones de pajuelas del silicato son muy poco regulares, observando atentamente y en gran número de casos, se ve que la clorita domina en particular en la zona media, de modo que aunque en pajuelas muy cortas, sin orientación única y agrupada de un modo irregular, hace el papel de las leptocloritas en los oolitos clásicos del paleozoico; confirmando ese supuesto, encontramos en algunos oolitos grumos y cristales de magnetita enlazados con las partes cloritosas. La zona del oolito que podríamos llamar periférica, se distingue porque es la más oxidada y de mayor tendencia concéntrica, y ambos hechos están ligados, porque son precisamente las concentraciones nubosas de óxidos de hierro y de corpúsculos cloritosos las que dan la forma fibrosa concéntrica a la corona exterior; el final suele ser una doble línea, pero en varios casos estas líneas más claras exteriores son ya zonas sombreadas de los espacios interoolíticos. En las periferias suele dominar el óxido. Esa presentación de la corona cortical es común a todos los oolitos de la roca, como lo es también la particularidad de esfumarse, como si hubiera sido disuelta en algunas porciones de varios oolitos, en los cuales se funde paulatinamente su contenido interno con la masa del cemento (1).

(1) Estas acciones secundarias de destrucción están muy bien representadas en la fotografía 24.

En dos casos ocurre particularmente ese fenómeno: en la proximidad de los filoncillos, o cuando están contiguos a una zona de espacios interoolíticos (1) zonéados, que debieron ser poros que dieron paso a las disoluciones (2).

Oolitos con centro.—Los oolitos con centro son en su mayoría cuarzosos, pero hay algunos, pocos, que tienen su núcleo cloritoso o carbonatado. Los de núcleo cuarzoso se destacan con claridad por la transparencia de su centro, respecto del cual nos podemos referir, en un todo, a lo dicho para los centros cuarzosos de los minerales de Villao-drid. Casi todas las inclusiones son carbonatadas, pero también se encuentran cloritosas. Por lo general, la primera zona que rodea al cuarzo es carbonatada, y detrás es donde se alojan de preferencia las agrupaciones cloritosas, siempre en espinitas cortas y con apariencia hacia el talco (3); en el sitio que correspondería a la clorita se suelen encontrar grumos o cristallitos de magnetita. Vemos, pues, que esos grupos cloritoso-magnéticos tienen su lugar propio en la zona cortical, como para las leptocloritas ocurre en los oolitos clásicos, pero su presencia no sólo no es constante sino poco frecuente. El cuarzo parece derivado directamente de la siderosa, no de la clorita.

En los casos raros en que todo el centro es cloritoso, se presenta este mineral en la misma forma.

Respecto a los oolitos de centro carbonatado, quedan considerados como casos particulares de los totalmente carbonatados, y sólo hay que añadir que, a veces, ocupa

(1) Véase *Hierros de Asturias. Criaderos de Luarca*, por P. H. Sampelayo, páginas 643 y siguientes.

(2) Véase pág. 303.

(3) En la fotografía 20 son abundantes en forma de pajuelas irregularmente distribuidas.

el centro un trozo de carbonato de una sola orientación y con la misma tendencia fibrosa que tiene el de la zona periférica, como si ese núcleo fuese un trozo arrancado a una formación anterior.

El cemento tiene muy poco desarrollo porque los oolitos están en contacto en casi toda la superficie de las preparaciones, y así queda reducido a los espacios triangulares, o de cuatro lados, pero de contornos curvilíneos, puesto que están limitados por los perfiles de los oolitos. Tres son las disposiciones principales que referiremos sucesivamente, según el orden de su desarrollo.

En la primera, los espacios interoolíticos tienen aspecto homogéneo, como de masa amorfa, pero con reflejo sedoso en luz polarizada. Toda la línea curva del contorno, al contacto de los oolitos, es una tira estrecha blanquecina, con la disposición de una costra zoneada, y desde ahí hasta el centro del espacio va oscureciendo la masa carbonatada (fot. 24). La materia que colorea la superficie de los espacios es hidróxido de hierro unido a corpúsculos cloritosos: es una reunión confusa, de aspecto uniforme en cada punto que se considere, que paulatinamente se hace más densa, alcanzando su máximo en el centro del espacio interoolítico. Como esa agregación confusa se coloca superpuesta al carbonato, se aprecia, además del color pardo amarillento del hidróxido, el policroísmo de la clorita y el reflejo sedoso en luz polarizada; sin atención se referiría a una especie distinta la substancia mineralizadora de los espacios. Esas superficies se cargan con frecuencia de hidróxido y oscurecen hasta un tono morado, que es rojo ladrillo a la luz reflejada, con la que se destacan más claramente junto al blanco del carbonato de las primeras costras y de los oolitos; en los casos de empaste completo se verá con frecuencia

surcada la pasta del hidróxido por líneas de contracción, en el fondo de las cuales se ve el carbonato. Suelen encontrarse relacionados esos espacios con las partes esfumadas de los oolitos (1), poniéndose en contacto, sin solución de continuidad, la materia de ambos, oolito y espacio. En resumen, por el aspecto, los tales espacios parecen antiguos poros que se han ido rellenando por los depósitos, en costras, que han dejado las disoluciones activas que por ellos circulaban y que habrán originado la disgregación del oolito.

El segundo modo de presentación del cemento es caso particular del que acabamos de describir, y consiste en que el espacio interoolítico está ocupado por una o varias placas cristalinas de calcita, siempre con algo de hidróxido hacia el centro; las demás observaciones del desvanecido zoneado; o de los oolitos disueltos parcialmente, son idénticas a las que acabamos de hacer. Por fin, y aunque no muy frecuentes, hay zonas en que el cemento se ofrece en disposición granuda, interviniendo en esta forma el carbonato y la clorita; el cuarzo es mucho más raro; en casi todos los casos he podido comprobar que esta constitución se relaciona con la proximidad de filoncillos o con oolitos destruidos.

Los filoncillos que surcan la roca están dispuestos en dos series casi perpendiculares; sus rellenos son de granos o plaquitas cristalinas de siderosa, o de calcita en los más anchos; éstos suelen tener también algunos granos que parecen de *escapolitas* (o *zoisita*). Las disoluciones que circulan por sus grietas han debido contribuir a la disolución de oolitos, según se deduce de las partes granudas del cemento que están próximas a los filones y que deben proceder de la destrucción de los oolitos contiguos. También se

(1) Página 312.

encuentra alguna fisura estrecha rellena por la clorita en cristalitas rectos y delgados; su dicroísmo, de un verde más intenso, es mayor que en el caso de los oolitos, y lo mismo puede decirse respecto al tono azul de polarización.

Los minerales de Penamil y Fonsagrada son muy parecidos a los descritos de San Pedro, recordando con frecuencia a los de Villaodrid, y no nos detendremos en ellos, pasando a citar alguno de otro isleo siluriano, como los de San Clodio.

MINERALES DE SAN CLODIO

En éstos varía muy intensamente la textura oolítica.

Los oolitos, cuyas dimensiones varían de cinco centésimas a dos décimas de milímetro, están, por lo general, sueltos en tiradas que parecen marcar tendencia fluidal, no sólo por su agrupación en un sentido bandeado, sino por la forma aplastada que tienen estos pequeños oolitos, que llegan a ser cuatro o cinco veces más largos que gruesos. Carecen de líneas y de disposiciones concéntricas, a excepción de una doble línea que los suele limitar exteriormente. La composición de los oolitos está dada por granos de carbonato, enlazados de una manera irregular. En el cemento abundan también los granos carbonatados sueltos y pajuelas de talco.

La particularidad de estos minerales es una vena manganésifera, que ha quedado representada por líneas que suelen coincidir con las de disposición fluidal, y las cuales, en subdivisiones, llegan hasta señalar en negro los contornos de los granos de carbonato de los oolitos.

En estas preparaciones se encuentran también cuerpecillos muy alargados, que quizás sean los representantes de la fase orgánica, y filoncillos de calcita y clorita con algo de cuarzo y zoisita.

ALTERACIÓN POR SILICIFICACIÓN Y METAMORFISMO

Los minerales oolíticos cloritoso-carbonatados ofrecen destrucción de textura por desarrollo de su sílice, y el resultado es la producción de unos minerales que dominan en el segundo pliegue (1) y que, sin embargo, no tienen importancia suficiente para constituir una clase aparte. Estos minerales forman una serie cuyo límite final son las cuarcitas cloritosas, y están muy unidos a los minerales magnéticos de la pudinga. Y como la separación de estas dos clases: silicificados y magnéticos de la Sierra de Meira, equivaldría a la desintegración de una reunión natural, y como, por otra parte, las magnetitas forman un grupo completo, optamos por dar unidos ambos fenómenos al estudiar microscópicamente las menas magnéticas, dejando aquí sólo el título para el hueco que a las formas silicificadas corresponde.

El desacuerdo que a veces ocurre entre las clasificaciones y las presentaciones paragenéticas, es consecuencia lógica de la inadaptableidad de las series naturales, sin cambios bruscos, a las separaciones didácticas, radicalmente extremosas para rendir todo su provecho.

(1) Véase Cuadro de Clasificación.

Minerales del segundo pliegue siluriano (1).—Entre las cuarcitas de este gran sinclinal se aloja una capa de mineral que ofrece los tránsitos desde una mena totalmente carbonatada con las cloritas y silicatos constantes, hasta una cuarcita más o menos cloritosa.

En esta serie oolítico-cloritosa, deformada por silicificación, es donde se desarrollan las menas magnéticas, verdaderas pudingas que, por su textura, son las que mejor caracterizan la corrida de mineral.

Deformación por silicificación.

Describiremos, por consecuencia, los minerales que aun conservan la antigua estructura oolítica, y a continuación los que han llegado a borrarla en los sucesivos incrementos de sílice, terminando por los tipos magnéticos de la escala que entre todos forman dentro de un mismo yacimiento (fots. 25 y 28).

Minerales oolíticos. — Carbonatos del Acebro y Sierra de Meira.—Tienen en un extremo de su evolución las cuarcitas, y en el opuesto los completamente carbonatados; en realidad estos términos son teóricos, pues siempre van unidos los minerales carbonatados a una mezcla de clorita y cuarzo. Por otra parte, los minerales ricos no dan tantas facilidades para su estudio como los pobres, que cuentan las distintas fases de su alteración a partir de su origen, más rico, pero, por lo mismo, de mayor monotonía. Estos minerales carbonatados pobres tienen asimismo apariencia detrítica, por lo revueltos que aparecen los gra-

(1) Página 175.

nos de cuarzo con los restos de oolitos; los tonos verde de la clorita y pardo del carbonato algo hidroxidado, dan alguna variedad al color blanco de las preparaciones en luz natural (fot. 25).

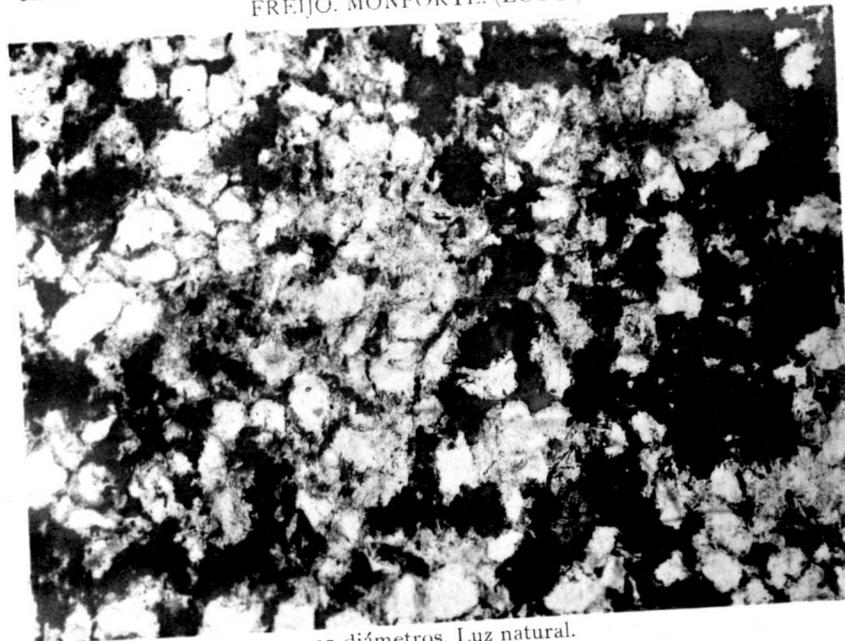
A pesar del aspecto francamente oolítico, tienen poca regularidad estos minerales en la distribución de sus elementos: hay trozos en que domina el cuarzo, en granos cristalinos, hasta producir un agregado con una tenue trama de carbonato y clorita; en otros sitios el aislado es el cemento en placas cristalinas, y por fin, trozos en que dominan los oolitos y restos suyos en carbonato, clorita y limonita, con la confusión consiguiente. Todos estos complejos: placas de cuarcita, cemento y trozos oolíticos, son los más sencillos y esquemáticos, pero además alternan entre sí, dando lugar a toda clase de combinaciones que no merecen la pena, ni es posible seguir en detalle.

Los trozos que suponemos como placas de cuarcita, son muy parecidos a los minerales ya alterados. Los cuarzoes (no hay que decir que con algunas inclusiones cloritosas y carbonatadas) son grandes y tienden a ovals, rellenando a un oolito entero; casi siempre son centros de un solo grano, otras veces de dos o más de distinta orientación y con líneas de fractura concoidea; las inclusiones carbonatadas de aspecto desgarrado (ver Villaodrid o Luarca), llegan a dividir el núcleo cuarzoso; la red o trama es de siderosa en granos y placas cristalinas como dominante, y de clorita en laminillas.

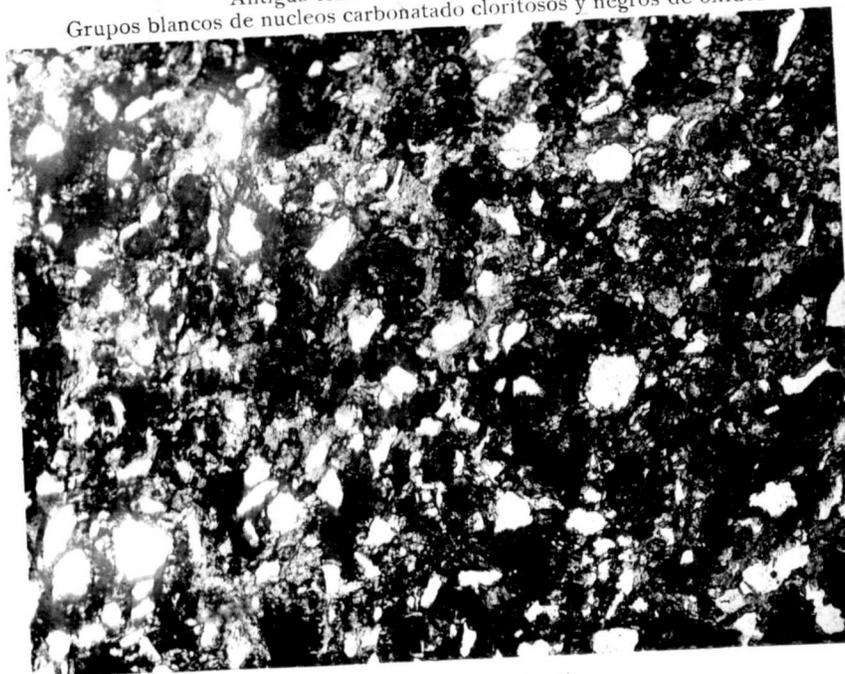
Las porciones que, aisladas entre los granos de cuarzo, podemos suponerlas pertenecientes al antiguo cemento, puesto que exactamente no hay parte de la masa de la roca que merezca este nombre, son placas transparentes, pero bastante sucias en luz natural, y a ello contribuye el hidróxido que siempre las altera y empaña; en luz pola-

Fot. 25

Minerales cloritoso carbonatados. Deformados por silificación e hidroxidación.
FREIJÓ. MONFORTE. (LUGO.)



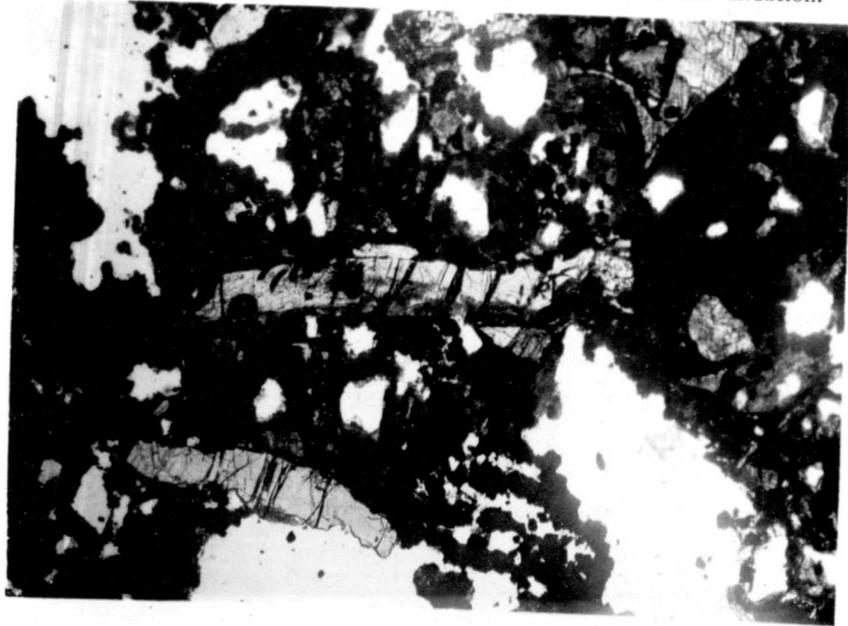
37 diámetros. Luz natural.
Antigua textura oolítica sin cemento.
Grupos blancos de núcleos carbonatado cloritosos y negros de óxidos.



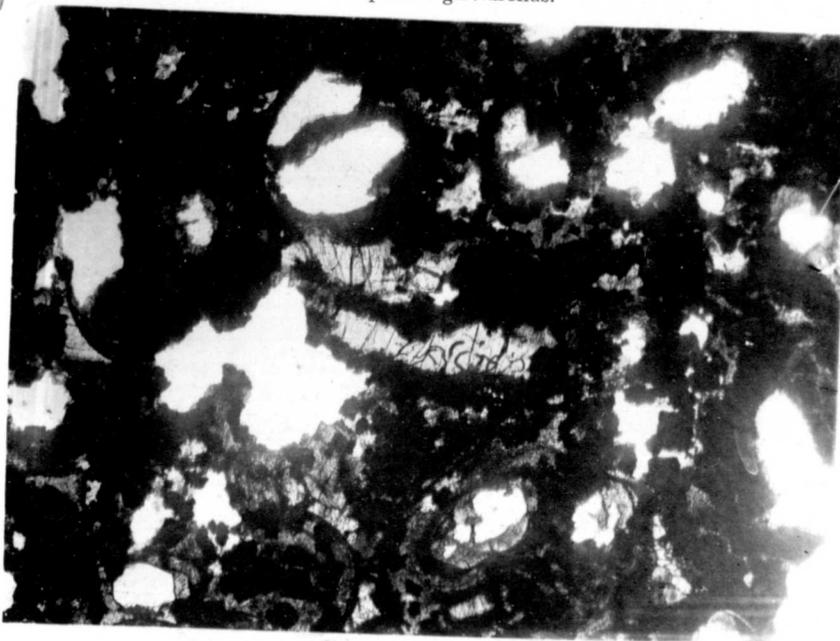
37 diámetros. Luz natural.
Nódulos redondeados de carbonato y esquinados de cuarzo.
Masa de clorita, hidroxidado y carbonato.

VILLAODRID. RIBADEO. (LUGO.)





Dos campos de girvanellas.



37 diámetros. Luz natural.
Grupos de girvanellas en el centro. Textura oolítica
Cemento carbonatado cristalizado. (Parte alta)

VILLAADRID. RIBADEO. (LUGO)

rizada tienen el color amarillento típico y brillo sedoso. Estas placas están divididas algunas en romboedros pequeños y casi iguales, pero aunque esta división no se realice, hay siempre iniciada alguna, en columnas solamente, como una exfoliación, que es lo más frecuente, o en romboedros completos. Otras veces las masas de carbonato, pertenezcan o no al supuesto cemento, son granulares más hidroxidadas y confusas, y siguiendo grados de inferioridad, llegamos al carbonato nuboso y corpuscular (1), que se acusa sólo por su reflejo. La forma anubarrada de la siderosa está representada, en realidad, en la disposición granular y en las placas cristalinas, pero lo está de un modo superpuesto a sus divisiones, como sombra de la existencia nubosa anterior, de la que han debido proceder después las placas más o menos cristalizadas. Todas estas placas y formas del carbonato tienen la propiedad de ser bastante dicroicas, haciendo patentes las líneas cristalinas de división cuando son paralelas al hilo vertical.

Esas placas, que consideramos del cemento, se unen insensiblemente, por medio de la red cloritoso-carbonatada que reúne los granos de cuarzo, a las porciones oolíticas, confusamente oolíticas con más propiedad, pues raros son los olitos enteros, y los partidos están resueltos con clorita, carbonato, óxidos y algo de cuarzo.

La mayor parte de los oolitos debieron ser completamente carbonatados, cloritosos son muchos menos los representados, y de los totalmente carbonatados parecen los más antiguos aquellos de fondo nuboso con líneas finas concéntricas de corpúsculos oscuros y de hidróxido; el término más frecuente de los carbonatados es el que tiene de fondo las placas cristalinas o semicristalinas sin líneas concéntricas de división, dándose, por lo demás, el caso de

(1) Páginas 288 y siguientes.

alguno que tiene débilmente señaladas sus líneas sucias de concentrismo sobre las placas cristalizadas del fondo. Muchos de los cuarzos, hoy bien desarrollados con su forma oval, ocuparon antes los centros de los oolitos carbonatados, y de los cuales no queda sino una corona exterior con el dibujo de la forma como testigo. El límite exterior de los oolitos carbonatados suele ser de hematites parda en una o dos líneas concéntricas.

Los cloritosos carecen de textura interior y están compuestos por pajuelas de clorita sin orientación fija. La clorita es verde hierba, bastante dicroica y con polarización rodante azul verdosa; su límite exterior es también una línea de limonita.

Estos dos tipos, exclusivamente cloritosos o carbonatados, se combinan entre sí en numerosas formas mixtas, representadas en los residuos de oolitos. Los carbonatados tienen como una aureola de clorita, y aunque menos frecuentes, vemos otros en que el silicato sirve de centro; de cualquier modo que intervenga, la clorita siempre está en pajuelas cortas y privada de líneas concéntricas, indicios ambos de su formación reciente, en el mismo sentido, se ofrece el hecho de no estar nunca acompañada de magnetita que, por su frecuencia de coexistir con la clorita en estos minerales, parece un producto obligado de alteración; por otra parte, en la preparación no está representado más que el hidróxido de hierro. Los oolitos cloritosos admiten muchos granos de carbonato entre sus fibras, dando los tránsitos a carbonatados.

La siderosa y la clorita, ambas, son manantiales de limonita, y esto aun hace más variadas las formas, hidroxidándose las cutículas exteriores casi seguramente, los centros otras y, en algunos oolitos antiguos, las líneas concéntricas de la zona cortical.

Los fenómenos destructores de la textura oolítica son,

esencialmente, tres (1): la recristalización de sus elementos, particularmente de la siderosa; la transformación de la siderosa y clorita en limonita, y la silicificación de los carbonatos principalmente; este fenómeno es el más moderno y el más activo de todos.

Como en todas las formaciones clásicamente oolíticas, existe el cortejo de cuerpos extraños más o menos redondeados y a los que alguna línea exterior, subrayando su forma, da afinidad con los oolitos. Lo mismo en carbonato que en clorita, con menor o mayor cantidad de hidróxido, vemos oolitos pequeños y algo acuminados, sueltos y sin textura ninguna; en otras partes se precisa su forma remotamente romboédrica y, ya mineralizados en siderosa, se reúnen en pequeños regueros.

Los cuerpos más extraños son grandes, más bien discoideos de forma, con fondo casi amorfo y sobre el que se destacan, muy unidos, gran cantidad de granos y trazos, rectos o encorvados, de limonita; hemos tenido que acudir a grandes aumentos para desechar la idea de que fuesen *girvanellas*, pero así visto, el hidróxido se descompone en granos y copos sueltos; sin embargo, el aspecto de esos cuerpos es orgánico, pues así se muestran a menudo los *briozoarios*, con sus celdillas empastadas.

Algunos filoncillos cortan la preparación dividiendo los oolitos que encuentran; su relleno es de granos de siderosa con cuarzo.

Sobre el mismo yacimiento, unos 10 kilómetros al S. del Acebro, en Orrea (fot. 23), el mineral se encuentra colmado de *braquiópodos*; examinadas sus láminas delgadas se descubre que este carbonato es bastante oolítico, y tanto los oolitos como las secciones alargadas de las conchas se distribuyen en líneas paralelas, dando el aspecto fluidal. Los

(1) Véanse *Hierros de Asturias. Yacimiento de Luarca*, págs. 653 y siguientes.

oolitos, de dos a cuatro décimas de milímetro, son muy talcosos, así como el cemento, en el que dominan las cloritas claras, hasta la serpentina pálida y antigorita (1).

La fase orgánica está representada no sólo por las conchas, sino por abundantes campos de *girvanellas* que sirven para identificar el nivel geológico con el de *didymographtus*. Los oolitos de este tipo mixto son de pequeña complicación concéntrica, y domina mucho en ellos el talco; en el cemento hay granos de siderosa cristalizada repartidos entre fibras de clorita. El aumento de sílice multiplica los granos de cuarzo, que llegan a ocupar los huecos de una red de clorita, dando lugar a la facies descrita en la preparación siguiente.

(1) Fotografía 23: las líneas que señalan las secciones de braquiópodos se encuentran hacia el centro; oolitos talcosos en la parte alta y textura destruida en la inferior.

MINERAL SILICIFICADO DE LA PICOCA

Mineral muy cuarzoso y de aspecto absolutamente detrítico. Las fibras de clorita verde hierba forman una red gruesa, sin interrupción, de mallas casi calibradas y rellenas con granos transparentes de cuarzo que resaltan sobre el fondo verde; parte de la red de clorita está transformada en limonita. Parece el mineral una cuarcita de grosera trama cloritosa.

La clorita es el elemento más abundante de la red; el color natural es verde hierba, como las cloritas principales de Vivero, pero tiene como diferencia su escaso policroísmo; es verde también en la polarización; las fibras son pequeñas, de una sola orientación óptica y entretrejidas, muy frecuentemente, con líneas y espinitas brillantes de talco. No es la trama exclusivamente de clorita y hematites parda, sino que, intercaladas entre sus fibras, vemos muchas granulaciones y chapitas (análogas a la forma de mármol) de carbonatos de tono amarillento como la siderosa. También entre la limonita se encuentran los granos y concentraciones carbonatadas, y es natural que esto ocurra, pues tanto la siderosa como la clorita son manantiales de hidróxido. Esa fase de hidroxidación es una de las que más han contribuido a la destrucción de la textura, pues la limonita se infla e invade desordenadamente los minerales de donde se deriva.

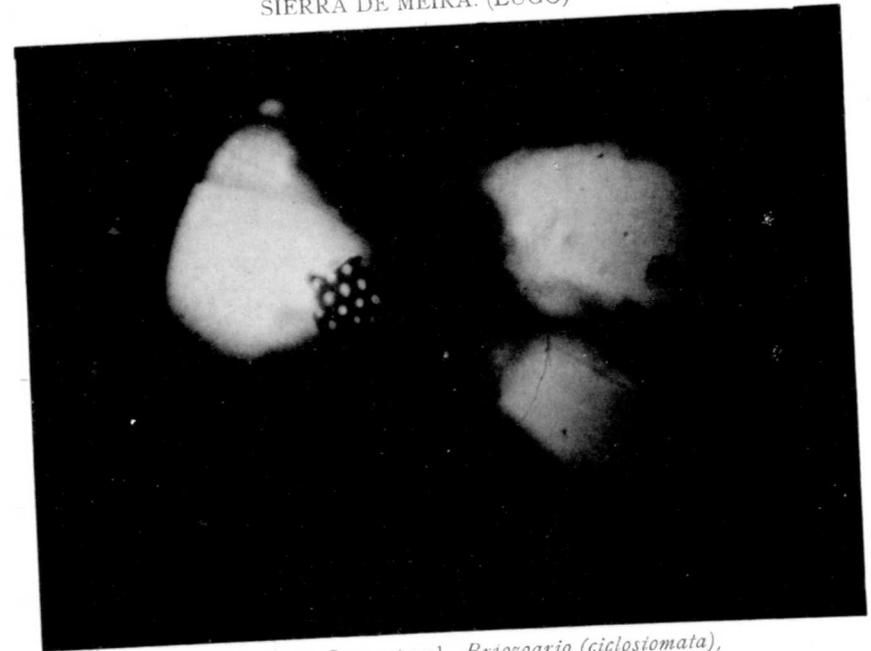
En la red grosera que aprisiona a los cuarzos casi cali-

brados, hay reminiscencias de varios minerales frecuentes en los oolíticos: encontramos algunos granos redondos bastante brillantes y de mucho relieve, análogos a los de epidoto que hemos visto en la Silvarosa, agrupaciones sedosas y argentadas de talco en pequeñas fibras y masas finamente granuladas de pequeña o nula reacción óptica, y no solamente los minerales, sino parte de las antiguas formas oolíticas llegan a descubrirse, pero hace falta un examen prolongado: es el carbonato o la clorita rodeando núcleos de hematites parda o cuarzosos, lo que nos ofrece la demostración, mas de un modo confuso e indefinido, que ni se sospecharía sin estar muy sobre aviso.

Las mallas de la red de clorita y limonita están ocupadas por granos de cuarzo cristalino muy colmado de inclusiones, y este carácter, demostrativo de su origen secundario, es el distintivo, y casi anunciador, de la estructura oolítica desaparecida en estos minerales de muy avanzada evolución. De clorita y carbonato son la mayoría de las inclusiones, pero también las hay de hidróxido.

Es particular, y digno de mención, que las pequeñas fibras de clorita siguen, en las placas, casi una sola dirección que señala la de exfoliación o pizarrosidad que, más o menos marcada macroscópicamente, tienen estos minerales; al llegar las fibras al grano de cuarzo que ocupa la malla quedan cortadas, y paralelamente, al otro lado del grano, reanudan su marcha, probando la independencia entre la silicificación de la roca y los fenómenos fundamentales que originaron la textura anterior; además el repartimiento profuso, y regular en cierto modo del cuarzo, prueba, unido a las observaciones anteriores:

1.º Que el enriquecimiento en sílice es un fenómeno reciente y cumplido con intensidad, suponiéndole procedente de las aguas meteóricas.



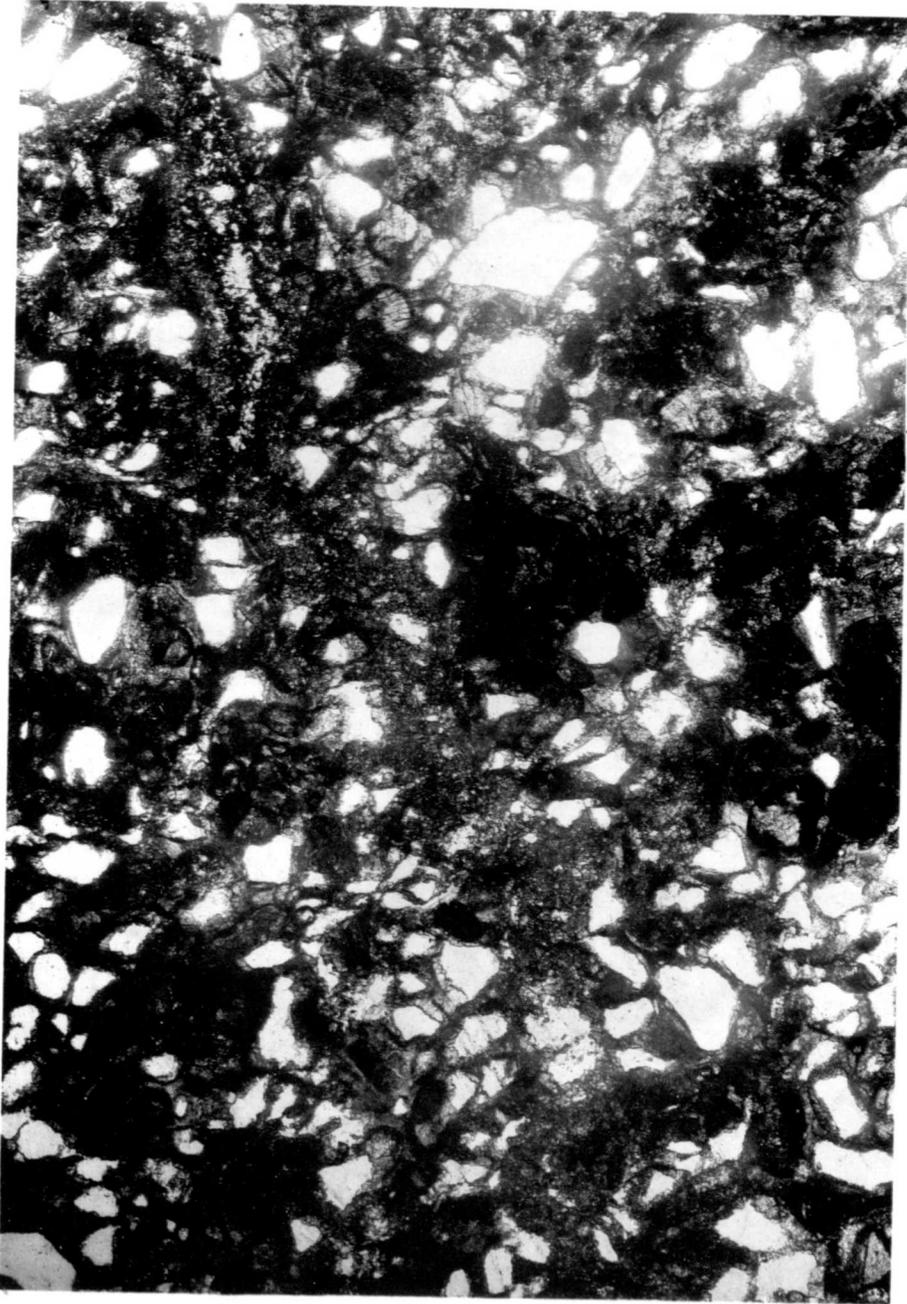
200 diámetros. Luz natural. *Briozoario (ciclostomata)*, incluido en un cuarzo secundario de un mineral silicificado.



40 diámetros. Luz natural. Campo de *gironellas* a la derecha. Textura oolítica subrayada por el hidróxido. Núcleos de carbonato y cuarzo.

VILLAODRID. (LUGO)





37 diámetros. Luz natural.
Cuarcita hidroxidado-cloritosa. Final de la alteración

RIOTORTO. RIBADEO. (LUGO)

2.º Que su origen tiene que estar esencialmente ligado a las condiciones físicas de la roca, probablemente a su porosidad; y

3.º Que es la causa principal de la destrucción de la textura oolítica anterior.

No existe ni rastro de magnetita, y todos los óxidos son hidratados; tampoco veo señales de gran metamorfismo, siendo originada la intensa evolución por meteorismo.

Dentro del mismo criadero hay zonas de una esterilidad absoluta y que se encuentran en la prolongación de partes más ricas. Las preparaciones de estas rocas, que ya no menas, son semejantes a la anterior, pero con ausencia de limonita y carbonato; la red más estrecha, casi lineal, en el sentido de la exfoliación, es más gruesa.

Son notables los cuarzos secundarios de estas redes cloritosas, último término a que suelen reducirse estos minerales, porque es en ellos donde se encuentran las inclusiones orgánicas más fehacientes de su origen secundario y de la fase marina anterior. Los principales restos encontrados son algunos *radiolarios* y *briozoarios*, que describiremos en la parte paleontológica de cada criadero (fot. 27-I).

Como particularidades de estos minerales, deben citarse los granos de epidoto y zoisita que suelen acompañar a los filoncillos con cuarzo, y la serie de presentación de las cloritas; son tanto más verdes y dicroicas cuando están unidas a la magnetita, mientras que van palideciendo, hasta llegar a ser argentadas como la antigorita, a medida que el óxido es totalmente hidroxidado, y paralelamente disminuye y llega a extinguirse la reacción óptica.

Puede deducirse que, en general, dan poca luz acerca de la formación del criadero los minerales de crestón.

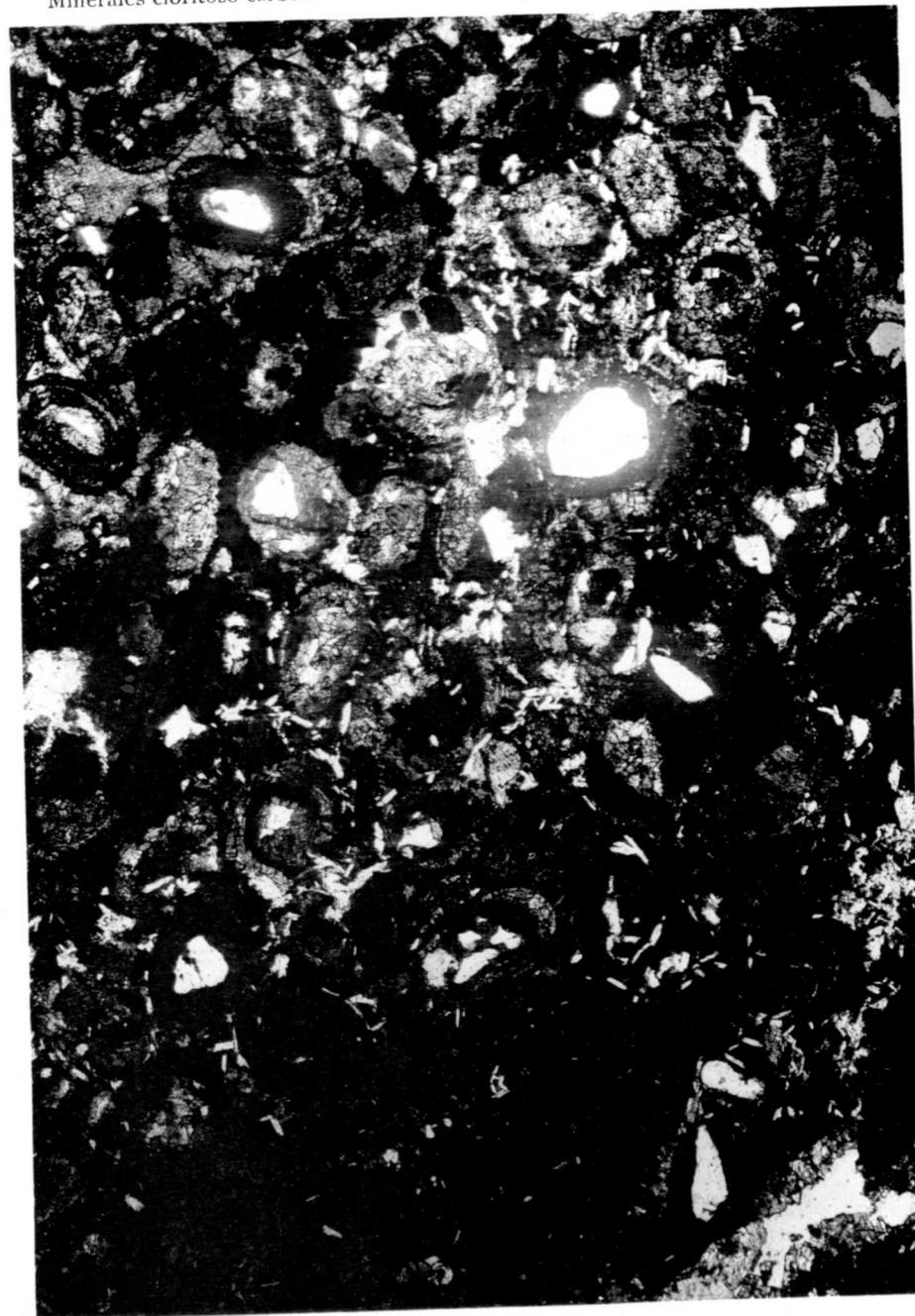
PUDINGA MAGNÉTICA

Entre fibras de clorita, siguiendo una dirección de pizarrosidad y más o menos alterados en limonita, se intercalan, mezclados, tantos granos de cuarzo como cristales, bien definidos, de magnetita, que se destacan finamente con sus bordes rectos y limpios. La clorita, unida como siempre a la magnetita, es verde hierba y bastante dicroica, condiciones ambas que suelen ir aparejadas a la clorita muy enlazada con el oxídulo; los tonos de polarización son verdosos; es frecuente su paso a láminas tan blancas, que parecen serentina o talco, y este cambio es independiente de estar más o menos cargada de copos y manchas de hidróxido, transformación que, por otra parte, se ha cumplido en abundancia.

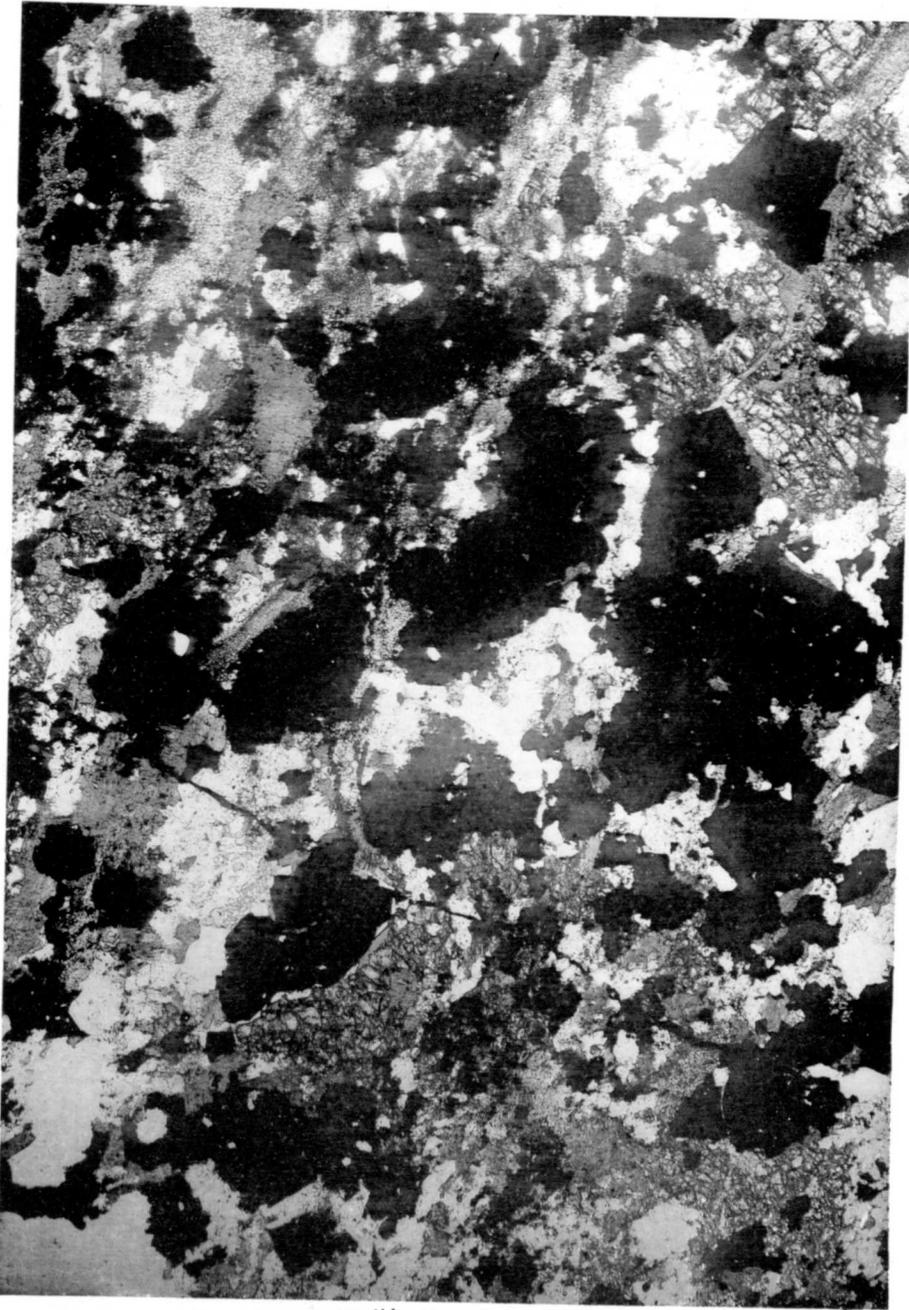
Algunos cristales de magnetita tienen sus bordes bien precisos subrayados por una línea recta de clorita, pero nunca en lados opuestos, sino uno solo o contiguos, como si marcase el espacio de resbalamiento del cristal dentro de la masa del mineral (1).

La magnetita es muy abundante y, lo que no es frecuente, está cristalizada por completo, presentando sus cristales secciones muy claras, sobre todo cuadradas, rombales y triangulares, y algunas exagonales o redondeadas que corresponden a las formas completas del sistema cúbico, pe-

(1) Página 298.



37 diámetros. Luz natural.
Mineral hidroxidado. Las pajuelas son de mica y talco; el resto oxidos.
Final de alteración.



37 diámetros. Luz natural.

Agrupaciones que todavía recuerdan la textura desaparecida. Cristales de magnetita, negros; cloritas grises; granates blancos cuarteados.

SILVAROSA, VIVERO. (LUGO)

culiars de la magnetita; también se ofrecen secciones de ángulos entrantes que parecerían corresponder a maclas con la ley de las *espinelas*. Toda esta multitud de cristales bien definidos se reúnen en grupos de variada densidad, y unidos con la clorita marcan bandas paralelas según la exfoliación de la roca. También la magnetita se presenta en granos menudos, y esto ocurre particularmente cuando contribuye a formar masas ovals sola, o en unión de granos de limonita, o con clorita y pajuelas de talco.

Los cuarzos tienen inclusiones de hidróxido, magnetita y clorita. También encontramos granos que atribuimos a *epidoto*, unidos a la magnetita unas veces y otras sueltos, pero siempre redondeados, de mucho relieve, con líneas concoideas de fractura y tonos vivos de polarización.

Por excepción, algún grano que suponemos de *apatita*. Entre las láminas de talco y clorita vemos alguna pajuela de *biotita*.

Las representaciones oolíticas son escasas y menudas: algún oolito de centro granudo de óxido, zona cortical de hematitas y película exterior, también de magnetita; otros de clorita con alguna línea redondeada de magnetita, las masas coposas y ovals de óxidos de hierro y clorita a que antes nos hemos referido, y por fin, algún cuarzo con limitación exterior de óxidos; en cualquier caso son muy pocas las líneas de concentrismo, pero cuando existen están representadas por alineaciones de magnetita en polvo.



MINERALES DE VIVERO

Representan el caso de alteración metamórfica más profunda de cuantas conocemos. Con dificultad se consigue encontrar un testimonio de la textura oolítica, y en cambio, en el extremo de la escala de deformación, se llega a verdaderas piroxenitas mezcladas con un cortejo brillante de silicatos de metamorfismo. Para que la exposición de datos sea lo más normal posible, expondremos dos casos: uno de mineral ordinario y otro de oolítico, de la prolongación hacia el S. (fots. 30, 31, 32, 33, 34 y 35).

En luz reflejada el color es casi negro por la abundancia de magnetita, con algunos espacios verdes y otros blanquecinos; la distribución de estos espacios reparte a los grupos de cristales y grumos negros en masas de un tamaño equivalente y análoga separación, lo que quiere decir que igual ocurre con los trozos verdes y blanquecinos; tal disposición, como a todos estos minerales, les da cierta regularidad de textura granuda (fot. 30).

No es suficiente esta estructura para hacer sospechar que la fase anterior fuese oolítica, pero en varios sitios el cuarzo y la magnetita dibujan, casi completamente, alguno de esos elementos.

No pudiendo apoyarnos en el tejido del mineral para su descripción, lo haremos en los minerales por orden de abundancia.

Minerales cloritoso magnéticos. Deformados por metamorfismo



37 diámetros. Luz natural.
Láminas de clinocloro y ripidolita con grupos de magnetita.

SILVAROSA. VIVERO. (LUGO)





50 diámetros. Luz natural.

Disposición fluidal. Fondo de clorita y granates y sobre ellos, cristales de oxidulo

SILVAROSA. VIVERO. (LUGO)

Pero antes de detallar, hay que dar una ligera idea de orientación; se trata de bancos de mineral constituídos casi en absoluto por magnetita, silicatos de metamorfismo y otros secundarios, como la bavalita, y esto ocurre no solamente en las capas de mineral, sino en las partes más pobres del criadero, pegando a las cuarcitas y pizarras que lo contienen, y aun en ellas mismas. Es la abundancia o escasez de magnetita la que determina la clasificación macroscópica en mineral o roca estéril; en realidad, los componentes son los mismos en todos los estratos que comprenden al criadero: óxido, silicatos metamórficos y secundarios; y como cuanto más sílice contienen hay más diversidad de presentación de elementos coloreados, cabe, pues, dar como ley que la riqueza del mineral está en razón directa de su monotonía de presentación, siendo el ideal la magnetita compacta, que no dejaría lugar a deducciones, por lo que, de otro modo, son las rocas pobres de la zona del criadero en las que se sigue mejor la evolución de los minerales.

Son tres las especies que, casi exclusivamente, constituyen la mena, y por orden de cantidad: magnetita, clorita y granate, quedando como secundarios el cuarzo cristalino, alguna pajuela de mica y minerales afines al *epidoto*.

Magnetita (fots. 30 y 32).—En grandes grupos, distribuidos con alguna regularidad dentro de su desorden, es el mineral que, por su color, se destaca más vigorosamente sobre los verdes de la clorita y las claras porciones de granate y cuarzo, en particular con luz natural. Son frecuentes los contornos cristalinos en sus agrupaciones, pero también tiene disposición en granos sumamente menudos y próximos, verdadero polvo que, por sus condensaciones, se convierte en los agregados gruesos de grumos o cristales.

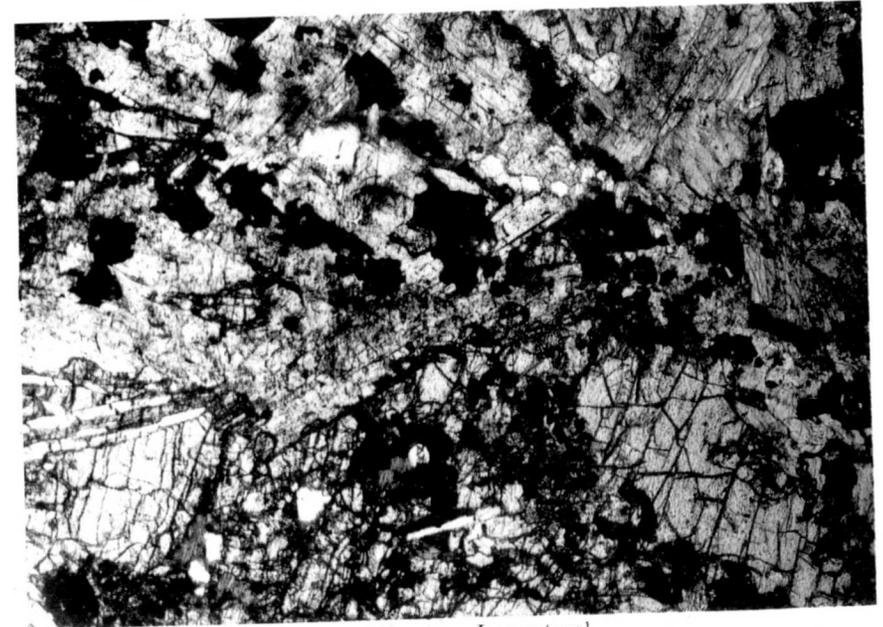
Los grupos cristalinos están constantemente enlazados

con alguna porción de clorita; la relación es evidente y permite asegurar que la fase cloritosa ha precedido inmediatamente a la segregación y consolidación de oxidulo; en las porciones en que la magnetita aparece en masas pulverulentas, no es tan constante su unión a la clorita; estas agregaciones de granos pequeños suelen estar íntimamente unidos a otros de cuarzo, o sobre masas de muy pequeña reacción, análogas al ópalo, por lo que se comportan como porciones isótropas como los restos de granate próximo; las nubes de oxidulo se disponen en pequeñas tiradas o rodean de un modo irregular a las mayores agrupaciones de silueta cristalina, de modo que, sin pretender dar regla con ello, hay gran número de veces en que el grupo macizo de magnetita, unido a placas de clorita en todos sentidos, está rodeado a su vez por la masa pulverulenta de magnetita y cuarzo (I).

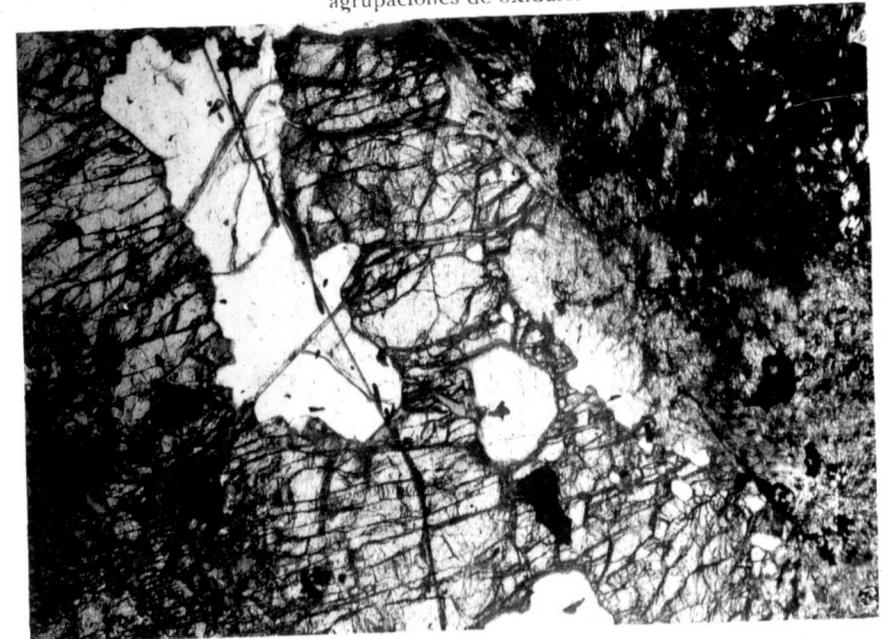
La unión del oxidulo con el cuarzo no es rara, pues este mineral se encuentra siempre enlazado a la clorita, la cual produce cuarzo cristalino como uno de los finales de su alteración. Menos frecuente es la unión íntima de la magnetita y el granate, particularmente en lo que a los grupos grandes se refiere, pues por lo demás las superficies rugosas del granate están salpicadas o ensuciadas de oxidulo, y gradualmente pasan a las presentaciones amorfas de polvo de magnetita y otros minerales, pero con escasísima o nula intervención de la clorita (fot. 33-II).

Dentro de las masas de oxidulo hay algunos pequeños huecos en los que se ve o cuarzo o fibras de clorita; estos grupos de magnetita, por sus dimensiones y repartición, y en ocasiones hasta por sus perfiles, recuerdan una roca nuclear u oolítica en la cual, por efecto del metamorfismo, ellos hicieron el papel de concreciones.

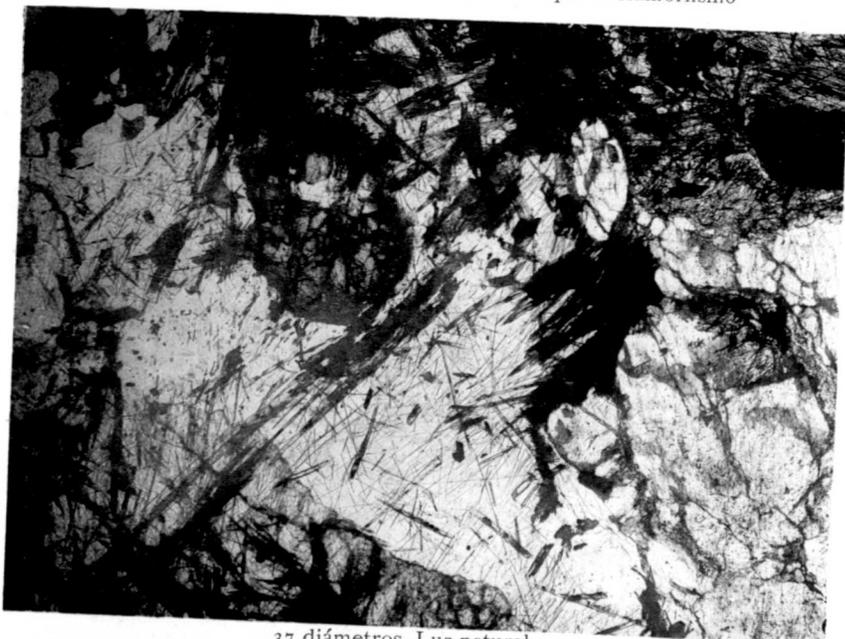
(I) Véase fotografía 32, el oxidulo en forma de polvo marca las tiradas fluidales.



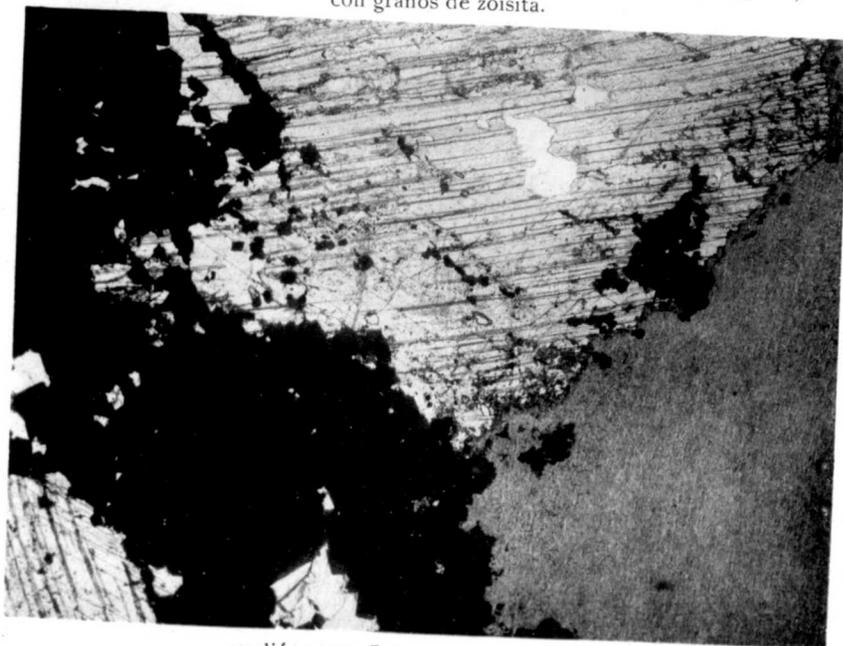
37 diámetros. Luz natural.
Profunda alteración. Granates y piroxenos ortorrombicos con agrupaciones de oxidulo.



37 diámetros. Luz natural.
Cristales de zoisita en masa de granate y cuarzo.
En los bordes, silimanita y magnetita.



37 diámetros. Luz natural.
Grupos de cristales de silaminita en masa de granate alterado (kelyphita) con granos de zoisita.



37 diámetros. Luz natural.
Final de textura. Calcita maclada, clorita en láminas y grupo de magnetita

SILVAROSA. VIVERO. (LUGO)

Clorita (fot. 31).—Color verde hierba a la luz natural, con algunos tonos amarillentos; no es muy dicroica, adoptando el verde más oscuro en las vibraciones paralelas a su división en hojas. Refringencia débil y tintas bajas, azuladas, de polarización. Su presentación es más bien en láminas o placas, que en fibras o haces; su color, bastante fresco, se oscurece por el polvo de sesquióxido, que va espesándose en grumos hasta formar masas de magnetita maciza con algunos restos de clorita adherida; es casi constante la unión de ambos minerales.

Otra disposición muy particular, aunque no muy extensa, de este silicato, es rellenando los surcos y líneas resquebrajadas que, por alteración del granate, se graban en su superficie, y así la clorita adopta una textura en malla, lo que demuestra que es uno de los primeros productos de descomposición del granate; después, en estas líneas y placas de la red, van apareciendo los puntos negros de óxido. Parecen, pues, deducirse dos consecuencias: que de la clorita se produce el óxido y que el granate se altera en clorita; en muchos sitios las placas y fibras verdes están unidas al cuarzo, que encierra gran número de inclusiones de clorita u óxidos de hierro.

En luz polarizada se aprecian mucho más claramente la disposición en fibras y los tonos amarillos; unidos a la clorita se ven algunas espinitas como de talco y otros minerales.

Granate (fot. 33).—No se encuentran secciones completas, sino restos de un índice de refracción muy elevado y relieve rugoso, dispuestos entre una malla de líneas ásperas e irregulares de alteración. Su color, en luz natural, es ligeramente rojo, por lo que supongo sea, en gran parte de los casos, la variedad almandina. Isótropo entre los nicols, pero siempre da un ligero reflejo sedoso.



La superficie suele estar manchada de granillos de magnetita, aunque su primer, o más general, producto de alteración suele ser la clorita; también parece que puede transformarse en una mezcla de magnetita, cuarzo y algunas pajuelas de silicatos, dando las masas anubarradas de poca reacción que se disponen a veces como en corridas o círculos; es una verdadera transformación en kelyphita o var de serpentina. La situación de los restos de granate es en los espacios que dejan, como a tresbolillo, con las masas de magnetita; en algún caso el granate debe ser grosularia, pues de esta variedad los hemos recogido de gran tamaño (fot. 34-I).

Cuarzo.—En granos transparentes, de los que llegan a reunirse varios dando una placa de cuarcita. Muy abundantes inclusiones de clorita y magnetita; escasamente se le ve en el granate; puede, pues, asegurarse que es secundario y parece provenir de la clorita.

Particularidades.—Hay algunas fisuras rellenas de hidróxido que cortan toda clase de elementos: magnetita, clorita y cuarzos, indicando su último origen. Encontramos también dos clases de partículas de colores vivos: unas de muy poco relieve y con alguna línea de división, son probablemente muscovitas; las otras muy refringentes, y muy birrefringentes, que atribuyo al epidoto o minerales afines; hay otras pequeñas masas unidas al cuarzo y clorita que realmente no ofrecen datos para su determinación (fot. 33-II).

Algunas de las fibras de la división del granate ofrecen *todo el aspecto de las de serpentina*.

Son dignas de mención las presentaciones curiosas, de aspecto fluidal, en que los grandes cristales de magnetita se alinean entre las fibras largas de clorita y serpentina.



37. diámetros. Luz natural.
Agrupación de cristales de piroxenos ortorrombicos con su alteración en bastita y vetillas de hidróxido. Queda borrada la textura oolítica.

SILVAROSA. VIVERO. (LUGO)



Los términos, bastante alterados, se van cargando de silimanita y de cristales del grupo epidótico, hasta transformarse en un producto de fibras muy apelmazadas y cortas que recuerda a la sassurita, y aparecen los piroxenos ortorrómbicos en agrupaciones radiales, que terminan por dominar en los grados más avanzados hasta constituir verdaderas piroxenitas, sólo alteradas por las *bastitas* y demás productos de alteración (fots. 33, 34 y 35).

MINERAL OOLÍTICO DE LA PROLONGACIÓN (GALDO)

A la luz natural tiene una bonita combinación de los colores pardo amarillento del carbonato, algo oxidado, con el verde y hoja seca de la clorita; ambos minerales, casi a partes iguales, constituyen la preparación.

Basta la poca distancia que existe desde la Silvarosa al arroyo de San Miguel (3 kilómetros) para que, además de perderse rápidamente los minerales de metamorfismo intenso, reaparezca la textura oolítica, clara y decidida, que ha sido fase originaria y peculiar de esta clase de minerales. Y como el criadero de la «Robada» es prolongación indudable del de la Silvarosa y las condiciones estratigráficas no varían en tan corto espacio, el metamorfismo dinámico habrá sido el mismo, y hay que atribuir el cambio de textura al alejamiento, realmente exiguo, que tiene el granito respecto del yacimiento. Casi toda la corrida del mineral está orientada de NE. a SO. En la Silvarosa, al E., dista el granito unos 1.000 metros, formando el límite la falla por el río Landrove; al O. las leptinitas, de la mancha indicada granítica de Santa Marta, están casi en contacto con la corrida de mineral. En la «Robada» las distancias son: al E., 1.500, y al O., 800; la diferencia es, pues, de unos 500 metros. ¿Es suficiente este alejamiento de la mena

eruptiva para borrar los estigmas profundos de metamorfismo, permitiendo la reaparición de la estructura primitiva de la roca? En realidad nos parece pequeña la diferencia de distancias, pues las aureolas de metamorfismo son mucho más extensas, pero no vemos otra razón que pueda justificar el cambio, y a ella lo atribuimos.

Todos los oolitos que se distinguen a primera vista están mineralizados en carbonato, y es la clorita la que forma el elemento enlazando los granos de carbonato.

Los oolitos no tienen la forma clásica ni se diferencian concéntricamente las tres partes: cutícula externa, zona cortical y núcleo, sino que uno, tomado como tipo, tiene un círculo exterior de granos y todo el interior esinforme, y, en general, más nuboso el carbonato y más sucio de hidróxido; en ningún caso vemos división concéntrica en estos oolitos de siderosa, y en realidad se distinguen por la coronita exterior de granos y la mancha que produce la limonita en el interior; a pesar de esto, los oolitos son muy claros e iluminan por completo la repetición de estructura amigdaloides que se conserva aún en muchos casos de metamorfismo agudo.

Los granos de carbonato que forman los oolitos se unen entre sí formando placas, del mismo modo que los de calcita en los mármoles; lo que ocurre es que como el centro es sucio e hidroxidado, no queda al descubierto en los bordes más que una corona o casquillo, que parece hecho solamente por granos exteriores. La unión de los elementos que integran las plaquitas de carbonato es otras veces en forma alargada y como columnas, que se descomponen o no en pequeños romboedros; en esta disposición acusan un ligero policroísmo. De cualquier modo el fondo de los oolitos, y esto se ve mejor con luz polarizada, es sucio, nuboso, y de figura oval formando una sombra concéntrica con la figura exterior del oolito, por bajo de la cual se ven prolongarse

las líneas de unión de los granos de siderosa; la forma nubosa del carbonato parece la más antigua, y sólo está conservada superficialmente como testigo de una fase anterior.

Los oolitos, que se destacan bien, están aislados y no son muy numerosos, mas examinando las preparaciones con atención, se observa que eran muchos más los que había, pero están rotos en todos los grados de destrucción. Diferentes causas contribuyen a este resultado: rotos por la clorita, que los invade desde el cemento, en laminillas pequeñas y brillantes, demostrando su edad más reciente; rotos por el cuarzo cristalino secundario, que llena algunos centros y crece hacia el exterior; rotos por el hidróxido, que empasta los granos de siderosa, y finalmente, rotos y deformados los oolitos por la cristalización en columnas demasiado acentuadas de sus elementos carbonatados. Nunca se alejan mucho entre sí los productos de estas roturas.

Aunque mucho más escasos, hay también oolitos parcial o totalmente formados de clorita y de las masas amorfas que tantas veces hemos descripto. Las cloritas con policroísmo verde y de hoja seca, paralela y perpendicularmente al hilo vertical, dan colores azul verdosos al girar en luz polarizada y se ofrecen entretrejidas con laminillas brillantes como de talco; aunque por su reunión dibujan el contorno del oolito, no puede decirse que tengan ninguna disposición concéntrica. Es frecuente que los oolitos cloritosos guarden un centro de carbonato confuso; esto mismo ocurre con los óvalos de substancia amorfa, de escasa o nula reacción *talcosa*. Como el carbonato granudo rodea casi siempre a estos oolitos cloritosos, se da el caso de encontrarse algunos elementos que tienen la disposición clásica de los oolitos silurianos: centro cuarzoso o carbonatado, zona cortical de clorita y corona exterior de carbonato, pero privados de toda disposición concéntrica.

El cemento propiamente dicho no existe, sino que está constituido por los residuos del fraccionamiento de los oolitos: granos de siderosa, trozos de clorita, hidróxidos, etcétera, sin carácter particular alguno. Merecen citarse algunos cuerpos alargados que, con alguna frecuencia, se encuentran en la preparación. Son de dos clases: unos carbonatados y otros de substancia amorfa; los carbonatados tienen todo su interior nuboso, y en el exterior se desarrolla un cuadro de granos de siderosa más transparentes; los de masa amorfa son de figuras muy variables, con frecuencia muy alargados y con finísimos productos carbonatados, cloritosos o hidroxidados en su interior, que recuerdan los *campos de girvanellas* de los minerales ordovicienses.

La clorita en las proximidades de las masas carbonatadas muy transformadas en óxidos, toma el color hoja seca, a cuyo tono parece contribuir la limonita.

La magnetita está muy poco representada, y únicamente en aglomeraciones de polvo fino forma trazos o porciones incompletas de oolitos; también la vemos salpicando, en punteado muy fino, las masas amorfas.

El cuarzo, siempre con inclusiones, se encuentra en granos muy repartidos y en grandes núcleos rodeados de carbonato.

Parece, pues, deducirse de este análisis que el carbonato confuso o mezclado con el polvo de magnetita, marca el estado más antiguo del depósito; después sobrevino la recristalización de los carbonatos y formación de la clorita, con la consiguiente destrucción de la textura, y por final, el meteorismo con sus oxidaciones y silicificaciones.

MINERALES DE FREIJO

Están compuestos esencialmente de magnetita y clorita, con el reparto regular graneado que es la característica en estos minerales, cuya textura anterior fué oolítica. Describiremos, según costumbre, una placa delgada de mineral ordinario.

La fase oolítica se encuentra perfectamente marcada en escasos sitios, y las señales consisten en huecos elipsoidales, muy bien limitados por la magnetita, y algunas veces rellenos por óxido de hierro de aspecto acaramelado, o por granos de zoisita; la disposición concéntrica es casi inapreciable.

La magnetita en grumos y masas irregulares enlazadas entre sí, forma una especie de red o trama abierta, cuyos espacios están rellenos por clorita verde guisante; esas pequeñas masas de clorita y magnetita alternan entre sí con cierta regularidad, en medio de su desorden; esto da aspecto nodular o granudo a la roca, con la apariencia de los minerales oolíticos, por el tamaño de dos a tres décimas de milímetro que tienen las masas de clorita y magnetita en contacto.

La magnetita no se termina por líneas cristalinas, sino que sus límites son de masas grumosas que, con frecuencia, se desvanecen en magnetita pulverulenta, y en esa forma de polvo constituye agregados, por lo general alargados y análogos a otros ya vistos en Vivero.

La clorita es muy poco refringente y se presenta en forma escamosa; no es muy pleocroica, llegando a verde oliva; sus tonos de polarización son azulados; su birrefringencia es pequeña. En la clorita, y a veces rodeados por los grumos de magnetita, hay unas concentraciones de granos blancos de algún relieve, desde luego mayor que el cuarzo y la clorita, que tienen una birrefringencia muy pequeña y parecen tender a alterarse en productos micáceos, haciéndose casi amorfos; es un mineral muy parecido al gris que, como una especie de zoisita, hemos encontrado en casi todos los minerales de la serie paleozoica, particularmente en los carbonatados.

Entre la poco birrefringente clorita encontramos alguna vez haces de fibras largas, cristales sin terminación, de un silicato distinto a la clorita, y respecto del cual no guarda relación ninguna, estando colocadas esas láminas fibrosas de un modo cualquiera. Su refringencia y birrefringencia son mayores que las de la ripidolita sobre que descansa; es un mineral muy pleocroico, que adopta tonos pardo rojizo o pardo verdoso cuando sus cruceros están paralelos al eje vertical del retículo.

Tiene un color pardo tostado y en sitios algo verdoso, con los cruceros bien señalados y adaptándose con frecuencia a las arrugas o dobladuras de los estratos del mineral, en cuyo caso se hacen más finos y visibles. Por sus propiedades ópticas y su aspecto, es igual a las biotitas, y su semejanza es mayor si se la compara con las biotitas de los granitos próximos. Sus colores de interferencia son vivos: amarillos, verdes y rosa, hasta de tercer orden. Su extinción recta, algo rodada. No en todos los sitios se presenta con el mismo grado de conservación, sino que tiene tránsitos, alterándose a clorita verdosa, de menor dicroísmo y tonos amarillos de polarización; esas zonas de alteración están,

más o menos, siempre representadas, por lo que, en pureza y varias veces, quizás se deba considerar este silicato como una variedad ferruginosa parecida a la turingita y muy refringente. Con este mineral se forma un límite en la abundante y bien representada serie de cloritas de los minerales paleozoicos. No encontramos cuarzo.

Vemos, pues, que el número de especies minerales que constituyen estas menas se pueden reducir a cinco: magnetita, zoisita, leptoclorita (afín de la turingita), otras cloritas por alteración y biotita.

Por la blandura y gran cantidad de magnetita, presenta una excepcional dificultad para dejarse tallar en láminas delgadas.

Después de examinar un gran número de muestras, pudimos comprobar que la textura, en su origen, había sido olítica.

Las preparaciones suelen estar cortadas por filoncillos de clorita escamosa verde clara y granos de cuarzo y zoisita.

MINERALES DEFORMADOS POR HIDROXIDACIÓN

Todos los minerales de nuestra zona pasan a hidróxidos en la parte alta del nivel hidrostático, y aunque la fase final se compone de hidróxido, cuarzo y algunos silicatos, varía, sin embargo, mucho su facies según los minerales de que procedan, lo cual es de mucho interés, pues ya por el mineral meteorizado del crestón se puede apreciar, en muchos yacimientos, el mineral de fondo. Doy a continuación tres tipos bien distintos: uno procedente de los minerales cloritoso-carbonatado-oolíticos, otro de los minerales silicificados del segundo pliegue y el tercero de los minerales cambrianos de la orilla del Eo.

Hidroxiados de los oolíticos.

San Pedro del Río (1).—Se trata de un carbonato en el cual la hidroxidación se ha cumplido ya de un modo activo, dando el tono pardo a toda la roca, y que se podría definir de un modo sintético diciendo: que sobre el mosaico de

(1) Fotografía 29; resulta oscura por la abundancia de hidróxido, que impide el paso de la luz.

placas cristalinas del cemento se destacan los oolitos discoi-
dales punteados con líneas concéntricas de limonita.

El tamaño y forma de los oolitos son los mismos que en las clases carbonatadas; en cuanto a la forma típica, aquí parece ser el oolito discoidal, constituido por granos iguales, unidos y redondos, que en ocasiones tiene apariencia orgánica (1). Muchos están casi totalmente hidroxidados, y la limonita se dispone en coronas desde la cutícula externa hacia el interior, donde se pierde la textura concéntrica y quedan vestigios carbonatados. Estos discos punteados representan casi la mitad de los oolitos, pero la otra mitad está dada por oolitos, el centro de los cuales está en cuarzo y carbonato cristalino, encerrados en el cuadro de limonita; de modo que en este caso, como es la regla en los elipsoides clásicos del paleozoico, la zona media de carbonato punteado estaría comprendida entre dos concentraciones de limonita: la corona exterior y la que sirve de entrada al núcleo. Las demás clases son disposiciones mixtas derivadas de esos dos tipos, pudiendo estar el centro en carbonato cristalino, y, en general, donde se puede suponer carbonato, desde luego hay que admitir limonita por el grado de meteorismo de la roca. El cuarzo, la siderosa con líneas cristalinas o el hidróxido pueden ocupar todo el espacio del oolito, que siempre queda definido por los anillos externos de óxido, y aun éstos faltan a veces por disolución, según hemos explicado en otras ocasiones. En el interior de los núcleos encontramos granos, que a veces ocupan todo el centro, del mineral metamórfico gris que hemos supuesto de zoisita.

La particularidad que hay que señalar en estos oolitos, es la presencia del talco en láminas, agregados o cristales sueltos que se alojan, de preferencia, en la zona media, que

(1) Página 306.

ya sabemos es el lugar más frecuente de los silicatos. Tiene muy poca refringencia, por lo que aparece liso; no es dicróico, y sus colores de polarización son rojos y azules muy vivos, por tratarse de láminas perpendiculares a su exfoliación. Las láminas de este mineral están unas veces aisladas y otras reunidas en palmas, con polarización rodada de esferolito.

La colocación irregular de las láminas de este mineral demuestra su origen moderno e independiente de la formación oolítica (fot. 29). Lo general es que sus láminas se encuentran en la zona media, pero también llegan a ocupar el centro y casi todo el oolito, mas de un modo irregular. Algunas de las agrupaciones son, sin duda, palmas de talco.

En cuanto al cemento, lo mismo que en los tipos de carbonatos anteriores, es de placas cristalinas, cerrando los espacios interoolíticos, o tiene constitución granuda, interviniendo con frecuencia el cuarzo, el talco y granos de zoisita; muchas veces esas acumulaciones granudas obedecen a la proximidad de un filón o a la destrucción de algún oolito.

Merecen especial mención, al hablar del cemento, grandes zonas uniformes desprovistas de oolitos y constituidas, al igual de ciertas pizarras, por agregaciones íntimas de productos kaolinizados: sericita, talco y óxidos de hierro, que llegan en sitios a impregnar trozos enteros. Aunque pocos, también se encuentran algunos oolitos dentro de estas regiones pizarreñas, y la diferencia apreciable es que, por lo general, están más oxidados y cargados de talco; en varias se ha disuelto la superficie. Estas zonas parece son de alteración secundaria, quizás transformación de otros cuerpos que ocuparon su superficie. Lo más característico de este tipo de mineral son las láminas de talco en los oolitos y las zonas de productos secundarios de hidratación.

Los filoncillos, que no cortan a las zonas no oolíticas, están formados por siderosa, cuarzo, en ocasiones zoisita y alguna laminilla de talco. También hay diseminados, en una misma dirección, grumos y agregados de pirita.

Como cuerpos extraños, vemos alguno muy alargado, de granos de cuarzo y carbonato, con límite de hidróxido.

Se trata, sencillamente, de un carbonato talcoso hidroxidado.

En otras preparaciones de este mismo mineral, vemos centros de los oolitos discoidales que se presentan como una masa gris de talco de muy escasa reacción óptica, y es curiosa la relación que llega a establecerse entre la edad y la reacción óptica de las fibras y cristalillos de talco de la zona cortical media: a medida que van siendo más antiguos los oolitos, su grado de isotropía es mayor. Este fenómeno, bastante general y ya observado para las cloritas, lo atribuímos a distintos grados de hidratación.

Debemos también anotar el caso, bastante general en estos minerales paleozoicos, de estar reemplazado el cemento por materia hidroxidada dispuesta en figuras estalactíticas, formadas secundariamente por el movimiento de los hidróxidos derivados de los carbonatos, y es en estas formas donde con frecuencia se ofrecen las disposiciones radiales que dan caracteres de goethita. En algunos minerales de Villaodrid se forman dos hidróxidos muy diferentes: amarillo limón el derivado de la clorita de los oolitos y rojo el derivado del cemento, y así quedan como mallas claras del amarillo sobre el rojizo bandeado, del producido al oxidarse el cemento.

Minerales hidroxidados del segundo pliegue.

En esencia son como los minerales silicificados del mismo yacimiento, pues, como en aquéllos, además de quedar extinguida por completo la facies anterior, se presenta el aspecto detrítico, al que, en primer lugar, corresponde el desarrollo moteado de los cuarzos. Son curiosos estos minerales por las inclusiones de fósiles microscópicos que suelen encerrar sus cuarzos.

Sierra de Meira.—Mineral de superficie, de hidróxido de hierro. Una trama muy irregular de limonita engasta gran número de granos de cuarzo que, con su transparencia, hacen resaltar el color pardo y amarillento de la hematites.

La hematites parda que rodea a los granos de cuarzo, en contacto con ellos, tiene las formas butroides y estalactíticas de este mineral en los delgados filetes que forman los contornos, y esto se hace más patente cuando, por estar muy próximos varios granos, se reúnen dos a dos los varios filetes, produciendo con su unión una línea oscura que se adapta a todas las inflexiones y que marca las periferias de los granos de cuarzo. En los trozos de limonita que, por su espesor, estén alejados de los contornos de los granos, el hidróxido es mucho más oscuro y sin el tono vivo de los filetes que tocan con los cuarzos.

Enlazada con la limonita hay una clorita, fibrosa anteriormente, muy esponjosa y deformada; tiene color casi pardo, quizás por estar muy teñida de óxido de hierro; es dicroica, tomando un tono casi negro cuando está paralela al hilo vertical; los tonos son pardo rojizos de polari-

zación. Los únicos vestigios de oolitos los da esta clorita ferruginosa en forma de cuerpos acuminados (muy estrechos), el fondo de los cuales es de clorita y de hidróxido su corona exterior. Gran parte de la limonita ha sido derivada de la clorita parda, la que tuvo una fase de gran desarrollo a juzgar por los residuos muy extendidos en la trama hidroxidada.

Los cuarzos, siempre secundarios con inclusiones de óxido en su mayoría, aunque algunas veces también hay trazos incluidos que parecen de carbonato; por lo general, los cuarzos tienen una sola orientación óptica, pero numerosas y finísimas líneas de fractura, que en ocasiones parecen dibujar la división en romboedros de las placas cristalinas de siderosa, a las que probablemente habrá sustituido.

Algunas veces la clorita es casi amarilla, pero entonces tiene menor dicroísmo y poca reacción al polarizar. El cuarzo ocupará la quinta parte en las preparaciones.

Minerales cambrianos.

San Tirso.— El análisis que damos a continuación, de unas preparaciones de San Tirso, no se puede considerar como determinante, sino sencillamente como muy típico dentro de los hidroxidados cambrianos; hemos visto con alguna frecuencia su presentación unida a los anfíboles, pero la más brillante la hemos recogido en El Bao (Cangas de Tineo, Asturias). Por lo demás, y prescindiendo de esos silicatos secundarios, las formas estalactíticas y arracimadas son generales a toda clase de hidróxidos de formación reciente.

El de San Tirso es un mineral de superficie, hidroxidado totalmente y desde luego de formación secundaria. Ofrece

en la placa una hermosa presentación, por los contrastes de tonalidad que dan las variedades de hematites parda y por las caprichosas y complicadas formas concrecionadas y estalactíticas en que se dibuja el hidróxido.

Tiene partes oscuras y otras más claras, siendo las distintas clases de óxidos las que marcan la diferenciación. Las más claras tienen un tono amarillo de miel por el dominio de la limonita, representada por granos pequeños e irregulares entremezclados con otros de cuarzo, transparentes y llenos de inclusiones del mismo hidróxido; en estas zonas hay tendencia a la disposición fibrosa de los componentes, estructura que señalan fuertemente no sólo la limonita, sino otro óxido hidratado mucho más rojizo y de tono cálido, parecido a la goethita en sus características ópticas, y ambos alineados en fibras irregulares trazan, en una dirección común, la disposición granular a que antes nos hemos referido, y que constituye el verdadero fondo de las zonas claras.

Las oscuras, o menos transparentes, lo son por el dominio, casi absoluto, que en ellas tiene el hidróxido rojizo; vistos unidos estos dos óxidos, no se duda en referirlos a dos variedades específicas distintas: uno es amarillo y otro es rojizo, siendo los dos hidratados, y puesto que el amarillo da mucho más agua en el tubo cerrado, podremos en la descripción, sin que esto equivalga a una determinación exacta, asignar el amarillo de miel a la limonita y términos más hidratados, y el rojizo, más cristalino, menos hidratado, al grupo de la goethita.

En el hidróxido rojizo la estructura casi exclusiva es la concrecionada o estalactítica, con abundantes y caprichosas formas redondeadas, y de contornos finos y concéntricos; cuando por la unión de varias líneas hay concentración de materia, el tono de los contornos de las disposiciones bu-

troides es más oscuro. Todas estas zonas tienen bastantes poros o espacios sin materia, que corresponden a los huecos exteriores de varias formas estalactíticas en contacto; otros huecos algo mayores están ocupados por agregados fibrosos o granudos del hidróxido amarillento, como el señalado anteriormente, y por fin, hay algunos rellenos por un mineral verdoso fuertemente pleocroico. En muy pocos sitios tienen las zonas oscuras disposición granuda como las en que domina la limonita, pero estas pocas demuestran claramente que debió ser la textura granuda la más antigua de las vistas en la preparación.

El mineral verdoso a que antes hemos hecho referencia, tiene una refringencia muy débil, colores amarillentos o verdosos (verde oscuro) y da el dichroísmo doble de verde y tabaco; en alguna de sus presentaciones encontramos secciones basales en octógonos alargados y con la indicación, muy poco marcada, de rombitos por sus líneas de cruceros; su ángulo de extinción es próximamente de 20°. Se trata, pues, de un anfíbol, pero faltan elementos, entre sus cristales incompletos, para definirlo específicamente; por sus agrupaciones palmeadas y el enlace constante con granos y fibras de los óxidos, hace sospechar sea de la serie ferruginosa, y quizás la *actinota*, relativamente frecuente en los minerales de hierro de esta región. Por lo demás, es secundario por completo; nunca está unido a granos de cuarzo. En alguna de las escasas partes granudas de las zonas más oscuras, también se presenta el anfíbol, pero con tonos azules de pleocroísmo, y violeta y azul ultramar en los de polarización, y esto hace sospechar otra especie, lo cual sería lógico por otra parte, pues bastarían para ello pequeñas alteraciones de su constitución química.

La colocación de esta serie anfibólica está siempre en el hidróxido rojizo, rellenando filoncillos o huecos.

MINERALES CARBONATADOS

Los de esta clase representados en Galicia, son escasos en cantidad y de pequeño valor industrial; los señalamos con la letra (c) en el Cuadro de Clasificación de los Criaderos (1), y son los más importantes el de San Miguel de Reinante, el de Cova das Choyas y El Cairo. Ninguno de estos minerales ha sido explotado en los tiempos modernos, y únicamente en el de San Miguel hay excavaciones antiguas.

Por el examen micrográfico, se ve que estos minerales son casi especies mineralógicas por su estado de pureza, y esto, unido a su estado de cristalización, demuestra que, en cualquiera de los casos, se trata de hystero genesis y no de formaciones sincrónicas con las pizarras que las contienen.

Mineral de San Miguel.—Es de tono gris y grano fino, con tono hidroxidado en porciones. La textura de este mineral es exacta a la de un mármol en la composición del cual, en vez de carbonato de cal, entrase la siderosa. El carbonato granudo se muestra constituido por granos de siderosa, de grosor uniforme o irregular, agrupados sin orientación, pero sin dejar vacíos. En estado de mezcla, formando una fina trama que enlaza los granos cristalinos, se presenta el hidróxido, en cuya red se aprecian claramente distintos grados de hidratación, variando sus colores a la luz natural

(1) Página 146.

desde el amarillo pálido hasta un rojo cálido; tránsitos de los óxidos más hidratados, hasta quizás la goethita. Alternan en este mineral zonas ferruginosas con otras de escaso contenido, siendo de notar que en estas últimas es donde aparecen algunos filamentos y manchas de pirita entre los granos de la siderosa; en el contacto de estas partes más claras (por menos ferruginosas) y las cargadas de hidróxido, es donde aparecen algunas pajuelas de un mineral verde, sin cruceros aparentes, muy dicroico y con extinción recta, que atribuimos a un anfíbol o a una mica, y que desde luego es secundario y accesorio en la roca.

El cuarzo está representado en pequeña cantidad por granos transparentes, sin localizarse de un modo determinado; son sus elementos del tamaño y forma de los del carbonato. La idea de la sustitución a la siderosa se impone cuando se ven algunos granos reunidos formando una placa, exacta, por su forma y disposición, a las del resto del mineral. Con un aumento algo mayor, se aprecian perfectamente las muchas inclusiones carbonatadas y de hidróxido que encierra, evidenciando su origen posterior y secundario.

La mayoría de los granos de carbonato de hierro tienen estrías, inclusiones y asperezas, que se acusan más marcadamente a la luz natural, en alguna de las dos direcciones del retículo. Con mayores aumentos, las inclusiones se resuelven en trocitos de hidróxidos o motitas de un mineral negruzco, sin reacción, que supongo sea pirita.

Los cruceros están muy poco marcados.

En los trozos de la preparación en que abunda el hidróxido, los tonos de polarización son gris sedosos, pero en aquellas zonas en que escasea o falta, los tonos se hacen más vivos y marcados, hasta asemejar a la calcita, y a ello contribuyen las marcas más señaladas de los cruceros; la

semejanza es tal, que se llega a dudar si se trata de una caliza impregnada de hidróxidos o de una siderosa de granos cristalinos muy puros; la efervescencia lenta en frío y el hacerse al soplete rápidamente atraible por el imán, deciden la cuestión.

En resumen: este es un mineral de elementos cristalizados, con la misma constitución que una cuarcita o un mármol, pero siendo sus elementos de siderosa, y de hidróxidos las finas tramas desarrolladas entre ellos.

Mineral de la Cova das Choyas.—Es también granudo, blancuzco y con puntos brillantes. Su cantidad parece muy escasa y su formación reciente, encontrándose en el interior de formas oxidadas de tendencia estalactítica.

Carbonatos exactos son los que se encuentran en Seceda de Caurel y en Salcedo, cerca de Puebla de Brollón.

Es un carbonato granudo cristalino, con láminas de muscovita. La roca no es oolítica, sino esencialmente granuda; en ella se pueden distinguir dos partes: una más antigua, representada por concentraciones de carbonato en forma nubosa, con pequeña reacción óptica y otra granuda, enlazándose ambas según el tamaño y disposición de los elementos; cuando los granos son perceptibles, tienen tamaños de una centésima de milímetro o inferiores; el color oscuro parece debido a una substancia carbonosa, aun cuando se comprueba que estas masas nubosas suelen tener granos y cristallitos de pirita. La forma de estas concentraciones confusas es irregular, pero siempre de bordes esfumados; hay algunas muy alargadas y completamente amorfas: las hay hasta de medio centímetro de longitud. Estas agregaciones coposo-carbonatadas están aisladas unas de otras y repartidas en la masa cristalina, y en la cual los granos representan de una a tres déci-

mas de milímetro y están unidos como en las disposiciones marmóreas.

Lo que más llama la atención es la abundante muscovita que tiene repartida. Abundan las pajuelas sueltas, pero más todavía los haces con cruceros bien marcados, y que llegan a tener un milímetro de ancho por dos de largo. Tienen muy poco relieve y colores de polarización nacarados y muy vivos.

El reparto de estos silicatos parece independiente de que el carbonato sea nuboso o cristalino. La orientación de las láminas y haces es sumamente variada e irregular.

El carbonato cristalino es más moderno, porque, en forma de filoncillos, suele cortar a los cuerpos alargados nubosos.

En la masa cristalina hay bastantes granos de calcita. La mica está, sin duda, relacionada con el cuarzo, y con él aparece unida con frecuencia.

Quizás pudo tratarse en su origen de una caliza de disposición amorfa que tuvo concentraciones, y sufrió con posterioridad acciones internas secundarias que produjeron la cristalización; la fase silicatada, de cuarzo y micas, la suponemos la última y producida por meteorismo. No hay vestigio de que la fase oolítica haya podido estar representada.

IX

FORMACIÓN

Al abordar el estudio de la formación de los yacimientos de Galicia, nos encontramos con un círculo vicioso, lo cual no es extraño si se considera la magnitud y obligada diversidad de los yacimientos gallegos.

Consiste el conflicto en que, para efectuar una discusión sobre cada depósito, sería necesario dar previamente sendas monografías sobre ellos, labor lentamente penosa que constituirá de un modo preciso el segundo tomo; y sin embargo, hay que fijar las ideas generales sobre la formación, no solamente para completar el cuadro sintético que llevamos trazado, sino para que sirva a modo de arsenal de datos adonde referirnos para lograr la explicación de los criaderos cuando lleguemos al estudio individual.

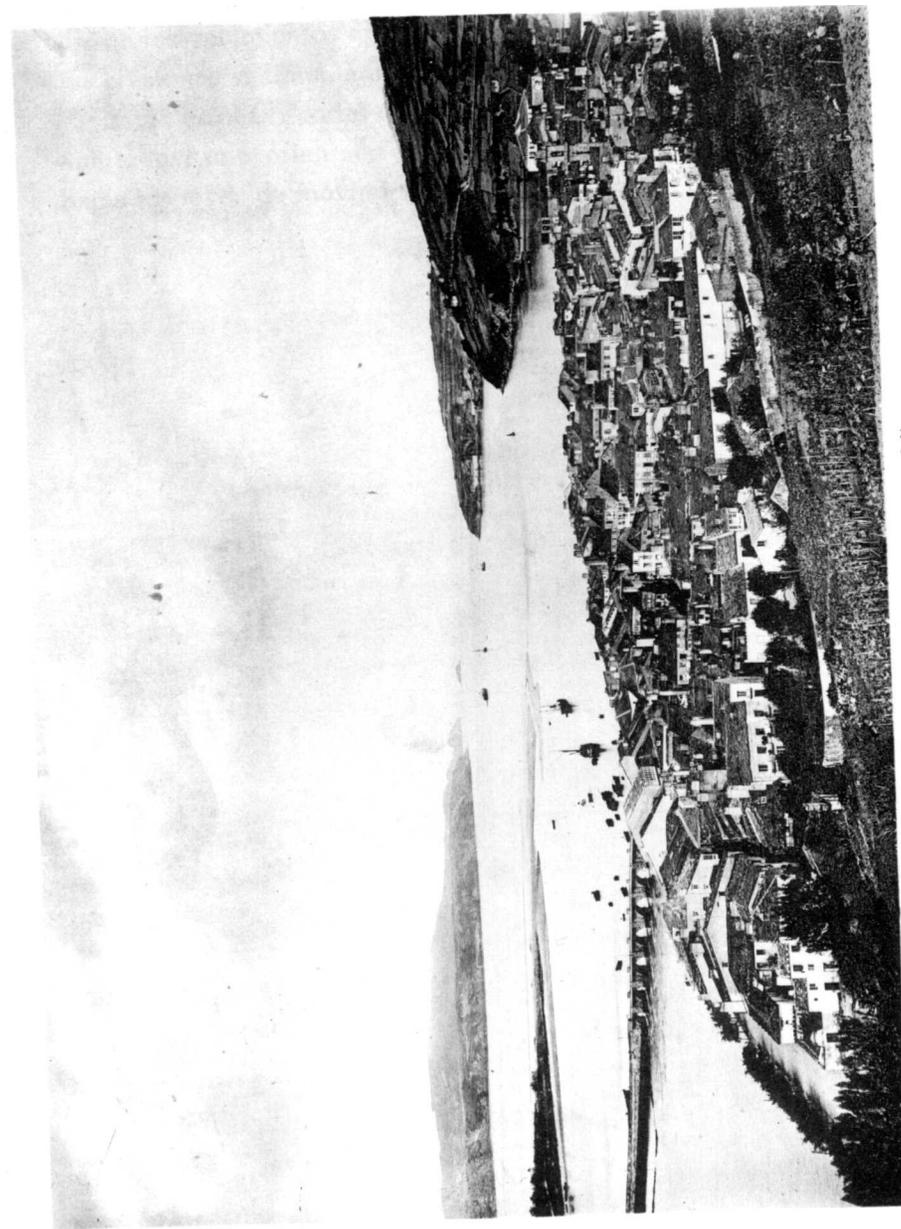
Afrontamos, pues, este capítulo sobre formación con el propósito de agrupar, del modo más general posible, las ideas y puntos de vista que puedan ser considerados como factor común de las diferentes agrupaciones establecidas.

Volviendo la vista al Cuadro de Clasificación, donde, de un modo embrionario, están indicadas las génesis parciales de los yacimientos, observamos que, desde el punto de vista genético, se pueden hacer dos grandes agrupaciones, y otra mucho menos importante que aun puede reducirse a una de ellas.

Nos referimos a la diferenciación de ser o no sedimentarios los yacimientos, formando grupos paralelos a los que de un modo principal se han destacado entre los minerales. La base, la verdadera cantidad, fundamento industrial de la minería gallega, la representan los yacimientos singenéticos sedimentarios del grupo oolítico, los cuales, por diferentes agentes metamórficos, llegan a extremos tan distintos que, sin un estudio detenido, uno creería encontrarse ante depósitos completamente distintos. Es el segundo grupo el de los yacimientos epigenéticos, siempre hidroxidados, y representando acciones filonianas de segregación o precipitaciones químicas, dentro de la función epipolhídrica; y, por fin, en el tercer apartado, se reúnen los yacimientos superficiales y los propiamente filonianos de escasa importancia.

Las ideas directrices para explicar la génesis de ambas agrupaciones son muy distintas: los criaderos sedimentarios son de origen marino, y sus complejidades están principalmente en sus alteraciones, parte de las cuales, cumplidas por meteorismo, encajan en las formaciones continentales y sirven de enlace con el grupo hidroxidado. En los criaderos epigenéticos es esencial conocer, para su explicación, las leyes generales de disolución, conducción y depósito de las sales de hierro, para apreciar la manera de realizarse la avenida ferruginosa y sus alteraciones posteriores. Y, por fin, es el conocimiento de esas mismas leyes el que tendríamos que aplicar para los yacimientos histeromorfos y los propia-

Fot. 36



Al O. (izquierda) borde pizarroso de la falla.
Al E. (derecha) borde granítico.
En el fondo (N.) se ven la Isla Gabeira, el extremo del yacimiento y el Cargadero

mente filonianos, quedando de este modo enlazado el estudio de los yacimientos epigenéticos hidroxidados con el de los crestones sedimentarios.

Estas razones son las que nos inducen a formar los dos apartados, uno orientado hacia los fondos marinos y otro hacia las leyes de movimiento del hierro.

ACCIÓN MARINA

Formación de los yacimientos oolíticos.

Del estudio que hasta aquí hemos venido haciendo se deduce que, de un modo esquemático, *los criaderos silurianos de Galicia son capas dispuestas en tiradas longitudinales con los estratos y paralelas a los plegamientos y levantamientos orogénicos hercinianos. Los minerales son oolíticos, cloritosos y contienen cantos rodados y restos orgánicos que demuestran su origen litoral.*

Ampliaremos las ideas y argumentos condensados en esa definición, que son los que nos han de conducir a la discusión sobre la génesis.

Posición.—Es muy significativa la constancia con que se ofrecen los yacimientos clásicamente silurianos al borde de los grandes levantamientos orogénicos; pueden servir de ejemplo los yacimientos armoricanos, noruegos y los de Europa Central, que se sitúan al borde de los grandes arcos hercinianos, y en América los de Clinton y Terranova, que contornean las inflexiones del levantamiento más moderno de los Apalaches. Esta enorme amplitud de semejanza en la presentación, parece autorizar a dos deducciones que, como verdaderas leyes a nuestro juicio, pueden referirse a todos los yacimientos de esta clase.

1.^a La cantidad principal de hierro contenida en los minerales silurianos debe datar de la época de su formación; y

2.^a La evolución de estos criaderos ha tenido que ser afectada por el metamorfismo de los plegamientos, y posteriormente por el meteorismo, consecuencia obligada del relieve topográfico.

Estas dos leyes y las consideraciones que se desprenden de las facies *oolítica, cloritosa* y de *cordón litoral*, son inseparables en absoluto en el cuadro sintomático de la génesis, pero para lograr más facilidad, y una vez advertida su unión, les supondremos cierta independencia en la exposición.

Plan.—Daremos primero una ligera orientación sobre yacimientos extranjeros oolíticos, que consideramos precisa para aclarar los conceptos y apoyos de la discusión respecto a la génesis en los ejemplos conocidos, aun cuando no sean de la misma edad. Así vemos que los minerales del primero y segundo sinclinal (1) tienen sus semejantes en los yacimientos de Normandía, Turingia y Bohemia, mientras que los de textura deformada o destruída por metamorfismo, como Vivero, Freijo, etc., se pueden asimilar en cierto modo con los de Noruega, Cerdeña, y aun quizás en algún aspecto con los del Brasil o la India Inglesa. Por fin, son muy instructivos, por su presentación y abundante literatura, los americanos y los de *minetas* en Lorena.

Y después de enumerar los yacimientos extranjeros, trataremos sucesivamente, y para completar elementos de juicio, de la *formación de los oolitos, de los silicatos ferruginosos, y de los depósitos terrígenos continentales.*

(1) Véase el Cuadro de Clasificación, págs. 146 y 147.

Yacimientos oolíticos extranjeros (1).

Francia (Península armoricana).—Todos los minerales oolíticos silurianos están contenidos, en la Península armoricana, en tres grandes sinclinos ordovicienses que se arrumban paralelamente de NO. a SE., determinando las cuencas de Normandía, el Maine y El Anjou; excepto en El Anjou y en el sinclinal más meridional de Baja Normandía, el mineral forma una capa única con potencias de 1 a 3 metros, teniendo su mayor recorrido, de unos 9 kilómetros, hacia el Orne. La capa de mineral se encuentra rota y dislocada por los múltiples movimientos orogénicos que han afectado esta zona. En cuanto a su posición geológica, M. Cayeux los reparte en tres series bien distintas: unos interstratificados en la arenisca armoricana; otros en el límite de esta roca con las pizarras de *calymene*, y por fin, la mayoría, subordinados a estas pizarras. En bastantes sitios se ofrecen en horizontes múltiples (hasta cinco capas, Patri-cière), con la misma potencia y en disposición bastante inclinada, hasta vertical en Anjou, y únicamente en los fondos sinclinales se ofrece llana. La tendencia de los depósitos es lenticular. El mineral de un rojo oscuro o gris

(1) Para la reseña de estos yacimientos hemos tenido a la vista, además de alguna monografía, los tratados generales siguientes:

The Genesis of ore.—Deposits by Professor Franz Josephy with the discussion thereof, from the transactions of the t. l. of M. E. New-York, 1902.

A Treatise on Metamorphism.—Van Hise. New-York, 1904.

Traité des Giseements Métallifères. par le Dr. Richard Beck. Paris, 1904.

The Data of Geochemistry.—Clark, F.—Washington, 1908.

Minerais de fer Primaires. par L. Cayeux. Paris, 1909.

L. de Launay. — *Traité de Metallogénie.* — *Gîtes minéraux et métallifères.* Paris, 1913.

Eckel.—*Fron Ores.*—London, 1914.

Mineral Deposits, by Waldemar Lindgren. New York, 1919.

Meunier (S.).—*Les Gîtes Minéraux.* Paris, 1919.

verdoso, y hasta negro. En su origen fueron todos los oolitos cloritoso-carbonatados, pero por metamorfismo o meteorismo queda con frecuencia destruída esta textura; los oolitos tienen de medio a un milímetro, y están enlazados por un cemento análogo, aunque con grado distinto de evolución.

La ley de estos minerales parece variar de 40 a 55 por 100 de hierro, excediendo poco de 40 en la mayoría de los casos; la sílice cambia de 5 a 15, y el ácido fosfórico de 0,7 a 2,50.

Estos yacimientos de la Península armoricana son, en cuanto a geología, textura y composición, muy parecidos a los nuestros, y aunque más ricos, tienen menor potencia que los gallegos. No damos por ahora ninguna descripción de detalle, pues tendría que ser aplicada parcialmente a alguno de los yacimientos, y, por otra parte, nos referiremos constantemente a ellos, tanto en esta exposición general como más adelante, al estudiar los criaderos separados en la segunda parte de esta obra.

Aun hoy mismo existen dudas de importancia por aclarar en el paleozoico del NO. de Francia, y esta razón, unida a la identidad con las formaciones gallegas, nos obligarán a una comparación constante de los depósitos homotácicos y de su literatura, en la cual debemos hacer una merecidísima mención de la obra de M. Cayeux, *Les minerais de fer primaires de France.*

Bohemia.—Los yacimientos explotados en Bohemia se encuentran en el Bradagebirge, y los principales en la región de Nučitz.

Los estratos que las contienen son del tramo *D* de Barrande. La base de este ordoviciense la forman *grauwaks* y pizarras con hojas de diabasa y tobas diabásicas, conte-

niendo algún horizonte de mineral de hierro que parece relacionado genésicamente con las diabasas.

La parte alta del piso *D* está constituida por pizarras varioladas de *grauwaka*, alternando con tobas diabásicas y cuarcitas coloreadas; en estas capas de Komoran y asociadas a las pizarras (a cuyo diastrofismo se someten en absoluto), se hallan las principales capas lenticulares de mineral de hierro; una de ellas, la de Nučitz, va de 6 a 16 metros, llegando a 22 de potencia, con inclinaciones de 35 a 60°, a veces casi horizontal, y reconocida sobre unos 15 kilómetros de longitud; al O. de la ciudad de Praga, en los estratos metamorfizados del ordoviciense clásico, hay varias capas con potencias que suben poco de 3 metros. El mineral es oolítico, de hematites y de silicato ferroso, principalmente chamosita; los oolitos son de 1 a 2 milímetros, con alguna siderosa, parda o gris clara, que da el principal cemento, y a veces un mineral vítreo llamado sklenenka, rico en hierro espático; el tono es verde oscuro o azul verdoso, y su alteración, a limonita. La ley media parece de 37 por 100, y 1,35 a 2,40 de ácido fosfórico.

Turingia.—Los criaderos bohemios son los mismos que se vuelven a encontrar en Alemania, en la selva de Turingia; las capas son importantes y continúan incluidas en estratos arcillosos del siluriano inferior, con fósiles que permiten su clasificación. Se extienden en muchos kilómetros, y son tan constantes que se suelen tomar como nivel de referencia. El horizonte más bajo, que no es importante, se encuentra sobre cuarcitas cambrianas y pizarras verde gris, y está recubierto por pizarras cuarcitosas micáceas; la capa principal de mineral está encima de ese tramo, con pizarras arcillosas del siluriano inferior. Los yacimientos

son lenticulares, con potencias escasas en las dos capas inferiores, de 3 a 4 metros en la capa alta y llegando hasta 18 metros cerca de Schmiedefeld. El mineral es, como el de Praga, oolítico, conteniendo chamosita y turingita, con algo de mineral espático y cuarzo; domina la turingita, que se encuentra en escamas finas cuando está intacta, pero adopta disposición oolítica al alterarse.

Cerdeña.—Cerca de la bahía de Cagliari hay unas capas granatíferas con magnetita que, por concentraciones, llegan a capas de mineral magnético lustroso; B. Lotti las clasifica como silurianas, y parece probable, pues pertenecen al mismo grupo de calizas donde Bornemann encontró *girvanellas*. Las leyes del mineral son: 40 a 45 en la más granatífera, situada en el techo; 50 a 60 la segunda, y cerca de 65 por 100 la más inferior.

País de Gales.—Desde 1900 se han empezado a explotar en el N. unas capas de mineral oolítico negro, intercaladas entre las capas de la arenisca llamada de Tremadoc (que representan la transición al cambriano), y la formación arenácea superpuesta llamada *arenig*, es decir, ocupando el horizonte sincrónico con la cuarcita de *cruzianas*, o sea ordoviciense inferior. Son minerales fosforosos, y parece que forman una cuenca tan extensa como la del Mosela.

Noruega.—Estos yacimientos se intercalan en la zona de Dunderlandsdal, entre los estratos cristalinos que, merced a varios fósiles, han podido ser identificados como metamórficos ordovicienses. La zona de los yacimientos se extiende unos 400 kilómetros en el círculo polar.

El mineral es una mezcla de cuarzo, oligisto y magnetita

con granates y un grupo de silicatos, como epidoto, hornablanda, piroxeno y algo de mica y feldespato, es decir, una especie de cuarcita ferruginosa con todos los tránsitos, desde el mineral a la roca estéril, y asimilable a la itabirita del Brasil o a los jaspes bandeados de hematites de la India Inglesa, por tratarse de yacimientos metamorfizados (1); sin embargo, su unión con calizas más los asemeja a varios yacimientos que se consideran como cambrianos en el S. de España, y en ambos casos no parece debe suponerse reemplazamiento por la regularidad del depósito. Los yacimientos son lenticulares, de 1 a 2 kilómetros de largos, llegando hasta 8, con potencias de 3 a 10 metros; las potencias llegan a veces de 30 a 60, y por excepción, a 100 metros. La ley del mineral es de 30 a 40 por 100 de hierro, dominando la magnetita y el oligisto con algo de manganeso; el fósforo se presenta como apatita. En estas explotaciones nortenas se pretendió concentrar la magnetita por briquetado para eliminar la sílice, pero el intento se suspendió desde el año 1908, después de un gasto de 40.000.000 de francos.

Estados Unidos de América.—En el gotlandiense de Clinton, por bajo del grupo salífero de Onondaga, se encuentran, con una gran constancia, lechos de hematites roja intercalados entre las pizarras y calizas. Estas capas acompañan a la banda paleozoica que, de NE. a SO., corre por las cordilleras apalachianas del E.

Los criaderos están formados por una serie de capas, numerosas y poco potentes. Hay sitios, para dar idea, donde en unos 22 metros de espesor, y 45 términos litológicos al-

(1) Como ejemplo de yacimientos completamente deformados por metamorfismo, merecen mención los de itabiritas del Brasil (rocas clásticas de cuarzo con oligisto) y los jaspes bandeados de hematites de la India Inglesa, incluidos ambos en estos terrenos antiguos.

ternados, se llegan a encontrar hasta 20 capitas de mineral, la más potente de 2 metros. En Birmingham (Alabama) todos los niveles ferríferos sumados llegan a 9 metros. Aun con esta pequeña potencia, como la superficie es muy extensa, se cubican grandes tonelajes. Según Eckel, en Alabama se podrían calcular 5.000 millones de toneladas. En Clinton hay dos capas: la superior de 2 metros de espesor, muy fosilífera, y la inferior oolítica, dividida en bancos, con 0,50 a 0,90 de potencia.

Desde luego varían los minerales en los diferentes sitios en que se la considere, pero en general hay dos clases: uno el oolítico y otro el fosilífero. La clase oolítica es la más conocida; el hierro forma finísimas costras de óxido alrededor de un grano cristalino de cuarzo, y otras veces un oolito homogéneo sin sílice; el cemento suele ser calizo. Los segundos en importancia son los fosilíferos, que están colmados de *briozoarios*, *braquiópodos* y *crinoides*, unidos a oolitos en porciones más o menos calizas. Respecto a su formación, la teoría más generalizada fué la metasomática, sostenida por Rutledge, suponiendo que los minerales tenían un origen calizo; otros autores, como C. H. Smyth, atribuyen el depósito a un precipitado en forma de óxido; Eckel supone que al descender el hidróxido recogería cierta cantidad de materia arcillosa muy dividida, y que si caía sobre los restos conchíferos, daría lugar a mineral fosilífero; por fin, S. W. Mc Callie cree que el origen de los criaderos está en la alteración de la glauconia.

Los minerales, en la parte superior, pierden la caliza y se hacen terrosos y blandos, variando de aspecto, de granuloso rojizo en la superficie, a azulado metálico en profundidad, pasando a veces hasta calizas de 5 a 7 por 100 de hierro. Su ley es de 33 a 40 Fe, o de 45 a 48 por 100 de hierro, según la clase, y 1 por 100 de fósforo.

Yacimientos de Terranova (1).—Los yacimientos de Terranova son, en realidad, bastante parecidos a los del gotlandiense de Clinton, aunque en general acantonados en niveles más bajos, pues se supone su formación variando entre las capas de Arenig (cuarcita de *cruzianas*), a las de Llandeilo (pizarras de Luarca) del País de Gales. La disposición del criadero es la misma de la formación de Clinton, en capas poco potentes y muy seguidas. La clase principal de mineral es la hematites roja, asociada a la chamosita y siderosa, con buena cantidad de granos detríticos de cuarzo. En general el mineral es oolítico, con granos llegando a dos milímetros y un interior de cuarzo, trozos de concha o chamosita, encontrándose también oolitos completos de hematites o chamosita, pero este mineral es reemplazado frecuentemente por la hematites, el carbonato o el cuarzo. Contiene fragmentos de conchas, generalmente de *braquiópodos*, transformados en fosfato de cal; en la formación son frecuentes abundantes tubos de algas microscópicas. En este mineral escasea la caliza, pero es abundante el fosfato de cal, que llega hasta un 4,5 por 100.

Yacimientos de Lorena.—Como mineral clásicamente oolítico, aunque mucho más moderno, se puede citar el de Lorena que, con el nombre vulgar de *minetas*, se intercala en capas entre los sedimentos del Dogger.

Las capas, interestratificadas en la serie margosa y con tendencia lenticular, consisten en limonita oolítica de diferentes colores: gris, pardo, verde y amarillo, según varían sus componentes. Hacia su techo suelen tener una *lumaquela* pobre en hierro, y en la base margas verdes gredosas con pirita. El mineral es esencialmente oolítico, y sus oolitos varían de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ milímetro y están formados de capas

(1) *The Wabana Iron Ore of Newfoundland.*—A. O. Hayes.—Survey Canadá, 1914.

concéntricas de hidróxido algo arcilloso; el cemento es una mezcla de arcilla, sílice, caliza y carbonato de hierro, con mezcla de minerales que, aunque en menor proporción, se encuentran en los oolitos; son éstos la calcita, siderosa, magnetita secundaria y silicatos de hierro, sobre todo glauconia, pero también se han encontrado berthierina, chamosita y turingita. Este mineral se ofrece en forma ocrácea y granuda, que pasa a veces por tránsitos a caliza pura; su ley es de 35 a 40 por 100 de hierro, 0,6 por 100 de fósforo y de 6 a 10 por 100 de cal. Las potencias suelen ser de 2,50 a 3,50 metros, llegando hasta 6 y 7 metros en un solo banco, pero el espesor total de esta gran formación horizontal es de 20 a 50 metros.

Para idear la formación de estos importantes yacimientos, se han admitido diversas hipótesis. Consistió la primera en suponer una sedimentación arcilloso-caliza; más moderadamente se ha pensado que el mineral de hierro se había depositado en la forma que tiene, o como siderosa que por oxidación pasa a hidróxido. La presencia de los silicatos hace creer a otros autores que estos depósitos son el resultado de alteración de los silicatos originales de hierro, probablemente de la glauconia, quizás mezclada desde el principio con algo de carbonato. Y por fin otra hipótesis, que parece perder terreno, es que la venida ferruginosa se ha verificado por fallas *nutridoras*, a manera de inyecciones en los sedimentos porosos calizos. Lo indudable es que organismos calcáreos han contribuido a formar el lecho que hoy es de mineral y que el tanto por ciento en hierro aumenta por su removido y expulsión de la caliza, reacción que se cumple en el día.

Formación de los oolitos.

La disposición oolítica en los minerales es, como hemos visto, uno de los factores comunes que enlazan a todas estas capas lenticulares que, en horizontes múltiples, constituyen criaderos de hierro semejantes.

Los oolitos representan, al parecer, un estado semicristalino de la materia, que se reproduce y acantona de preferencia sobre minerales determinados, y en casi todos los sistemas geológicos, cuando las circunstancias son propicias. Así hay oolitos de óxidos, silicatos, carbonatos y piritas de hierro, lo mismo que de otras especies, como bauxita, fosfato de cal, sílice, pirolusita, etc. Pero por excelencia es el carbonato de cal el mineralizador, ofreciéndose como calcita en las formaciones geológicas y como aragonito en las formaciones actuales. En cuanto al nivel geológico preferente para contener los oolitos, parece, en efecto, ser uno de ellos el ferrífero del ordoviciense, pero no hay exclusivismo ninguno, pues hemos examinado al microscopio calizas oolíticas del cambriano de Sevilla y Córdoba; minerales silurianos de Galicia, Asturias y León; devonianos de tres horizontes de Asturias, dos en las calizas triásicas andaluzas: una en el muchelkalk y otra en las calizas superpuestas al keuper; en el Jura, de la provincia de Guadalajara; en el cretáceo de Jaén, y por fin, en dos niveles del terciario: uno eoceno (Sierra del Pinar) y otro mioceno, de la misma provincia de Cádiz. Todas las formaciones oolíticas gallegas pertenecen al siluriano inferior y parecen marcar la prolongación hacia el E., en el devoniano asturiano, pues en este terreno las hemos reconocido desde el gedinense al devoniano medio.

Los oolitos de nuestras menas varían por lo general de $\frac{1}{4}$ a 1 milímetro, y se suelen disponer en tiradas fluidales, en las que con frecuencia están deprimidos, demostrando su permanencia en las épocas de movimiento de aguas y en las de dinamismo deformador de la textura, quizás en los plegamientos. En los yacimientos ordovicienses muy metamorfizados (Vivero, Freijo, Porcia, etc.) se borra la textura oolítica, la cual únicamente por vestigios se puede hacer constar.

Las teorías respecto a formación de los oolitos, se han deducido principalmente del examen de los actuales sedimentos calizos de esta clase (1).

Gümbell diferenció los extoolithos (u oolitos nucleados) de los entoolithos o huecos, pero no han subsistido ésta, ni alguna otra división indicada por Zirkel.

Las numerosas hipótesis respecto a su origen han sido agrupadas del siguiente modo por M. Linck:

I. Formaciones detríticas, proviniendo de pequeños fragmentos de conchas o granos de arena rodados (L. de Buch y Bornemann).

II. Formaciones de origen orgánico, debidas a los animales (Ehrenberg, Frantzen) o a las plantas (Rothpletz, Kalkowsky).

III. Sedimentos de origen físico-químico, formados: a) Por partículas minerales recubiertas de una capa caliza (Agassiz).—b) Por huevecillos de insectos recubiertos por un depósito calizo (Virlet d'Aoust).—c) Por burbujas de gas recubiertas y rellenas de un depósito calizo (Gümbell, Knop).—d) Por manantiales llegando al mar como los pisolitos (Erbsteinsteine) de Karlsbad (Quenstedt).

IV. Productos metamórficos, atendido a que los granos serían desarrollados en el interior de una masa todavía plás-

(1) *Les Dépôts Marins.*—L. W. Collet, págs. 279 y siguientes.

tica (Lorentz), o en el interior de una masa ya sólida (Rossbach), o en fin, en cavidades.

Habiendo observado M. Linck que las formaciones oolíticas actuales de la Florida e Islas Bahamas quedaban mineralizadas en aragonito, mientras que las de los niveles geológicos lo estaban en calcita, estudió con detenimiento las diferentes maneras de precipitarse en el mar ambas formas calcáreas, viniendo a deducir que la única manera de obtener carbonato de cal es una doble descomposición del sulfato de cal por el carbonato sódico o amónico. La formación de los oolitos se explicaría, según esto, con facilidad en los mares coralígenos, donde se verifica una gran descomposición de albúmina procedente de la materia orgánica, y la cual, según veremos, produce carbonato de amonio.

Según Collet (1), el carbonato así formado en las regiones litorales se va depositando en esferolitos alrededor de cuerpos heterogéneos, tales como fragmentos microscópicos de corales y foraminíferos del plankton; en los lagos (Méjico) pueden formarse sin núcleo o sobre trocitos de algas o huevos de insectos.

Estos esferolitos, que son algo porosos, sobrenadan ligeramente y agitados constantemente por el movimiento de las olas, van aumentando paulatinamente por nuevas capitas arcillo-calcáreas pegadas en su superficie; M. Collet acepta la precipitación directa del carbonato de cal en las aguas marinas sobresaturadas, batiendo sobre los arrecifes e islotes coralinos.

Para M. Cayeux los verdaderos oolitos no se forman más que *después de la sedimentación*, sea por cristalización parcial del limo calcáreo o por su concentración alrededor de cuerpos extraños; los demás núcleos que no diferencian su

(1) *Les Dépôts Marins*, págs. 278 y siguientes.

concentrismo los considera pseudo-oolitos. Sin embargo, nosotros suponemos que acumulaciones de núcleos redondeados o pseudo-oolitos pueden transformarse paulatinamente en oolíticas en los estratos ya emergidos y por efecto de la alteración intermitente producida por la circulación de las aguas, con un mecanismo análogo al que produce las bolas de carbonato e hidróxido en los crestones de mineral, y en general en la alteración de las rocas homogéneas (mineral de hierro siluriano, rocas eruptivas, areniscas, etc.) (1).

Depósitos pseudo-oolíticos, que en parte sufren la alteración señalada, son los eólicos de Canarias, por ejemplo, y los de las capas de fosfatos (2).

No solamente los movimientos marinos producen las agregaciones oolíticas, sino que lo mismo ocurre en las aguas sobresaturadas de sales cuando adquieren una ritmicidad constante que va permitiendo la incorporación, por depósito químico, de tenues capas concéntricas alrededor de un núcleo; como ejemplo se pueden citar los oolitos calizos formados en una de las fortificaciones permanentes de las minas de Almadén, llamadas obras, y al pie de la cual había una pequeña depresión, receptáculo de la lámina de agua que descendía lamiendo la pared en unos 5 metros de altura; en menos de un año se formaron pisolitos del tamaño de garbanzos; los centros de atracción eran las partículas y chinias del pocito que recibía las aguas.

A la misma categoría de hechos pertenecen la formación de oolitos de sílice y bauxita en las cubetas geiserianas de Yellowstone. M. S. Meunier cita los *dragados* de Tivoli o los *confetti* de San Filippo, formados en estas cascadas

(1) Páginas 242 y 243.

(2) *Formaciones de origen marino de la Gran Canaria*, por Rorhpletz (A.) y Simonelli (V.).—*Boletín del Instituto Geológico de España*, tomo XXIII. (Traducción de D. Pedro Palacios.)

italianas. Si la caída del agua es considerable, los granos, suspendidos por mucho tiempo, pueden adquirir cierto volumen que les haga demasiado pesados para ser agitados, y en ese caso se aglutinan en masas formando depósito calcáreo; este es el caso de las grietas rellenas de pisolitos por donde antes circularon aguas ascendentes, tales son, según M. S. Meunier, los depósitos de Vichy, donde ciertas capas están penetradas de pisolitos que llegan a veces a un centímetro y atestiguan una energía notable en la ebullición del agua.

Con afinidad a la división IV de M. Linck (1), debemos hacer figurar los oolitos que hemos visto desarrollados en el interior de cantos rodados o de secciones de conchas de *braquiópodos*, y alguno de los cuales se enlazaba con la textura oolítica exterior, cortando la periferia del cuerpo extraño (2); este hecho tiene que ser explicado por la tendencia a una cristalización lenta que tienen las sustancias afines dentro de una masa homogénea que permita movimientos microquímicos a la materia; es la prueba más fehaciente de las formaciones oolíticas *in situ*. La formación de oolitos en las masas y rocas que se encuentran en evolución, ya la hemos descrito al estudiar las bauxitas catalanas (3), pero no resistimos a insertar algunos conceptos de M. S. Meunier a este respecto, por la precisión con que describe el fenómeno; como testimonio cita la estructura globulífera adquirida por ciertos limos arcillo-calizos muy recientes, tales como los de los alrededores de Lyon, en los que M. Fournet ha observado placas lenticulares en medio de las cuales hay oolitos de 1 a 5 milímetros perfectamente regulares. Se puede, pues, creer que la caliza oolítica debe su

(1) Página 369.

(2) Página 308.

(3) *Condiciones geológicas de las bauxitas catalanas.* — *Boletín del Instituto Geológico de España*, tomo XLI (3.ª serie), págs. 40 y 41.

estructura característica a un trabajo molecular determinado por la atracción mutua de partículas poseyendo las mismas aptitudes cristalográficas, y que se agrupan por consecuencia alrededor de ciertos centros de atracción. El limo, primitivamente depositado en el mar, podía ser muy complejo y contener, además de carbonato de cal, proporciones de arcilla, marga, arena, etc.; estos cuerpos quedan relativamente inertes durante el desplazamiento de la calcita, y se encuentran impelidos a los intersticios de los oolitos en estado de materia conjuntiva o cemento. La adquisición, por la caliza, de la estructura oolítica se presenta como caracterizando una etapa en la evolución normal, es decir, media, de las rocas formadas de carbonato de cal predominante. Una vez admitido que la estructura oolítica es el resultado del trabajo espontáneo de las masas calizas primitivamente uniformes y terrosas, hay para nosotros el más vivo interés en comparar las calizas oolíticas así producidas a las limonitas, también oolíticas, de las que se trata de explicar su origen y modo de formación.

Este concepto nos lleva de la mano a la consideración de que gran parte de los oolitos ferruginosos hoy conocidos, son con frecuencia casos de metasomatismo realizados en los depósitos emergidos y solidificados.

Como término de enlace entre las formaciones oolíticas *in situ* y las de aguas agitadas, se pueden citar los oolitos de hidróxido y sales férricas básicas formados en algunos pantanos; la aglomeración del precipitado coposo tuvo que efectuarse por atracciones de afinidad en núcleos de la masa, los cuales serían consolidados por movimientos vibratorios del agua.

Silicatos cloríticos.

Ya hemos visto en el estudio micrográfico que las leptocloritas tienen una brillante representación en nuestros minerales, y el interés de esta repetición aumenta al considerar que todos los yacimientos silurianos oolíticos, sea cualquiera su grado de alteración, conservan silicatos verdes ferruginosos. Y aun cuando la mayoría de los silicatos ferruginosos son metamórficos, hay un número de hidrosilicatos de hierro que se forman en las condiciones ordinarias de sedimentación. Entre los silicatos verdes figura desde luego todo el grupo cloritoso, desde los términos menos ferruginosos, hasta las leptocloritas que, por su composición, se enlazan con los silicatos ferruginosos: chamosita, berthierina, turingita y bavalita, los cuales, en Europa, constituyen menas de hierro, teniendo en América las greenalitas del Lago Superior como términos homólogos.

El descubrimiento de la glauconia por MM. Murray y Renard en los fondos marinos actuales, culmina, a nuestro entender, la importancia de los silicatos sedimentarios de hierro y sirve de verdadero punto de partida para todas las discusiones que se sostienen en la apreciación del papel que han jugado en la formación de los yacimientos silurianos oolíticos.

La serie de estos silicatos verdes hidratados, por lo que a Galicia corresponde, principia en las cloritas con muy escaso hierro, y a medida que se enriquecen en proporción de metal, se van haciendo más alargados y fibrosos, aumentan en cristalillos de magnetita incluidos, y se hacen más

dicroicos. Todos estos minerales forman una serie de silicatos hidratados de alúmina, hierro y más o menos magnesia, pero pudiendo derivar también hacia el talco y la serpentina; enlazándose positivamente las series fibroso-silicatadas de la alúmina, el hierro y la magnesia, sin más factor común químico que la hidratación.

Desde luego, en nuestro caso, vemos variar química y cristalográficamente toda la serie cloritosa, encontrando casi todos los términos de enlace, y esta razón, unida a la dificultad de captación de trocitos puros del silicato que se estudie, la cual hay que realizarla pacientemente en el microscopio biocular, hacen que la especificación de nuestros términos más ferruginosos sea más bien dudosa hoy, por desagradable que sea el reconocerlo. Cuando llegemos a las monografías, pretendemos determinar las características ópticas y de composición de los silicatos ferruginosos, y mientras tanto los continuaremos denominando genéricamente cloritas.

Este caso es análogo al de los hidróxidos de hierro (1); allí vimos cómo el nombre de limonita o hematites parda cubría todo el grupo, y otro tanto ocurre aquí con la denominación clorita y la serie de silicatos alumnio-ferruginoso-hidratados. Advertiremos, pues, que, en puridad, el nombre clorita corresponde sólo a las variedades poco ferríferas, dispuestas en escamas flexibles y siempre algo magnesianas, mientras que son turingita, bavalita o chamosita las más ferruginosas y fibroso-oolíticas. En general la clorita la encontramos formada mucho más modernamente que las bavalitas y turingitas, dato que concuerda con la edad de los yacimientos extranjeros de estos minerales, que son en general del secundario en Francia (chamosita, berthierina), y paleozoicos en Bretaña y Alemania (bavalita, turingita);

(1) Páginas 252 y siguientes.

para alguna de las más abundantes y características de la provincia de Lugo, distinta desde luego específicamente de las conocidas, propondremos el nombre de *lucita*.

A continuación daremos una lista de los términos *cloritosos* más frecuentemente encontrados, para que nos sirvan de referencia en la formación y en las futuras descripciones.

Cloritas.—La *penina* propiamente dicha, unida a fibras sedosas y pálidas de serpentina, la encontramos de preferencia en Vivero, entre los productos de kelifitización (1) del granate; tiene birrefringencia débil, hasta 0,005, y a veces recuerda mucho al talco argentado; se encuentra representada en casi todos los yacimientos. Más abundante todavía es el clinocloro de tonos verde hierba y azulados, aunque son amarillentos en parte del criadero de Vivero; en este mismo yacimiento he encontrado cristales exagonales bien determinados y pequeños apilamientos de cristales de esta clase, produciendo esferulitos o columitas algo encorvadas, como las de la *vermiculita*; la birrefringencia, bastante mayor, ha llegado hasta 0,010. Referimos a la *ripidolita* la que parece más modernamente formada, siempre dispuesta en escamas de tono verde claro y rellenando con frecuencia los filoncillos que cruzan los minerales, de donde venimos a deducir su edad más reciente; su birrefringencia es débil, de 0,001 a 0,005; el análisis químico, en una muestra de Villaodrid, ha llegado a acusar hasta 20 por 100 de óxido ferroso; se encuentra representada en casi todos los yacimientos.

Las cloritas ferruginosas son las leptocloritas, constantemente con alguna magnetita entre sus fibras y tendencia marcada a la disposición oolítica; es entre ellas donde se

(1) Alteración de los granates en kelifita.

concretan nuestras dudas respecto a su clasificación, por lo que nos limitaremos a citar los tipos más afines.

La *chamosita*, cuyo nombre procede de las montañas y valle de Chamoson (Valois, Suiza), donde se encuentra el yacimiento jurásico, se presenta siempre en disposición oolítica, y con frecuencia unida a las calizas. También se encuentra en Bohemia Central, unida a la turingita, en Meurte-et-Moselle, y con abundancia en Terranova. El análisis dado por Berthier fué 15 por 100 de carbonato cálcico, 14,30 de sílice, 60,50 de óxido ferroso y 7,8 de alúmina; sin embargo, este análisis específico se diferencia bastante de las muestras tomadas sobre el mineral en conjunto y que equivale a la mena; así, la *chamosita* de Europa acusa (Lacroix): 25,20 por 100 de sílice, 20 por 100 de alúmina, 37,500 por 100 de óxido ferroso; 4,40 por 100 de magnesia y 12,90 por 100 de agua, mientras que las muestras de Terranova, según Harder, pueden representarse por los siguientes análisis:

Chamosita de Wahama (Terranova).

	ANÁLISIS SEGÚN HARDER			ANÁLISIS según Beck.
	Por 100.	Por 100.	Por 100.	Por 100.
Sílice.....	24,87	23,23	25,64	18,63
Alúmina.....	19,45	22,85	19,75	8,48
Oxido férrico.....	6,66	1,00	"	3,73
Oxido ferroso.....	34,52	38,99	39,74	45,13
Magnesia.....	3,34	3,25	2,98	"
Agua.....	11,16	10,68	11,89	6,44

Que vemos difiere bastante del análisis de Beck.

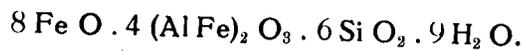
La *chamosita* suele ser verde clara u oscura, pero también tiene alguna vez tonos grises y aun negros; su textura es oolítica; es fácilmente fusible y atraible por el imán. En

Terranova alterna con oolitos en hematites y está mezclada en el yacimiento con abundantes algas tubícolas que penetran en la chamosita, y en general están subrayadas por cutículas de hematites que se suponen resultado de la alteración del silicato ferroso por la acción de las algas; la alteración final de este mineral desde luego es a limonita.

La *turingita*, unida a la chamosita, representa el principal componente de las capas de Bohemia y Turingia. Su disposición es igualmente en fibras arrolladas oolíticamente, textura que por unos mineralogistas ha sido considerada como original y por otros como resultado del metasomatismo cumplido; de la chamosita se diferencia químicamente por su cantidad apreciable de óxido férrico.

	Análisis de Breithaupt.	Análisis de Harder.	Análisis de Beck.
Sílice.....	22,23	22,80	22,61
Alúmina.....	16,17	17,20	16,80
Oxido férrico.....	14,15	13,50	15,43
Oxido ferroso.....	32,33	36,30	33,10
Agua.....	10,11	10,20	10,60

La *turingita* cambia del verde oliva al oscuro; alguna vez forma pequeñas masas compactas, pero lo general es que adopte la textura oolítica, unida con frecuencia al carbonato ferroso; parece la única definida químicamente, pudiendo, según Harder, formularse así:



La chamosita, la bavalita y la *berthierina* se diferencian en sus análisis porque tienen más óxido ferroso que

la *turingita*, menos alúmina y muy poco o ningún óxido férrico.

En Meurthe-et-Moselle se encuentra una variedad de los minerales anteriores, conocida por *berthierina* en recuerdo de su descubridor (M. Berthier); su yacimiento lo forman los hierros toarcienses y del muchelkalk del N. de Francia. Sus fibras se disponen en oolitos con menos de un milímetro de diámetro y algo discoidales; en ellos alternan las capas concéntricas de *berthierina* con algo de caliza que, con frecuencia, aparece unida a cristallitos y granos de magnetita; también se encuentra en Bretaña y en Maine et Loire unida al granate. La *berthierina*, incluida por varios autores entre las leptocloritas, es gris azulada o negro verdosa, magnética y difícilmente fusible; llega hasta un 47,7 por 100 de su contenido de hierro.

Según Dufrenoy (1), la *bavalita* es un silico-aluminato de hierro oolítico, análogo a la chamosita y a la *berthierina* de Hayanges, pero con un color más oscuro, y proviene de Bavalon (costas del Norte), analizado por Berthier:

Peróxido de hierro.....	48,8
Protóxido de hierro.....	23,4
Sílice.....	11,0
Alúmina.....	3,3
Óxido de cromo.....	0,3
Carbón y agua.....	3,2
	100,0

Greenalita.—Los depósitos del Lago Superior se encuentran entre estratos metamorizados del precambriano, algunos con un 25 por 100 de hierro, en los que se han verificado grandes concentraciones de este metal, pasando

(1) *Traité de Minéralogie*, par A. Dufrenoy.—Tomo IV, pág. 694. Paris, 1859.

las rocas desde arcillas ferruginosas y cuarcitas limoníticas, a pizarras conteniendo greenalita o hematites oolíticas relativamente puras, las cuales se parecen mucho a las análogas de Clinton y Wabana, hasta en su contenido de algas en algunos sitios, con lo que parece aclararse su origen semejante, al menos en esa parte.

La greenalita es una lepto-clorita verde oscura, cuya composición química equivale a un silicato ferroso y de cal; este mineral es bastante compacto, de textura oolítica, y sus oolitos, esféricos o elípticos, llegan a un milímetro de diámetro; sin embargo, las capas concéntricas no suelen estar muy marcadas. La ausencia de potasa hace suponer que no es derivación de la glauconia. Puede verse su análisis en el siguiente cuadro comparativo de Lindgren (1):

Análisis comparativo de Lindgren.

	Glauconia.	Chamosita.	Turingita.	Greenalita.
Si O ₂	53	29	24	30
Al ₂ O ₃	10	13	17	»
Fe ₂ O ₃	21	6	15	35
Fe O	2	42	33	26
Ca O	1	»	»	»
Mg O	3	»	»	»
K ₂ O	4	»	»	»
H ₂ O	6	10	11	9

Queda por citar la *glauconia*, el silicato más importante desde el punto de vista de la génesis.

En las exploraciones submarinas se ha visto cómo la glauconia se forma a lo largo de los continentes franjeando las costas, principalmente desde la zona litoral, donde empiezan a sentirse las acciones de mareas y corrientes; este

(1) *Mineral Deposits*, by Waldemar Lindgren.—New-York, 1919, pág. 263.

silicato, con arenas y limos verdes, se deposita a profundidades que varían en los depósitos de alguna importancia desde los 200 a los 1.800 metros. Una de sus frecuentes maneras de presentarse, es llenando las primeras cámaras de las conchas microscópicas de los *foraminíferos*, y si aumenta su volumen llega a rebasar la concha. A continuación reproducimos un cuadro de análisis de M. Collet (1) para que se aprecie su composición y diferencias entre la glauconia actual y la contenida en las capas sedimentarias:

N.º	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ²⁺ O ₃	FeO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O	TOTAL	
1	56,62	12,54	15,63	1,18	1,69	2,49	2,52	0,90	6,84	100,41	Glauconia de los mares actuales
2	50,85	8,92	24,40	1,66	1,26	3,13	4,21	0,25	5,55	100,23	
3	51,80	8,67	24,21	1,54	1,27	3,04	3,86	0,25	5,68	100,32	
4	55,17	8,42	21,59	1,95	1,34	2,83	3,36	0,27	5,76	100,39	
5	27,74	13,02	39,93	1,76	1,19	4,62	0,95	0,62	10,85	100,68	
6	46,90	4,06	27,09	3,60	0,20	0,70	6,16	1,28	9,25	99,24	Glauconia de las rocas sedimentarias.
7	40,00	13,00	16,81	10,17	1,97	1,97	8,21	2,16	6,19	100,48	
8	52,86	7,08	7,20	19,48	tr.	2,90	2,23	tr.	8,43	100,18	

Números 1 a 5. Análisis del «Challenger».—Núm. 6. Glauconia del Banco Agulhas. Núm. 7. Glauconia de Antrim y Hoskins.—Núm. 8. Glauconia de la Bahía de Francia, Kuerr y Schoenfeld, en la mineralogía de Dana.

La glauconia no es oolítica, pero tiene una gran tendencia a presentarse en granos redondeados de una décima a un milímetro. En los cordones terrígenos que franjean los continentes, se encuentra muy a menudo la glauconia asociada con los granos nodulosos de fosfato de cal. Estos silicatos ferrosos subsisten al aproximarnos a la costa, y se descomponen y aparecen los nódulos manganésiferos con óxidos de hierro y arcillas rojas de los grandes fondos (hasta 4.000 metros).

La glauconia parece debida a la acción del agua del mar

(1) *Les Dépôts Marins*, pág. 165.

sobre los sedimentos terrígenos, tales como arcillas y silicatos en las rocas.

Este carácter marino de la glauconia lo conserva en todos los yacimientos geológicos donde se presenta en alguna abundancia; se acantona de preferencia en los terrenos terciarios y cretáceos, pero también se ha encontrado en otros horizontes antiguos, como en los estratos cambrianos de América y en los ordovicienses de Rusia; de cualquier manera, es muy escaso este silicato en los terrenos antiguos.

En Francia, por ejemplo, según Cayeux (1), no pasa más abajo del cretáceo, y supone que en los terrenos antiguos desapareció por alteración; según este autor, su papel es análogo al de la sílice, pues al depositarse el sedimento en las formaciones actuales, el silicato de hierro se fija por la materia orgánica de los *foraminíferos* y otros organismos de concha caliza, así como por la sílice de las esponjas. En las formaciones geológicas parece epigenizar algunas veces las calizas y aun la sílice.

Para que, de un modo práctico, se pueda apreciar la importancia de la glauconia en los criaderos de hierro, se pueden hacer presentes los cálculos de Eckel (2) respecto a las arenas cretáceas verdes de Nueva Jersey, que, según este autor, contendrán 75 mil millones de toneladas de óxido férrico; si el cálculo se extiende a toda la serie cretácea, se llega a 250 mil millones, y aun supone Eckel que hay sílice libre en esos depósitos y más hierro del acusado, es decir, inmensos depósitos de hierro por lixiviar.

(1) L. Cayeux: *Minerais de fer primaires de France*.—París, 1909, pág. 3 (Introducción).

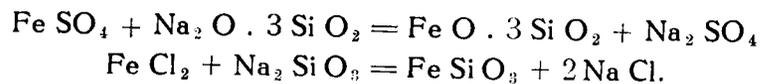
(2) C. Eckel (Edwin): *Iron Ores*.—New-York, 1914.

Formación de los silicatos verdes.

Respecto a la formación de los silicatos de hierro, Van Hise, en su *Tratado de Metamorfismo*, cree que se forman algunas veces en los hierros de pantano al reaccionar la sílice coloide y los compuestos ferrosos, situación interesante por lo repetida que puede estar en los receptáculos donde el hierro se precipita y acumula en un medio reductor. Según la acción de las masas, supone se formará el hidrosilicato ferroso o el carbonato. Harder, en cambio, tiene por dudosa la acción de la sílice coloide sobre el hidróxido ferroso. Van Hise y Leith admiten la formación del silicato por la acción de los silicatos alcalinos sobre las sales ferrosas; así se supone formada la greenalita del Lago Superior. En las experiencias de laboratorio, el ácido silícico coloide se produjo por el tratamiento de los silicatos alcalinos por ácido clorhídrico, de modo que las disoluciones tendrían cloruro de sodio análogamente al agua del mar, en la cual se supone depositada la greenalita. Las principales deducciones son que los silicatos ferrosos se producen por la reacción entre los silicatos alcalinos y las sales ferrosas, variando su composición según las condiciones y presencia del oxígeno. El medio tiene que tener carácter neutro, pues de otro modo se disuelven los precipitados, lo mismo en aguas ácidas que en alcalinas.

Suponiendo que el silicato formado, en presencia de un exceso de anhídrido carbónico, puede cambiar a carbonato ferroso.

Las reacciones son:



En cuanto a la formación de la glauconia, se vino a presumir la hipótesis actual por la insistencia de presentarse este silicato en las conchas de *foraminíferos*, pues se deducía que su formación debía corresponder con la muerte de aquellos animales. Así Murray y Renard han llegado a suponer que al caer las conchas se llenan de lodo que contiene hierro, el cual, en presencia de los sulfatos contenidos en el agua del mar, es actuado por la materia orgánica en descomposición dentro de la concha; el hierro que se supone existía en el lodo, es reducido a sulfuro y después oxidado a hidróxido férrico, dejando libre el ácido sulfúrico. Este ácido, una vez libre, reacciona sobre la alúmina, obligándola a entrar en disolución y dejando libre a la sílice coloide que, obrando a su vez sobre el hidróxido férrico, en presencia de las sales de potasio, forma la glauconia. La potasa de la glauconia se supone derivada de la alteración del feldespato ortosa, de las micas y otros minerales que suelen acompañar a la glauconia y se alteran en su proximidad.

La alteración de la greenalita, lo mismo que la de la glauconia y todos los silicatos vistos anteriormente, es a óxido férrico con un grado variable de hidratación; la transformación puede ser completa, hasta producirse el yacimiento ferruginoso (1).

En resumen, puede decirse que aunque los silicatos de hierro, de un modo aislado y único, no forman rocas, están diseminados en gran cantidad y por su alteración han producido yacimientos de hierro.

(1) Cayeux (L): *Genèse d'un minéral de fer par décomposition de la glauconie*. C. R. A. S., 1906.

Fondos marinos.

Reuniendo algunos datos expuestos, vemos que nuestros depósitos silurianos son alargados y estrechos, con *ripple mark* en las rocas que los contienen y encerrando en su masa oolitos, o restos de esta textura, unidos a residuos orgánicos; además se colocan a lo largo de los antiguos levantamientos orogénicos, y al microscopio, en su interior, nunca hemos podido apreciar distinto arreglo de los elementos que contienen y que pudiesen demostrar una turbulencia o cambio en su modo de sedimentación. Estos datos y la analogía evidente de estos criaderos con sus semejantes extranjeros, imponen las deducciones siguientes:

Sus caracteres de *ripple mark* y colocación en el borde de los geosinclinales evidencian su origen marino en cuencas largas y estrechas paralelas a la costa, poco profundas, y sometidas a oscilaciones frecuentes en su nivel; este cordón terrígeno contiene apenas elementos detríticos y sus restos orgánicos principales son *algas*, *briozoarios* y *braquiópodos*, es decir, que esta banda paralela del depósito se encuentra bastante alejada de la costa para que no influyan en ella ni los gruesos elementos clásticos de las banquetas litorales, ni los menudos esquinados por falta de rozamiento; en una palabra, creo se puede deducir que recibirían movimiento del agua, pero enlazándose más bien con las litorales, pues en su masa se encuentran algunos cantos rodados de cerca de un centímetro. Esta idea de la profundidad no está en contradicción con los restos orgánicos, pues Sir John Murray señala los *braquiópodos* desde el borde de

la banqueta continental hasta las aguas superficiales, y las algas tubícolas que encontramos parecen poderse referir a algunas *fitobenthicas* señaladas por el mismo autor; por lo demás, todos los restos de vida encontrados pertenecen al bentos (1). Por fin, la ausencia de turbulencia en la sedimentación parece corresponder con la independencia entre los depósitos costeros y los aportes fluviales.

Otro dato no morfológico, sino químico, que identifica nuestros depósitos con los marinos, es la presencia casi constante e igual del contenido en fósforo, elemento que en general se deposita con el hierro, enlazándose los depósitos terrígenos actuales con los dos extremos: uno yacimientos de mineral de hierro fosforoso, y otro criaderos de apatita con más o menos óxido férrico, habiendo algunos, como los de Kertch, en Crimea, que establecerían el enlace, pues los cristales de vivianita se encuentran en las conchas que forman las *lumaquelas*. La circunstancia de tener pendiente el estudio de los yacimientos fosfatíferos, nos dará ocasión de abordar nuevamente este interesante tema.

Identificado el origen marino de nuestros depósitos, queda examinar a cuál de los actuales fondos terrígenos pueden referirse, para ver dónde se pueden apoyar los fundamentos de la génesis, pues aunque Clarke evalúe en 0,6 miligramos por litro la cantidad de hierro contenido en el agua del mar de algunas orillas (2), parece que esa proporción sería suficiente a incrementar el contenido en metal, pero no para justificar las acumulaciones de los yacimientos actuales.

Depósitos ferruginosos en formación actual son escasos los que se pueden citar, por ejemplo: acumulaciones de

(1) *The Ocean*, by Sir John Murray.—London, 1910.—«Benthos»: Término aplicado a los organismos que viven adheridos o moviéndose sobre el fondo del mar.

(2) *The Data of Geochemistry*. F. Clarke.—Washington, 1908.

magnetita con arenisca poco compacta en la desembocadura de los grandes ríos americanos, lo mismo en la costa occidental de Oregón y California que en la costa oriental, hacia Washington; el material de estos fondos procede de los antiguos criaderos paleozoicos de los Apalaches. Otros depósitos de arenisca con hematites se acumulan a lo largo de las corrientes marinas en las costas de Minas Geraes (Brasil), y también su manantial está en criaderos preexistentes, como son las capas de cuarcita con oligisto (itabirita). Por fin, a lo largo de la costa, en Huelva, parece acumularse un depósito de precipitados hidroxidados que provienen directamente de la descomposición de la pirita.

Vemos, pues, que estos futuros yacimientos ferruginosos no pueden considerarse como formaciones marinas normales de nuestro tiempo, sino como casos de excepción.

El origen de un fenómeno tan general como los depósitos ferruginosos ordovicienses, tiene que encontrarse en una intensa venida de sales de hierro sobre cordones terrígenos de análoga composición.

Depósitos modernos.

En Oceanografía los fundamentos, sin duda ninguna, están dados por los estudios de Murray y Renard; estos autores propusieron una clasificación natural de fondos, que aun hoy subsiste, y cuyo sistema consiste en ir de las mayores a las menores profundidades. Es como sigue (1):

Depósitos de agua profunda.....	Arcilla roja.....	} Depósitos pelágicos, formados lejos de tierra.
	Limos de radiolarios.....	
	Limos de diatomeas.....	
	Limos de globigerinas.....	
	Limos de pterópodos.....	
Depósitos de agua poco profunda.	Lodos azules.....	} Depósitos terrígenos, formados a lo largo de los continentes.
	Lodos rojos.....	
	Lodos y arenas verdes.....	
Depósitos litorales.....	Lodos y arenas volcánicas..	} Depósitos litorales, formados a lo largo de los continentes.
	Lodos y arenas coralígenas..	
	Arenas, gravas, lodos, etc..	
	Arenas, gravas, lodos, etc..	

M. Thoulet, actual Maestro de Oceanografía, adopta el tamaño de los granos del sedimento como base de su clasificación; en realidad este sistema viene a ser el recíproco del de Murray y Renard, pues hay positiva proporcionalidad entre el volumen de los granos y elementos y

(1) *Voyage of H. M. S. Challenger.—Deep-Sea Deposits*, by John Murray and Rev. A. F. Renard.—London, 1891, pág. 186.

su distancia a las orillas, porque apreciados los fondos en una gran síntesis, se trata de una preparación mecánica gigantesca de todos los elementos aportados y sobre la que actúa el movimiento del mar, la composición del agua y el tiempo, adaptándose a leyes en cierto modo matemáticas.

M. Thoulet procede de este modo (1): «Separa una muestra en diferentes categorías, por medio de tamices especiales calibrados. Un tamiz núm. 3, por ejemplo, tiene 3 mallas en 27 milímetros de longitud; un tamiz núm. 200, el más fino de todos, tendrá 200 mallas.

»Un fondo es de *roca* cuando el plomo de la sonda no descubre nada.

»Se llaman *cantos rodados* o *piedras* los fragmentos angulosos o redondeados de un peso superior a 3 gramos.

»Las *gravas* son gruesas, medias o finas, según que sean detenidas por los tamices 3, 6 y 10.

»Las *arenas* serán gruesas, medias, finas y muy finas, si son detenidas respectivamente por los tamices 30, 60, 100 y 200.

»Todo lo que pasa por el tamiz 200 recibe el nombre de *limo* y comprende los minerales finísimos.

»Se considera una muestra como arena, mientras no contenga más de 5 por 100 de limo. Si éste aumenta, con tal de que no alcance 25 por 100, se llama *arena limosa*. Entre 25 y 90 por 100 de limo, tendremos un *limo arenoso*; en fin, el *limo* propiamente dicho ha de contener menos de 10 por 100 de granos o más de 90 por 100 de limo.

»Una muestra, cualquiera que sea, se considera débilmente calcárea, calcárea, muy calcárea o extremadamente calcárea, si encierra por lo menos 5 por 100, del 5 al 50

(1) Collet, obra citada, pág. 27.

por 100, de 50 a 75 por 100 y, en fin, más de 75 por 100 de carbonato de cal.»

Entre estas dos clasificaciones se ha hecho alguna intermedia que, a nuestro entender, tiene mayor carácter didáctico, y será la que adoptemos: nos referimos a la del Doctor León-W. Collet, de la Universidad de Ginebra.

Insertamos su clasificación, que es como sigue:

I.—Depósitos litorales.

Cantos rodados, gravas, arenas, lodos.

A.—Zona litoral.

Región subterrestre.

Región litoral.

Región sublitoral.

B.—Zona de laminarias, del nivel de la base del mar, a 27 metros.

C.—Zona de coralinas, de 27 a 92 metros.

D.—Zona de corales de mar profunda, de 92 a 103 metros.

II.—Depósitos terrígenos.

Lodos azules (entre 200 y 2.600 metros, en los mares anchamente abiertos; en los estuarios y los puertos se encuentran ya a 2 metros de profundidad), fragmentos de minerales de 0,5 milímetros de diámetro.

Lodos rojos (del Hoassg-Ho, del Congo y del Amazonas).

Lodos y arenas verdes (entre 200 y 1.800 metros).

Lodos y arenas volcánicas (entre 0 y 5.250 metros).

Lodos y arenas coralígenas (entre 0 y 4.570 metros en las Bermudas; 0 y 1.140 metros en el Pacífico), fragmentos minerales de 1 a 2 milímetros de diámetro.

III.—Depósitos pelágicos o de mar profundo.

Arcilla roja de los abismos, fragmentos minerales de 0,05 milímetros de diámetro.

Limos de globigerinas (de 450 a 4.500 metros), fragmentos minerales de 0,08 milímetros de diámetro.

Limos de pterópodos (hasta 3.000 metros).

Limos de diatomeas (entre 2.300 y 3.600 metros).

Limos de radiolarios (entre 4.300 y 8.200 metros), fragmentos minerales de 0,07 de diámetro.

Al simple examen de la clasificación insertada se deduce: primero, que teniendo los oolitos dimensiones de $\frac{1}{4}$ a 1 milímetro de diámetro, su situación es la correspondiente entre los depósitos litorales y los lodos azules, y segundo, que los lodos azules sirven de término de enlace entre los depósitos litorales y los terrígenos, llegando en los estuarios y puertos a dos metros de profundidad. Ambas ideas concuerdan perfectamente con el bentos contenido en nuestros sedimentos y el tamaño de sus granos, mezclados con cantos rodados y grandes cuerpos extraños frecuentemente.

En una primera comparación, como sedimentos marinos, entre los nuestros y los sedimentos actuales, pueden desde luego desecharse, por su textura y composición, todos

los fondos, exceptuando los lodos azules y lodos y arenas verdes.

Lodos azules.—El color de estos depósitos proviene de la presencia de materias orgánicas y del sulfuro de hierro muy dividido. Su composición química es la dada por los siguientes análisis de Challenger:

	I	II	
Soluble en HCl.	Si O ²	23,52	28,20
	Al ² O ³	7,75	5,50
	Fe ² O ³	7,50	5,61
	Ca CO ³	1,75	2,94
	Mg CO ³	1,14	0,76
	(PO ⁴) ² Ca ³	Indicios.	1,39
	Ca SO ⁴	0,58	0,42
Insoluble.	Pérdida.....	4,92	5,60
	Si O ²	39,84	36,00
	Al ² O ³	7,33	8,05
	Fe ² O ³	3,73	2,77
	Ca O.....	1,63	2,51
	Mg O.....	0,31	0,25
	52,84	49,58	

En cuya composición podemos apreciar que están representadas todas las sustancias de un análisis completo de nuestros minerales, y entre ellas hasta un 11 por 100 de óxido férrico.

La fauna contenida está compuesta por *globigerinidos*, *textularidos*, *numulitidos*, etc., a los cuales se unen *brizoarios*, *braquiópodos*, *lamelibranquios*, *gasterópodos* y restos de *equinodermos*; es decir, que son los comprendidos en los estratos ordovicienses, y todos corresponden al bentos litoral y de agua superficial, según la preciosa distribu-

ción de vida figurada por Sir Murray y que no resistimos a reproducir por las explicaciones que evita:

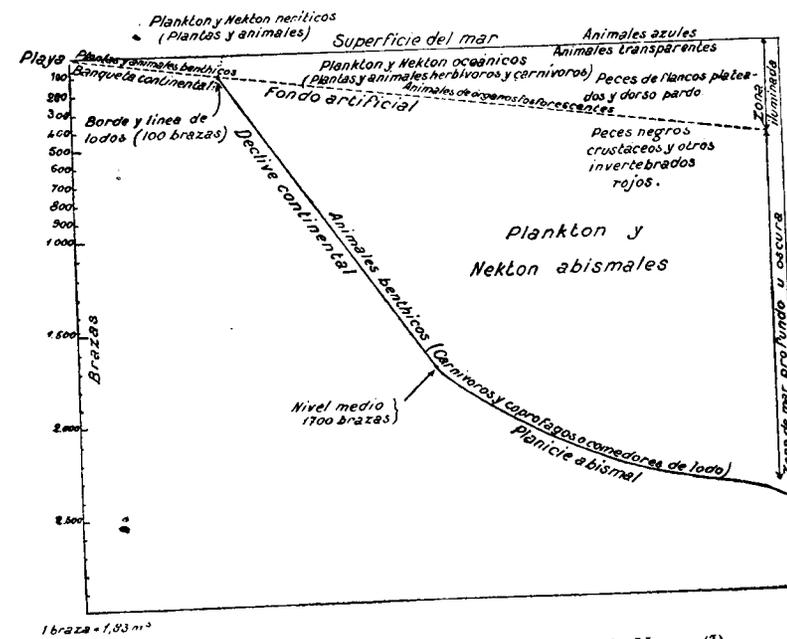
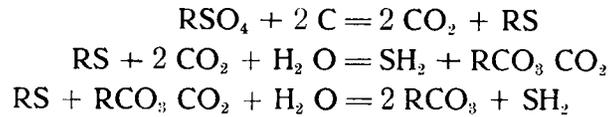


Diagrama de las áreas de fauna y flora oceánicas, según Murray (1).

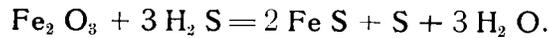
Respecto a las algas contenidas procuramos evitar la clasificación hasta que, para los nuestros, tengamos más adelantados los estudios paleontológicos, limitándonos a señalar, como suficientes para la concordancia, los caracteres comunes de pertenecer en ambos casos a las zonas fótica y nerítica del bentos (véase Cuadro de Distribución de Vida), es decir, viviendo sobre la banqueta continental.

Según M. Collet, las reacciones principales que ocurren en los lodos azules son las siguientes, suponiendo que R es un metal alcalino térreo:

(1) Nekton: Todos los animales pelágicos que son capaces de nadar contra las corrientes.—Plankton: Todos los organismos acuáticos conducidos pasivamente por las corrientes.



Este hidrógeno sulfurado, alcanzando el óxido férrico que se forma en la superficie rojiza de los depósitos de lodos, da lugar a la producción del sulfuro ferroso como sigue:



Una parte del azufre se fija en el lodo como sulfuro, y si no hay bastante hierro en el lodo el hidrógeno sulfurado escapa en el agua, en donde, al encontrar el oxígeno, se oxida, transformándose en ácido sulfúrico y formando sulfato (R SO₄).

Es el sulfuro de hierro, como hemos visto, el que da a los lodos azules su color característico. El azufre así es continuamente extraído del agua del mar y fijado más tarde en los sedimentos que, una vez emergidos, forman las pizarras y margas azules. En estas rocas las piritas (Fe S₂) provienen igualmente de la reducción de los sulfatos por la materia orgánica. El sulfuro ferroso de los lodos azules (triolita?) se transforma en sulfuro férrico merced a una oxidación del sulfuro ferroso en sulfato férrico (SO₄)₂ Fe₂, el cual, en presencia de materia orgánica, se reduce a sulfuro ferroso dejando azufre, que a su vez puede recombinarse para dar sulfuro férrico (Fe S₂).

Lodos y arenas verdes.—Por el tamaño y clase de sus elementos se parecen mucho estos fondos a los azules, y es el contenido en glauconia, tan característica por su color, lo que les distingue. Según M. Collet, se encuentra también mezclada en el lodo una materia amorfa verde y

orgánica, pues se ennegrece por el calor, dejando una ceniza algo parda por el óxido de hierro contenido.

Los lodos y arenas verdes, conocidos en grandes acumulaciones, se suelen encontrar en las costas escarpadas, donde son escasos o nulos los aportes fluviales.

La composición química de las arenas verdes es la siguiente, según dos análisis de Murray y Renard (1):

		I Profundidad: 79 metros.	II Profundidad: 750 metros.		
Soluble en HCl.	Si O ²	8,35		9,28	
	Al ³ O ³	2,30		2,50	
	Fe ² O ³	4,70		12,30	
	Ca CO ³	49,46		46,36	
	Ca SO ⁴	1,07		0,58	
	(PO ⁴) ² Ca ³	Indicios.		0,70	
	Mg CO ³	2,02	67,90	0,57	72,29
Insoluble.	Si O ²	21,35		21,99	
	Al ³ O ³	0,95		1,58	
	Fe ² O ³	0,35		0,42	
	Ca O.....	0,22		0,30	
	Mg O.....	0,13	23,00	0,12	24,41
	Pérdida al fuego.....		9,10		3,30
		100,00		100,00	

La diferencia estriba en la ausencia (azules) o presencia (verdes) de la glauconia, pero el Dr. Collet emplea un argumento bastante convincente para demostrar el paso de uno a otro, y es como sigue: El sulfuro de hierro característico de los lodos azules, en presencia del hidrógeno sulfurado, no puede combinarse para formar un silicato de hierro, o mejor dicho, glauconia. Supongamos ahora que un lodo azul no contiene hidrógeno sulfurado; el sulfuro de

(1) Obra citada, pág. 52.

hierro puede entonces transformarse en sulfato, que, a su vez, podrá combinarse y formar un silicato de hierro, es decir, glauconia, y entonces el lodo azul pasará gradualmente a lodo verde.

Es, pues, la glauconia el elemento característico y más importante de los lodos verdes. Su composición y formación la hemos insertado en el apartado de los silicatos de hierro, pero aquí consideramos conveniente alguna observación acerca de su génesis y evolución.

En una preciosa monografía de este interesante mineral, publicada por los Sres. Collet y Lee (1), se exponían tres modos distintos de presentación de la glauconia: como producto de relleno de las conchas de *foraminíferos*, en granos formando el depósito glauconioso y en forma pigmentaria impregnando la roca, y además en estos casos, según su mayor o menor tendencia a la cristalización, distinguían diversos estados. Del conjunto de datos, nos interesa señalar algunas microfotografías de moldes y granos de glauconia cuyo centro es opaco y algo pardo de silicato de hierro amorfo, mientras que en la periferia se va formando una aureola de glauconia verde, transparente y cristalina, que llega a ser una verdadera corona, análoga a las de concentrismo en la textura oolítica; la significación llega a ser más llamativa al ver el tamaño (hasta un milímetro) y disposición de los granos, que son semejantes a muchos de los cuerpecillos de nuestros yacimientos (2).

Estudios de laboratorio para llegar a la síntesis de la glauconia, no hay más que uno español, de los profesores Sres. Calderón y Chaves: *Contribución a la síntesis de los silicatos ferríferos por vía húmeda* (3). Basándose estos pro-

(1) Collet (Leon W.) et Lee (Gabriel W.): *Sur la Composition chimique de la glauconie*.—C. R. A. S. Paris, 1906.

(2) *Les Dépôts Marins*.—Collet, figs. 16 a 20.

(3) *Anales de la S. E. de H. N.*—Madrid, 1895.

fesores sobre un análisis de Pisani que suponía la glauconia como silicato ferroso, llegaron a obtener un silicato ferroso potásico, haciendo reaccionar el sulfato ferroso potásico sobre silicato de potasa en presencia de un reductor; desgraciadamente esta bonita síntesis no parece aplicable a la realidad, por haberse demostrado que la glauconia es un silicato férrico potásico; de cualquier manera, el intento es muy importante y estimable, pues podría marcar uno de los tránsitos de la transformación.

Por fin, los Sres. Collet y Lee llegaron a distinguir tres fases distintas en la formación de la glauconia, modificando ligeramente la hipótesis de Murray.

El primer estado en la formación de la glauconia está representado por moldes grises compuestos exclusivamente de arcilla, es decir, de silicato de alúmina.

En el segundo estado los diversos tonos de los moldes pardos representan diferentes grados en el reemplazamiento de la alúmina de la arcilla por el peróxido de hierro, como lo demuestran los análisis. Además, es muy de notar que esos moldes no contienen trazas de potasa.

Por lo tanto, el segundo estado se encuentra representado por un silicato férrico, resultado del reemplazamiento de la alúmina por óxido férrico; los moldes claros contienen aún alúmina, los pardos muy escasa; y por fin, el tercer estado es el de la glauconización o introducción de la potasa en los moldes pardos.

La constante ausencia de la glauconia en los lagos, a pesar de existir en abundancia los elementos capaces de formarla, se explica por M. Collet porque el hierro, en esas condiciones, se pone en disolución en el agua gracias a la presencia de los ácidos orgánicos, y ya sabemos la facilidad con que de esas disoluciones se precipita el hidróxido, impidiendo la reacción de la sílice.

Formación y evolución.

Por el estudio que venimos haciendo, se precisan los principales capítulos de la historia de los minerales oolíticos, páginas hoy borrosas y esfumadas que, en fases muy dilatadas, fueron en su origen brillantemente escritas por las fuerzas marinas y biológicas del siluriano.

La reconstrucción a que llegamos comprende cinco apartados, que glosaremos refiriéndonos a los datos ya expuestos:

PRIMERA FASE: Aguas agitadas.—Cantos y restos fosilíferos.—Disposición fluidal.—Depósito de la masa original.—Formación de los oolitos.—Desarrollo de las *girvanellas*.

SEGUNDA FASE: Aporte ferruginoso.—Emergencia parcial.

TERCERA FASE: Aguas tranquilas.—Formaciones oolítico-cloritosas (bavalíticas).—Metasomatismo.

CUARTA FASE: Levantamiento.—Circulación de las disoluciones por los poros.—Cristalización del cemento. Desarrollo de la magnetita.—Presiones.

QUINTA FASE: Silicificación.—Hidroxidación.

La agitación de las aguas que recibieron los primeros sedimentos queda demostrada por los cantos rodados, los restos orgánicos redondeados y, en general, por la calibración, consecuencia de la verdadera preparación mecánica que afectó a todos los oolitos y núcleos; la sedimentación tiene aspecto tranquilo, sólo perturbado, en apariencia, por alguna disposición fluidal que confirma el movimiento de las aguas.

La representación más antigua del depósito tiene que ser la masa carbonatada amorfa, pues más antiguo que el cemento es el oolito, y de éste es el núcleo la parte más vieja, formada por la masa corpuscular (1). Esta masa amorfa de los oolitos, con aspecto kaolinizado y confuso, se resuelve, en todos los grados de tránsito, en clorita, siderosa y cuarzo, según los casos. Para poder hacer conjeturas sobre la composición del depósito originario, hay que atender al resultado medio de los análisis, donde dominan el hierro, la sílice y pequeñas cantidades, repartidas de un modo uniforme, de cal, fósforo y alúmina.

Como dificultad primordial, se impone el hecho de no encontrarse en formación marina sedimentos ferríferos normales (2), y esto hace suponer que las condiciones de nuestra época son distintas a las pasadas, o que nunca los depósitos originales han tenido suficiente cantidad de hierro para constituir yacimientos de este metal, sino que su aporte ha sido posterior.

Precisamente de esta dificultad se derivan las tres escuelas sobre la génesis de los criaderos oolítico-ferruginosos: hipótesis caliza con metasomatismo posterior, hipótesis de origen silicatado, y supuesto ferruginoso desde un principio. De estas tres teorías debemos desechar, en nuestro caso, la acumulación de precipitados de hidróxido férrico, que en Norteamérica parece estar en boga para los minerales de Clinton, pues vemos que el mineral en el interior de los criaderos tiende, en todos los casos, a la forma cloritosa-carbonatada. De las dos hipótesis que quedan: origen calizo o silicatado ferruginoso, parece la primera en predominio, y es por la que se decide Cayeux en los minerales homólogos de Normandía.

(1) Véanse págs. 281-283 y 289-290.

(2) Véase pág. 391.

La presencia de restos orgánicos es un argumento a favor de la hipótesis caliza, pues en esta substancia se amparan los seres marinos representados, como *crinoides*, *braquiópodos*, *algas*, etc., y es innegable que en ocasiones su abundancia en los sedimentos ferríferos evidencia una *lumauela* original. Sin embargo, en nuestros yacimientos, donde los restos orgánicos son más bien escasos, se pueden hacer objeciones muy serias, alguna de las cuales apunta De Launay, no obstante lo cual parece que termina por cobijarse bajo el banderín del metasomatismo. Es una de ellas la ausencia de caliza en el yacimiento, es decir, su total reemplazamiento, pues la pequeña cantidad normal que se encuentra en los análisis, lo mismo puede significar que el banco calizo metasomatizado ocupaba toda la masa del criadero y por término medio ha dejado los mismos vestigios, o que no hay tal reemplazamiento y la proporción de caliza es la naturalmente contenida en los sedimentos marinos que sirvieron de origen, lo cual concuerda con frecuencia con el análisis de los lodos azules por ejemplo.

Apoyan igualmente la teoría calcárea, la mayor facilidad de formación de la siderosa, que en alguno de los yacimientos juega papel importante, y la formación actual de oolitos de carbonato de cal en las costas escarpadas y junto a algunos *atolls* (1). En cambio la proporción de sílice tampoco queda bien aclarada en la hipótesis de reemplazamiento, pues aun cuando la ley del metasomatismo cumplido hasta el día sea la eliminación de cal a expensas del hierro y de la sílice, encontramos el fenómeno demasiado general, y la sílice más antigua y más representada ocupando la singular posición del núcleo en los oolitos, poco acomodaticia con un reemplazamiento cumplido sobre los oolitos.

(1) Véase formación de oolitos, pág. 368.

Admitiendo, por otra parte, que el fondo marino original haya sido semejante a los lodos azules o verdes (1), encontraremos desde luego explicación del fósforo, sílice y cal.

En estos fondos terrígenos encaja perfectamente nuestra fauna de *braquiópodos*, *briozoarios*, *crinoides*, etc., y hasta las algas fitobénticas, como las *girvanellas*. Además hemos visto cómo en esta clase de depósitos, faltando el hidrógeno sulfurado, son aptos para la formación de nódulos glauconiosos, y aunque es cierto que ni en nuestros depósitos ni en los normandos hemos visto la glauconia, hay que tener en cuenta la facilidad de alteración de este silicato, lo que quizás explica su ausencia del paleozoico de Galicia y Bretaña. Al tratar de los aportes ferruginosos, en el apartado siguiente, volveremos sobre este punto, limitándonos ahora a señalar analogías de tamaño y presentación de los granos de glauconia con los oolitos, y algunas figuras de cuerpos extraños con moldes glauconitizados (2).

Los oolitos casi calibrados y de forma siempre redonda, a veces algo oval o aplastada, suelen tener líneas de concentricismo que también afectan a los cantos y cuerpos extraños, pero estas líneas aparecen constantemente como formadas por los procesos químicos de alteración a que se encuentran sometidos, y así, exceptuando las fibras de las leptocloritas, toda la diferenciación estriba siempre en el tránsito de los minerales por transformación, pero ni en un solo caso hemos podido apreciar banditas concrecionadas como las acumuladas en incrustaciones de depósito químico por movimientos rítmicos y vibratorios de las aguas de la disolución (3).

Cuando se aprecia la textura de los oolitos al microscopio

(1) Páginas 391 y 394.

(2) Véanse fotografías oolíticas y figs. 16 a 20 del Collet.

(3) Véase pág. 371.

pio, se modifican mucho las ideas respecto a su formación por rodamiento e incrementación; por mi parte, tengo el convencimiento de que la inmensa mayoría de las divisiones concéntricas de los oolitos se deben al desarrollo *in situ* de la textura sobre los granos redondeados del depósito original. En las monografías de los minerales típicamente oolíticos podremos insistir con más detalle.

La invasión de las algas del benthos, de las cuales son las *girvanellas* las más abundantes y caracterizadas, pertenece al final de esta fase, pues tales algas se ven fuera de los oolitos y a veces penetran, pero la mayoría de las veces se agrupan en verdaderos campos de substancia monorrefringente. Estos fósiles sólo los encontramos en el primer sinclinal siluriano, y al llegar a él, en el tomo segundo, será cuando les concedamos la atención que merecen. Por lo demás, confesamos no encontrar muy claras las relaciones entre los oolitos y las *girvanellas*, no habiendo podido comprobar casos de destrucción de textura como afirma Cayeux, ni menos contribución a su formación según la ingeniosa hipótesis de E. B. Wethered. Estos organismos se encuentran hoy en muchas formaciones oolíticas del jurásico y de los terrenos primarios; incluídos en minerales de hierro se pueden citar en Bretaña, Terranova, China y en los nuestros, enumeración que basta para mostrar la atención que merecen.

La mineralización más frecuente en que los hemos visto, ha sido la materia carbonatada confusa, unas veces con reflejos carbonatados o cloritosos, y otras subrayados sus contornos por una película de hidróxido; parece, pues, deducirse, también de este modo, que su presencia data de esta primera fase, puesto que sus paredes están afectadas por la alteración de la masa general.

Respecto al papel que puedan desempeñar, tenemos

que fijarnos en los depósitos marinos actuales, donde en el conjunto del plankton y benthos se encuentran organismos similares, como los *stromatóporos* o los *rizópodos*, entre los cuales Brady (1884) supuso incluídas a las *girvanellas*, por su gran semejanza con el *Hyperamina vaganx*, que vive en la superficie de las conchas y en su ausencia se repliegan sobre sí mismos; Sir John Murray los supone de otro género de *rizópodos*, dragados también por el challenger. En figura y presentación son muy parecidos a las bacterias precipitantes del hierro (1), y aunque este grupo de *filosas* no se ha testimoniado hasta el día en el agua del mar, es en cambio muy abundante el número de bacterias y bacilos inferiores dentro de la fauna del plankton y que, positivamente, podrían tener un oficio análogo; como ejemplo se puede citar la *Bacterium calcis*, que fija el carbonato de cal en los depósitos de las Bahamas y proximidades de los Cayos, en la Florida (2).

En último caso, no se puede negar que *bacterias filosas*, precipitantes de hierro, han podido ser arrastradas y aportadas al mar por las corrientes fluviales, entre los depósitos coposos de hidróxido férrico depositados en próximas aguas continentales, enriqueciéndose con estos organismos precipitantes el plankton costero.

En la situación presente de conocimientos, no veo autorización para afirmar que estas algas (*girvanellas*) sean propias de los depósitos terrígenos modernos y contemporáneas con el benthos actual. Y como, por otra parte, aparecen en los criaderos ferruginosos del siluriano, hay que deducir que su invasión corresponde con la presencia de aguas poco cargadas de hierro, quedando posteriormente aprisionadas en los sedimentos ferruginosos; en una palabra, son ante-

(1) Véase Formación Continental: Bacterias filosas.

(2) Formación Continental: Precipitación por bacterias.

riores al aporte del metal, y su papel, aunque desconocido con precisión, debió ser al menos reductor, lo que coincide con la forma ferrosa de los silicatos y carbonatos. Otra deducción es que las *girvanellas* atestiguan una fase de aguas agitadas, cuando es tan constante su relación con las formaciones oolíticas.

Segunda fase: Aguas agitadas.—Aporte ferruginoso. Emergencia parcial.—El hecho que acantona decididamente el aporte ferruginoso como singenético con la formación ordoviense, es la universalidad de presentación de los yacimientos de hierro en los estratos de esta época. Y este fenómeno general no puede ser explicado lógicamente más que por causas también generales, y así se impone durante esos tiempos una acción análoga a la siderolítica del final del cretáceo y principios del eoceno, que tantas manifestaciones ferruginosas y de alteración continental ha dejado en los terrenos europeos.

Para explicar la invasión de elementos ricos en hierro, se han seguido tres hipótesis principales: enriquecimiento por disoluciones o arrastre de precipitados; acción metasomática, y origen filoniano. El fundamento para suponer el aporte por medio de disoluciones, lo encontramos en la proporción de óxido férrico que, según Murray y Renard, llevan las aguas de los ríos y que parece elevarse a 3 miligramos por metro cúbico y hasta 0,06 de milímetro por litro de agua del mar, según Clarke; aumentadas estas cifras, en una época determinada, dan idea perfecta de cómo pudo verificarse el aporte. El fundamento para no rechazar la teoría del arrastre de precipitados coposos hasta el mar, lo encontramos en las acumulaciones más ricas en metal que se forman en la actualidad en algunos fondos marinos, por ejemplo: en la costa de Huelva, en la oriental del Brasil y

en el Mar Amarillo, por exceso de material ocráceo; y como muestra más general de este hecho, podemos citar los lodos rojos de los depósitos terrígenos oceánicos que se ofrecen en los bordes de los continentes como relevo de los azules, más extendidos, pero muy inferiores en cantidad de óxido férrico contenido. Si la precipitación en ambos casos fué lograda por vía química o por bacterias, y si se trata de su formación en el río con arrastre posterior o al mezclarse las aguas fluviales y marinas, o de un modo exclusivo en estas últimas, es indiferente para nuestro caso, que no vamos persiguiendo sino la explicación del aporte. Por lo demás, se pueden hacer serias objeciones, así: el recorrido en forma de disolución ferrosa ya sabemos las dificultades que tiene para su realización por su predisposición al precipitado, y a su vez el transporte de las masas coposas tropezaría con las dificultades inherentes al arrastre de un material que con tanta sencillez se adheriría a las paredes del cauce.

La teoría del metasomatismo de los depósitos calizos originales, es quizás la más seguida en general y desde luego evidente en muchos casos, como en parte de los yacimientos de Clinton y en el Suevo (Asturias), pero entendemos que la misma universalidad de presentación de estos criaderos ferruginosos es una seria objeción a la aplicación demasiado general de esta teoría, pues como el metasomatismo se ha de ejercer en largo tiempo y muchas veces posteriormente a la consolidación de sedimentos, habría que admitir una predisposición a cumplirse el reemplazamiento en las calizas ordovienses, lo cual es mucho más difícil de aceptar que la acción continental productora de las abundantes sales ferruginosas. Por otra parte, en nuestro caso no parece probable la acción metasomática como principal por la escasez de vestigios que quedan, y en la misma igualdad de cal en los análisis creemos ver un argumento en contra.

Por fin, la teoría filoniana que atribuye el incremento del hierro a inyecciones realizadas en los estratos por medio de *fallas nutridoras*, es en absoluto rechazable en nuestro caso, pues jamás se nota falla ni accidente que pueda justificarla.

De cualquier modo, se comprende que en la formación de cada yacimiento intervienen distintos agentes, y en consecuencia y de un modo parcial pueden ser aplicables diferentes teorías; así, por ejemplo, los yacimientos de Wahama (Terranova), son interesantísimos en cuanto a los enlaces de distintos términos, pues siendo semejantes a los oolíticos de Clinton, encierran silicatos verdes y algas tubícolas en disposición análoga a los europeos, y por su proporción de fosfato de cal, en algunos sitios, recuerda, a nuestro entender, los cordones litorales de los fosfatos terrígenos, dato que concuerda con una observación que hemos podido hacer en Gafsa (al S. de Túnez) examinando los clásicos yacimientos de fosfato de cal; en Metlaoni, entre las capas piritosas y carbonosas del Danés, pudimos apreciar una capa de fosfato rojo que, paulatinamente, llegaba a convertirse en un mineral de hierro fosilífero y muy fosforoso.

En nuestro caso, ya hemos dicho que es muy frecuente la abundancia de piritas en los macizos pizarrosos que contienen los yacimientos, y esta circunstancia puede ayudar a explicar lo intenso de la acción continental que favorecía los aportes ferruginosos.

Suponemos que las corrientes costeras acumularían, en los lodos azules y verdes, los granos, cantos rodados y escasos oolitos, según bandas alargadas y menos profundas que por su fauna contenida se deduce, puesto que con frecuencia, y en poca distancia, se pasa lateralmente a veces hasta las pudingas (Meira). Simultáneamente con estas modificaciones de sedimentos, tendrían lugar los aportes ferruginosos, en forma de aguas o precipitado ya formado, mez-

clados a los arrastres ocráceos continentales, y entre los que muy probablemente irían abundantes detritus piritosos, siendo de suponer que el hierro en esta segunda fase se encontraría muy unido al azufre o en forma carbonatada. En el depósito así formado entra mucha de la sílice que ha de figurar después y que en parte, por efecto de las reacciones, quedaría en estado coloide o como silicato alcalino, produciendo al solidificarse cierto paralelismo con el depósito de hidróxido férrico.

Que la venida del metal se efectuó antes de la emergencia de los sedimentos, es indudable, pues de los lodos más antiguos, o sea la masa corpuscular, vemos derivarse todas las formas secundarias de alteración ferruginosa, y en cambio no pudo tener lugar la invasión antes de la acumulación de los granos y cuerpos rodados, porque, de otro modo, no habría podido vivir la fauna contenida.

Que es de larga duración la fase de aguas agitadas, queda probado por la presencia de cantos rodados encerrando varios oolitos de evolución mucho más avanzada que los del resto de la masa; hay algunos casos en que los oolitos están casi completamente hidroxidados, y para la explicación lógica hay que admitir una emergencia y consolidación parcial con los mismos movimientos de aguas costeras que agitasen los trozos arrancados.

Tercera fase: Aguas tranquilas.—Formaciones oolítico-cloritosas (bavalíticas).—Metasomatismo.— En esta tercera fase, dentro de nuestro supuesto, nos encontramos con un fondo que contendría los elementos suficientes para la constitución total del yacimiento posterior. El depósito de esta fase sería un lodo terrígeno muy enriquecido en hierro, particularmente en forma piritosa y con las partes calizas propias de estos fondos marinos. Este medio confuso que

rodearía los granos acumulados anteriormente, sería reductor, contribuyendo a ello, además de la materia orgánica, el anhídrido carbónico libertado en el metasomatismo que se efectuaba sobre la parte calcárea.

Son, pues, la sílice, la cal y las sales de hierro las tres clases de sustancias que se debaten el predominio del medio, y de ellas la caliza, como la de ácido más débil, la primera desalojada a expensas del carbonato ferroso y la sílice, según la ley general del metasomatismo.

En cuanto a los silicatos alcalinos y las sales ferrosas, particularmente el sulfato, reaccionan entre sí para producir silicatos ferrosos de un modo análogo a las síntesis intentadas para la greenalita y la glauconia (1). Al citar este silicato comprendemos que una objeción inmediata, y no sin alguna fuerza, es la falta de potasa, pero han de considerarse como argumentos en contra: primero, la facilidad con que se altera este silicato emigrando el álcali, explicación probable de la ausencia en los sedimentos antiguos, y segundo, que según Collet (2), antes de llegar a la formación de la glauconia hay algunos estados intermedios de la materia silicatada confusa, pero estable, en los que la potasa no está representada. Por otra parte, a nuestra suposición se acomoda la generalidad de presentación de los silicatos verdes en forma de leptocloritas arrolladas en los oolitos, mientras que en el cemento y filoncillos, porciones desde luego más jóvenes, sólo aparecen representadas las cloritas escamosas, es decir, que la división en zonas concéntricas y más tarde en fibras, es signo de antigüedad, confirmándose la evolución a que se someten los silicatos de la serie cloritosa, y en la cual quizás las formas bavalíticas equivalen a los términos estables. Así vemos cómo,

(1) Páginas 395 y 596.

(2) Página 396.

en último caso, la glauconia es una clorita con más sílice y menos hierro que las antiguas leptocloritas, y que se distingue principalmente por el papel muy subordinado de la alúmina y la cantidad de potasa. Sin decidarnos a especificar más por ahora respecto a la clase de silicato y mecanismo de cumplirse el fenómeno, lo suponemos como general, y semejante al que tuvo lugar en los mares cretáceos y se cumple aún en los actuales con la formación de la glauconia.

Sin embargo, parte del depósito, singularmente los primeros granos acumulados, han tenido que ser carbonatados en esta fase, pero su carbonato aun estaría en la forma corpuscular y amorfa que en las preparaciones hemos señalado.

Esta fase de formación de silicatos verdes y metasomatismo tuvo que ser de bastante duración, a juzgar por el desarrollo alcanzado en presentación dentro de todos los criaderos, y durante ella es de suponer empezaría la evolución de los núcleos de bavalita y carbonato confuso de los granos.

La primer manifestación en la evolución que, desde este momento, comienza en la masa de los oolitos, es la modificación y desaparición del estado confuso con tendencia a la cristalización, a medida que, en medio de la descomposición, se reúnen los elementos afines y ya más purificados.

La bavalita, como final de su alteración, parece presentar: siderosa, cuarzo cristalino, y magnetita si interviene el metamorfismo; mientras que en el caso del carbonato confuso se ofrecen de preferencia la siderosa cristalizada y el cuarzo, que en ambos casos es secundario y contiene corpúsculos de las otras sustancias.

El profesor M. Cayeux, al exponer esta situación, supone que la clorita es un estado intermedio entre la siderosa y la hematites sobre las que se realiza un principio de

silicificación, quizás favorecido, al iniciarse, por las presiones marinas del depósito. La tesis de M. Cayeux está fundada, sobre todo, en el hecho de que en los oolitos el núcleo se mineraliza a veces en siderosa, la cual se encuentra también en la clorita cortical y con aspecto de estar en alteración. En apoyo de esto, cuando la alteración ha sido completa, se ofrece la clorita sin el carbonato, pero cuando coexisten las dos, la clorita parece intercalada entre la hematites y la siderosa. Esta teoría tiene, pues, un punto de disconformidad con nuestro supuesto al iniciarse la evolución, y es concretamente el que se refiere a la primer silicificación; Cayeux supone una primera introducción de sílice que produzca la clorita y dé lugar al núcleo, mientras que yo estimo que la mayor cantidad del cuarzo cristalino nuclear proviene de la segregación de sílice producida en la alteración de la bavalita y *purificación* de la masa confusa carbonatada, y aun es posible que ambas series de reacciones hipotéticas, sin figuración conocida, sean reversibles; pero de cualquier manera no son inmediatas, pues en realidad, y aun admitiendo a la clorita como mineral secundario, no es la siderosa ninguno de sus abundantes mantenciales (granates, anfíboles, micas, etc.), y de un modo recíproco, la clorita en su alteración no produce siderosa, aunque sí óxido de hierro que, en condiciones de reducción, podría dar lugar al carbonato. Esta discusión, continuada, nos llevaría fuera de nuestros límites y encaja, por otra parte, en el estudio detallado del primer sinclinal.

Cuarta fase: Levantamiento.—*Circulación de disoluciones por los poros.*—*Cristalización del cemento.*—*Desarrollo de la magnetita.*—*Presiones.*—El final de las formaciones bavalíticas está producido por una emergencia, pues no de otro modo se puede explicar la consolidación y cris-

talizaciones contenidas en el cemento. El levantamiento se verificaría en el herciniano, y la roca al principio sería muy porosa; como consecuencia de su textura oolítica, permitiría el paso de las disoluciones por los espacios interoolíticos, produciendo lentamente su obliteración y dejando marcada su actuación en el zoneado en costras que forma el contorno de bandas paralelas en las placas triangulares del cemento (1). En algunos sitios los conductos de disolución y las figuras de corrosión por ellas producidas quedan muy bien representadas, pero el fenómeno no es general y la mayoría del cemento se consolida en forma confusa; posteriormente es cuando se efectúa la cristalización parcial de este carbonato, formando grandes placas de pequeños romboedros en el cemento.

El desarrollo de la magnetita es de suponer empiece a producirse en esta fase, pues las repetidas presentaciones de las menas magnéticas, en contacto con los batolitos eruptivos, y pizarras con cristales de metamorfismo (silicatos de alúmina), no dejan lugar a duda respecto a su origen metamórfico. La suponemos derivada en casi su totalidad de las bavalitas y leptocloritas, pues así se deduce de la unión íntima entre el óxido y la clorita (2). Del carbonato nuboso hay también alguna derivación (3), pero es muy escasa la magnetita así producida. El calor preciso para esta transformación sería producido por dinamometamorfismo, en el enérgico plegamiento o por la intrusión de los batolitos eruptivos (4). Consecuencia apreciable del esfuerzo de plegamiento es la deformación de los fósiles y el aplastamiento de los oolitos, el cual es curioso comprobar tiene la misma dirección que la disposición fluidal, o sea que la presión

(1) Páginas 303 y siguientes.

(2) Página 283.

(3) Páginas 297 y 298.

(4) Página 272.

enérgica se ejerció normalmente a la capa o sedimento consolidado. Como señal de fuerzas laterales, tenemos (1) los ligeros desplazamientos de las secciones de los cristales de magnetita.

El tiempo que duró esta fase de consolidación total es imposible de aventurar, pero debió ocurrir en transcurso muy prolongado, y en zona resguardada por considerable espesor de estratos, puesto que la colmatación de los conductos y las figuras de disolución están en carbonato, demostrando un medio reductor que ya no podía proceder sino de su profundidad. Ahora bien, como la emergencia ha durado hasta la época actual, cortada por el gigantesco trastorno pirenaico, que es el que produciría la posición relativa de las masas pétreas y la topografía que hoy vemos, es a este movimiento orogénico al que debemos referir la iniciación de los internos fenómenos modernos de silicificación, pero conservando para la fase cuarta que estudiamos los análogos de metamorfismo; es decir, que suponemos, bien diferenciadas, dos épocas distintas en las cuales la sílice ha impreso su brillante contribución: una antigua, que desarrolla los silicatos metamórficos del grupo calizo y de las pizarras, representados de preferencia en los yacimientos próximos a las masas eruptivas, y es en ella en la que hay que suponer la primer silicificación interior de los oolitos, y otra, la última, en la cual el cuarzo produce los fenómenos más ostensibles, como filoncillos cruzantes de cuarzo o cloritas modernas y minerales análogos. Para lograr establecer una separación tendríamos que proceder siempre por conjeturas y discusiones (que no serían de lugar apropiado), y la separación que se consiguiese sería absolutamente imprecisa, por lo que preferimos reunir todos los silicatos en la fase que consideramos cumpliéndose hasta

(1) Páginas 298 y 299.

hoy, pues en realidad durante ella han tenido que tener prolongación todas las formas silicatadas, sea cualquiera el tiempo de su origen.

Quinta fase: Destrucción de textura.—Silicificación. Hidroxidación.—Hasta llegar a estas últimas fases hemos considerado como oolíticos todos los depósitos de origen marino, pero desde el momento en que los agentes metamórficos o meteóricos intervienen de un modo decidido en los estratos, principia una deformación de la textura que es proporcionada a la intensidad del ataque sufrido y la cual puede llegar a la esfumación total de las formas concéntricas, y así ocurre que, arrancando de un mismo tronco, que son los depósitos oolíticos, se inician y prolongan las diferenciaciones hasta llegar a tipos como los magnéticos de Vivero, colmados de silicatos ferromagnesianos, o los hidroxidados de Meira, en los que no intervienen más que el óxido férrico y la sílice; en ambos casos, como en otros muchos, y gracias a investigaciones pacienzudas, he podido encontrar las formas ancestrales oolíticas, identificando su origen.

Presentaremos, pues, los dos caminos de cumplirse la transformación, acompañando paralelamente algunas notas que subrayen los rasgos de la evolución, pero procurando sean los menos posibles, pues afectando a yacimientos distintos, no podrían de otro modo tener carácter de generalidad.

El estudio de las evoluciones detalladas de cada criadero irá unido al final de cada monografía.

Al efectuarse los últimos trastornos dinámicos, los yacimientos pueden quedar en una zona de reducción que más adelante va modificando su situación, o desde luego formar parte de la zona de fractura superior al nivel hidrostático.

En los estratos unidos a las rocas eruptivas o cubiertos por macizos que los sometan a condiciones de presión y reducción, se verifica el desarrollo de cristales de metamorfismo, mientras que es en las rocas fracturadas y superficiales donde toman su asiento las reacciones de meteorismo. De cualquier modo, no se puede trazar línea divisoria, y así encontramos demostraciones metamórficas debidas al plegamiento en capas clásicamente cloritoso-carbonatado-oolíticas, del mismo modo que parte de los yacimientos magnéticos se hidroxida y silicifica por completo.

Serie metamórfica.—La propiedad más característica de los yacimientos muy metamorfizados (Vivero, Porcia, Freijo), es la presentación cristalina de sus elementos.

Cuando la circulación de las disoluciones no ha destruído la textura oolítica, se observa un gran desarrollo de magnetita en los oolitos cloritosos, los cuales, a medida que se trata de yacimiento más metamorfizado, van ofuscando sus líneas y contornos clásicos, hasta quedar convertidos en una mezcla de cristales de magnetita, granos de cuarzo y restos de clorita con manchas y grumos de óxido.

En el estado oolítico algo metamorfizado, se distinguen por lo menos dos maneras de silicificación: una la nuclear y otra la originada por las aguas meteóricas en los filoncillos más modernos. Es no sólo verosímil, sino probable, que los cuarzos centrales se incrementen posteriormente por la lenta circulación de las aguas hidrostáticas, puesto que entran en su misión las funciones paralelas de descarbonatación y silicificación que los pueden producir, pero es significativo que el proceso de la conversión en cuarzo esté siempre más avanzado en los núcleos de los clásicos oolitos cloritosos. Por otra parte, es indudable que la clorita, en su alteración, deja sílice en libertad y que no se encuentran ni oolitos enteros, ni espacios entre ellos completamente

silicificados, y por tanto se puede suponer, en orden inverso, que la transformación en cuarzo se inició por alteración de la clorita de los oolitos, y fué sostenida y aumentada por aguas meteóricas *sobre el carbonato central*, teniendo por límite el espacio ocupado por ese antiguo núcleo carbonatado; existiendo escasa clorita en el cemento de estos minerales, el momento de empezar en él su silicificación no se presenta hasta la entrada, lenta, de las aguas hidrostáticas, y por eso aparece en retraso respecto a la transformación análoga en los oolitos.

Posteriormente, la circulación de las aguas por los poros de la roca produjeron intensas acciones secundarias que llevan aparejadas la destrucción de los oolitos y su mayor avance en la evolución respecto del cemento. El carbonato de los centros no suele empezar su silicificación hasta que se va purificando de corpúsculos extraños, lo que se nota por su tono más claro, apareciendo las líneas cristalinas; esto induce a suponer que parte del cuarzo, en ese caso, sea formado por concentración de afinidad de los corpúsculos síliceos. La circulación en el cemento produce placas cristalinas de carbonato y creación y alteración de silicatos complejos. Si los estratos ferruginosos han sido de origen calizo, en estas reacciones de disolución es cuando más avanza el metasomatismo con remoción y aumento de la cantidad de hierro, así como de sílice y alúmina por eliminación progresiva de la cal (El Sueve, Asturias).

En los grados avanzados de metamorfismo, como Vivero, no queda más que una trama de leptocloritas y productos kelifíticos de la alteración del granate, en la que encajan los granates y los cristales de magnetita que todo lo salpican; frecuentemente se encuentran zonas cuarzosas con grandes fibras de silimanita que pasan paulatinamente a otras menos transparentes, que atribuimos a agrupacio-

nes del grupo epidótico, zoisitas en particular, porque se alteran en agregados de fibras pequeñas sedosas, de sassurita, formada por la materia zoisítica, y a la que se mezclan kaolín, talco y calcita. En resumen, en el cuadro final se encuentran cristales de magnetita con epidoto, anfíbol, clorita, granate y algunos cristales que parecen de albita, o sea un conjunto que parece acusar un diagnóstico de silicatos de metamorfismo derivados de calizas (1).

Acción meteórica.—Cuando el criadero, con los estratos que le acompañan, se dispone en la posición que actualmente tiene, empieza a quedar sometido al régimen meteórico de un nivel hidrostático que desciende con los ríos; es inútil insistir sobre las condiciones favorables a la hidroxidación.

Del mismo modo es reacción característica de meteorismo, la descarbonatación y silicificación.

La hidroxidación que proveniente de la circulación de aguas activas por los capilares, se muestra claramente por la alteración de fuera a dentro de los oolitos, y la invasión de óxido por las líneas de las placas de carbonato.

La descarbonatación y silicificación se efectúa donde hay siderosa, y de preferencia en los núcleos, influyendo quizás en ello la sílice libertada en la simultánea transformación de la clorita en hidróxido; la demostración del cuarzo secundario, y más moderno que los demás minerales, está en las inclusiones de diferentes clases (2).

En esta situación (que es ya la correspondiente a la topografía actual) ha soportado el criadero movimientos de intensidad suficiente para producir grietas y fallas de más de un metro de potencia; es posible que sean reflejos de los movimientos terciarios. En las preparaciones han quedado

(1) Véanse las fotomicrografías de Vivero, págs. 330 y siguientes.

(2) Página 287.

grabados por filoncillos de cuarzo, clorita y carbonato espático, que quizás determinan la ordenación, por edades, de esos minerales.

Cuando el meteorismo consigue completar su acción, se muestra el yacimiento hidroxidado por completo y con el cuarzo en granos cristalinos que, en su mayor parte, proviene de la solidificación de la sílice coloide; si el predominio de la sílice es grande, se llega, como en alguno de los yacimientos del segundo sinclinal, a la constitución de una verdadera arenisca ferruginosa, pero en ninguno de los casos faltan las inclusiones de los cuarzos ni los minerales ferromagnesianos, sean micas, talco, clorita o anfíbol.

Vemos, pues, que en realidad la acción metamórfica, ejercida con más o menos intensidad, tiene cierta prelación sobre la meteórica, pero difieren en el modo de cumplirse: el metamorfismo obra en el interior de la masa y con cierta uniformidad como resultante del metamorfismo regional, mientras que el meteorismo necesita comunicación con el exterior, realizándose por medio de grietas y fisuras que quedan demostradas por los filones. En cualquiera de estas fases finales hay enriquecimiento de hierro, bien sea por metasomatismo o por remoción e incremento del hierro, en forma análoga a una laterización (1); la sílice aumenta en proporción al mismo tiempo.

El resultado último es siempre el mismo: la destrucción de la textura original, y así llegamos a finales tan diferentes como yacimientos en que dominan los restos calizos transformados (Sueve), conjunto cristalino de silicatos de metamorfismo (Vivero) y masas hidroxidado-silicificadas (Sierra de Meira).

(1) *Condiciones geológicas de los yacimientos catalanes de hauxita.*—Boletín del Instituto Geológico de España, tomo XLI.—Madrid, 1920.

X

ACCIÓN CONTINENTAL
(EPIPOLHÍDRICA)

**Leyes de la precipitación ferruginosa
en las aguas superficiales.**

Todas las aguas superficiales que provienen de la distribución de las meteóricas, contienen más o menos cantidad de hierro; según los datos de Sir Murray, los ríos encierran por término medio tres miligramos de óxido férrico por litro, cifra que, según Mr. Clarke en su *Tratado de Química Geológica*, se eleva hasta 19,6 miligramos de hierro por litro en algunos manantiales, a los que atribuye papel fundamental en la génesis de los hierros de pantanos.

La presencia del hierro en las aguas se manifiesta también por la irisación que en la superficie suele tomar el hidróxido precipitado del carbonato, en forma de una delgada cutícula superficial; de un modo más general y ostensible por los precipitados flecosos de hidróxido que se encuentran en los arroyos o conductos de agua, y también con frecuencia en la película, sencilla o dispuesta en costras, que termina por tapizar los objetos que tocan las aguas ferruginosas.

Disolución.—Las aguas meteóricas disuelven los ácidos contenidos en el suelo y en la tierra vegetal y, valiéndose de ellos, atacan los compuestos de hierro procedentes de la descomposición de las rocas. El ácido principal contenido en las aguas es, con gran diferencia respecto a cantidad, el carbónico ($\text{CO}^2 \text{H}^2$) y varios orgánicos, entre los que se han comprobado los butírico, propiónico, fórmico, láctico, acético, cítrico, tartárico, valeriano, los pocos conocidos ácidos húmicos y otros, como los crénico, apocrénico y úlmico; los inorgánicos escasean mucho más, siendo los principales los nitroso, nítrico, y quizás el clorhídrico; por fin, como secundarios, en cuanto al proceso de alteración de la roca, se suelen encontrar representados los ácidos fosfórico y silícico.

Gran parte de estos ácidos contenidos en las aguas, pero particularmente el anhídrido carbónico, que es el agente químico más importante, se derivan, en su mayor parte, de la alteración de los compuestos orgánicos de carbono bajo la acción de fermentos y microorganismos, tales como bacterias y levaduras, aun cuando alguna parte del bióxido de carbono podría proceder de la descomposición de los carbonatos por los ácidos. El carbono de los animales y plantas, base del anhídrido, se encuentra en forma de grasas y proteínas, y es alterado particularmente por la acción de ciertas enzimas (1) hidrolíticas producidas por varios organismos.

En nuestros casos, los agentes principales de la disolución se pueden mencionar en este orden: ácido carbónico, procedente de la atmósfera y de la descomposición de la materia orgánica; ácido sulfúrico, procedente de la meteorización de la piritita, y ácidos orgánicos, procedentes casi siempre de la alteración de los vegetales.

En la zona superior de meteorismo y fractura (2), que es

(1) Diastasas.

(2) Van Hise: *A Treatise of Metamorphism*.—Washington, 1904.

en la que se verifican las principales acciones continentales, la acción de las aguas se complica todavía más, pues cargadas con el oxígeno del aire y el ácido carbónico, atacan a los silicatos dobles y a las arcillas, removiéndose la silice como silicato o silice coloide y la alúmina en forma de aluminato alcalino, y es en este líquido conjunto donde se encuentran contenidas las sales ferrosas: carbonato, sulfato y las procedentes de los ácidos orgánicos, desprendiéndose de un modo natural la importancia de las rocas atravesadas por las disoluciones, pues influyen directamente sobre su composición.

Conducción (1).—La conducción del hierro por las aguas es fenómeno de importancia primordial, en cuanto a la formación de los criaderos y al posterior removido del hierro que produce los crestones hidroxidados y los yacimientos secundarios subordinados. El vehículo principal de las sales de hierro, con gran diferencia, es el ácido carbónico, el cual, aunque débil, produce por su abundancia la entrada en disolución de la mayoría de los metales.

Mr. Moody (2) en un reciente estudio sobre el orín que ataca a los objetos de hierro, llega a la afirmación de ser más eficaz la acción del ácido carbónico que la de los ácidos sulfúrico y clorhídrico.

Respecto al hierro, las sales férricas de las zonas de fractura, desde donde no llega la acción del aire, sufren reducción a ferrosas por el exceso de anhídrido carbónico y entran en disolución con las sales ferrosas de la zona de reducción en forma carbonatada, sulfatada, o como sales dobles en los ácidos orgánicos, y en ella se sostienen mientras el medio es reductor.

(1) Página 446.

(2) *The rustings of iron*: Chem. Soc. Jour., vol. 89, pág. 720.—1906.

En la reducción de las sales férricas para entrar en el ciclo de removido, juega la vegetación un papel importante, y en apoyo de este aserto se pueden citar experiencias sobre raíces que extendían su acción reductora hasta diez veces su diámetro. Harder cita areniscas coloreadas que en pocos meses, y por efecto de las raíces en putrefacción, pasaron a ser pálidas (1).

En los tres casos considerados: carbonatos, sulfatos y sales orgánicas, la precipitación se efectúa casi siempre del mismo modo, por pérdida del reductor y saturación del oxígeno atmosférico.

A esta reacción oxidante, que produce siempre como final un depósito de hidróxido, atribuimos en principio la génesis de casi todos los yacimientos hidroxidados y la evolución de los crestones. La intervención del oxígeno se efectúa de un modo más bien lento y débil, pero con una gran amplitud, y es lógico que así sea, pues el oxígeno meteórico atmosférico penetra, según Campbell (2), hasta unos 8 a 10 metros en el interior de las rocas, con lo cual queda dentro de la zona oxidante casi toda la de fractura superior al nivel hidrostático. La conducción, pues, se verifica en forma ferrosa y a favor de un reductor procedente casi siempre de la materia orgánica en descomposición, siendo las distancias recorridas por las disoluciones inversamente proporcionales a la oxidación que experimentan por el oxígeno atmosférico en forma de gas y disuelto en las aguas. Como resumen, pues, del ciclo, puede decirse que los elementos reductores preparan la emigración del hierro o su movilización, mientras que son los oxidantes los que le fijan.

(1) Harder: Obra citada, pág. 53.

(2) *Condiciones geológicas de los yacimientos catalanes de bauxita*.—Boletín del Instituto Geológico de España, tomo XLI (3.ª serie), pág. 105.

Precipitaciones.

Pero no solamente por oxidación meteórica, es decir, de origen químico, se efectúan las precipitaciones del oxígeno, sino por medio de bacterias fijadoras del hierro, y esta fijación, que tiene lugar siempre en forma de hidróxido, procede lo mismo de las disoluciones de ácidos orgánicos que de los inorgánicos. Esta fase orgánica de precipitación tiene, a nuestro entender, una importancia enorme, por la generalidad de cumplimiento que alcanza en casi todas las aguas superiores al nivel hidrostático.

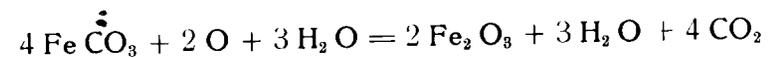
Con esta idea fija, pues cada día comprobaba de un modo más seguro la precipitación del hidróxido por medios orgánicos en los yacimientos histeromorfos de las pizarras silurianas, dí con el precioso trabajo de Mr. Harder sobre *Las bacterias precipitantes del hierro* (1) que colmaba mi constante orientación, y esto explica que adopte y reproduzca sus datos, en los cuales se reúnen las experiencias antiguas y modernas con verdadera originalidad. Resumiendo ligeramente nuestras ideas para la más fácil exposición, nos encontramos con que las disoluciones ferríferas principales son de tres clases: carbonatadas; de humatos y otras sales orgánicas dobles, y sulfatadas por oxidación de la pirita. De estos tres grupos se produce la precipitación del hierro en forma de hidróxido por medio del oxígeno atmosférico, y casi siempre de un modo simultáneo por la acción de las bacterias precipitantes de los óxidos hidratados.

(1) E. C. Harder: *Iron. Depositing bacteria and their Geologic Relations.*—Washington, 1919.

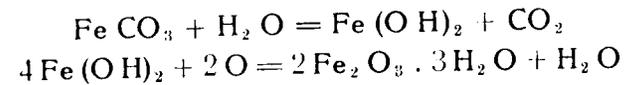
Amoldándonos, pues, a esta exposición, daremos en primer lugar las leyes químicas de precipitación en los tres casos de disolución, y después expondremos la acción bacteriológica según el trabajo de Harder.

Precipitación de las disoluciones carbonatadas.

La forma más frecuente de conducción del hierro es en disolución de carbonato y bicarbonato ferroso, que permanecen en tal estado a favor del bióxido de carbono contenido en sus aguas: a medida que lo pierde y se oxida con el oxígeno del aire, se efectúa su precipitación, y sus reacciones parecen ser:



o en dos fases:



La pérdida del ácido carbónico tiene lugar en el aire por la absorción de plantas, y la conducción es en general corta, pues el carbonato ferroso se oxida con mucha facilidad.

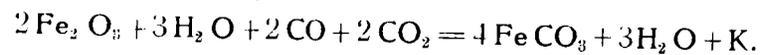
El precipitado es de aspecto coposo con flecos y se acumula hacia el fondo; su análisis parece corresponder a complejos coloidales de composición indefinida, mezcla de varios hidróxidos, sin que falte la forma más hidratada. Este es el fundamento de los minerales de pantano (1).

Ocasionalmente el depósito de esta reacción, que suele ser una masa suelta y porosa que se convierte en mineral pardo, se hace más consistente por la concurrencia de

(1) Página 258.

otras sales, como el carbonato de cal y parte del carbonato ferroso: es el caso de la Cueva das Choyas, en el Incio.

La reacción señalada se verifica en la zona de fractura y es exotérmica, y de un modo excepcional puede llegar a ser reversible por hacerse reductor el medio que aloja el depósito, formándose carbonato entre precipitados hidroxidados.



Precipitación del hidróxido de las sales de ácidos orgánicos.—Entre los ácidos orgánicos susceptibles de formar sales solubles de hierro, son los principales los derivados de los materiales húmicos contenidos en la tierra vegetal y originados por la putrefacción lenta de las raicillas y órganos de las plantas.

En realidad, todos los compuestos derivados del humus son bastante complejos y escasamente conocidos, pero los que se supone más propicios al transporte del hierro son los ácidos húmicos y crénicos; sin embargo, también parece posible el que puedan ser conductores en un momento dado los ácidos fórmico, láctico, butírico, cítrico o tartárico.

El ácido húmico se obtiene por la acción de los álcalis sobre la humina, que es el complejo de sustancias no ácidas contenidas en el humus, mientras que el crénico es una sustancia amarillenta, soluble en el agua y de reacción ácida, descubierta por Berzelius y que se encuentra en todos los depósitos ocráceos de las aguas ferruginosas; su fórmula es: $\text{C}_{12}\text{H}_{12}\text{O}_8$.

Según Meunier (1), el crenato de hierro que se forma por este ácido, más energético de lo que se había supuesto, es

(1) Obra citada, págs. 47, 48 y siguientes.

arrastrado por las aguas mientras no tiene contacto con el aire y se suele transformar en carbonato que se deposita en esta forma, si el medio es reductor (praderas o aguas estancadas), o, de otro modo, se precipita en forma de hidróxido.

Según Aschan (1), que es quien más ha estudiado este asunto, las sales de hierro que más circulación alcanzan y más ampliamente se forman, son las procedentes del ácido húmico, los ferrohmatos y ferrihumitos. Cree que las soluciones coloidales procedentes del humus, cuya composición es variable y en puridad desconocida, contienen en primer lugar los ácidos húmicos, a más de otras sustancias, como humatos de diferente composición. Arrastradas estas sustancias por las aguas meteóricas, atacan las bases de las rocas que atraviesan, y entre ellas el hierro.

El precipitado de las sales orgánicas que se produce por oxidación o por medio de bacterias, es una mezcla coloide en la que entran el hidróxido y, probablemente, compuestos orgánicos férricos insolubles que, en tiempo relativamente corto, se cambian a hidróxido.

Los ferrohmatos proceden de sales ferrosas y son solubles, pero bajo condiciones determinadas de oxidación y concentración pasan a ferrihumitos y se precipitan directamente como sales férricas.

Los humatos se supone que, con frecuencia, sirven de alimento a determinadas bacterias, y entonces se precipita el hidróxido férrico.

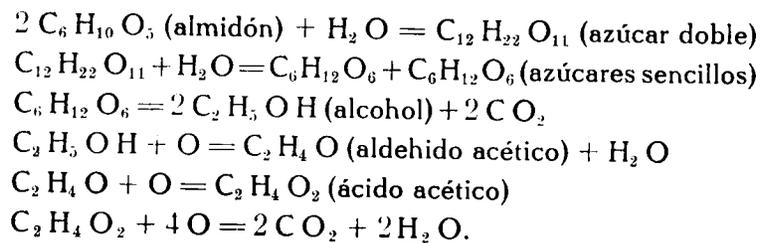
Sjögren (1) cree que en la descomposición de la materia orgánica con ausencia de oxígeno, se producen combinaciones carbonatado-hidratadas, tales como humus, que actuadas por álcalis o amoníaco, abandonan ácido húmico.

(1) Obra citada, pág. 47.

(2) Harder: Obra citada, pág. 70.

En el medio reductor y a expensas del óxido férrico, se produce el ferroso y forma sales dobles con ácidos húmicos y amoníaco. Estas sales pueden cambiar posteriormente a carbonato ferroso, y de ellas, por pérdida del bióxido de carbono y en presencia del oxígeno, se precipita el hidróxido férrico. Sin embargo el hierro también puede ser precipitado directamente de las soluciones de ácido húmico.

Para que dentro de lo confuso y poco conocido de estas reacciones se pueda apreciar el mecanismo de producción de gases y ácidos que arrastran al hierro, expondremos la descomposición que como más frecuente se suele presentar en la fermentación acética y ofrece la serie de fases más comunes y repetidas en la alteración de algunos ácidos grasos: láctico, tartárico y butírico (1).



El cambio del almidón a los azúcares dobles: maltosa, sacarosa o lactosa, es debido a la acción de las diastasas producidas por algunas plantas y bacterias. El desdoblamiento en azúcar sencilla se debe a la acción de los enzimas de la maltasa, invertasa y lactasa, actuando cada una sobre un azúcar especial. Estas tres enzimas tienen distinta distribución, pero por lo general están presentes en las plantas verdes y en varios microorganismos. De un modo análogo, por la intervención de los enzimas, y sobre todo le-

(1) Obra citada, pág. 45.

vaduras y bacterias, se hacen los pasos por fermentación del azúcar en alcohol, ácidos grasos y bióxido de carbono. Los ácidos principalmente formados, son: butírico, propiónico, acético, fórmico y láctico; el final de la fermentación consiste en grandes cantidades de bióxido de carbono y agua.

Aunque estos pasos son típicos, hay muchos más mecanismos de alteración de carbohidratos, la celulosa, por ejemplo, que quizás es el carbohidrato más abundante en el terreno, se descompone por un grupo especial de microorganismos fermentadores. Durante la descomposición puede cambiar este producto en ácidos grasos o en azúcar, resolviéndose en diferentes gases, tales como metano, hidrógeno y bióxido de carbono. La descomposición de las proteínas es muy compleja y poco conocida. El material carbonáceo, sometido a la descomposición por fermento y acción de microorganismos, se reúne en el terreno bajo la forma de humus, el cual consiste probablemente en celulosa, que es la forma de carbón orgánico más difícil de descomponer y en cuya alteración gradual se reproducen los gases y ácidos orgánicos ya mencionados, al mismo tiempo que ácidos húmicos. La composición no es bien conocida, aunque se supone que son mixturas coloidales de la mezcla de varios ácidos orgánicos o de sus sales ácidas; por consecuencia, el humus actúa como un manantial constante de ácidos y gases en el terreno. Los ácidos húmicos llegan a producir acidez constante donde las bases son escasas.

A procesos análogos a los señalados para los ácidos orgánicos, se deben la nitrificación y oxidación del azufre.

Consiste el primero en que el nitrógeno contenido en las proteínas y otros compuestos orgánicos, se cambia por

acción de las bacterias durante la descomposición en amoníaco (NH_3); actuando las bacterias sobre el nitrógeno del amoníaco, se oxida primero en ácido nitroso y después en nítrico. Es decir, que el nitrógeno presente al principio en forma relativamente insoluble, termina en forma de nitrato por la acción de las bacterias y así apresura la descomposición de la roca.

La oxidación del azufre es muy parecida a la nitrificación. Durante la putrefacción de los sulfuros conteniendo materia orgánica provocada por las bacterias, el azufre es puesto en movimiento bajo la forma de hidrógeno sulfurado, y este gas es a su vez oxidado por un grupo especial de bacterias (las bacterias del azufre), primero en azufre libre y luego en ácido sulfúrico que reacciona sobre las bases, produciendo sulfatos más o menos solubles. Vemos, en resumen, que la acción de las bacterias es muy importante en la descomposición de la roca, no solamente porque de ella se deriva la mayor parte del bióxido de carbono del terreno, sino también muchos ácidos orgánicos e inorgánicos que, aunque de un modo local, llegan a ser eficaces en la destrucción de las rocas y remoción del hierro.

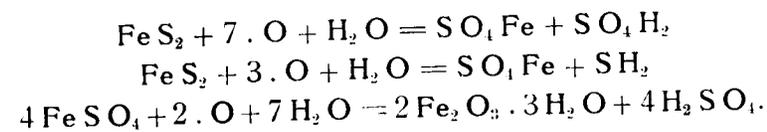
Precipitación del hidróxido de hierro de los sulfatos.—Es uno de los principales motivos de formación de los yacimientos singenéticos gallegos, y la explicación de este hecho se encuentra en la abundancia de cristalillos de pirita que con frecuencia llegan a contener los estratos pizarreños diseminados en su masa, y que, en sitios, constituyen pequeños lentejones o núcleos por la profusión con que se aglomeran. Los estratos paleozoicos que en nuestra zona contienen más piritas, son los filadios superiores a las cuarcitas de *crúzianas*, por lo cual es en ellos donde se alojan de

preferencia los yacimientos de segregación (Incio, Caurel, Montefurado, etc.) (1).

La descomposición de los sulfuros se produce principalmente por oxidación parcial, formándose sulfatos solubles ferrosos y férricos, los cuales, en condiciones favorables, son conducidos en disoluciones bastante inestables, pues por oxidación e hidrolisis para el sulfato ferroso, y simplemente hidrolisis para el férrico, pasan rápidamente a hidróxido férrico o a sulfatos férricos básicos insolubles.

Las aguas sulfatadas se forman con frecuencia en las rocas sedimentarias piritosas, y aun ocurre, cuando la pirita es muy abundante y las aguas sufren una oxidación intensa, que se llega hasta el ácido sulfúrico disuelto, fenómeno que hemos comprobado en algunas minas, como en las labores inferiores de las de Vivero.

El proceso más frecuente y muy ampliamente cumplido, es el de la oxidación de la pirita, que pasa a sulfato según las reacciones siguientes:



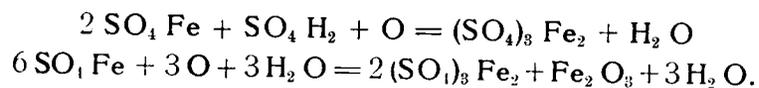
La más general parece la última, dada por Van Hise, en la que hay depósito de hidróxido y producción simultánea de ácido sulfúrico.

El hidróxido no sólo se precipita del sulfato ferroso por oxidación, sino por la acción del humato de amonio, casi siempre presente en las aguas de pantano y turbales, circunstancias por cierto muy frecuentes en la superficie del siluriano de Galicia.

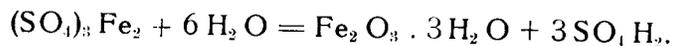
(1) Véase lista de clasificación de yacimientos, entre páginas 146 y 147.

La mayoría de las veces, según Beck, el primer precipitado es como sulfato férrico básico, que se cambia a hidróxido por la acción del amoníaco, carbonatos alcalinos o por humus.

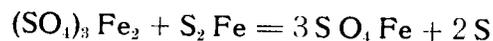
Otras veces, el sulfato ferroso formado pasa con facilidad a sulfato férrico o hidróxido, según las igualdades:



Pero como el sulfato férrico no es forma estable, se descompone con facilidad en hidróxido y ácido libre:



La pirita no solamente proporciona material de limonita por su oxidación, sino también de un modo indirecto con la intervención del sulfato férrico, pues éste la ataca oxidándola lentamente en frío, según Stockes:



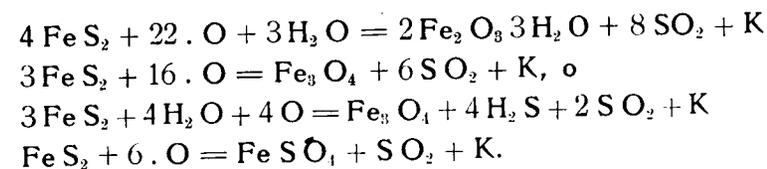
y de este modo volvería a empezar la reacción por la oxidación del sulfato ferroso y el azufre, a sulfato férrico y a ácido sulfúrico respectivamente. Aun cuando el sulfato férrico cambia con facilidad a otros básicos que forman estalactitas, lo más frecuente es que sea la limonita el depósito final.

El ácido sulfúrico libre produce una reacción paralela a la producción de hidróxido, actuando sobre las pizarras y rocas arcillosas, en las que queda en libertad, y originando concentraciones y manchas blanquecinas de sulfato de alúmina que, por su tono, facilitan la prospección de los depó-

sitos hidroxidados de segregación en las quiebras pizarreñas silurianas.

De modo que, como final, quedan el hidróxido férrico y el sulfato de alúmina, los cuales con bastante constancia se encuentran depositados separados, pero en las mismas pizarras que contienen la pirita origen; tal es la razón de su frecuencia en las ampelitas del siluriano superior, pues éstas encierran nódulos o pintas de pirita en abundancia. En algunos sitios, y en las acumulaciones de los detritus de estas pizarras, se producen verdaderas brechas cementadas por el hidrato férrico, de tono acaramelado y en un grado alto de hidratación (1).

La alteración de la pirita puede ser oxidación directa, produciéndose desprendimiento de gases según las reacciones siguientes:



El hidróxido procedente de la pirita o el precipitado de los sulfatos, es siempre de tono cálido con un grado alto de hidratación, y algo mucilaginoso, por lo cual consolida rápidamente en vetas o brechas los depósitos que produce. En el estudio de los precipitados y su evolución y en las observaciones acerca de la rapidez de los yacimientos de segregación, puede el lector encontrar una ampliación a estas ideas.

(1) Hidróxidos, págs. 267 y siguientes.

Fase orgánica.

Bacterias fijadoras del hierro y sus relaciones geológicas —Vamos a seguir en este apartado las ideas de E. Cecil Harder, expuestas en un trabajo publicado el año 1919 con el título de *Iron: Depositing bacteria and their Geologic Relations. Geological survey, Washington*. Es el trabajo más completo y moderno sobre esta materia, y el único donde se concede todo su valor a las bacterias filosas como elementos básicos para la formación de yacimientos minerales. Más adelante, al estudiar las monografías de segregación, como las silurianas de las quiebras de los ríos del Sur, nos proponemos determinar las especies de bacterias encontradas en Galicia y aproximarnos lo posible a la evaluación de los depósitos producidos por ellas, y los cuales, sin duda, han de ser bastante importantes: primero, por la extensión que alcanza este proceso, pues depósitos coposos y flecosos de bacterias filiformes se encuentran en todas las proximidades de rocas ferruginosas, que es decir en casi todo el paleozoico gallego, y segundo, porque hemos podido comprobar la formación de depósitos ferruginosos ocráceos (enlazados con aguas de bacterias) rápidamente y con espesores de 0,80 a dos metros (Vivero, Incio).

Como prueba de la generalidad del fenómeno de la secreción hidroxidada de las bacterias, basta tener presente que se han encontrado sus depósitos filosos tanto en las irisaciones de la superficie como en profundidades de más de 300 metros, y últimamente se ha reconocido que la ma-

yoría de las oxidaciones de las piezas de hierro, en su parte superficial o en las uniones de las piezas, roblones, etc., es debida a su acción.

La función orgánica no podemos suponerla única en la formación de ningún yacimiento epigenético siluriano, pero su acción es seguro que no falta, simultáneamente a la precipitación oxidante de las aguas de segregación, viniendo de este modo a ser compleja la génesis de los depósitos hidroxidados.

A medida que se conocen mejor los procesos biológicos como origen de precipitaciones y depósitos, se va encontrando explicación más clara a varios fenómenos geológicos, pues la acción orgánica no solamente ayuda a la descomposición de las rocas, sino que sirve de base para la formación de otras, como el carbonato de cal, fosfato de cal, hidróxido y sulfuro de hierro, llegando a la conclusión de que el proceso bacteriológico ha tenido una gran importancia en la formación de las capas marinas de otras edades. Y esta afirmación está sostenida por hechos actuales, como son los depósitos de caliza oolítica y lodos calcáreos de las Bahamas y la Florida, estudiadas por Kellerman, Smith y Vanghan, en las cuales intervienen muy directamente algunas bacterias, en particular la *Bacterium Calcis*, cuyo modo de obrar es indirecto. Reducen los nitratos, produciéndose primero nitritos y finalmente amoníaco que, unido con el bióxido de carbono, forma carbonato de amonio el cual reacciona sobre el sulfato de cal para formar carbonato de cal, y este solo ejemplo, entre las varias teorías propuestas, basta para demostrar cómo a veces no se descubre de un modo inmediato la manera de actuar las bacterias en el depósito en que se encuentran. Y aquí, aunque sea de pasada, pues parece tratarse de organismos distintos, procede citar las *girvanellas*, que parecen algas tubícolas en los depósitos

sedimentarios de Girvan y en los minerales de hierro de Normandía y Galicia, coincidencia orgánica bien llamativa en yacimientos semejantes. De todos modos y en general, las relaciones no se han demostrado con precisión.

Ya desde 1836, Ehrenberg (1) señaló el poder de ciertas bacterias para precipitar el hierro de las disoluciones en forma de hidróxido férrico, sospechando su importancia en la formación de los depósitos ocráceos de pantanos.

Respecto al papel preciso jugado por las bacterias en la deposición de los minerales de hierro, han supuesto unos autores que era un proceso vital de su organismo, y como tal, efectuado directamente por la acción de la concha; otros, en cambio, han creído que la precipitación es puramente de origen químico y más bien incidental que esencial en la vida de la bacteria, y aun no han faltado los que han atribuido la acumulación a un efecto mecánico, captándose las partículas ferruginosas presentes en el agua por las partes mucilaginosas de las bacterias.

Las disoluciones sobre las que se realiza la precipitación son unas inorgánicas, y otras de ácidos orgánicos, según ha demostrado Harder. En estas disoluciones, las bacterias utilizan aparentemente algunos constituyentes de la sal distintos del hierro, abandonando el hidróxido como producto de secreción.

Hay varias clases de organismos que cumplen esta función, y que en su mayoría se han determinado como plantas inferiores, unos son algas y hongos, y otros protozoarios, y aunque todos se van incluyendo en un apartado que los comprende como «organismos precipitantes del hierro», pudiera no cuadrarles igualmente tal denominación, porque hay algunos que quizás lo que hacen es retener el hidróxido precipitado químicamente.

(1) Obra citada, pág. 7.

Según Harder, las bacterias se pueden dividir en tres grupos principales, desde el punto de vista de su facultad fijadora de hidróxido:

1.º Las que precipitan el hidróxido de las disoluciones de carbonato ferroso, utilizando para su proceso vital el bióxido de carbono puesto en libertad y la energía producida durante la reacción.

2.º Las que no necesitan el carbonato ferroso para su proceso vital, pero que producen depósito de hidróxido férrico en disoluciones orgánicas e inorgánicas; y

3.º Las que descomponen las sales orgánicas de hierro utilizando el ácido orgánico como alimento y precipitando las sales férricas básicas, que cambian gradualmente a hidróxido. Los organismos de este apartado no son eficaces con las sales inorgánicas.

En otros procesos, como la producción del carbonato ferroso y de los silicatos, el principal papel de las bacterias es la reducción de las sales férricas a ferrosas por medio de la descomposición de la materia orgánica.

Esta división de Harder, sin embargo, es más didáctica que práctica, pues son frecuentes la simultaneidad de las distintas clases de bacterias en el depósito y el funcionamiento en la mezcla de sales orgánicas e inorgánicas.

Antes de dar los no muy precisos resultados alcanzados, creo más conveniente exponer las formas y presentaciones más frecuentes de estos organismos.

La manifestación más conocida para mineralogistas y geólogos de los depósitos ferruginosos de origen orgánico, es la presencia de precipitados coposos y como en flecos, de color pardo, adheridos a las plantas y hierbecillas del fondo de los pequeños arroyos y cunetas de las minas, y flotando en el sentido de la corriente. (Vivero, Villaodrid, etcétera.)

Estos precipitados, por alternativas de sequedad y circulación de aguas, llegan a formar depósitos en costras que se van endureciendo con el tiempo, o que otras veces se disponen en masas esponjosas de tubitos que conservan hasta la forma de los tallos vegetales entre los que se inició el depósito y circularon las disoluciones (La Rúa, etc.). En las monografías veremos la extensión e importancia de estos depósitos, simultáneamente desarrollados casi siempre con los de segregación.

Los organismos precipitantes están presentes en casi todas las aguas que contienen hierro, y su manifestación son los precipitados ocráceos y flecosos.

La clasificación seguida para las bacterias ferruginosas es la del sistema general de Migula W.: *Sistem der Bakterien Band. 2, Jena, 1897-1900*, que atiende particularmente a la morfología de los organismos clasificados.

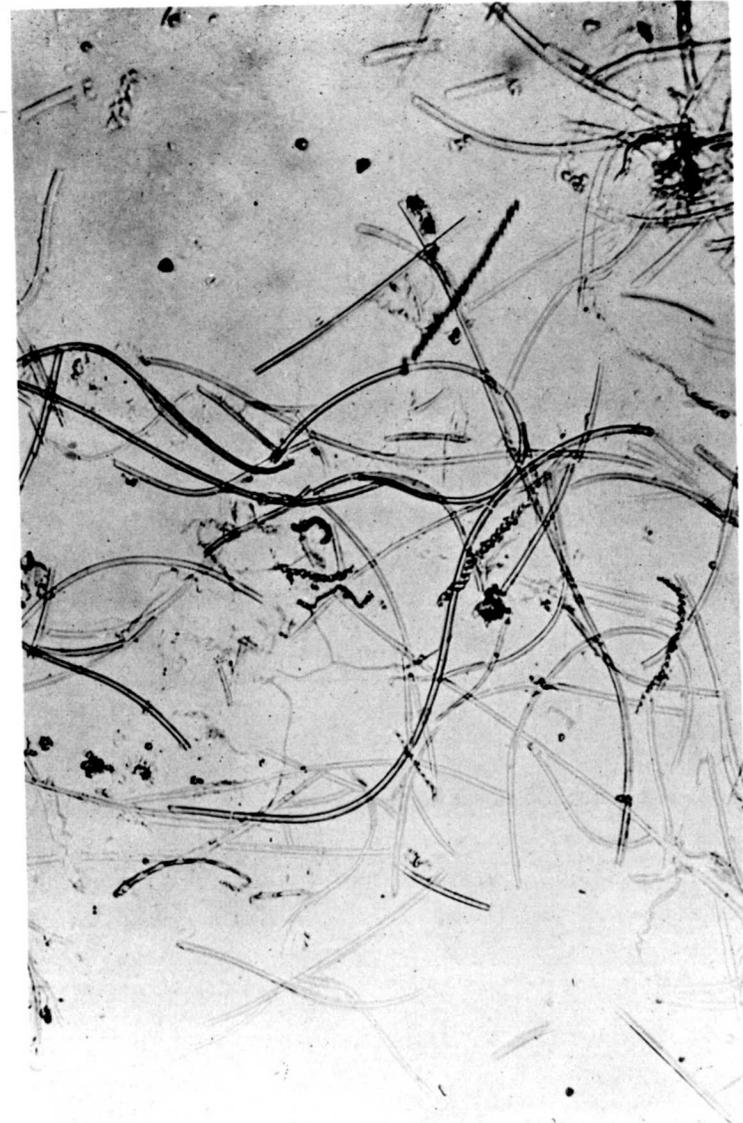
Se llaman bacterias ferruginosas, a un grupo de bacterias filamentosas que tienen el poder de precipitar el hidróxido férrico de las disoluciones.

Las filosas son las más elevadas de organización y las más frecuentes, pero entre las precipitantes también se encuentran algunas bacterias inferiores y algunos bacilos.

Las bacterias precipitantes más elevadas son: *Crenotrice*, *Gallionella*, *Spirophyllum*, *Leptotrice* y *Clonotrice*; sus formas son más o menos cilíndricas, o sus cápsulas están unidas en cadena; otras se ofrecen como cintas planas o arrolladas en espiral salomónica, y por lo general se asemejan a hilos y cuerdas, figuras filamentosas que se encorvan y adhieren como si se anastomosasen.

La *Crenotrice* es la mayor bacteria, y su especie más determinada la *polyspora*; llegan en longitud hasta varios milímetros, pero en general no pasa de 0,5 milímetros; su diámetro es de 2 a 9 micrones ($\mu = 0,001$ milímetros). La

Fot. 37



640 Aumentos Material del nivel 262 pies.
Mina KENNEDY. *Spirophyllum ferrugineum* en el centro y en la esquina superior izquierda
Chlamydothrice ochracea y *Gallionella ferruginea* esparcidas en la preparación.

Crenotrice polyspora corresponde al primer grupo de las que realizan la extracción del hierro de las disoluciones carbonatadas, pero son suficientes dos partes de hidróxido férrico por millón, para que el agua pueda soportar su actividad y germinar la *Crenotrice*; suele encontrarse en las aguas de pozo que contienen carbonato de cal y magnesia, algo de hierro e impurezas, y en ellas y en las que han atravesado las ciudades se desarrolla muy bien.

Es la que principalmente produce las turbias del agua, y se ha llegado a llamar *bacteria apestante del agua*. Aun cuando casi siempre se deposita en los conductos, tapizándolos, también se ha encontrado en masas esponjosas.

La envoltura de estas bacterias es cilíndrica uniforme, con división de cápsulas iguales en un extremo y segmentación reproductora por esporos de conidias separadas en el otro. Su figura es casi idéntica con algunos cuerpecillos orgánicos que hemos encontrado en los minerales de Villadrid (1).

Sus condiciones de desarrollo son muy parecidas a las de la *Spirophyllum* y *Gallionella*.

La *Spirophyllum* y la *Gallionella* están también dentro del primer grupo de precipitado en disoluciones carbonatadas; la primera es la bacteria más abundante, y la segunda la más conocida. Erhenberg, en 1836, denominó *Gallionella* a todos los organismos que se refieren a la formación de hierro pardo en forma de espuma o masas esponjosas en los pantanos y manantiales; al principio los clasificó como infusorios, y luego como diatomeas: hoy sólo se consideran como *Gallionella* las formas trenzadas y cilíndricas, separando para la especie *Spirophyllum* las cintas planas en espiral (2). De cualquier modo, la presentación unida de

(1) *Fósiles de Galicia*, pág. 289, láms. XV y XVI, fig. 3.

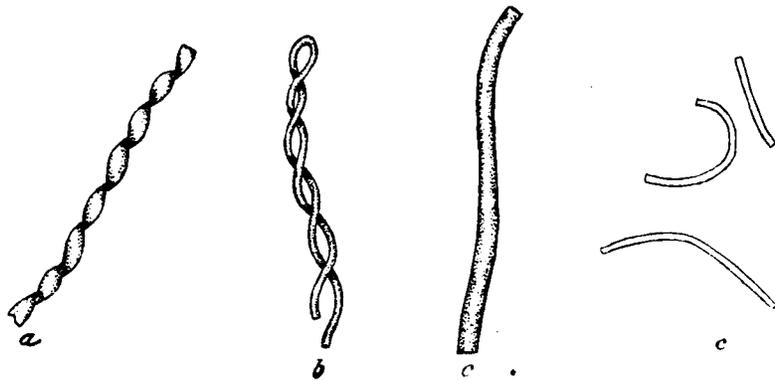
(2) Véanse fotografías 36 y 37 y figuras reproducidas del Harder.



Fot. 38

640 Aumentos. Depósito ocreo de manantial ferruginoso cerca del Lago KEGONSA (MADISON, WIS.)
Chlamydothrix ochracea (*Leptothrix ochracea*) y *Spirophyllum ferrugineum*
 A la derecha un *Spirophyllum* muy regular

unas a otras es constante y las diferencias sólo son morfológicas, tanto que Molisch propone no desligar la *Spirophyllum* del grupo *Gallionella*, denominándola *G. ferruginea* var. *lata*. Otros autores, como Lieske, no dan más diferencia que ser cintada la *Spirophyllum* y cilíndrica la *Gallionella*, pues ambas se doblan y se arrollan algunas veces.



Figuras aproximadas de la *Spirophyllum ferrugineum* (a), *Gallionella ferruginea* (b) y *Leptothrice ochracea* (c) \times 1.080 diámetros. — Las formas (c) de la derecha pertenecen igualmente a la *Leptothrice*, con un aumento de 550 diámetros.

El largo de la *Gallionella* suele ser de 0,05 milímetros y el ancho 0,5 a 0,75 de micron; su color es pardo amarillento, y lleva a veces adheridas granulaciones que parecen tener relación con la formación de conidias (1).

La concha de la *Spirophyllum* es en general cintada y muy característica; a veces se divide en celdillas individuales muy infladas en su centro, constituyendo un conjunto parecido a un rosario. Con frecuencia se dobla en espiras como un tirabuzón, sin diferenciar los dos extremos; su color es igual a la *Gallionella*; su largo llega a 0,1 de milímetro y su ancho de uno a tres micrones; a juzgar por las diferentes segmentaciones, es posible que en su denominación se abar-

(1) Obra citada, pág. 13.

quen varias especies. Las ideas sobre la reproducción de estas dos bacterias están todavía sometidas a discusión, pues los cuerpecillos esféricos que se adhieren pudieran ser resultado de precipitación química.

La *Spirophyllum* es la bacteria más extendida y de aguas más claras y superficiales; la *Gallionella* se encuentra en las minas, en las paredes de los conductos de las aguas y en las charcas y pantanos, en masas gelatinosas pardas. Casi siempre va unida a la *Leptothrice* y *Crenothrice*. Harder ha llegado a encontrar esta bacteria a más de 300 metros de profundidad, hecho nuevo respecto a la actuación de estos organismos y que puede dar la explicación de algunas vetas hidróxidadas. Otra presentación de ella es en los precipitados que tapizaban los guijarros por donde circulaban las aguas ferruginosas.

En general, las aguas que contienen la *Gallionella* llevan una cantidad apreciable de hierro en disolución.

En las bacterias que no necesitan carbonato ferroso para germinar, pero que precipitan el hidróxido de disoluciones orgánicas o inorgánicas, está la *Leptothrice*, que es abundante en los manantiales ferruginosos, en los cuales forma masas flotantes, de formas redondeadas, que se adhieren a las paredes y al fondo.

La *Leptothrice* tiene una figura muy parecida a las *girvanellas* que hemos encontrado en Villaodrid (1). La *Leptothrice ochracea* se encuentra de preferencia en las aguas estancadas y suele estar unida a la *Gallionella* y a la *Spirophyllum*. Morfológicamente es un tubo largo y flexuoso sin diferenciación en sus dos extremos; su color es amarillo pardo, por el hidróxido que se incrusta en sus

(1) Compárense las figuras de los Fósiles de Galicia. — Boletín del Instituto Geológico de España, t. XXXVI, págs. 248 y siguientes y los grabados y fotografías (36 y 37) reproducidos en este capítulo.

cápsulas. El filamento más largo, medido por Harder, ha sido de un 8° de milímetro, sin que esto deba representar un límite, pues se rompen con extremada facilidad en las manipulaciones; cuando los cultivos son frescos, se distingue alguna diferenciación en celdás. Su forma de reproducción no está aclarada.

Por fin, hay bacterias inferiores y bacilos de tamaño mucho más pequeños que, fijando el hidróxido, se alimentan de ácidos orgánicos y otras bacterias que no merecen propiamente el nombre de ferruginosas, pues pueden vivir en disoluciones que no contengan hierro, pero son susceptibles de precipitarlo como secreción de las sales que lo contengan (1).

Cohn (2) creyó que el hidróxido es resultado de la actividad de las cápsulas vivientes, y que el depósito se efectúa lo mismo que la sílice sobre los caparachos de las diatomeas. Zopf encontró hidróxido depositado sobre vainas vacías; opinando en consecuencia que el depósito era el resultado de un proceso mecánico, siendo tomado el hierro por la substancia mucilaginosa de las cápsulas muertas. Es decir, que mientras unos autores creen que el proceso es una oxidación de los compuestos ferrosos o férricos necesaria para la vida de las bacterias, otros creen que la precipitación es una operación química sin relación con la actividad interna.

Winogradsky estudió en 1888 la fisiología de las bacterias con la *Leptothrice*; la disolución fué de carbonato ferroso, pues este grado de oxidación inferior se estimó como preciso para la vida de estas bacterias. En resumen, se vino a deducir que la oxidación de los compuestos ferrosos a férricos es necesaria para la vida y crecimiento de los organis-

(1) Obra citada, pág. 34.

(2) Obra citada, pág. 11.

mos, y que este proceso suministra energía a las bacterias para la asimilación de alimento, el cual consiste en compuestos orgánicos presentes en el agua; sin embargo, se encontró que era preciso muy escasa materia orgánica para sostener la vida de esos organismos. Molisch, en dos épocas, 1892 y 1910, hizo experimentos con la *Leptothrice*, cultivándola en soluciones de peptona, y observó que sus envoltentes, caparazones filosas, se hacían más gruesas y marcadas a medida que fijaban más hierro, a proporción del que podían oxidar de las disoluciones ferruginosas que se añadían. Sin embargo, también se notó que si las celdas individuales habían muerto por cocción del agua, todavía eran capaces de extraer hidróxido férrico en las paredes de sus conchas. Posteriormente pudo comprobar este autor que aun en un medio ferroso, de oxidación difícil, se producía un gran desarrollo de bacterias, y vino a sacar en consecuencia que aunque estos organismos tienen una marcada atracción para los compuestos de hierro y manganeso, la razón es físico-química, y el cambio de sales ferrosas a férricas es debido a la oxidación simple, y no dependiente de la vida de las bacterias como se había supuesto por Winogradsky, siendo mayor la facultad de fijación del hierro para las conchas de las vivientes, que para las vacías.

James Campbell Brown (1) vió, en 1904, estudiando los lodos negros en los canales de conducción, que se componían generalmente de hidróxidos de hierro, óxido de manganeso y materia orgánica conteniendo abundantes bacterias, las cuales se producían en las aguas ácidas y no en las neutras ni en las de bicarbonato ferroso.

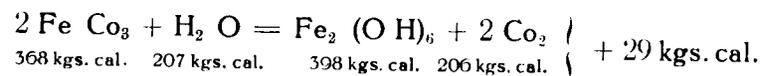
De sus observaciones dedujo, que el hierro es conducido en forma orgánica en los canales de lodos en descomposición, y supone que las bacterias se alimentan de las sales

(1) Obra citada, pág. 12.

orgánicas y dejan libre el hidróxido férrico que se deposita en las envolventes, aceptando que sólo una pequeña cantidad de hidróxido férrico se forma por simple oxidación.

En 1907, Ellis volvió a los puntos de vista de Zopf, pensando que la acumulación de partículas es resultado de la captación por la cubierta mucilaginosa de las conchas. La bacteria con que operaron los experimentadores anteriores, fué la *Leptothrice*, y aunque también se ocuparon de *Spirophyllum* y la *Gallionella*, generalizaron los resultados.

Lieske, el año 1911, realizó experimentos con *Spirophyllum*, y vino a deducir que el bióxido de carbono sirve de alimento al *Spirophyllum*, puesto que éste se desarrollaba, aunque no hubiese materia orgánica, con tal de que hubiese abundante bióxido, y que precisamente el paso de la sal ferrosa al hidróxido férrico es con objeto de libertar el gas carbónico; creyó, con Winogradsky, que la oxidación puede suministrar energía para el organismo, dando la siguiente reacción como proceso oxidante:



Mr. Mumford (Chemical Soc. Jour. 1913), realizó experimentos con un bacilo nuevo, en un vehículo orgánico, y encontró que el hidróxido férrico se precipitaba con acceso del aire, formando limonita o mineral de pantanos; atribuía estas reacciones a un enzima que se separaba por filtración de los organismos y producía los mismos fenómenos que el organismo viviente.

Las opiniones o resultados tan distintos provienen de que los operadores no siempre han usado las mismas bacterias en idénticas condiciones, y a observaciones que pueden ser defectuosas en parte. En general, parece razonable

deducir que algunos organismos fijadores de hierro, como el *Spirophyllum*, requiere bicarbonato ferroso en disolución, y sin él no puede vivir, mientras que otros, como el *Leptothrice*, puede vivir sin componentes de hierro, pero si éstos están presentes, usa indistintamente bicarbonato ferroso o sales orgánicas solubles para la precipitación. En cuanto a las bacterias inferiores, utilizan ciertas sales orgánicas solubles, pero no las inorgánicas.

Harder, en sus experimentos (1919), ha utilizado soluciones inorgánicas y orgánicas, preparadas en el laboratorio y tomadas de manantiales naturales. En cualquiera de ellas, y al cabo de una o dos semanas, se había fijado casi todo el hierro contenido, pasando de un análisis de 5 partes de óxido férrico por millón a otro final de 0,2. El precipitado siempre era de forma coposa, de varios centímetros, y al microscopio se apreciaba una mezcla de bacterias filosas, vivas y muertas, con tubos, unas veces transparentes, y otras coloreados, en una mezcla de espesa mata.

Cuando el precipitado se formaba en la naturaleza encontró relación con las estaciones, siendo, al parecer, su mayor desarrollo en la primavera y principio de verano.

Para probar el poder precipitante de las bacterias, guardó Harder disoluciones ferruginosas, unas con bacterias y otras esterilizadas. El precipitado obtenido en ambos casos tiene aspecto coloidal al microscopio, y únicamente se encontraba alguna bacteria o molde de *micelio*; en el caso de una sal orgánica, se obtenía en la resolución de las figuras también bacilos y *cocos* que no pasaban de 0,5 a 1,4 micrones.

El análisis acusaba, en los dos casos (sales orgánicas o inorgánicas) un magnífico mineral de hierro del 70 al 72 por 100 y con grados de hidratación semejantes a las especies minerales, desde la turgita, hasta más allá de la limoni-

ta (1). El precipitado, en algunos casos, también arrastraba parte de la sal básica.

Quedaba ver si el oxígeno era preciso para la precipitación, y para esto se hizo pasar una corriente de bióxido de carbono durante semanas, hasta que no quedó oxígeno, y, sin embargo, la precipitación se realizó. Se emplearon otros medios aneróbicos, como la producción de vacío, con el mismo resultado.

El medio en que operó Harder, fué particularmente el citrato férrico amónico. En esta misma serie de ácidos orgánicos, en disoluciones que habían sido esterilizadas, y por consiguiente no habían acusado precipitados, se inyectaron cultivos de bacterias, obteniendo el hidróxido precipitado al cabo de unas semanas, demostrándose, pues, que era precisa la presencia de las bacterias, pero no la del oxígeno, para que se formasen los posos.

Resultados parecidos se alcanzaban en la disolución de carbonato ferroso saturada de bióxido de carbono, pero sobre el sulfato ferroso amónico no se obtenía precipitado si no había acceso para el aire, y el depósito solía tener parte de sal básica por hidrólisis. La consistencia fué igualmente gelatinosa, como en el caso de las sales orgánicas.

Para hacer el resumen de presentaciones de bacterias y los resultados alcanzados, recordaremos que Harder ha formado tres grupos con estos organismos, según sus características fijadoras del hidróxido:

- 1) Bacterias precipitantes del carbonato ferroso.
- 2) — — de las disoluciones orgánicas e inorgánicas, pero no del carbonato.
- 3) — — de las disoluciones orgánicas, siendo el precipitado de hidróxido o de sales férricas básicas.

(1) Véanse hidróxidos, pág. 253.

Como representante del primer grupo, tenemos una bacteria muy común e importante, la *Spirophyllum ferrugineum*, y es probable que la *Gallionella ferruginea* también pertenezca a este grupo.

Lieske demostró que el *Spirophyllum ferrugineum* no crece en medio que no tenga bicarbonato ferroso; también mostró que cuanto menor es la cantidad de materia orgánica menor es su crecimiento, llegando a desarrollarse bien en disoluciones de abundante bióxido y sin materia orgánica.

Al reemplazar el hierro por otros metales, no se obtuvo resultado.

Se dedujo de estos experimentos que el *Spirophyllum* puede crecer en un medio inorgánico, que no requiere carbón orgánico como alimento, sino que lo toma del bicarbonato ferroso. Según Harder, no resulta muy claro, porque los organismos encuentran necesario tomar el carbón del bicarbonato ferroso y no el que procede del bióxido de carbono disuelto en el agua; es probable que la oxidación del carbonato ferroso sea necesaria como manantial de energía. La temperatura más propicia es de 5 a 6°.

Hay otras bacterias, como la *Siderocapsa* y *Leptothrice*, que parecen requerir materia orgánica.

En el segundo grupo de las bacterias precipitantes la forma principal es la *Leptothrice ochracea* (*chlamydothrice ochracea*); es muy abundante en las aguas del suelo, manantiales y estanques, y, en general, guardando escasa relación con los compuestos de hierro.

La *Leptothrice* es aerobia, asegurando también Cholisch no haberla podido cultivar sin materias orgánicas.

La mejor temperatura para su cultivo es de 23 a 25°. La *Streptothrice* pertenece también a este grupo.

En el tercer grupo se incluyen numerosas bacterias de

formas inferiores que se alimentan de los ácidos orgánicos, dejando como resultado el precipitado de hidróxido férrico o sales férricas básicas.

Muchas de las formas atacan probablemente sólo una o dos sales orgánicas, quizás citrato, tartrato o malato. Otras pueden desarrollarse en otros ácidos, como los humatos. Parece probable, por las observaciones, que aun cuando a veces los resultados de la precipitación sean hidróxidos y sales básicas, continúa después la actividad de los organismos hasta que todo el precipitado se convierte en hidróxido.

La extensión de este tercer grupo depende de la de los compuestos orgánicos del hierro, particularmente de los humatos conducidos por las aguas.

Hay opiniones algo encontradas respecto a la cantidad de hierro que es conducida de este modo. Unos autores suponen que sólo se transporta el hierro en forma de bicarbonato en presencia de organismos, y otros, por el contrario, opinan que el predominio pertenece a las disoluciones orgánicas. Según Harder, a juzgar por el tiempo que el hierro puede estar en disolución orgánica en las aguas superficiales, debe de ser este un medio paralelo de transporte con el bicarbonato. Todavía hay que hacer cuidadosos experimentos para que los datos especulativos puedan concretarse, pues se hace extremadamente difícil apreciar en las aguas las pequeñas cantidades de sal contenidas.

La precipitación se hace de ambas maneras: química y biológica, y hay que deslindar con cuidado ambas cantidades.

Para Harder, muchos depósitos de carbonato y aun de silicato han podido ser de hidróxido en el origen, reduciéndose y combinándose después. De un modo práctico, bacterias filiformes de hierro se encuentran en todas las aguas estancadas o corrientes: unas se desarrollan en las aguas

claras de pozo y manantial, y otras en lagunas y pantanos donde abunda la materia orgánica. Harder ha encontrado, casi invariablemente, que los depósitos coposos ocráceos se componían de cápsulas filiformes, de bacterias y depósitos granulares y coloidales de hidróxido, faltando las bacterias en un solo precipitado cuyas aguas llegaban a 45°.

En cuanto a la extensión y forma de precipitación de las bacterias inferiores, no es muy conocida, pues estos organismos no dejan residuos identificables como las bacterias filiformes, y, por otra parte, se ignora en general la cantidad de hierro conducido; los granos y forma coloide se encuentran del mismo modo, unidos a las cápsulas vacías. También es interesante la presencia de las bacterias filiformes sobre los objetos metálicos cubiertos de orín por la acción del agua. Cuando los hierros han estado en agua y luego se secan, nacen en ellos unos botones o tubérculos que se suelen conocer con el nombre de *viruelas* en los centros industriales, donde, para repararlos, hay que picar y pintarlos; la *Spirophyllum* es la bacteria más frecuentemente encontrada en estas oxidaciones; esto demuestra que no es exclusiva su localización en las aguas de pantano.

Viven bien donde abunda la cantidad de hierro; pero algunas, como la *Leptothryce*, no necesitan más de cinco partes de óxido férrico por millón.

Respecto a la materia orgánica, algunas formas como la *Leptothryce* requieren una cierta cantidad de carbón orgánico, pero otras, como la *Spirophyllum*, viven mejor en el agua que tiene escasa materia orgánica. Es probable también que algunas otras sales contenidas afecten también al desarrollo de las bacterias filiformes.

En el agua del mar, nunca se han encontrado las bacterias filiformes.

Es imposible evaluar el trabajo antiguo, pues en los

depósitos ocráceos o de limonita se borra toda traza de la facies orgánica. Como prueba, se encuentran las bacterias en los caños de conducción de las aguas, en depósitos tiernos, pero en cambio, si la costra se ha endurecido, ya no se aprecia ninguna.

También se encuentran restos en algunos minerales de pantano.

Es, pues, indudable que parte del depósito coloide de los actuales yacimientos hidroxidados fué constituido antes parcialmente por cápsulas filiformes o de bacterias inferiores y como son imposibles de reconocer, lo es igualmente discernir qué parte pudo corresponder a la precipitación química y cuál al proceso biológico, pues además sería preciso conocer las condiciones de clima, profundidad de aguas, superficie del depósito, naturaleza de las corrientes, etc., etc., para poder comparar los depósitos antiguos, hoy criaderos, con los que actualmente se efectúan en forma ocrácea.

Condiciones del precipitado y su evolución.

Hemos visto, pues, que sea por vía química o biológica, el precipitado de hidróxido producido siempre es coloide, y forma, al empezar a consolidarse en el aire, una especie de gelatina que contiene el hierro, dándose todos los grados de consistencia en los yacimientos de segregación: desde el precipitado coposo flotando en las aguas de los arroyos, los lodos con crenatos, las costras lustrosas y ya endurecidas, hasta las formas butroides con tendencia a cristalizar en agregados criptocristalinos, llamados lógicamente metacoloides por los geólogos americanos.

Ya hemos visto también que los hidróxidos férricos pueden ser precipitados de soluciones orgánicas o inorgánicas, siendo acompañadas las reacciones, con frecuencia, por hidrólisis en los compuestos férricos, y por oxidación con hidrólisis en los compuestos ferrosos.

Las experiencias de laboratorio demuestran, lo mismo que las observaciones sobre los minerales, que los precipitados no representan verdaderos estados específicos, sino enlaces del óxido férrico con el agua, susceptibles de evolucionar con facilidad, pudiéndose reconocer todos los términos de tránsito. El agua de la serie de hidróxidos férricos, se entiende que es la combinada con el óxido férrico sobre 100° centígrados, y varía desde un dos por 100 en el óxido anhidro, hasta el 30 por 100 en los términos más hidratados.

Muck y Tomassi (1) son los autores que más han investigado sobre los precipitados, y obtuvieron ambos dos clases

(1) Campbell, obra citada.

de hidróxidos férricos, los rojos y los amarillos: los rojos se obtienen por la precipitación de las sales férricas con álcalis, mientras que los amarillos resultan de la oxidación del hidróxido ferroso húmedo o del carbonato ferroso.

Secando precipitados frescos de hidróxido férrico a diferentes temperaturas, Tomassi obtuvo los siguientes compuestos que supuso hidróxidos definitivos:

Hidróxidos amarillos.

$\text{Fe}_2(\text{O H})_6$ por bajo de 70°C .

$\text{Fe}_2(\text{O H})_4 \text{O}$ entre 70 y 105°C .

$\text{Fe}_2(\text{O H})_2 \text{O}$ entre 105 y 150°C .

Hidróxidos rojos.

$\text{Fe}_2(\text{O H})_6$ no obtenido.

$\text{Fe}_2(\text{O H})_4 \text{O}$ por bajo de 50°C .

$\text{Fe}_2(\text{O H})_2 \text{O}$ entre 50 y 92°C .

Al calentar los óxidos rojos se produjo un óxido pardo anhidro férrico con una densidad de 5,1, pero el óxido férrico anhidro que resultó al calentar los hidróxidos amarillos, fué rojo amarillento y con $P = 3,95$; Tomassi dedujo de este dato, que existen dos series distintas de hidróxidos férricos con propiedades distintas.

Van Bemmelen (1) demostró que los hidróxidos férricos son realmente sustancias coloidales sin composición química definida, dependiendo la cantidad de agua que retienen de la presión de su vapor en la atmósfera, con la cual están en equilibrio; solamente a temperaturas altas se convierten en óxido férrico anhidro. Creyó que los hidróxidos rojos

(1) Campbell, obra citada.

no difieren esencialmente de los amarillos, y que éstos son coloides en una forma algo más estable y concentrada. Si estas conclusiones fuesen exactas, es difícil comprender bajo qué condiciones se forman en la naturaleza y cómo abundan tanto los depósitos anhidros o poco hidratados, cuando en el Laboratorio son precisas temperaturas altas para conseguirlos.

En una serie de experimentos, Ruff (1) encontró que cuando al precipitado de hidróxido férrico rojo se le hacía permanecer varios años a la temperatura ordinaria, perdía gradualmente el agua, pero antes de llegar a ser completamente anhidro empezaba de nuevo a hidratarse, y después de diez o quince años evolucionaba hacia el hidróxido férrico normal ($2 \text{Fe}_2 \text{O}_3 \cdot 3 \text{H}_2 \text{O}$), limonita.

En una segunda serie de experimentos, operando Ruff a 5.000 atmósferas y con elevación gradual de temperatura, expuso que partiendo del hidróxido rojo llegaba sucesivamente, y a medida que elevaba la temperatura de 30 a 62° , a compuestos definidos con la composición de la limonita, goethita y turgita, pero no pudo llegar al óxido anhidro hasta los 150° , en cambio con la serie amarilla llegó hasta los 70° con un compuesto estable en hidratación y que parece referirse a la xantosiderita ($\text{Fe}_2 \text{O}_3 \cdot 2 \text{H}_2 \text{O}$). En resumen, las deducciones de Ruff pueden concretarse en estos apartados:

1.º Que el hidróxido rojo coloidal, bajo condiciones ordinarias, es un coloide de composición indefinida, pero que bajo alta presión y temperatura puede cambiar en corto tiempo a varios hidróxidos definidos.

2.º Que el hidróxido férrico amarillo es, muy probablemente, un compuesto definido.

3.º Que en condiciones normales el hidróxido rojo se

(1) Campbell, obra citada.

deshidrata ligeramente y cambia a óxido férrico anhidro, pero luego toma agua hasta llegar a la composición de la limonita como forma estable; y

4.º Que el óxido férrico anhidro no forma hidróxido férrico más que bajo condiciones especiales de temperatura y presión.

Nicolardot (1) ha llegado a la conclusión de que las seis modificaciones de hidróxido son polimeras de la forma más sencilla, demostrando en sus experiencias que los hidróxidos de una serie pueden cambiarse en los de la otra por eliminación del agua.

Campbell, al hacer sus estudios sobre los hidróxidos de las lateritas (2), realizó investigaciones sobre mineral excepcionalmente puro, como derivado de un bisulfuro casi químicamente puro de los yacimientos de Mossgruben (Noruega), el cual acusaba menos del 2 por 100 de sílice como única impureza y de 26 a 27 por 100 de agua, lo que corresponde próximamente a la fórmula $Fe_4(OH)_{12}$ (limnita), y está en concordancia con nuestros resultados sobre hidróxidos procedentes también de la alteración de las piritas.

Realizó una serie larga de observaciones muy interesantes, pero algo monótonas desde nuestro punto de vista. El único hidrato rojo que encontró fué la turgita, pero hirviendo el hidrato férrico durante mucho tiempo y en condiciones determinadas que no alteren su composición, se llegó a obtener un color rojo en el precipitado que pone sobre aviso de que puedan existir minerales rojos hidratados en la naturaleza, distintos de la turgita (3).

En resumen, a temperaturas bajas el resultado final de la acción del agua sobre el hidrato férrico, es que se satis-

facen todas sus afinidades por oxhidrilo, produciéndose la limnita $Fe_4(OH)_{12}$, mientras que a 100 grados centígrados, el último resultado de la acción del agua sobre el hidrato férrico equivale a la expulsión total del oxhidrilo, se satisfacen todas las afinidades con oxígeno y queda el óxido férrico anhidro: éstos, pues, parecen los dos extremos.

Por ningún método de secado se ha llegado a menos del 2 al 3 por 100 H_2O , tanto que Campbell se inclina a considerar indestructible a la turgita y que aun el óxido anhidro sea una mezcla de turgita y de óxido. Sin embargo, no se trata más que de una presunción.

Entendemos, pues, que con fundamento se puede decir que, tanto en el laboratorio como en la naturaleza, la mayor deshidratación en los minerales pardos y el metamorfismo más intenso corresponde con la mayor edad, equivalentes a los tiempos y temperaturas de desecación.

(1) Campbell, obra citada.

(2) *The Mining Magazine*, 1917.

(3) Los minerales de La Rúa, Montefurado, etc., de colores vivos, rojos y amarillos nos han acusado un grado alto de hidratación. (Véanse hidróxidos).

Distintas clases de depósitos hidroxidados.

Examinados los diferentes modos de extracción del hierro de las rocas en alteración, las disoluciones que con más frecuencia le suelen conducir y los mecanismos de precipitación del hidróxido férrico, mencionaremos las distintas clases de criaderos a que da lugar su consolidación.

Sucintamente, todos los depósitos gallegos epigenéticos se podrían condensar, diciendo: que la conducción tiene lugar en forma de bicarbonato, sulfato y ácidos orgánicos; la precipitación por oxidación o mediante bacterias, y la consolidación del precipitado siempre en forma coloide gelatinosa, evolucionando lentamente desde los términos más hidratados, a limonita y lepidocrocitas en formas concrecionadas y metacoloideas, que son las finales y más estables. Y como esta norma es general en todos los casos, sin más diferencia que simultanearse varias de las acciones señaladas, las características de los yacimientos de este gran grupo continental se reducen a distinguirlos morfológicamente, puesto que son iguales conducción, precipitación y depósito.

Desde luego los crestones de los oolíticos corresponden a las acciones estudiadas en este capítulo, pero como por su textura están íntimamente ligados con los cloritoso-carbonatados, los referimos a las alteraciones del grupo marino.

Hemos visto que las aguas meteóricas cargadas con las disoluciones ferruginosas eran susceptibles de realizar una conducción escasa, y por esto las formas de yacimiento se ligan íntimamente con las de las cavidades o depresiones que las reciben.

Es precisamente la escasa facultad de conducción la que produce depósitos secundarios hidroxidados a lo largo y paralelamente de los clásicos yacimientos silurianos; como comprobación de ello, y de que la fecha de su formación es mucho más reciente, se encuentran casi siempre los afloramientos de limonita de estos criaderos en una posición inferior, topográficamente, hacia la vertiente de las aguas actuales. Otro tanto ocurre con los depósitos formados a expensas de la alteración de las piritas, que se encuentran muy próximos y al pie de las rocas que son piritosas en su masa; pueden citarse las ampelitas del gotlandiense como ejemplo. Y es lógico que ocurra el cortejo de los depósitos secundarios de hierro con los yacimientos silurianos y los piritosos, pues éstos son precisamente los manantiales más importantes del hierro continental en Galicia.

De este modo, los yacimientos secundarios paralelos y la rubefacción constante de las rocas que contienen las corridas de mineral, forman una verdadera aureola paralela a las capas silurianas.

Rapidez de formación.—La rapidez con que, en ocasiones, se producen los depósitos ferruginosos epigenéticos, es mucho mayor de lo que con frecuencia se supone. Hemos hecho la observación particularmente con los óxidos muy hidratados, derivados de la alteración de la pirita *in situ* y, en este caso particular, parte del hierro es conducido como sulfato ferroso. Como formaciones rápidas de este género, se puede citar la consolidación de algunos terraplenes de pizarra y mineral algo piritoso en las minas de Vivero, los cuales, en poco más de un año, adquirieron una consistencia que no permitía arrancar a golpe de pico los trozos de roca cementada; análogos fenómenos hemos apreciado en los depósitos de mineral de las minas de Por-

cia, durante la misma parada de la guerra. También hemos comprobado el mismo hecho en las brechas producidas sobre los detritus de las ampelitas con núcleos piritosos del siluriano superior y en los frentes de mineral de algunas galerías en las minas de Vivero, donde se produjeron acumulaciones hidroxidadas de cerca de 0,80 metros y bastante consistencia durante la parada de cuatro años; podríamos citar muchos más casos.

La relativa prontitud en la formación de los depósitos de hidróxido ya había sido señalada por Geikie en los lagos suecos, en los cuales, y durante unos veintiséis años, se acumularon cerca de 0,50 metros.

Mr. Clarke reproduce análisis de aguas de manantiales que llegan a 19,6 miligramos de hierro por litro, y a ellos atribuye la formación de los hierros de pantanos (1).

Las aguas del Incio contienen 0,0252 gramos de bicarbonato ferroso por litro de agua, y en varios sitios producen acumulaciones de productos mucilaginosos ferríferos de más de un metro de espesor; estos depósitos, si cambia el sitio de salida o paso de las aguas, se van secando y reduciendo considerablemente de volumen, produciéndose costras de hidróxido bastante irregulares a medida que se reanuda e interrumpe la salida y deslizamiento de las aguas.

Crestones.—Pueden proceder del meteorismo de los minerales ordovicienses, sean carbonatados o magnéticos, o de los carbonatos espáticos.

En los crestones de los minerales oolíticos silurianos,

(1) M. S. Meunier, en su tratado de *Gîtes Minéraux*, cita un ejemplo curioso: al hacer las obras del Metropolitano de París, se han encontrado con que los guijarros que formaban el aluvión antiguo del río, estaban cimentados por acerdesa y manganita, habiendo acusado el agua solamente 7 miligramos de carbonato de manganeso por litro.

tan frecuentes en Galicia, Asturias y León, domina el hidróxido dispuesto en forma de bolas como resultado de la alteración de una roca homogénea fracturada por varias series de litoclasas, y cuyo final es la remoción completa del hierro y la sílice, que quedan en capitas delgadas alternantes encerrando oquedades o núcleos (1).

Tanto en los crestones de magnetita como en los de carbonato, y cuando, por diferentes circunstancias es difícil la oxidación, llegan el carbonato y la magnetita a ponerse en textura de bolas antes de su paso a hematites; en estas condiciones, su masa es más porosa y la sílice empieza a estar suelta, con lo que se facilita su disposición final, en capas concéntricas.

Hecha la transformación del crestón en *bolas* por meteorismo, no permanece invariable su figura y composición, sino que el hierro continúa con tendencia a realizar su total remoción.

Principia nuevamente el movimiento del hierro en cuanto hay grietas que permiten la circulación de aguas. La materia orgánica y el ácido carbónico facilitan la reducción, y vuelve a empezar el ciclo con muy escasa conducción de las sales ferrosas y subsiguiente precipitación, puesto que las grietas y fisuras de circulación quedan rellenas por nuevo hidróxido, más concrecionado que el crestón de donde procede.

Estos movimientos de remoción del hierro no son exclusivos de los crestones oxidados ordovicienses, sino que ocurren en todos los afloramientos en cuanto tienen grietas, fisuras o poros que permitan se establezca la circulación de aguas activas meteóricas. Ahora bien, teniendo en cuenta que las disoluciones que abandonan el precipitado proceden de la porción de terreno próximo a la sección fracturada

(1) Páginas 242 y 243.

que se considere, y además la escasa solubilidad del óxido férrico, tendremos que el depósito y los movimientos secundarios realizados, tienen que representar algo de laterización, y a ellos atribuimos el enriquecimiento en pequeña cantidad de alúmina y la evolución completa del hierro y la sílice; el hierro queda siempre en forma de limonita concrecionada o en términos más hidratados, y la sílice, siempre como coloide, forma vetas unidas a esos pequeños filones de hematites parda.

En esta remoción completa de la materia, la clorita, como poco atacable, forma núcleos en la masa, a veces unidos al cuarzo (1). Ejemplo: los crestones de la Robada, Galdo.

Cuando la reapertura de las grietas en los criaderos ya existentes es de tal magnitud que coincide de un modo singular en algunos kilómetros, se producen parcialmente verdaderos filones con mineral de fractura concoidea, zonedado en costras por depósito químico; como ejemplo se puede citar parte de Vaamonde y de la Veneira de Roquis, en el Incio.

Caso particular de la formación de crestones son las columnas de hidróxido que cortan los criaderos silurianos en las fracturas, cuando todo el haz de capas está levantado y las cuales han resultado de la oxidación por circulación de las aguas meteóricas. (Columnas de hidróxido en Villaodrid.)

Yacimientos de segregación.—Incluimos en este apartado los criaderos que se forman por acumulación de los precipitados hidroxidados, segregados por las aguas que atraviesan la roca lateral.

Este fenómeno, definido así, abarca desde el sencillo te-

(1) Véase generalidades de los yacimientos oolíticos, págs. 160 y siguientes.

ñido de la roca, rubefacción sintomática de la edad, hasta la formación de los filones. En ninguno de los casos, en Galicia, se ha formado el depósito por una sola clase de acciones, sino que, con intensidad variable según los casos, intervienen en la génesis de los criaderos ambos órdenes de precipitados químicos y biológicos.

Esta forma de exudación o secreción lateral, la consideramos como fundamento de todos los criaderos alojados en las grandes quebras del Sur de la zona ferrífera, razón por la cual expondremos el proceso gradual de la segregación.

Rubefacción y exudación.—En la zona del meteorismo, la atmósfera, con todas sus variaciones de humedad y calor, y sobre todo las aguas cargadas de elementos oxidantes, provocan en todas las rocas, al mayor o menor tiempo de exposición al aire, una afluencia del hierro contenido en forma oxidada hidratada hacia la superficie de la roca; la facies amarillo rojiza que adquiere, puede llamarse rubefacción.

Al salir al aire las disoluciones que circulan en el interior de la roca, absorben el oxígeno y se separa el hidrato férrico, con algo de alumínico, en forma de una jalea amarillenta pardo pálida, característica de los estados coloidales en contacto del aire, y en la que está contenido el ácido crénico y los precipitados de hidróxido, que la van haciendo parda y consistente al secarse. Si las precipitaciones se producen en los conductos capilares superficiales, se va impregnando la roca de los productos coloidales hidroxidados, y si salen al exterior, es produciendo a modo de unos botoncillos en los conductos de mayor diámetro, los cuales llegan en crecimientos sucesivos a unirse en costra continua. En este fenómeno, que se realiza con más o me-

nos intensidad en todas las rocas de la zona de fractura con tal de ser porosas y permeables, estriba el removido de hierro a su forma férrica, del interior hacia la superficie.

De lo expuesto se deduce que el removido del mineral de hierro es constante, pudiendo llegar a ser completo, y que en la consolidación de los precipitados de segregación hay tendencia decidida a la costrificación, enlazándose estas formas con las claramente filonianas.

Examinados los modos de cumplirse esta precipitación por oxidación de las disoluciones meteóricas, encontramos en sus distintos mecanismos el germen de la génesis de varias clases de yacimientos.

Cuando la precipitación coloidal tiene lugar fuera de la roca lateral, pero en su contacto, se producen los yacimientos clásicos de segregación, que tanto abundan en las bandas cambrianas del Oeste (1). Sin embargo, en la formación de estos yacimientos no interviene solamente la precipitación de los productos coloidales, sino que está en ellos combinada la salida de disoluciones por la roca lateral, con el descenso superficial de las aguas meteóricas, las cuales producen precipitación, no solamente por oxidación, sino por medio de agentes organizados o bacterias, y de ambas acciones precipitantes: química y orgánica, dan lugar al depósito, dominando simultánea o alternativamente. Tienen gran importancia, pues a ellas se deben los fundamentos de todos los depósitos hidroxidados gallegos.

Red de filoncillos y brecha.— Cuando la segregación y precipitación de disoluciones superficiales se efectúa en una roca sumamente fracturada, se encuentra una verdadera red de estrechos filoncillos (Strockwerk), como ocurre en parte de la margen derecha del Eo, San Jorge

(1) Véase Cuadro de Clasificación, pág. 146.

de Piquín, etc. (1). Cuando se forman estos pequeños Strockwerks en rocas porosas fracturadas *in situ*, como algunas cuarcitas alteradas en areniscas, hay, además de la circulación de aguas precipitantes, ataque de fuera hacia dentro de los trozos de la roca uniforme, lo cual produce una diferenciación, en capas concéntricas, de cada pedazo de roca, y el conjunto por fin adopta la forma de un crestón hidroxidado en *bolás*, pero en el que se distinguen porciones de cuarcita, sin transformar, encerradas en el hidróxido como las celdillas de un panal (Acebro, Fontaneira, etc.).

Por fin, si la roca está desmoronada o acumulados sus detritus en el trayecto de circulación, entonces los hidróxidos precipitados cementan los trozos de rocas separados, llegando a producir una brecha, como en varios de Caurel, Sobredo, Folgoso, etc., en el río Lor, los de Salcedo y otros muchos de las quebras silurianas del Sur de Lugo, y que, igual que todos los demás criaderos, serán tratados con detalle en sus monografías del próximo tomo.

La colocación de estos yacimientos en brecha y panal, es frecuente a lo largo de las capas silurianas preexistentes, las cuales representan su origen inmediato.

Por descenso superficial de disoluciones.— Cuando las aguas superficiales descienden por depresiones del terreno que contienen rocas piritosas en particular, o en general bastante ferruginosas, se suelen producir abundantes precipitaciones superficiales que se manifiestan en acumulaciones de lodos y crenatos, a veces de más de un metro de espesor, que se van consolidando al secarse y producen la costrificación del futuro yacimiento; cuando en esta labor las aguas llegan a encontrar obstáculo a su deslizamiento, opuesto por la acumulación y endurecimiento del hidróxido, van

(1) Véase Cuadro de Clasificación.

trasladando el lugar de su descenso, y con ello extendiendo y aumentando el yacimiento. Estas acumulaciones, cuya base son los sulfatos y ácidos orgánicos, llegan a adquirir alguna importancia, como en Formigueiros (Caurel). Lógicamente esta clase de depósitos está íntimamente unida con la forma del barranco o depresión por donde vierten las aguas. Cuando estos recipientes permiten menor espesor de masa hidroxidada y el descenso de las aguas se realiza entre vegetación, se producen masas esponjosas de caprichosas formas y colores, más bien vivos, en las que se conservan los múltiples tubitos dejados por los tallos al producirse su putrefacción; como ejemplo clásico se puede citar La Rua.

La demostración aparente de la abundante conducción de hierro por esta clase de aguas, se encuentra en las irisaciones que algunas veces se descubren en su superficie, producidas por la oxidación superficial de las disoluciones sulfatadas y orgánicas, mientras la parte inferior se encuentra conservada en forma ferrosa por un medio reductor; la abundancia de lodos crenatados en todos los grados de consistencia es otra prueba, y lo es igualmente la cementación de terraplenes y detritus. La presencia de la abundante pirita y el espesor del mantillo, explican el abastecimiento de ácidos conductores.

Depósitos análogos a éstos, aun cuando de mineral más compacto, son los horizontes de la Tierra Llana (1). También podemos referir al mismo grupo los de la Costa y Rao (en el límite de Asturias y Galicia), que consisten en impregnaciones de areniscas y las cuales, en ocasiones, recuerdan los Alios de las Landas, producidos por filtración y evaporación (2).

(1) Véanse Criaderos, pág. 230, y Geología, Formaciones modernas.
(2) S. Meunier, obra citada.

Las capas cambrianas de la izquierda del Eo, Ribadeo, San Tirso, etc. (1), pueden dar el término de enlace entre estos criaderos y los marinos de cordón litoral, porque su morfología y colocación es análoga a las silurianas, pero su depósito original parece haber sido como hidróxido, pudiendo apoyar esta hipótesis con los estudios de Dawson y Sterry Hunt, que hacen extensiva a los períodos primitivos la influencia de los ácidos orgánicos fundándose en la presencia del grafito desde los terrenos arcaicos, y en que este elemento debe representar una metamorfosis de la hulla y pretenden que los ácidos orgánicos de los antiguos elementos vegetales, son los que hicieron entrar al hierro en disolución.

Yacimientos por reemplazamiento.—Si la precipitación se verifica sin salir las aguas al exterior, es decir, en los conductos, planos de estratificación y diaclasas que tenga la roca, o sea en todos sus poros y oquedades, entonces se produce a modo de un principio de laterización, removiéndose la sílice y alúmina de la roca original. Al mismo tiempo, y paulatinamente, se va efectuando la disolución capilar de la roca, cuyos efectos, más o menos rápidos y visibles, se verifican en todas las formaciones, siendo reemplazada finalmente la roca lateral por el hidróxido, quedando convertida totalmente en mena y no conservando más que vestigios de la textura de la roca antigua. Esta clase de yacimientos, por reemplazamiento de la roca original, son en Galicia: los de Castelo, en Vaamonde (2); Veneira de Roquis, en el Incio (3); Peñafuente, en Asturias (4); La Pluma, en Puentedeume (5), y otros citados en

(1) Véase Criaderos, pág. 219.
(2) Página 228.
(3) Página 216.
(4) Páginas 216 y 217.
(5) Página 228.

el Cuadro de Clasificación, y de todos los cuales trataremos detalladamente en sus respectivas monografías.

Estos depósitos, en cierto modo metasomáticos, tienen lugar en la zona de meteorismo y en fracturas de pizarras y cuarcitas cuyo volumen queda aumentado, no conservándose de la textura original más que la actual de los planos de estratificación.

Aun quedan en el cuadro los yacimientos detríticos y filonianos que, en su fundamento, obedecen a las mismas leyes de este capítulo; por otra parte, su número es tan reducido, que sólo debemos mencionarlos para no romper la proporcionalidad, que procuramos conservar en esta nota, entre la importancia de los criaderos y la extensión con que los tratamos.

Viveró, 17 de Agosto de 1921.



ÍNDICE ALFABÉTICO
DE TODOS LOS TÉRMINOS GEOGRÁFICOS
CITADOS EN LA OBRA

ÍNDICE ALFABÉTICO DE TODOS LOS TÉRMINOS GEOGRÁFICOS CITADOS EN LA OBRA ⁽¹⁾

466

A

TÉRMINOS GEOGRÁFICOS	CATEGORÍA	AJUNTAMIENTO	PARTIDO JUDICIAL	PROVINCIA
Acebedo, pág. 126.....	Cordal de.....	El Franco.....	Castropol.....	Oviedo.
Acebo, pág. 4.....	Monte.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Acebro, págs. 6, 7, 95, 98, 99, 105, 175, 176, 177, 178, 216, 217, 264, 319, 323 y 461.....	Monte.....	Riotorto.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Acido, págs. 165, 187 y 190.....	Arroyo.....	(Yacimiento de Galdo).		
Aguajosa, págs. 6, 7 y 153.....	Parroquia.....	Villamcá.....	Ribadeo.....	Lugo.
Agua Levada, págs. 12, 17, 106, 166, 193, 196 y 210.....	Sierra de.....	Puebla de Brollón.....	Quiroga.....	Lugo.
Agudo, pág. 16.....	Monte.....	Incio.....	Sarria.....	Lugo.
Aira Vella, pág. 225.....	Lugar.....	Vasmonde.....	Villalba.....	Lugo.
Albela, págs. 7, 14, 25, 131 y 200.....	Monte.....	Becerreá.....	Becerreá.....	Lugo.
Alvarón, págs. 6 y 176.....	Monte.....	Trabada.....	Ribadeo.....	Lugo.
Alzadas de Rastromeiro, pág. 199.....	Lugar.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Ambarria, pág. 12.....	Peñas de.....	Taboada.....	Chantada.....	Lugo.
Ancares, págs. 2, 3, 4, 6, 7, 13, 14, 15, 16, 23, 24, 30, 43, 68, 69, 104, 121, 130, 174, 197, 198 y 199.....	Montes.....	Candín.....	Villafranca del Bierzo...	León.
Andina, págs. 73 y 125.....	Lugar.....	El Franco.....	Castropol.....	Oviedo.
Anllo, pág. 18.....	Río.....	Sober.....	Monforte.....	Lugo.
Aperral, págs. 19, 25, 118 y 119.....	Parroquia.....	Puentes de G. ^a Rodriguez	Ortigueira.....	Coruña.
Arancedo, pág. 73.....	Parroquia.....	El Franco.....	Castropol.....	Oviedo.
Arante, págs. 6, 105 y 169.....	Parroquia.....	Ribadeo.....	Ribadeo.....	Lugo.
Armada, págs. 182 y 188.....	Cuesta de la...	(Yacimiento de Galdo).		
As Casias, pág. 61.....	Lugar.....	Vegadeo.....	Castropol.....	Oviedo.
As Covas, pág. 210.....	Aforamiento...	(Yacimiento de Salcedo).		
Atalaya de Porcia, págs. 4, 125 y 126.....	Punta.....	Franco.....	Castropol.....	Oviedo.
Aveledo, págs. 182 y 190.....	Alto de.....	(Yacimiento de Galdo).		

B

Barba, pág. 5 y 192.....	Lugar.....	Barba.....	Ribadeo.....	Lugo.
Baralla, págs. 69 y 100.....	Lugar.....	Val de Jusá.....	Becerreá.....	Lugo.
Barayo, págs. 79 y 155.....	Sierra de.....	Valdés.....	Luarca.....	Oviedo.
Barco de Valdeorras, pág. 131.....	Lugar.....	Barco de Valdeorras.....	Valdeorras.....	Orense.
Barjas (del Lora), pág. 211.....	Parroquia.....	Puebla de Brollón.....	Quiroga.....	Lugo.
Barquero, págs. 9, 130, 220 y 224.....	Lugar.....	Mañón.....	Ortigueira.....	Coruña.
Barres, págs. 59, 76 y 127.....	Parroquia.....	Castropol.....	Castropol.....	Lugo.
Becerreá, págs. 7, 14, 23, 30, 35, 69, 84, 87, 89, 93, 126 y 131.....	Villa.....	Becerreá.....	Becerreá.....	Lugo.
Beche, págs. 98 y 99.....	Lugar.....	Villaodrid.....	Ribadeo.....	Lugo.
Belesar, págs. 50, 192, 221 y 225.....	Parroquia.....	Villalba.....	Villalba.....	Lugo.
Belesar, pág. 18.....	Monte.....	Villalba.....	Villalba.....	Lugo.
Bermuy, págs. 45 y 48.....	Parroquia y río.	Capela.....	Puentedeume.....	Coruña.
Betanzos, pág. 154.....	Ciudad.....	Betanzos.....	Betanzos.....	Coruña.
Boal, págs. 43, 92, 125 y 126.....	Villa.....	Boal.....	Castropol.....	Oviedo.
Bobia, págs. 2, 4, 24, 69, 103, 104, 125 y 198.....	Sierra.....	Vegadeo.....	Castropol.....	Oviedo.
Bocón, pág. 217.....	Lugar.....	(Yacimiento del Incio).		
Bollo, págs. 16 y 132.....	Villa.....	El Bollo.....	Viana del Bollo.....	Orense.
Boloais, pág. 7.....	Lugar.....	Cervantes.....	Becerreá.....	Lugo.
Brañajoal, pág. 88.....	Monte.....	Vegadeo.....	Castropol.....	Oviedo.
Bravos, páginas 9, 10, 31, 32, 164, 186, 187 y 190.....	Parroquia.....	Orol.....	Vivero.....	Lugo.
Breñoña, págs. 8 y 18.....	Montes de.....	Pastoriza.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Brosmos, pág. 40.....	Parroquia.....	Sober.....	Monforte.....	Lugo.
Burbia, pág. 105.....	Río.....	Valle de Fimolleda.....	Villafranca del Bierzo...	León.
Burela, págs. 49, 129 y 153.....	Parroquia.....	Cervo.....	Vivero.....	Lugo.
Buriz, pág. 39.....	Lugar.....	Trasparga.....	Villalba.....	Lugp.
Busdemouros, págs. 103, 125, 199 y 277.....	Lugar.....	Vegadeo.....	Castropol.....	Oviedo.
Bustelo, págs. 9, 10, 21 y 22.....	Monte de.....	Muros.....	Vivero.....	Lugo.
Busto=Cabo Busto.....	Lugar.....	Valdés.....	Luarca.....	Oviedo.
Buyo, págs. 9, 21 y 37.....	Montes del.....	Valle de Oro.....	Mondoñedo.....	Lugo.

C

Caballos, págs. 16, 131, 200 y 201.....	Sierra de los...	Caurel.....	Quiroga.....	Lugo y León.
Cabanas, pág. 111.....	Lugar.....	Villaodrid.....	Ribadeo.....	Lugo.
Caballeira, pág. 22.....	Lugar.....	Cervo.....	Vivero.....	Lugo.
Cabanas Antiguas, pág. 5.....	Lugar.....	Cervantes.....	Becerreá.....	Lugo.
Cabarcos, pág. 105.....	Parroquia.....	Barreiros.....	Ribadeo.....	Lugo.

467

(1) En el presente índice geográfico se encontrarán imprecisiones y hasta faltas en la clasificación administrativa; la explicación, ya que no la disculpa, está en que nos ha guiado la idea de dar una indicación segura para llegar a encontrar el punto preciso antes que atenernos respetuosamente a límites y definiciones oficiales, no siempre acompañadas de lógica. En cuanto a la ortografía de los términos regionales, hemos consultado al insigne polígrafo gallego Dr. Riguera Montero.

TÉRMINOS GEOGRÁFICOS	CATEGORÍA	AYUNTAMIENTO	PARTIDO JUDICIAL	PROVINCIA
Cabe, págs. 27, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 210, 259 y 266.....	Río.....	Incio.....	Sarria.....	Lugo.
Cabeza de Meda=Cabezo de Meda, páginas 2, 16, 40 y 107.....	Monte.....	Castro-Caldelas.....	Puebla de Trives.....	Orense.
Caboalle, pág. 25.....	Monte.....	Tineo.....	Tineo.....	Oviedo.
Caborco, pág. 211.....	Afloramiento...	(Yacimiento de Formigueiros).		
Cabos=Cabo Busto, págs. 65, 71, 74, 78, 79, 86, 89, 109 y 114.....	Lugar.....	Valdés.....	Luarca.....	Oviedo.
Cabo Vidrios=Cabo Vidio, pág. 155.....	Cabo.....	Cudillero.....	Pavia.....	Oviedo.
Cabreiros, págs. 19, 106 y 230.....	Parroquia.....	Villalba.....	Villalba.....	Lugo.
Cabrera, pág. 131.....	Sierra.....	Ponferrada.....	Ponferrada.....	León.
Cádabo, págs. 2, 4, 7, 23 y 25.....	Monte.....	Baleira.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Cadeira, págs. 7, 8, 24, 25, 28 y 105.....	Sierra de la.....	Trabada.....	Ribadeo.....	Lugo.
Cairo (El), págs. 220, 236, 276, 277 y 351.....	Lugar.....	Villaodrid.....	Ribadeo.....	Lugo.
Campo de Guleo, pág. 5.....	Montes.....	Navia de Suarna.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Cangas (de Nois), págs. 49, 105, 116 y 129.....	Parroquia.....	Foz.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Cangas de Tineo, págs. 236 y 348.....	Villa.....	Cangas.....	Cangas.....	Oviedo.
Capeloso, pág. 14.....	Monte.....	Caurel.....	Caurel.....	Lugo y León.
Carba, págs. 8, 18, 20, 31 y 50.....	Lugar y Sierra.....	Villalba.....	Villalba.....	Lugo.
Carballeira, págs. 213 y 214.....	Arroyo.....	(Yacimiento de La Rua).		
Carballido, pág. 127.....	Parroquia.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Carboeiros, pág. 230.....	Paraje y Afloramiento.....	(Yacimiento de Villalba).		
Caridad, págs. 225 y 226.....	Mina.....	(Yacimiento de Vaamonde).		
Carión, págs. 2, 10 y 12.....	Montes.....	Mellid.....	Arzua.....	Coruña.
Carondio, pág. 23.....	Monte.....	Illano.....	Castropol.....	Oviedo.
Cartea, págs. 6, 168 y 172.....	Lugar.....	Meira.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Carrizo, pág. 119.....	Lugar.....	Villalba.....	Villalba.....	Lugo.
Carros (Los), pág. 212.....	Afloramiento...	(Yacimiento de Formigueiros).		
Casares, pág. 213.....	Arroyo.....	(Yacimiento de La Rua).		
Casavella, pág. 184.....	Barranco.....	(Yacimiento de Vivero).		
Casayo, pág. 16.....	Parroquia.....	Carballada.....	Valdeorras.....	Orense.
Casela, págs. 174, 207 y 208.....	Lugar.....	(Yacimiento del Incio).		
Castanedo, pág. 200.....	Lugar.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Castelo, págs. 18, 39, 106, 221, 225, 228 y 463.....	Sierra.....	Trasparga.....	Villalba.....	Lugo.
Castro Caldela, págs. 16, 34, 36, 40 y 194.....	Villa.....	Castro Caldela.....	Puebla de Trives.....	Orense.
Castro de Rey, págs. 8, 18 y 69.....	Villa.....	Castro de Rey.....	Castro.....	Lugo.
Castropol, págs. 38, 59, 74, 76, 127 y 134.....	Villa.....	Castropol.....	Castropol.....	Oviedo.
Castros de Rillouso, pág. 180.....	Afloramiento...	(Yacimiento prolongación)	Sierra de Meira.....	
Castroverde, págs. 8, 69 y 72.....	Villa.....	Castroverde.....	Lugo.....	Lugo.
Caurel, págs. 8, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 25, 27, 30, 84, 93, 94, 95, 101, 107, 121, 130, 131, 133, 148, 153, 204, 205, 209, 210, 212, 213, 215, 266, 269, 283, 429, 461 y 462.....	Sierra de.....	Caurel.....	Quiroga.....	Lugo.....
Cazás, pág. 152.....	Lugar.....	Villalba.....	Villalba.....	León.....
Cebreiro, págs. 2, 6, 14, 15, 16, 23, 25, 69, 100, 101, 107, 130, 131 y 133.....	Montes del.....	Piedrafita.....	Becerreá.....	Lugo.
Cebrián, pág. 190.....	Lugar.....	Orol.....	Vivero.....	Lugo.
Centroña, pág. 228.....	Paraje.....	(Yacimiento de Puente deume).		
Cerdido, pág. 236.....	Lugar.....	Cerdido.....	Ortigueira.....	Coruña.
Cereijido, pág. 130.....	Lugar.....	Cervantes.....	Becerreá.....	Lugo.
Cereijido, págs. 108, 130, 205, 212 y 213.....	Lugar.....	Quiroga.....	Quiroga.....	Lugo.
Cerengo, págs. 13, 16, 17, 106, 132 y 197.....	Sierra de.....	Ribas del Sil.....	Quiroga.....	Lugo y Orense.
Cervantes, págs. 5, 6, 7, 14, 100, 107, 131, 133 y 180.....	Parroquia.....	Cervantes.....	Becerreá.....	Lugo.
Cerrede, pág. 172.....	Alto de.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Chantada, págs. 34, 36, 37, 40, 52 y 57.....	Villa.....	Chantada.....	Chantada.....	Orense.
Choupin, pág. 184.....	Arroyo.....	(Yacimiento de Vivero).		
Cibeiro=Cibreiro, pág. 12.....	Pico de.....	Bóveda.....	Monforte.....	Lugo.
Cillero=Celeiro de Mariño, pág. 21.....	Lugar.....	Barreiros.....	Ribadeo.....	Lugo.
Codesido, pág. 119.....	Parroquia.....	Villalba.....	Villalba.....	Lugo.
Columbas, pág. 170.....	Dunas.....	(Yacimiento de Orrea).		
Collado del Palo, pág. 79.....	Monte.....	Pola de Allande.....	Tineo.....	Oviedo.
Collar (El), pág. 218.....	Paraje.....	Oscos (S. ^a E. ^a).....	Castropol.....	Oviedo.
Colleira, págs. 44 y 45.....	Isla.....	Mañón.....	Ortigueira.....	Coruña.
Concha de Artedo, pág. 79.....	Bahía.....	Cudillero.....	Pravia.....	Oviedo.
Consuelo, pág. 170.....	Mina.....	(Yacimiento de Villaodrid).		
Cordal de La Loba, pág. 18.....	Sierra.....	Villalba.....	Villalba.....	Lugo.
Cordal de Valmonte, pág. 5.....	Monte.....	Presno.....	Castropol.....	Oviedo.
Coriscado, pág. 22.....	Monte.....	Muros.....	Vivero.....	Lugo.
Corneira, pág. 21.....	Monte de la.....	Foz.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Corno de Boy, págs. 10 y 26.....	Monte de.....	Mellid.....	Arzua.....	Coruña.
Corral, págs. 109, 111, 112 y 113.....	Lugar.....	Avilés.....	Avilés.....	Oviedo.
Corveira=Corbeira, págs. 73, 74 y 104.....	Punta y Pena.....	Ribadeo.....	Ribadeo.....	Lugo.
Coto Vieiro, pág. 230 y 331.....	Afloramiento...	(Yacimiento de Villalba).		
Cova das Choyas, págs. 205, 208, 210, 276, 351, 353 y 424.....	Afloramiento...	(Yacimiento del Incio).		
Cova da Serpe, págs. 2, 10, 11, 18, 25, 31 y 107.....	Montes.....	Friol (Guitriz).....	Lugo.....	Lugo.
Cova do Val, págs. 208 y 209.....	Afloramiento...	(Yacimiento del Incio).		
Covas (As), pág. 210.....	Afloramiento...	(Yacimiento de Salcedo).		
Courel, pág. 179.....	Lugar.....	Riotorto.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Cruz de Restela, págs. 5 y 174.....	Monte.....	Navia de Suarna.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Cuadramón, pág. 22.....	Monte.....	Valle de Oro.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Cubelas, págs. 5, 104 y 127.....	Parroquia.....	Ribadeo.....	Ribadeo.....	Lugo.
Cuerno, pág. 23.....	Punta del.....	Valdés.....	Luarca.....	Oviedo.
Cueva del Buey, pág. 209.....	Afloramiento...	(Yacimiento del Incio).		
Cueva del Oso, pág. 209.....	Afloramiento...	(Yacimiento del Incio).		
Cuevas de Avión, pág. 203.....	Afloramiento...	(Yacimiento del Incio).		
Cuevas de Muracebo, pág. 208.....	Afloramiento...	(Yacimiento del Incio).		

TÉRMINOS GEOGRÁFICOS	CATEGORÍA	AYUNTAMIENTO	PARTIDO JUDICIAL	PROVINCIA
Cuevas de Revellón, pág. 218.....	Afloramiento...	Arancedo.....	Castropol.....	Oviedo.
Cuiña, pág. 5.....	Vilar de.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Currás, pág. 198.....	Lugar.....	Villaodrid.....	Ribadeo.....	Lugo.
Cutelas, pág. 213.....	Arroyo.....	(Yacimiento de La Rua).		
D				
Dá, pág. 10.....	Puente de.....	Trasparga.....	Villalba.....	Lugo.
Doiras, pág. 125.....	Lugar.....	Boal.....	Castropol.....	Oviedo.
Doiras (Vilarello), pág. 181.....	Castillo de.....	Cervantes.....	Becerreá.....	Lugo.
Domingo Flórez, págs. 27 y 132.....	Puente de.....	Puente de D.º Flórez.....	Ponferrada.....	León.
Donís, págs. 34, 35, 40, 44 y 174.....	Parroquia.....	Cervantes.....	Becerreá.....	Lugo.
E				
Eirige, pág. 152.....	Lugar.....	Guntín.....	Lugo.....	Lugo.
Eje, pág. 12, 16, 40, 70, 92, 108, 132 y 133.....	Sierra del.....	La Vega.....	Valdeorras.....	Orense.
Encina la Lastra, págs. 2, 15, 101, 111 y 131.....	Sierra.....	Sobrado.....	Villafranca del Bierzo.....	León.
Enciñeiras=Enciñeira, págs. 194 y 197.....	Lugar.....	Quiroga.....	Quiroga.....	Lugo.
Eo, págs. 4, 7, 23, 24, 58, 62, 67, 68, 75, 86, 88, 104, 105, 120, 128, 150, 170, 176, 179, 180, 340, 460 y 463.....	Río.....	Ribadeo.....	Ribadeo.....	Lugo y Oviedo.
Espasande (Montes de), pág. 8.....	Parroquia.....	Castroverde.....	Lugo.....	Lugo.
Espasante, pág. 221.....	Parroquia.....	Ortigueira.....	Ortigueira.....	Coruña.
Espido, págs. 179 y 180.....	Lugar.....	Meira.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Espiñaredo, pág. 117.....	Lugar.....	Puentes de G.º Rodríguez.....	Ortigueira.....	Coruña.
Eume, págs. 22, 106, 117, 190, 191 y 192.....	Río.....	Muras.....	Muras.....	Vivero.
F				
Fabal, pág. 4.....	Lugar.....	Grandas de Salime.....	Castropol.....	Oviedo.
Faladora (La), págs. 2, 9, 10, 22, 28, 31, 32, 35, 47 y 106.....	Sierra.....	Ortigueira.....	Ortigueira.....	Coruña.
Farelo, págs. 2, 10 y 11.....	Sierra de.....	Taboada.....	Chantada.....	Lugo.
Faro, págs. 2, 10, 11, 12 y 26.....	Sierra de.....	Chantada.....	Chantada.....	Lugo.
Faro, pág. 14.....	Monte.....	Caurel.....	Quiroga.....	Lugo.
Faxos, págs. 36, 49, 105 y 139.....	Lugar.....	Faxos.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Ferramón, pág. 211.....	Lugar.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Ferreira, pág. 173.....	Río.....	Fonsagrada.....	Quiroga.....	Lugo.
Ferreiros, págs. 205 y 210.....	Lugar.....	Caurel.....	Quiroga.....	Lugo.
Ferreiros, pág. 199.....	Lugar.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Ferreñas (Las), pág. 212.....	Afloramiento.....	(Yacimiento de Formigueiros).		
Figueroa, pág. 152.....	La Puente de.....	Villalba.....	Villalba.....	Lugo.
Fiollada, págs. 12 y 13.....	Montes.....	Monforte.....	Monforte.....	Lugo.
Folgozo, págs. 210, 211 y 461.....	Parroquia.....	Caurel.....	Quiroga.....	Lugo.
Fonfria, págs. 4, 5, 103, 155, 197, 199 y 200.....	Lugar.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Fonsagrada, págs. 6, 7, 30, 72, 84, 126, 127, 155, 197, 199, 200, 238, 241, 247 y 316.....	Villa.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Fontaneira, págs. 7, 25, 105, 166, 180, 217 y 461.....	Parroquia.....	Baleira.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Fontarón, págs. 6, 7, 105, 175 y 180.....	Aldea.....	Becerreá.....	Becerreá.....	Lugo.
Fontes de Ervedido, pág. 213.....	Barranco.....	(Yacimiento de La Rua).		
Formigueiros, págs. 14, 148, 152, 154, 205, 210, 211, 212 y 462.....	Monte.....	Caurel.....	Quiroga.....	Lugo.
Fornos, págs. 182, 186, 189 y 190.....	Lugar.....	(Al S. del Yacimiento de Galdo).		
Foz, págs. 20, 30, 31, 35, 37, 38, 44, 48, 51, 59, 68, 69, 70, 80, 105, 129, 167, 230, 232, 273 y 274.....	Villa.....	Foz.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Franco, pág. 197.....	Aldea.....	El Franco.....	Castropol.....	Oviedo.
Freijo, págs. 21, 22, 41, 110, 161, 163, 193, 194, 196, 221, 224, 236, 261, 263, 267, 273, 340, 359, 369 y 414.....	Lugar.....	Monforte.....	Monforte.....	Lugo.
Freixo, pág. 19.....	Cordal de.....	Puentes de G.º Rodríguez.....	Ortigueira.....	Coruña.
Friol, págs. 31 y 35.....	Lugar.....	Friol.....	Lugo.....	Lugo.
Frouxeira, pág. 21.....	Castillo de la.....	Valle de Oro.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Froxan, pág. 233.....	Arroyo.....	(Yacimiento de Los Peares).		
Fucarón, pág. 213.....	Barranco.....	(Yacimiento de La Rua).		
G				
Galdo, págs. 150, 161, 162, 165, 166, 189, 190, 265, 336 y 358.....	Parroquia.....	Vivero.....	Vivero.....	Lugo.
Gañidoira, págs. 9 y 22.....	Sierra de la.....	Muras.....	Vivero.....	Lugo.
Garganta (Mesón de), págs. 88 y 198.....	Lugar.....	Vegadeo.....	Castropol.....	Oviedo.
Gaviais=Gabiais, pág. 98.....	Lugar.....	Villaodrid.....	Ribadeo.....	Lugo.
Germade, pág. 18.....	Montes.....	Germade.....	Villalba.....	Lugo.
Gestoso, págs. 16, 48, 221 y 224.....	Parroquia.....	Monfero.....	Puentedeume.....	Coruña.
Gestoso (de Arnao), pág. 200.....	Lugar.....	Oencia.....	Villafranca del Bierzo.....	León.
Gio, pág. 125.....	Lugar.....	Boal.....	Castropol.....	Oviedo.
Gistral, págs. 9, 10, 20, 21 y 22.....	Sierra de.....	Villalba.....	Villalba.....	Lugo.
Goente, pág. 117.....	Parroquia.....	Capela.....	Puentedeume.....	Coruña.
Goia, págs. 22, 25, 49, 50, 52 y 53.....	Peña.....	Muros.....	Vivero.....	Lugo.

TÉRMINOS GEOGRÁFICOS	CATEGORÍA	AYUNTAMIENTO	PARTIDO JUDICIAL	PROVINCIA
Gondar, pág. 39.....	Lugar.....	Lugo.....	Lugo.....	Lugo.
Grail, pág. 216.....	Peña de.....	(Yacimiento del Incio, Roquis)		
Granadas de Salime, págs. 72 y 126.....	Villa.....	Granadas de Salime.....	Castropol.....	Oviedo.
Grandela, págs. 150, 197 y 277.....	Lugar.....	Tol.....	Castropol.....	Oviedo.
Grilo, pág. 199.....	Lugar.....	Castropol.....	Castropol.....	Oviedo.
Grove, págs. 155 y 220.....	Lugar.....	Mondoñedo.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Grove, pág. 232.....	Península del.....	Grove.....	Cambados.....	Pontevedra.
Guimarey, págs. 31, 221, 226 y 227.....	Parroquia.....	Friol.....	Lugo.....	Lugo.
Guitiriz, págs. 10, 11, 19, 107, 224, 236, 267 y 269.....	Lugar.....	Trasparga.....	Villalba.....	Lugo.
Guntín, pág. 18.....	Montes.....	Guntín.....	Lugo.....	Lugo.
Guntín de Pallares, págs. 12, 19, 22, 26, 119, 127 y 152.....	Lugar.....	Guntín.....	Lugo.....	Lugo.

H

Horjales=Horjal, págs. 58 y 125.....	Monte.....	El Franco.....	Castropol.....	Oviedo.
Horno, págs. 109, 110 y 111.....	Lugar.....	Cudillero.....	Pravia.....	Oviedo.

I

Incio, págs. 14, 15, 27, 131, 148, 163, 206, 209, 210, 211, 213, 215, 216, 257, 259, 267, 271, 424, 429, 432, 456, 458 y 463.....	Parroquia.....	Incio.....	Sarria.....	Lugo.
Infesta, pág. 22.....	Monte.....	Mondoñedo.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Invernadero, págs. 2, 16, 40 y 133.....	Montes.....	Viana del Bollo.....	Viana del Bollo.....	Orense.
Iribio (Sierra del), pág. 14.....	Montes.....	Incio.....	Sarria.....	Lugo.

J

Jabugo=Sabugo (1), pág. 156.....	Lugar.....	Luarca.....	Luarca.....	Oviedo.
Jares, pág. 132.....	Río.....	La Vega.....	Valdeorras.....	Orense.
Judán, págs. 175 y 178.....	Parroquia.....	Villaodrid.....	Ribadeo.....	Lugo.

L

Ladra, pág. 18.....	Río.....	Villalba.....	Villalba.....	Lugo.
Lago, pág. 19.....	Parroquia.....	Jove.....	Vivero.....	Lugo.
La Loba=Loba, págs. 2, 10, 11, 19, 25, 35, 44, 47, 106, 163 y 224.....	Sierra.....	Trasparga.....	Villalba.....	Lugo y Coruña.
Lamareide, pág. 178.....	Lugar.....	Villaodrid.....	Ribadeo.....	Lugo.
Landrove, págs. 10 y 336.....	Río de.....	Vivero.....	Vivero.....	Lugo.
Lanzós, pág. 230.....	Lugar.....	Villalba.....	Villalba.....	Lugo.
La Vega=Vegadeo.....	Villa.....	Vegadeo.....	Castropol.....	Oviedo.
Lea, pág. 18.....	Río.....	Castro de Rey.....	Lugo.....	Lugo.
Leitariegos (Sierra), págs. 8, 13, 23, 236 y 270.....	Lugar.....	Leitariegos.....	Cangas de Tineo.....	Oviedo.
Lemus=Lemos (Monforte de), págs. 119, 121 y 191.....	Ciudad.....	Monforte.....	Monforte.....	Lugo.
Linares de Bedul, pág. 4.....	Sierra.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Lindín (Montes de), pág. 8.....	Parroquia.....	Mondoñedo.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Llneiras, pág. 76.....	Lugar.....	Castropol.....	Castropol.....	Oviedo.
Llneiras, pág. 178.....	Lugar.....	Villaodrid.....	Ribadeo.....	Lugo.
Lodás, págs. 93, 96 y 178.....	Lugar.....	Riotorto.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Logares (Veiga de), pág. 5.....	Aldea.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Loiva=Loiba, pág. 107.....	Parroquia.....	Ortigueira.....	Ortigueira.....	Coruña.
Lor, págs. 27, 193, 195, 196, 203, 204, 205, 209, 210, 217 y 461.....	Río.....	Caurel.....	Quiroga.....	Lugo.
Lor, pág. 12.....	Río.....	Puebla de Brollón.....	Quiroga.....	Lugo.
Lorenzana (Villanueva de), págs. 6, 67 y 176.....	Villa.....	Lorenzana.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Loureiro, pág. 210.....	Lugar.....	Villamor.....	Quiroga.....	Lugo.
Lousada, pág. 154.....	Lugar.....	Germade.....	Villalba.....	Lugo.
Lousadela, pág. 152.....	Lugar.....	Guntín.....	Lugo.....	Lugo.
Lousado, pág. 225.....	Lugar.....	(Yacimiento de Vaamonde)		
Lózara, págs. 14 y 16.....	Montes.....	Seoane de Caurel.....	Quiroga.....	Lugo.
Lózara, págs. 27 y 209.....	Río.....	Samos.....	Sarria.....	Lugo.
Luarca, págs. 24, 94, 96, 103, 105, 109, 110, 111, 130, 156, 160, 161, 162, 204, 211, 313, 320, 323 y 366.....	Villa.....	Luarca.....	Luarca.....	Oviedo.
Lucenza, págs. 101 y 131.....	Altos de.....	Caurel.....	Quiroga.....	Lugo.
Luisa, págs. 164 y 170.....	Mina.....	(Yacimiento de Villadrid)		

M

Mal Paso, pág. 214.....	Arroyo.....	(Yacimiento de La Rua)		
Malpica, págs. 228 y 229.....	Villa.....	Malpica.....	Carballo.....	Coruña.
Martin, págs. 165 y 175.....	Parroquia.....	Baleira.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Martiña, págs. 2, 10 y 26.....	Montes.....	Chantada.....	Chantada.....	Lugo y Orense.

TÉRMINOS GEOGRÁFICOS

474

TÉRMINOS GEOGRÁFICOS	CATEGORÍA	AZUNTAMIENTO	PARTIDO JUDICIAL	PROVINCIA
Masma, págs. 7, 8, 73, 128 y 155.....	Parroquia.....	Mondoñedo.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Masma, págs. 7 y 20.....	Rio de.....	Foz.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Mato, pág. 39.....	Lugar.....	Trasparga.....	Villalba.....	Lugo.
Mazaira, págs. 168 y 174.....	Lugar.....	Navia de Suarna.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Mazo, pág. 181.....	Lugar.....	Cervantes.....	Becerreá.....	Lugo.
Médulas, pág. 131.....	Lugar.....	Lago de Carucedo.....	Ponferrada.....	León.
Meira, págs. 6, 7, 24, 25, 41, 69, 88, 94, 95, 105, 162, 164, 165, 166, 175, 176, 177, 179, 180, 188, 264, 265, 267, 274, 279, 318, 319, 347, 406, 413 y 417.....	Villa y Sierra.....	Meira.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Mercurín, págs. 215 y 217.....	Lugar.....	Caurel.....	Quiroga.....	Lugo.
Mesón de la Garganta, pág. 5.....	Lugar.....	Vegadeo.....	Castropol.....	Oviedo.
Mestre, pág. 172.....	Lugar.....	Meira.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Miño, págs. 25, 26, 27 y 28.....	Río.....			
Miranda, págs. 14, 15 y 209.....	Montes.....	Caurel.....	Quiroga.....	Lugo.
Miravalles, págs. 30, 43, 51, 68, 86, 104, 126, 130 y 200.....	Pico de.....	Ancares.....	Cangas de Tineo.....	Oviedo.
Moa, págs. 16, 17 y 132.....	Sierra.....	San Clodio.....	Quiroga.....	Lugo y Orense.
Moisebame, pág. 22.....	Río.....	La Peroja.....	Orense.....	Orense.
Mojeira, pág. 69.....	Lugar.....	Riotorto.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Momán, págs. 47, 221 y 224.....	Parroquia.....	Germade.....	Villalba.....	Lugo.
Moncalvo, pág. 17.....	Montes.....	Galende.....	Puebla de Sanabria.....	Zamora.
Mondoñedo (Montes de), págs. 8, 50, 60, 69, 72, 73, 80, 128 y 220.....	Villa.....	Mondoñedo.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Mondigo, págs. 5, 6, 24, 133, 137, 150, 168 y 175.....	Monte.....	Ribadeo.....	Ribadeo.....	Lugo.
Monfero, págs. 45, 47, 132 y 232.....	Aldea.....	Monfero.....	Puentedeume.....	Coruña.
Monforte, págs. 32, 35, 40, 53, 106, 118, 121, 129, 161, 163, 164, 166, 193 y 194.....	Villa.....	Monforte.....	Monforte.....	Lugo.
Monteagudo, págs. 215 y 216.....	Monte.....	(Pacimientto del Incio).		
Montealegre, pág. 277.....	Lugar.....	Vegadeo.....	Castropol.....	Oviedo.
Montefurado, págs. 205, 212, 213, 267, 269, 429 y 452.....	Parroquia.....	Quiroga.....	Quiroga.....	Lugo.
Montouto, págs. 2, 9, 10, 22, 201 y 250.....	Cordal de.....	Trasparga.....	Villalba.....	Lugo y Coruña.
Mosteiro, pág. 18.....	Parroquia.....	Pol.....	Lugo.....	Lugo.
Moteseiro = Monteseiro (Monte), pág. 4.....	Parroquia.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Mourisco, pág. 172.....	Lugar.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Muracebo (Cuevas de), pág. 208.....	Afforamiento.....	(Yacimiento del Incio).		
Muradal, págs. 5, 98, 104, 172 y 173.....	Monte.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Muras, págs. 10, 21, 22, 28, 37, 50, 52, 106, 157 y 267.....	Parroquia.....	Muras.....	Vivero.....	Lugo.

Navia, págs. 87, 215, 217, 222 y 201.....	Lugar.....	Villaodrid.....	Ribadeo.....	Lugo.
Navalío, pág. 172.....	Lugar.....	Villaodrid.....	Ribadeo.....	Lugo.
Navia de Suarna, págs. 30, 68, 93, 104, 105, 120, 127, 198 y 199.....	Parroquia.....	Navia de Suarna.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Navia (Río), págs. 14, 19, 20, 23, 43, 111, 120, 125 y 174.....	Villa.....	Pravia.....	Luarca.....	Oviedo
Nay, pág. 128.....	Sierra de.....	Taboada.....	Chantada.....	Lugo.
Neda, págs. 8, 18 y 25.....	Cordal de.....	Villalba.....	Villalba.....	Lugo.
Negral, págs. 18 y 221.....	Parroquia.....	Guntín.....	Lugo.....	Lugo.
Neira, pág. 37.....	Puente.....	Páramo.....	Sarria.....	Lugo.
Neira de Jusá, pág. 69.....	Parroquia.....	Neira de Jusá.....	Becerreá.....	Lugo.
Negro, pág. 111.....	Río.....	Luarca.....	Luarca.....	Oviedo.
Nocedas = Noceda, págs. 12, 32, 106, 129, 163, 166 y 193.....	Parroquia.....	Monforte.....	Monforte.....	Lugo.
Nois, pág. 49.....	Parroquia.....	Foz.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Nuestra Sra. de la Puente, págs. 104 y 153.....	Lugar.....	Cubelas.....	Ribadeo.....	Lugo.

O

Ollo de Mar, págs. 167 y 232.....	Paraje.....	Foz.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Ombreiro, pág. 152.....	Antig. ^a ferrería.....	Trasparga.....	Villalba.....	Lugo.
Onciñán, págs. 182, 191, 192 y 193.....	Lugar.....	Muras.....	Vivero.....	Lugo.
Orol, págs. 157 y 190.....	Parroquia.....	Orol.....	Vivero.....	Lugo.
Oro (Valle de), págs. 8 y 20.....	Parroquia.....	Foz.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Orrea, págs. 98, 175, 177, 179, 179, 267 y 323.....	Lugar.....	Riotorto.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Oscos, págs. 4, 5, 87, 111, 112, 198, 218 y 277.....	Montes.....	Santa Eulalia.....	Castropol.....	Oviedo.
Otero, pág. 18.....	Parroquia.....	Castro de Rey.....	Lugo.....	Lugo.
Otur, pág. 23.....	Parroquia.....	Valdés.....	Luarca.....	Oviedo.
Ousá, págs. 18, 221, 225 y 226.....	Cordal de.....	Friol.....	Lugo.....	Lugo.
Ouria, pág. 68.....	Lugar.....	Vegadeo.....	Crstropol.....	Oviedo.
Ouviaño, pág. 198.....	Parroquia.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.

P

Padrón, págs. 9, 10 y 136.....	Monte de.....	Orol.....	Vivero.....	Lugo.
Panda de Debodas, pág. 191.....	Lugar.....	Muras.....	Vivero.....	Lugo.
Pando, pág. 5.....	Monte.....	Navia de Suarna.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Pando, pág. 200.....	Lugar.....	Cervantes.....	Becerreá.....	Lugo.
Panondres, pág. 23.....	Sierra.....	Navia.....	Luarca.....	Oviedo.
Parada Nova, pág. 68.....	Lugar.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Parada Pinol, pág. 212.....	Lugar.....	Quiroga.....	Quiroga.....	Lugo.
Paradela, pág. 194.....	Lugar.....	La Rua.....	Valdeorras.....	Orense.
Paradela, págs. 168 y 174.....	Lugar.....	Navia de Suarna.....	Fonsagrada.....	Lugo.

475

TÉRMINOS GEOGRÁFICOS

CATEGORIA

AJUNTAMIENTO

PARTIDO JUDICIAL

PROVINCIA

476

Paradela, págs. 215 y 217.....	Lugar.....	Caurel.....	Quiroga.....	Lugo.
Paramios, págs. 5 y 103.....	Parroquia.....	Vegadeo.....	Castropol.....	Oviedo.
Parameo (Monte de), págs. 8, 18, 26, 31 y 37..	Parroquia.....	Castroverde.....	Lugo.....	Lugo.
Pardollan, pág. 98.....	Lugar.....	Rubiana.....	Valdeorras.....	Orense.
Parga, pág. 225.....	Rio.....	Trasparga.....	Villalba.....	Lugo.
Pastoriza, pág. 8.....	Montes de.....	Pastoriza.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Peares, págs. 26, 27, 36, 230, 233, 236, 272, 273 y 274.....	Caserio.....	La Peroja.....	Orense.....	Orense.
Pedra de Couto, pág. 225.....	Lugar.....	Vaamonde.....	Villalba.....	Lugo.
Peites, págs. 16, 17 y 197.....	Parroquia.....	Ribas del Sil.....	Quiroga.....	Lugo.
Pelliceira, págs. 2 y 5.....	Lugar.....	Ibias.....	Cangas de Tineo.....	Oviedo.
Penacoba = Penacova, págs. 7, 175, 179 y 180	Lugar.....	Meira.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Pená Cartea, pág. 5.....	Monte.....	Meira.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Pená da Múa, pág. 180.....	Paraje (Piquín).....	Meira.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Pená da Roca, pág. 8.....	Monte.....	Mondoñedo.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Pená de Cabras, pág. 65.....	Lugar.....	Villaodrid.....	Ribadeo.....	Lugo.
Pená de Insua, pág. 178.....	Paraje.....	Villaodrid.....	Ribadeo.....	Lugo.
Pená do Corvo, págs. 162, 165, 182, 188 y 189.	Afloramiento.....	(Yacimiento de Galdo).		
Pená do Rayo, págs. 182 y 191.....	Afloramiento.....	(Yacimiento de Pena do Rayo).		
Pená Goia = Goia, pág. 231.....	Monte.....	Muras.....	Vivero.....	Lugo.
Pená Ferreña, págs. 182 y 190.....	Afloramiento.....	(Yacimiento de Pena Ferreña).		
Pená Longa, págs. 69 y 74.....	Paraje.....	Barreiros.....	Ribadeo.....	Lugo.
Penamayor, págs. 5 y 197.....	Lugar.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Penamil, págs. 5, 6, 104, 168, 174, 230, 241 y 316.....	Lugar.....	Navia de Suarna.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Pená Mosqueira, pág. 6.....	Parroquia.....	Cervantes.....	Becerreá.....	Lugo.
Pená Rubia = Pená da Rubia, págs. 73, 74, 75, 77, 79 y 110.....	Punta.....	Figueroas.....	Castropol.....	Oviedo.
Pená Sabel, págs. 193, 194, 196 y 238.....	Monte.....	Quiroga.....	Quiroga.....	Lugo.
Pená Salguez, págs. 182 y 191.....	Afloramiento.....	(Yacimiento de Pena Salguez).		
Penas do Fro, pág. 225.....	Paraje.....	Vaamonde.....	Villalba.....	Lugo.
Pendella, págs. 44 y 132.....	Sierra de la.....	Monfero.....	Puentedeume.....	Coruña.
Penedo do Galo, págs. 21, 22 y 38.....	Monte.....	Orol.....	Vivero.....	Lugo.
Penedo Veneiro, págs. 208 y 209.....	Afloramiento.....	(Yacimiento del Incio).		
Penido Novo, pág. 21.....	Monte.....	Valle de Oro.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Penafuente, págs. 5, 98, 126, 198, 216 y 463..	Lugar.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Pená Mayor = Pená del Pico, págs. 4, 7, 8 y 200.....	Monte.....	Becerreá.....	Becerreá.....	Lugo.
Peñarredonda = Penarronda, pág. 127.....	Paraje.....	Barres (Figueroas).....	Castropol.....	Oviedo.
Peñas del Timón, pág. 176.....	Paraje.....	Villan.ª de Lorenzana.....	Ribadeo.....	Lugo.
Peón, págs. 9 y 186.....	Monte de.....	Orol.....	Vivero.....	Lugo.
Pereiras, pág. 18.....	Montes.....	Guntín.....	Lugo.....	Lugo.
Perandaz, pág. 208.....	Afloramiento.....	(Yacimiento del Incio).		
Pia Pájaro, pág. 14.....	Paraje.....	Villaodrid.....	Ribadeo.....	Lugo.
Pichóca (La), pág. 177 y 325.....	Paraje.....	Begonte.....	Villalba.....	Lugo.
Piedrafitá, págs. 152, 221, 224, y 225.....	Lugar.....	Cebreiro.....	Becerreá.....	Lugo.
Piedrafitá (del Cebreiro), págs. 14 y 131.....	Lugar.....	Cebreiro.....	Becerreá.....	Lugo.
Piedras Apañadas, págs. 2, 4, 104, 126 y 199.	Sierra.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Piorno, pág. 277.....	Lugar.....	Los Oscos.....	Castropol.....	Oviedo.
Piquín, págs. 5 y 104.....	Parroquia.....	Meira.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Pluma (La), págs. 230, 232 y 463.....	Lugar.....	Monfero.....	Puentedeume.....	Coruña.
Poleo, pág. 111.....	Rio.....	Luarca.....	Luarca.....	Oviedo.
Pombal, pág. 184.....	Caserio.....	Vivero.....	Vivero.....	Lugo.
Ponga (véase Parga), pág. 18.....	Rio.....	Trasparga.....	Villalba.....	Lugo.
Porcia, págs. 5, 41, 42, 43, 65, 72, 74, 75, 103, 111, 125, 126, 155, 161, 162, 164, 165, 166, 167, 197, 198, 236, 277, 369, 414 y 455.....	Puente.....	Franco.....	Castropol.....	Oviedo.
Porcia (Río de), págs. 7, 23 y 24.....	Puente de.....	Franco.....	Castropol.....	Oviedo.
Porto Vello, pág. 221.....	Lugar (Guitiriz).....	Trasparga.....	Villalba.....	Lugo.
Poso, pág. 68.....	Lugar.....	Cervantes.....	Becerreá.....	Lugo.
Pousadoiro, págs. 5, 58, 63, 75, 88 y 126.....	Monte.....	Castropol.....	Castropol.....	Oviedo.
Pozo, págs. 211 y 212.....	Afloramiento.....	(Yacimiento de Formigueiros).		
Pozo Mouro, págs. 165, 187 y 189.....	Arroyo.....	(Yacimiento de Galdo).		
Pradairo, págs. 6 y 200.....	Lugar.....	Neira de Rey.....	Becerreá.....	Lugo.
Prelo, pág. 197.....	Paraje.....	Castropol.....	Castropol.....	Oviedo.
Presno, págs. 58, 126, 198 y 199.....	Parroquia.....	Vegadeo.....	Castropol.....	Oviedo.
Promontoiro, pág. 24.....	Punta del.....	Barreiros.....	Ribadeo.....	Lugo.
Puebla de Brollón, págs. 12, 119, 120, 196, 208 y 353.....	Villa.....	Puebla de Brollón.....	Quiroga.....	Lugo.
Puebla de Burón, págs. 68 y 127.....	Parroquia.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Puebla de Trives, pág. 197.....	Villa.....	Puebla de Trives.....	Puebla de Trives.....	Orense.
Puente de Domingo Flores, pág. 132.....	Villa.....	Puente de D.º Flores.....	Ponferrada.....	León.
Puentedeume, págs. 45, 228 y 463.....	Villa.....	Puentedeume.....	Puentedeume.....	Coruña.
Puente Figueroa, pág. 154.....	Lugar.....	Germade.....	Villalba.....	Lugo.
Puentes de García Rodríguez, págs. 10, 19, 47, 117, 118, 119, 121, 221 y 224.....	Villa.....	Puentes.....	Ortigueira.....	Coruña.
Puerto Marín, págs. 18, 221 y 226.....	Villa.....	Puerto Marín.....	Chantada.....	Lugo.

Q

Queixa = Queija, págs. 2, 16, 17, 26, 30, 32, 40, 107, 108 y 120.....	Sierra.....	Puebla de Trives.....	Puebla de Trives.....	Orense.
Queireño, págs. 93, 96, 98, 108 y 113.....	Parroquia.....	Rubiana.....	Valdeorras.....	Orense.
Quindós, pág. 174.....	Parroquia.....	Cervantes.....	Becerreá.....	Lugo.
Quintela, pág. 153.....	Parroquia.....	Castro de Rey.....	Lugo.....	Lugo.
Quiroga, págs. 28, 119, 121, 132, 152, 153, 193, 195 y 248.....	Villa.....	Quiroga.....	Quiroga.....	Lugo.

477

R

Rairós, pág. 12.....	Parroquia.....	Ribas del Sil.....	Quiroga.....	Lugo.
Rao, págs. 5, 104, 126, 197, 198 y 462.....	Parroquia.....	Navia de Suarna.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Rececede, págs. 98, 99, 113, 175, 177 y 178.....	Parroquia.....	Riotorto.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Recelle (Negral), pág. 221.....	Parroquia.....	Guntín.....	Lugo.....	Lugo.
Redonda (Peña), pág. 16.....	Monte.....	Incio.....	Sarria.....	Lugo.
Redondelo, pág. 208.....	Lugar.....	Incio.....	Quiroga.....	Lugo.
Rega (La), págs. 182 y 183.....	Afforamiento.....	(Yacimiento de Testa Castro a Vivero).		
Rego das Colmeas, pág. 190.....	Afforamiento.....	(Yacimiento de Pena Ferreña).		
Reinante (San Miguel de), págs. 151 y 153.....	Parroquia.....	Barreiros.....	Ribadeo.....	Lugo.
Reiriz, pág. 5.....	Lugar.....	Franco.....	Castropol.....	Oviedo.
Retortas, págs. 18 y 211.....	Parroquia.....	Guntín.....	Lugo.....	Lugo.
Rey Centuolo, pág. 69.....	Cueva del.....	Mondoñedo.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Ribadeo, págs. 9, 30, 31, 35, 48, 58, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 77, 79, 81, 82, 111, 127, 149, 150, 153, 157, 171, 220, 238 y 463.....	Villa.....	Ribadeo.....	Ribadeo.....	Lugo.
Ribas Pequenas, pág. 13.....	Montes.....	Puebla de Brollón.....	Quiroga.....	Lugo.
Ribeira, pág. 200.....	Lugar.....	Navia de Suarna.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Ricopete, pág. 153.....	Lugar.....	Quiroga.....	Quiroga.....	Lugo.
Rinlo, pág. 150.....	Parroquia.....	Ribadeo.....	Ribadeo.....	Lugo.
Riobarba, pág. 130.....	Lugar.....	Riobarba.....	Vivero.....	Lugo.
Riotorto, págs. 6, 7, 69, 95, 153, 154 y 164.....	Parroquia.....	Riotorto.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Robada págs. 336 y 458.....	Mina.....	(Yacimiento prolongación de Galdos.)		
Robledo, págs. 98, 112, 200, 201 213, 353 y 461.....	Lugar.....	Rubiana.....	Valdeorras.....	Entre Lugo, Orense y León.
Robledo = Roblido, pág. 265.....	(Yacimiento de La Rua)			
Rocas, pág. 153.....	Paraje.....	Caurel.....	Quiroga.....	Lugo.
Rodicio, págs. 16, 40 y 107.....	Monte.....	Castro Caldelas.....	Puebla de Trives.....	Orense.
Podrigas (Las), pág. 154.....	Lugar.....	Riotorto.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Roncadoira, págs. 19 y 38.....	Punta.....	Vivero.....	Vivero.....	Lugo.
Roquis (Veneira de), págs. 148 y 226.....	Afforamiento.....	(Yacimiento del Incio)		
Roupar, págs. 50, 106, 152, 154, 192, 230 y 266.....	Parroquia.....	Germade.....	Villalba.....	Lugo.
Rua (La), págs. 40, 43, 44, 50, 106, 108, 163, 193, 197, 205, 213, 236, 267, 269, 436, 452 y 462.....	Parroquia.....	La Rua.....	Valdeorras.....	Orense.
Rubia = Punta da Rubia, pág. 79.....	Punta de la.....	Figueras.....	Castropol.....	Oviedo.
Rubian, pág. 12.....	Río.....	Bóveda.....	Monforte.....	Lugo.
Rugando, pág. 149.....	Ferrería de.....	Quiroga.....	Quiroga.....	Lugo.
Salave, págs. 42 y 166.....	Parroquia.....	El Franco.....	Castropol.....	Oviedo.
Salcedo, págs. 205, 208, 209, 210, 213, 353 y 461.....	Lugar.....	Puebla de Brollón.....	Quiroga.....	Lugo.
Samos, págs. 14, 148 y 212.....	Río.....	Samos.....	Sarria.....	Lugo.
San Andrés, pág. 68.....	Parroquia.....	Veiga de Logares.....	Fonsagrada.....	Lugo.
San Ciprián, págs. 148 y 149.....	Parroquia.....	San Ciprián.....	Vivero.....	Lugo.
San Clodio, págs. 120, 194, 195, 238, 241, 248, 250, 316 y 317.....	Lugar.....	Ribas del Sil.....	Quiroga.....	Lugo.
San Cosme, págs. 38 y 127.....	Parroquia.....	Barreiros.....	Ribadeo.....	Lugo.
San Estebo, págs. 6 y 177.....	Parroquia.....	Villameá.....	Ribadeo.....	Lugo.
San Fernando, pág. 5.....	Lugar.....	Ribadeo.....	Ribadeo.....	Lugo.
San Genjo, págs. 230 y 232.....	Parroquia.....	Grove.....	Cambados.....	Pontevedra.
San Jorge de Piquín, págs. 172 y 460.....	Lugar.....	Meira.....	Fonsagrada.....	Lugo.
San Juan de Cobas, pág. 183.....	Parroquia.....	Vivero.....	Vivero.....	Lugo.
San Julián, pág. 313.....	Arroyo.....	(Afforamiento de La Rua)		
San Mamede, págs. 173 y 220.....	Lugar.....	Villaodrid.....	Ribadeo.....	Lugo.
San Martín, pág. 213.....	Parroquia.....	La Rua.....	Valdeorras.....	Orense.
San Miguel, págs. 165 y 336.....	Arroyo.....	(Yacimiento de Galdos)		
San Miguel de Cervantes, pág. 131.....	Lugar.....	Vilarello.....	Cervantes.....	Becerreá.....
San Miguel de Reinante, págs. 6, 9, 24, 59, 69, 72, 73, 89, 93, 99, 116, 127, 150, 155, 168, 176, 187, 188, 190, 208, 220, 276 y 351.....	Parroquia.....	Barreiros.....	Ribadeo.....	Lugo.
San Payo, pág. 12.....	Montes de.....	Panton.....	Monforte.....	Lugo.
San Pedro de Benquerencia, págs. 150 y 176.....	Parroquia.....	Barreiros.....	Ribadeo.....	Lugo.
San Pedro de Cervantes, págs. 105 y 175.....	Parroquia.....	Cervantes.....	Becerreá.....	Lugo.
San Pedro dal Rio, págs. 5, 6, 104, 160, 171, 173, 174, 208, 240, 241, 250, 310, 316 y 343.....	Aldea.....	Río.....	Fonsagrada.....	Lugo.
San Pedro de Neiro, pág. 68.....	Lugar.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
San Roque, págs. 22, 23 y 38.....	Monte.....	Vivero.....	Vivero.....	Lugo.
Santa Comba, pág. 7.....	Parroquia.....	Lugo.....	Lugo.....	Lugo.
Santa Cruz, pág. 75.....	Paraje.....	Ribadeo.....	Ribadeo.....	Lugo.
Santa Eulalia de Oscos, pág. 149.....	Parroquia.....	Santa Eulalia de Oscos.....	Castropol.....	Oviedo.
Santalla, págs. 6, 168 y 171.....	Aldea.....	Villameá.....	Villameá.....	Lugo.
Santa María del Monte, págs. 4, 5 y 198.....	Lugar.....	El Franco.....	Castropol.....	Oviedo.
Santa María Mayor, pág. 6.....	Parroquia.....	Riotorto.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Santa Marta, págs. 152 y 336.....	Villa.....	Ortigueira.....	Ortigueira.....	Coruña.
Sante, págs. 5, 104, 169 y 220.....	Parroquia.....	San Tirso.....	Ribadeo.....	Lugo.
Santiago, pág. 112.....	Río (Poleo).....	Luarca.....	Luarca.....	Oviedo.
Santigoso, pág. 132.....	Lugar.....	Carballeda.....	Rivadabia.....	Orense.
San Tirso de Abres, págs. 5, 91, 93, 94, 98, 104, 127, 169, 175, 220, 240, 348 y 463.....	Parroquia.....	San Tirso.....	Castropol.....	Oviedo.
San Vicente, pág. 155.....	Lugar.....	Mondoñedo.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Sargadelos, págs. 149, 150, 151, 153 y 168.....	Parroquia.....	Cervo.....	Vivero.....	Lugo.
Sarria, págs. 31 y 119.....	Villa.....	Sarria.....	Sarria.....	Lugo.
Sasdonigas (Las), págs. 8, 69, 72, 73 y 129.....	Parroquia.....	Mondoñedo.....	Castropol.....	Lugo.
Seara (La), pág. 98.....	Parroquia.....	Caurel.....	Quiroga.....	Lugo.
Seares, pág. 63.....	Lugar.....	Vegadeo.....	Castropol.....	Oviedo.

TÉRMINOS GEOGRÁFICOS

CATEGORÍA

AYUNTAMIENTO

PARTIDO JUDICIAL

PROVINCIA

Sebrán, pág. 9	Sierra de	Orol	Quiroga	Lugo
Seca, pág. 31	Sierra	La Gudina	Puebla de Sanabria	Orense
Seceda, págs. 93, 95, 205, 210, 211 y 353	Lugar	Caurel	Quiroga	Lugo
Segundera, págs. 2, 16, 17, 26, 31 y 132	Sierra	Porto	Puebla de Trives	Zamora
Seijosmil, págs. 7 y 180	Lugar	Meira	Fonsagrada	Lugo
Seixo (Monte), pág. 17	Vértice	Puebla de Trives	Castropol	Orense
Selmo, pág. 211	Río	Sobrado de Aguiar	Villafranca del Bierzo	León
Sená, pág. 5	Lugar	Ibias	Castropol	Oviedo
Seoane de Caurel, págs. 100, 101, 131 y 217	Parroquia	Caurel	Quiroga	Lugo
Serra Moura, págs. 182 y 187	Afloramiento	(Yacimiento de Galdos)		
Serrón, pág. 79	Lugar	Valdés	Luarca	Oviedo
Sierra de La Loba=La Loba, pág. 221	Sierra	Trasparga	Villalba	Lugo y Coruña
Sil, págs. 26, 27, 28, 132, 151, 194, 196, 201, 203, 205, 210, 212 y 266	Río	(De Puerto de Domingo Flórez a los Peares)		
Silvarosa, págs. 9, 161, 164, 182, 183, 184, 186, 188, 326 y 336	Montes de la	Vivero	Vivero	Lugo
Sobredo, págs. 95, 101, 205, 210 y 461	Lugar	Caurel	Quiroga	Lugo
Somoza, pág. 214	Arroyo	(Yacimiento de la Rúa)		
Son, págs. 5, 104 y 174	Parroquia	Navia de Suarna	Fonsagrada	Lugo
Sor, pág. 10	Río de	Ortigueira	Ortigueira	Coruña
Sotordey, pág. 197	Lugar	Quiroga	Quiroga	Lugo
Suarna, págs. 5 y 126	Parroquia	Fonsagrada	Fonsagrada	Lugo
Suarón, págs. 126 y 127	Río	Vegadeo	Castropol	Oviedo
Sucadio, pág. 87	Lugar	Ortigueira	Ortigueira	Coruña
Sudros, pág. 173	Lugar	San Pedro del Río	Fonsagrada	Lugo
Suegos, pág. 9	Parroquia	Riobarba	Vivero	Lugo
Sueve, págs. 161, 164, 405, 415 y 417	Montes del	Carania	Villaviciosa	Oviedo

T

Taboada, pág. 12	Parroquia	Taboada	Chantada	Lugo
Támega=Támoga, pág. 18	Río	Cospeito	Villalba	Lugo
Taramundi, pág. 127	Villa	Taramundi	Castropol	Oviedo
Teijeiro, pág. 37	Sierra de	Lugo	Lugo	Lugo
Testa de Castro=Testa de Ferro, págs. 150, 182 y 183	Punta	Vivero	Vivero	Lugo
Testeiro, pág. 26	Montes de	Irigo	Carballino	Pontevedra y Orense
Tierra Llana, págs. 18, 19, 22, 26, 27, 49, 50, 120, 269 y 462	Term.º geogr.º	Villalba	Villalba	Lugo
Tineo, pág. 124	Villa	Tineo	Tineo	Oviedo
Todrigo, pág. 210	Monte	Salceda	Quiroga	Lugo
Toral de los Vados, pág. 131	Villa	Villadecanes	Villafranca del Bierzo	Lugo
Toreno, pág. 124	Villa	Toreno	Ponferrada	León
Tormaleo, pág. 124	Parroquia	Ibias	Cangas de Tineo	Oviedo
Tormentosa, pág. 199	Lugar	Castropol	Castropol	Oviedo
Tornos (Los), pág. 79	Citado por M. Barrois			Oviedo
Torre (Pico de la), pág. 22	Monte	Puentes de G.ª Rodríguez	Ortigueira	Coruña
Torto, págs. 105 y 178	Río	Riotorto	Mondoñedo	Lugo
Tourán, pág. 111	Lugar	Luarca	Luarca	Oviedo
Trabada, págs. 6, 105, 175 y 176	Parroquia	Trabada	Ribadeo	Lugo
Trabado, pág. 104	Lugar	Suarna	Fonsagrada	Lugo
Transvaal, pág. 225	Mina	(Yacimiento de Vaamonde)		
Trapa, págs. 5, 103 y 199	Montes de la	Fonsagrada	Fonsagrada	Lugo
Tres Mujeres (Pico), pág. 22	Monte	Foz	Mondoñedo	Lugo
Trobo, pág. 68	Lugar	Logares	Fonsagrada	Lugo
Tronceda, pág. 8	Río	Mondoñedo	Mondoñedo	Lugo
Turia, pág. 170	Río	Villaadrid	Ribadeo	Lugo

U

Ulla, pág. 10	Río	Taboada	Chantada	Lugo
Ulloa, págs. 18 y 36	Región de la	Palas de Rey	Chantada	Lugo

V

Vaamonde, págs. 18, 19, 31, 39, 73, 152, 167, 192, 193, 221, 223, 224, 227, 228, 229, 261, 262, 264, 267, 268, 269, 274, 458 y 463	Parroquia	Begonte	Villalba	Lugo
Valcarce, pág. 148	Lugar	Villafranca del Bierzo	Villafranca	León
Valdebueyes (Puerto de), pág. 23	Sierra	Grandas de Salime	Castropol	Oviedo
Val de Gestoso, págs. 45 y 47	Lugar	Monfero	Puentedeume	Coruña
Valdeorras, págs. 27, 100, 106, 119, 120, 205, 212 y 213	Valle de	Valdeorras	Valdeorras	Orense
Val Doriña, pág. 69	Arroyo	Sasdonigas	Mondoñedo	Lugo
Valdoviño, pág. 236	Lugar	Valdoviño	Ferrol	Coruña
Valmonte=Balmonte, págs. 125 y 198	Lugar	Castropol	Castropol	Oviedo
Valvaler, pág. 23	Sierra	Grandas de Salime	Castropol	Oviedo
Valle de Oro, págs. 48 y 120	Valle	Valle de Oro	Mondoñedo	Lugo
Valle de San Agustín, pág. 5	Valle	Franco	Castropol	Oviedo
Valledor, pág. 23	Sierra	Grandas de Salime	Castropol	Oviedo
Vares (Estaca de), pág. 10	Lugar	Ortigueira	Ortigueira	Coruña
Vega de Espinaredo = Espinaredo, página 25	Villa	Vega de Espinaredo	Villafranca del Bierzo	León

TÉRMINOS GEOGRÁFICOS	CATEGORIA	AYUNTAMIENTO	PARTIDO JUDICIAL	PROVINCIA
Vegadeo=Vega de Ribadeo (La), págs. 24, 59, 60, 61, 64, 66, 68, 72, 76, 78, 81, 83, 84, 127, 130, 148 y 155.	Villa.....	Vegadeo.....	Castropol.....	Oviedo.
Veguña, pág. 126.	Lugar.....	El Franco.....	Castropol.....	Oviedo.
Veiga de Logares=Logares, págs. 5, 59, 60, 61, 68, 73 y 236.	Parroquia.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Veneira de Roquis, págs. 215, 216, 459 y 463.	Afloramientos de	(Yacimiento del Incio).		
Veneiros Vellos, pág. 211.	Afloramiento...	(Yacimiento de Formigueiros).		
Viana, pág. 132.	Villa.....	Viana del Bollo.....	Viana.....	Orense.
Vicedo, pág. 44.	Lugar.....	Valle.....	Ortigueira.....	Coruña.
Vidal, págs. 6 y 105.	Parroquia.....	Trabada.....	Ribadeo.....	Lugo.
Viduedo (Sierra), págs. 14, 15, 23, 25, 207 y 208.	Montes.....	Triacastela.....	Becerreá.....	Lugo.
Vieiro (coto), págs. 170, 175, 230 y 231.	Paraje.....	Villalba.....	Villalba.....	Lugo.
Vieiro (Monte de), pág. 9.	Parroquia.....	Vivero.....	Vivero.....	Lugo.
Vigia de Vicedo=Vicedo, pág. 45.	Lugar.....	Valle.....	Ortigueira.....	Coruña.
vilar de Adrios, págs. 105, 175 y 180.	Lugar.....	Baleira.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Vilar de Cuiña=Cuiñas, págs. 5 y 99.	Parroquia.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Vilarello, págs. 6, 7, 105, 131, 166, 175 y 180.	Parroquia.....	Cervantes.....	Becerreá.....	Lugo.
Vilargondurfe, págs. 6, 167, 168, 172 y 251.	Lugar.....	Villaodrid.....	Ribadeo.....	Lugo.
Vilarino, págs. 172 y 188.	Altos de.....	Vivero.....	Vivero.....	Lugo.
Vilarsocarral, pág. 173.	Lugar.....	Río.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Vilavedelle, págs. 60, 68 y 76.	Lugar.....	Castropol.....	Castropol.....	Oviedo.
Vilela, págs. 75 y 220.	Lugar.....	Ribadeo.....	Ribadeo.....	Lugo.
Viloalle, pág. 213.	Parroquia.....	Mondoñedo.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Villabol, págs. 197 y 200.	Parroquia.....	Fonsagrada.....	Murias de Paredes.....	León.
Villablino, pág. 124.	Villa.....	Villablino.....	Murias de Paredes.....	León.
Villaforman, págs. 6 y 105.	Parroquia.....	Trabada.....	Ribadeo.....	Lugo.
Villafranca (Bierzo), págs. 131 y 148.	Villa.....	Villafranca.....	Villafranca.....	León.
Villalba, págs. 8, 9, 31, 32, 34, 35, 39, 44, 49, 50, 51, 72, 80, 119, 129, 152, 154, 192, 225, 230, 233, 235, 236, 238 y 270.	Villa.....	Villalba.....	Villalba.....	Lugo.
Villamartin, págs. 205 y 213.	Lugar.....	Villamartin de Valdeorras	Valdeorras.....	Orense.
Villamor, págs. 93, 95, 100, 205, 210 y 212.	Parroquia.....	Caurel.....	Quiroga.....	Lugo.
Villanova, pág. 131.	Lugar.....	Barco de Valdeorras.....	Valdeorras.....	Orense.
Villanueva de Lorenzana, págs. 69 y 73.	Villa.....	Lorenzana.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Villaodrid, págs. 5, 7, 93, 104, 158, 164, 166, 167, 168, 169, 170, 173, 176, 178, 182, 218, 220, 235, 236, 238, 241, 243, 246, 251, 261, 262, 263, 280, 310, 313, 316, 320, 346, 435, 437, 439 y 458.	Lugar.....	Ribadeo.....	Ribadeo.....	Lugo.
Villaoruz, pág. 8.	Parroquia.....	Villameá.....	Ribadeo.....	Lugo.
Villaosende, pág. 8.	Parroquia.....	Ribadeo.....	Ribadeo.....	Lugo.
Villapena, págs. 6, 89, 175 y 176.	Parroquia.....	Trabada.....	Ribadeo.....	Lugo.
Villarchao, págs. 103 y 108.	Lugar.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Villarmean, págs. 5, 103 y 197.	Lugar.....	Fonsagrada.....	Fonsagrada.....	Lugo.
Villarmide, págs. 98, 104 y 172.	Parroquia.....	Villaodrid.....	Ribadeo.....	Lugo.
Villaronte, pág. 48.	Parroquia.....	Foz.....	Mondoñedo.....	Lugo.
Visuña (Alto de), pág. 14.	Monte.....	Caurel.....	Becerreá.....	Lugo.
Vivero, págs. 9, 10, 19, 20, 22, 25, 28, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 43, 44, 48, 49, 52, 53, 105, 106, 129, 149, 150, 151, 157, 158, 161, 162, 164, 166, 167, 169, 182, 184, 185, 186, 187, 188, 192, 235, 236, 239, 251, 265, 267, 270, 320, 340, 359, 369, 376, 413, 414, 415, 416, 417, 429, 432, 435, 455, 456 y 464.	Villa.....	Vivero.....	Vivero.....	Lugo.
Vivey=Bibey, pág. 132.	Río.....	Viana del Bollo.....	Viana.....	Orense.
Voulloso, pág. 170.	Monte.....	(Yacimiento de Villaodrid).		

W

Wagner, pág. 161 y 164.....	Minas.....	San Miguel de Dueñas....	Ponferrada.....	León.
-----------------------------	------------	--------------------------	-----------------	-------

