

BOLETIN  
DEL  
INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA

BOLETIN

DEL

INSTITUTO GEOLÓGICO

DE

ESPAÑA

TOMO XXXIV

TOMO XIV  
SEGUNDA SERIE  
(1913)

---

MADRID  
IMPRESA DE ANTONIO MARZO  
San Hermenegildo, 32 duplicado  
Teléfono 1.977.  
1914

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

**Artículo 1.º** La Comisión del Mapa Geológico, nombrada por el decreto de 26 de Marzo de 1873, que en lo sucesivo se denominará **Instituto Geológico de España**, seguirá encargada de la formación del Mapa Geológico de España, así como el trazado de las cartas geológico-industriales de las diversas provincias ó regiones, por el orden y con los detalles que su respectiva importancia requieran, hasta reunir el caudal de estudios sobre estatigrafía, petrografía, tectónica, aguas minerales, manantiales artesianos, rocas y minerales aplicables á la agricultura y á la industria y cuanto se especifica en el citado decreto, indispensable al conocimiento físico, geológico y minero del territorio nacional.

**Artículo 12.** Para el desempeño de todas las funciones y servicios reseñados en los artículos anteriores habrá una Comisión permanente de Ingenieros del Cuerpo Nacional de Minas.

Estos Ingenieros y los Auxiliares facultativos que sirven á su órdenes formarán la plantilla técnica del Instituto.

Fuera de la plantilla estarán los Ingenieros agregados y demás personal facultativo que preste servicios temporales al Instituto.

**Artículo 25.** La Dirección del Instituto, teniendo en cuenta los recursos disponibles y los trabajos ultimados por los Ingenieros á sus órdenes, podrá publicar las Memorias, Mapas, descripciones y noticias geológicas que juzgue oportuno, en análoga forma á la de los Boletines y Memorias de las Instituciones similares extranjeras, y podrá establecer la venta y suscripción de estas producciones, á fin de que los recursos que así se obtengan contribuyan á sufragar los gastos de publicación, si bien con la obligación de remitir gratuitamente un ejemplar de cada obra á las Jefaturas de los Distritos mineros á las Direcciones generales de los ministerios de Fomento y Hacienda á las Academias de Ciencias y á los Centros oficiales del Cuerpo de Minas.

(Decreto de 28 de Junio de 1910.)

**PERSONAL**  
DE LA  
**COMISION PERMANENTE DEL INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA**

---

Ilmo. Sr. D. Luis de Adaro (*Director*).  
Sr. D. Horacio Bentabol.  
Ilmo. Sr. D. Rafael Sánchez Lozano.  
Sr. D. Mariano Alvarez Aravaca.  
Sr. D. César Rubio y Muñoz.  
Sr. D. Máximo de Arozarena (*Secretario*).  
Excmo. Sr. D. Enrique Villate.  
Sr. D. Vicente Kindelán.  
Sr. D. Luis Santa María.  
Sr. D. Alfonso Fernández y Menéndez Valdés.  
Sr. D. Manuel Ruiz Falcó.  
Sr. D. Agustín Marín y Bertrán de Lis.  
Sr. D. José de Gorostizaga.

**Profesores de la Escuela de Minas agregados al Instituto.**

Sr. D. Enrique Bayo.  
Sr. D. Florentino Azpeitia.  
Sr. D. Pablo Fábrega.  
Sr. D. Enrique de Pineda.

**Ingenieros agregados.**

Sr. D. Enrique Dupuy de Lome.  
Sr. D. Pedro Novo Chicarro.  
Sr. D. Juan Gavala Laborde.  
Sr. D. Pablo Fernández Iruegas.

**Ingeniero Bibliógrafo Cartógrafo.**

Sr. D. Carlos Fernández Maquieira y Borbón.

CUENCA CARBONÍFERA DE ASTURIAS

**EMPLAZAMIENTO DE SONDEOS  
PARA  
INVESTIGAR LA PROBABLE PROLONGACION  
DE LOS SENOS HULLEROS  
POR BAJO DE LOS TERRENOS MESOZOICOS**

INFORME DEL INSPECTOR GENERAL DEL CUERPO DE MINAS  
L. DE ADARO

**Antecedentes estratigráficos.**

Los muchos antecedentes tomados sobre el terreno, con objeto de confirmar ó rectificar las consideraciones geológicas expuestas en informes anteriores, comprueban el múltiple plegamiento á que los estratos primarios de Asturias han sido sometidos por la incesante acción de los movimientos orogénicos, y, muy acentuadamente, por la del dinamismo herciniano y terciario, cuya más saliente manifestación es el esqueleto cuarcitoso que forman los alargados anticlinales silurianos en los bordes de la cuenca carbonífera.

Silurianas son las montañas de Monte Areo, Faidiello y Bufarán, las sierras de Sama y Proacina y los cordales de Porcaleza, Santa Ana y La Mesa, que constituyen la barrera occidental, así como las sierras del Fito, Qués, Picos Verdes, Sobrecobio, Negros y Ladines, que se alzan en la oriental; viniendo á completar el circuito cuarcitoso, sobre la misma cordillera cantábrica, los altos macizos de la Almagrera, Busdongo, Branacaballo, Vegarada, San Isidro y Tarna.

Sobre tan sólido polígono se recuesta, ya directamente ó

interponiéndose rojas fajas devonianas, la potente caliza carbonífera, blanca al exterior, gris en la fractura, de vertientes abruptas y esbeltas cumbres, que sirve de caja á la gran formación hullera. Esta afecta, en consecuencia, la disposición de una verdadera cuenca, si bien obedeciendo á múltiples plegamientos secundarios.

Los más amplios é interesantes son los que ocupan el seno central, es decir, el comprendido entre los macizos calizos de Retriñón, Mea, Peñamayor y Sueve por la parte oriental, y los del Aramo, Monsacro, Lagos y la Paranza por la occidental, quedando á ambos lados diversos otros pliegues ó senos hulleros, tanto menos acentuados cuanto más alejados del centro, entre los cuales sólo alcanzan verdadera importancia industrial Quirós y Teverga, que constituyen subcuencas explotables.

La capas de hulla, obligadas á acomodarse en un espacio relativamente reducido, se repiten en alargados sinclinales que responden á la ley de Daubrée, es decir, á la disposición propia de los plegamientos originados por contrapuestas presiones laterales; pero sus afloramientos no se siguen sin interrupción, sino que, por una especie de ondulación longitudinal, ó cabalgamiento de las líneas axiales de los pliegues, se cierran sobre sí, formando sinuosas curvaturas que se alinean obedeciendo á los arcos tectónicos, con la particularidad de que, tanto los lomos anticlinales como los fondos sinclinales, dan lugar, en los pliegues sucesivos, á secciones horizontales alternativas.

El estudio estratigráfico resulta complicadísimo en una región tan accidentada y montuosa; porque la proyección de los afloramientos no guarda simetría con la sección de los dobleces, y porque á las circunstancias apuntadas hay que agregar otras de gran trascendencia, tales como: el fuerte levantamiento de los estratos, la escasa inclinación de las líneas axiales y la frecuencia de los pliegues isoclinales, algunos de los cuales determinan verdaderas cobijaduras, como acontece en los potentes bordes calizos del Sueve, la Paranza, Monsacro y el Aramo, y en los cuarcitosos de San Pablo y Teverga, ó en la misma formación central hullera de Mieres y Aller, según puede observarse entre Figaredo y el valle de San Juan, en los barrancos de Bóo ó en las pudingas de Ablaña.

La increíble flexibilidad de que han dado prueba las rocas

hulleras, incluso las calizas intercaladas en los tramos extremos, al adaptarse á tan violentas curvaturas, ha evitado, sin duda, muchas fracturas extensas, pero no ha impedido la multitud de pequeñas fallas, generalmente radiales, que interrumpen la continuidad de las capas allí donde la intensidad del plegamiento ha superado á su límite de elasticidad, no siendo raro que estas fallas radiales degeneren en longitudinales, ni que éstas deriven á su vez en agudos pliegues. En cuanto á las grandes fracturas, verdaderos accidentes tectónicos que afectan á grandes extensiones de terreno, van resultando más numerosas á medida que se avanza en el conocimiento estratigráfico de la cuenca; pero ninguna alcanza en importancia á la que el río Nalón ha seguido á lo largo de casi todo su curso, falla escalonada que, con excepción del trozo comprendido entre la peña de Villa y Olloniego, corta normalmente los estratos, y viene á ser como la traza horizontal de un gran plano ó junta de hundimiento. Así, de uno y otro lado, los pliegues anticlinales buzan hacia el eje del río, y sus afloramientos retroceden, en tanto que los sinclinales, aflorando en curvas cerradas, se apoyan en aquél por su diámetro menor. Análogas fallas de hundimiento son las que señalan los ríos Turón, Quirós, Huerna y Caudal, si bien estas últimas se desarrollan en la dirección de las capas, como más acentuadamente lo hace también la que desde Santa Cruz cruza por Figaredo, sigue por las minas Coruxas, Mariana y Baltasara, y llega á Vegadotos. De un modo inverso, es decir, dando lugar al paso de los anticlinales y al retroceso de los afloramientos sinclinales, aparecen fracturas de levantamiento, como las de los ríos Nembra y Aller, y no pocas resultantes de verdaderos movimientos de báscula y de inflexiones cobijadas, pudiendo citarse como las más notables, entre estas últimas, la que bordea occidentalmente la cuenca de Teverga y la que separa en Valgrande y Telledo las capas hulleras de las devonianas con ocultación de la gran caliza carbonífera.

El plano de la lámina 1.<sup>a</sup> presenta, muy reducido de escala, el corte, próximamente horizontal, que hemos trazado al nivel de las principales arterias fluviales, y da una idea de la complicada estructura de la zona central que nos ocupa, excusando minuciosas explicaciones. Y si esa es la característica estratigráfica del terreno hullero allí donde se halla al descubierto,

es decir, donde las capas afloran entre la tierra laborable ó enteramente desnudas, bien se comprende que no ha de ser problema de poca monta el de prefijar la posición que, por bajo de los discordantes terrenos mesozoicos, han de ocupar, no sólo los tres tramos conocidos, sino sus fajas más ricas en combustible, ya que éstas han de constituir el objetivo de las proyectadas investigaciones.

### **Términos del problema.**

No hay que perder, en efecto, de vista que la cuestión pertenece más al orden de la geología aplicada que al de la especulativa; es más industrial que científica. No se trata tanto de comprobar la prolongación subterránea hacia el mar de las capas de hulla de Langreo y Mieres, como de saber si han de hallarse á una profundidad accesible y en condiciones de provechosa explotación; es decir, si los descubrimientos han de tener alguna trascendencia para la economía nacional.

El problema, pues, no es simple, sino que implica otros varios, y puede plantearse en los siguientes términos:

- 1.º Continuación probable de los senos hulleros centrales por bajo de los depósitos secundarios que los recubren.
- 2.º Naturaleza y espesor de los recubrimientos.
- 3.º Tectónica subterránea: pliegues, fallas, transgresiones y rocas intercaladas.
- 4.º Posición probable de las fajas correspondientes á los distintos tramos hulleros.
- 5.º Zonas ricas accesibles.
- 6.º Emplazamiento de las investigaciones.

### Continuación probable de la cuenca.

Los isleos hulleros de Latores, Naranco, Santo Firme y Ambás, así como los de San Julián de Box, Vigil, Lieres, Torazo, Viñón y La Riera, son testimonio, que las dislocaciones y la erosión han puesto á nuestra vista, de la continuidad y extensión de la formación hullera, sobre todo en su tramo inferior, por bajo de los terrenos secundarios; pero es mucho más elocuente el desarrollo de dicha formación en los términos de Torazo, Libardón, Pivierda y Carrandi, donde, desde luego, afloran las capas dinantienses de Bimenes, que, entre el cordal de Nava y la Varallonga, se ocultan bajo la creta, y aún pueden estar las de la zona más alta del tramo, las que pliegan en Priandi y Lieres formando agudos sinclinales, capaces de contener, en su prolongación, capas de otros tramos más altos.

Reconocido así el borde, podrá titubearse en cuanto á la amplitud y profundidad que esos sinclinales alcancen; podrá discutirse la probabilidad de que vayan entrando en ellos las sucesivas capas de la serie; pero lo que no puede ponerse en duda es que la formación hullera, más ó menos profunda, más ó menos plegada, más ó menos rica en combustible, se extiende oculta por toda la región que consideramos principal ó de mayor interés industrial, comprendida entre el Sueve, Monte Areo, Santo Firme y el valle cretáceo; porque tanto la disposición de la cuenca al Sur de este valle, como la de los recubrimientos secundarios, acusan un gradual hundimiento del terreno carbonífero desde sus bordes calizos hacia el centro, á más del declive en masa hacia el mar, que, no obstante las alternativas de la ondulación vertical y como consecuencia inmediata del levantamiento cantábrico, afecta al conjunto de las formaciones geológicas.

Los diversos cortes estratigráficos que, observando estas formaciones, hemos trazado en Asturias, permiten sospechar que la cuenca ó seno central de Langreo, Mieres y Aller, en su prolongación subterránea hacia el NE., al ocultarse bajo la creta y el triás por los Concejos de Langreo, Siero y Nava, viene á ocupar la posición determinada por dos líneas límites bien marcadas: la que desde la Sierra de La Paranza va por Marcenado y Cordal de Peón á Tazones, y la que pasaría por las vertientes occidentales de la Llomba y el Sueve, uniendo la Varallonga con la Cordovana. A su vez, las subcuencas de Quirós y Teverga, obedeciendo en sus dobleces longitudinales y transversales á análogas curvaturas y orientaciones, y ganando, en su conjunto, creciente profundidad hacia el mar, quedarían en una situación occidental con relación á la zona anterior en el espacio comprendido entre el Naranco, Santo Firme y Monte Areo, de un lado, y Llomba de Rioseco y río España, de otro; siendo verosímil que el triángulo comprendido entre esta última línea y la del Cordal de Peón, marque un profundo anticlinal intermedio estéril, según se supone en el corte de la lámina 1.<sup>a</sup>



### Naturaleza y espesor de los recubrimientos.

Procediendo de arriba á abajo, por el orden en que la sonda iría cortando la serie mesozoica, los primeros depósitos muertos que se encuentran son los cretáceos, extendidos en la zona central de Oviedo-Infiesto por los valles del Nora y del Piloña.

Este terreno, que sin duda se formó después de grandes movimientos generales del suelo astórico, se encuentra siempre en discordancia con los infrayacentes. Así se le ve descansar, unas veces sobre el liásico, como en Pruvia, Muñó y Vega de Poja; otras, sobre el triásico, como en Sariego, Nava, Trespando, Gargantada, Santo Firme y Robledo; y no faltan parajes, como en Priandi, Arenas y Lada, donde cubre directamente al terreno carbonífero.

Mallada divide la cuenca central cretácea de Asturias en cuatro tramos: dos de ellos, pertenecientes al cenomanense, que se componen de pudingas y arenas blancas con guijo, el primero, y de arenas arcillosas amarillas, con algunas calizas fosilíferas y margas sabulosas, el segundo; un tercer tramo, constituido por calizas y margas arenosas con bancos de conglomerados calizos á diversos niveles, que alcanza gran espesor, y cuya parte alta, bien desarrollada en Nava, debe ser referida al turonense; por fin, en cuarto lugar, el tramo de las margas abigarradas, que se ve bien en Noreña y en las vertientes meridionales del Naranco, el cual ha sido referido por Barrois al senonense de los Pirineos. Por bajo de estas formaciones sedimentarias corresponde estar la infracretácea, que en Asturias consta de dos tramos en discordancia, según se observa en Llanes, Luanco, San Pedro de Anes y otras manchas esparcidas sobre la costa ó puestas al descubierto por efecto de grandes fa-

llas, siendo evidente que el mar urgoniano se extendió por la depresión central, entonces en formación, mucho menos que el cenomanense, cuyos depósitos aparecen constantemente desbordados sobre los paleozoicos. Diríase, con razón, que desde la invasión de las aguas marinas en la época urgoniana, se inició una serie de movimientos, casi de sacudidas, que no cesó durante todo el cretáceo, dando lugar á la transgresión sedimentaria que hoy afectan unos tramos con relación á los otros, sin que sea fácil señalar una línea vertical, á lo largo de la cual podría cortarse la serie completa.

Según esto, el espesor de los sedimentos cretáceos variaría mucho de unos puntos á otros del valle central, y no estaría en relación con su extensión superficial. Ya Schulz indicó el espesor de 300 metros para los depósitos de Cangas de Onís y Penamellera, no obstante lo angosto de las fajas en aquellas comarcas. En varios puntos de los concejos de Langreo y Siero son las pudingas y arenas cenomanenses las que descansan sobre el terreno carbonífero, en tanto que al Oeste de Santo Firme, Posada y otros sitios se ven los conglomerados calizos recubrir netamente las capas de hulla. Estos mismos conglomerados son los que forman el fondo de la cuenca de Oviedo, y cuando, como en Pruvia, Anes y Muñó, surgen fajas cretáceas arrancadas de la profundidad por fuertes fallas generales terciarias, es frecuente que se pongan al descubierto capas urgoaptenses cuajadas de orbitolinas.

Así, no debe extrañar que mientras en la falda del Naranco se descubre la caliza carbonífera con sólo atravesar 30 ó 40 metros de margas senonenses, en el sondeo de Granda de Llamera, abierto en el turonense, se atravesaron 400 metros de calizas margas y conglomerados calizos, dejándose el trabajo sin haber llegado á las arenas y conglomerados cenomanenses.

El emplazamiento de sondeos en la creta de Asturias ha de ir precedido de un detenido estudio geológico local; porque las variaciones comprobadas en los espesores de los sedimentos no sólo dependen de las que sufrió la actividad y la extensión del mar cretáceo, sino de los movimientos tectónicos que se desarrollaron durante la era terciaria, á los cuales se debe el que unas veces la creta se nos presenta casi horizontal, como en Llamera, Langreo y Parres, y otras se la ve empinada casi hasta la

vertical, como en Villanueva y Posada ó en la subida de Infiesto á Viyao y Anayo, circunstancia muy de tener en cuenta cuando se piense en investigaciones á lo largo del valle central, porque la apertura de este valle y la invasión del mar cenomanense han de relacionarse con la solución de grandes pliegues, en dirección aproximada E. á O., y con todo el cortejo de inflexiones, hundimientos, fallas, arrastres y erosiones que caracterizan al enérgico dinamismo desarrollado en algunos períodos de la referida era.

Falta en Asturias la larga serie jurásica, y esta ausencia, que significa un quietismo continental muy prolongado, no puede pasar desapercibida para el caso que nos ocupa. El terreno liásico que en la región sucede al infracretáceo, presenta un conjunto mucho más normal y, aparentemente, de mayor potencia. Se compone de fuertes calizas compactas grises y pardas; margas negras, pardas y rojizas en diferentes niveles, y pudingas y areniscas cuarzosas de gran consistencia y espesor en las zonas más altas, formando un conjunto que no baja de 400 metros, francamente concordante con las margas triásicas, y, en general, poco inclinado, si bien en los bordes de los manchones sólo aparecen las calizas inferiores, así como en el fondo de los valles y en muchas laderas, en tanto que los conglomerados y areniscas coronan las cumbres, desarrollándose extraordinariamente en las sierras del Pangran, Las Cruces, Río seco y Cañedo, y, sobre todo, en el ancho cordal de Peón, que nace en Pico Fario con cerca de 600 metros de altitud.

Distinguidos geólogos han indicado la posibilidad de que algún día estas tongadas de elementos detríticos, ó parte de ellas, se refieran al sistema infracretáceo, por analogía con otras regiones de la Península; pero más bien parece que los desbordamientos del mar han de relacionarse con la serie de movimientos que dió lugar á la emersión continental durante el período jurásico, y que los depósitos infracretáceos han de estar en discordancia sobre los liásicos, según lo que antes se ha indicado, en tanto que los aluviones y areniscas de los cordales descansan normalmente sobre las margas y calizas bien caracterizadas, por sus fósiles, como liásicas. En cuanto á la posición de éstas, con relación á las capas triásicas infrayacentes, la concordancia es evidente; se pasa de unas á otras constante-

mente por intermedio de unos lechos arcillosos negruzcos y un banco de yeso de muy variable espesor. No conocemos ningún sitio donde aparezca la formación liásica en contacto con la hullera ó con la caliza carbonífera, que no sea, como acontece cerca de Caravia, de un modo accidental, por consecuencia de grandes fallas ó arrastres del terreno. Más bien, á juzgar por lo que se observa en Rivadesella y otros puntos, puede temerse la interposición de manchones infraliásicos dispersos.

De un modo absoluto puede darse por seguro que los sondeos emplazados sobre un suelo liásico atravesarán todo el triás antes de tocar al carbonífero; y también puede tenerse por seguro que los tramos liásicos serán de costosa perforación. Sobre todo, se recomendará huir de las pudingas cuarzosas, algunas de las cuales se componen de elementos excesivamente gruesos y duros, y esto acontece precisamente donde las tongadas detríticas alcanzan mayor espesor.

Ya se ha dicho que al emplazamiento de sondeos en la creta de Asturias ha de preceder un detenido estudio geológico, no sólo por la incertidumbre que dejan las variaciones en el espesor de los sedimentos, sino por la de las transgresiones de sus tramos, y de éstos sobre las formaciones infrayacentes. Fuera de los bordes de la actual cuenca cretácea, será difícil, en efecto, predecir el orden y espesor de las hiladas que habrán de perforarse antes de llegar á las carboníferas, porque puede haber alguna, singularmente infracretácea ó liásica, que no aflore en uno de esos bordes, aunque lo haga en el opuesto, como acontece en Siero, suscitando dudas acerca de su limitación en profundidad, la cual lo mismo puede provenir de un natural adelgazamiento que del corte brusco de una falla con ó sin afloramiento superficial.

Más interesante aún es el conocimiento de los sedimentos triásicos, no sólo porque ellos son, de ordinario, los que recubren directamente al terreno carbonífero, aunque en disposición siempre discordante, sino porque en Asturias, como en casi todas las regiones de Europa donde se conocen, forman un conjunto singular, extremadamente metamorfizado y muy variable de consistencia y espesor.

Aunque el estudio detenido del triás alpino, de facies marina, ha hecho cambiar mucho las ideas en cuanto á la signifi-

cación y alcance de sus tres divisiones clásicas, consignaremos éstas: *arenisca abigarrada* (*bunter sandstein*), triás inferior, formación litoral y arenácea con flora terrestre dominante; *caliza cavernosa*, á veces dolomítica, conchífera (*muschelkalk*); formación marina; y *margas irisadas* (Keuper), formación litoral margosa, yesosa, con pudingas cuarzosas y calizas y lentejones salíferos. A este tramo superior están contestes en referir, de acuerdo con Schulz, la mayor parte de los geólogos que se han ocupado de Asturias las formaciones margosas y rojizas de esta provincia, basándose, á falta de fósiles, en los caracteres litológicos. Acaso nuevos descubrimientos, sobre todo en las calizas inferiores, allí donde se presentan compactas ó margosas, no concrecionadas ó conglomeradas, permitan introducir alguna división. Ni siquiera el *Keuper* de Asturias ha sido subdividido en dos subtramos ó hiladas como en otros países; porque aunque existen pizarras y arcillas carbonosas que pudieran ser referidas al *Lettenkohle*, y en algunas localidades adquieren gran espesor, como en Retuerto, esos lechos negruzcos no ocupan siempre el mismo nivel, y los que se presentan casi siempre en la parte más baja son de escasa potencia, y no contienen lignito ni vestigios de los vegetales característicos (*Voltzia*, *Pterophyllum*, *Equisetum*, etc.).

El aspecto del terreno, determinado por las margas y areniscas secas, de coloración rojiza predominante, con intercalaciones verdosas ó grises, se mantiene por toda la región, de suerte que, á primera impresión, tanto las manchas aisladas que yacen sobre la cuenca carbonífera central (San Tirso, Lada, San Justo, Vigil y Nava), como las que constituyen verdaderos recubrimientos (Villabona, Granda, Fano y la Collada, de un lado, y Sariego, Cabranes, Villaviciosa y Colunga, de otro), son de idéntica naturaleza, y, sin embargo, bien examinadas desacuerdan por el espesor de los sedimentos; por la cohesión de las margas, las cuales pasan gradualmente á areniscas; por la variabilidad del nivel calizo superior y de las intercalaciones de yeso, sal, espato fluor, barita y cuarzo; por la constitución de las pudingas, que de calizas van pasando á cuarzosas; y, sobre todo, por la desigual, y á veces intensa, metamorfización de la parte baja del sistema, compuesta de margas, areniscas, pudingas y gonfolitas, que en grandes espacios se presentan, no

sólo endurecida, sino engrosada por repetidas intercalaciones de detritos heterogéneos ó piroclásticos, mimófiros y porfiritas, rocas que si en la superficie se descubren muy alteradas y descompuestas, pueden alcanzar en profundidad gran cohesión, cristalinidad y potencia, como manifestación póstuma de las incesantes erupciones que acompañaron á los movimientos orogénicos desde el hullero medio hasta extinguirse el periodo permiano.

En Asturias, como en el Devonshire y en el Boulonés (1), las pudingas grauales y asperones, están separados de las margas rojas por conglomerados calizos, los cuales unas veces degeneran en cuarzosos, otras se hacen magnesianos, y lo mismo contienen regodones marmóreos arrancados á las calizas carboníferas ó devonianas, que silíceos, procedentes de la cuarcita siluriana.

En cuanto á las intercalaciones ó lentejones interstratificados salíferos, dejan, comúnmente, la impresión de ser el resultado de rápidas evaporaciones en senos marinos de escasa profundidad, bajo una intensa acción solar, pero hay algunos fenómenos que se explicarían, acaso mejor, por la intervención de la actividad volcánica. El más notable, sin duda, de esos lentejones, es el de espato fluor que se descubre en lo alto de la Collada (Siero), en la vertiente septentrional del anticlinal margoso que pasa por bajo de Fario al concejo de Sariego. Ese lentejón, en una longitud de más de 500 metros, presenta un espesor de 10 á 20 metros, con multitud de geodas, en las cuales unas veces el espato envuelve los romboedros de calcita, y otras la caliza envuelve á los cubos de fluorina en bellísimas cristalizaciones.

El espato fluor transparente, blanco ó morado, es muy puro; sólo contiene una débil proporción de cloruro sódico. Esta sal va aumentando hacia Sariego, donde es probable constituya diversos lentejones, alineados en la misma dirección que el de la Collada, á juzgar por la composición del agua que proporcionan algunos pozos. No lejos de estas intercalaciones, se ven otras de durísima cuarcita con piritas de hierro, y hacia el borde oriental del manchón triásico se encuentra baritina con cierta abundancia.

(1) *Laparent.—Traité de Géologie*, pág. 806.

En circunstancias normales, el triás, tal cual se observa en el concejo de Gijón, referido á la posición horizontal, se compone de los siguientes espesores mínimos:

Margas irisadas con vetillas de yeso.....	260 metros.
Caliza geódica, á veces compacta.....	25 —
Margas rojas, más coherentes.....	40 —
Pudíngas de pasta rojiza.....	25 —
Marga oscura.....	10 —
<b>TOTAL.....</b>	<b>360 —</b>

Así, aproximadamente, le cortaron en su sondeo de Vega los Sres. Felgueroso hermanos.

En cuanto influye la inclinación, ó comienzan á intercalarse pudíngas y mimófiros, el espesor vertical aumenta notablemente, siendo verosímil que, si ambos factores se acentúan y coinciden, se den puntos en los concejos de Siero, Cabranes y Villaviciosa, donde un taladro de sonda pueda llegar á alcanzar, dentro de los estratos triásicos, una profundidad doble de la arriba consignada.

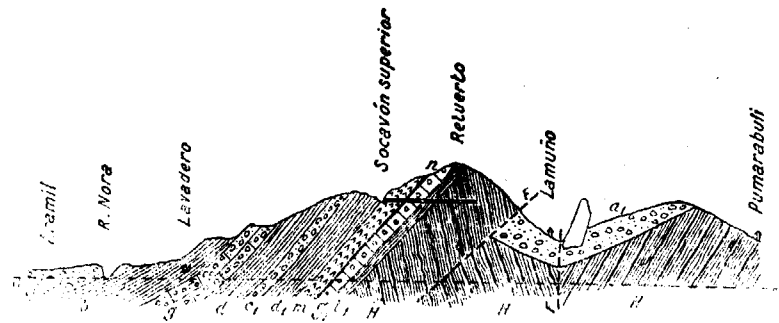


Fig. 1.<sup>a</sup>

En Aramil, por ejemplo (fig. 1.<sup>a</sup>), según los datos que los referidos mineros nos han proporcionado, el corte del triás, á partir desde el río Nora, divisoria aparente de los depósitos cretáceos y triásicos, hasta el asomo carbonífero de Retuerto, después de referido á la horizontal, sería el siguiente:

Arenas, gravas y calizas cretáceas ( <i>a</i> y <i>a</i> 1).	
Margas rojas, inclinando desde 0° á 25° ( <i>b</i> ).....	120 metros.
Conglomerado calizo ( <i>g</i> ).....	12 —
Margas negras ( <i>d</i> ).....	150 —
Conglomerado cuarcitoso, muy duro ( <i>c</i> 1).....	10 —
Marga negra con vetas rojizas ( <i>d</i> 1).....	160 —
Banco de mimófiro cuarcífero ( <i>m</i> ).....	15 —
Arcilla negra ( <i>n</i> ).....	1 —
Gonfolita ( <i>g</i> 1).....	5 —
Marga roja ( <i>b</i> 1).....	2 —
Terreno carbonífero, casi vertical ( <i>H</i> ).	
<b>TOTAL.....</b>	<b>475 —</b>

Este corte difiere bastante del anterior, y se semeja más á los que proporcionan las manchas de Langreo entre Cotorraso y San Justo. En este último punto, contando desde los bancos de gonfolita de Barros, que allí constituyen la base del recubrimiento mesozoico, hasta la divisoria de Siero, se miden, por lo menos, trescientos metros en alternancias de margas rojas y conglomerados verdosos de elementos cuarzosos y pasta porfídica, por cima de las cuales, en las tongadas con buzamiento septentrional de Gargantada y Corripas, todavía aparecen espesos lechos de mimófiros verdosos, margas y caliza amigdaloides, cuyo límite queda borroso por ocultarse bruscamente bajo el conglomerado y la caliza cenomanense transgresivos.

El croquis de la fig. 2.<sup>a</sup> da una idea de este corte que resulta algo complicado sobre el terreno por las diversas fallas que le atraviesan, las repeticiones de estratos á que éstas y algunos pequeños pliegues dan lugar y las curvas que traza la carretera; pero reducido todo á la distancia recta que no pasa de dos kilómetros, y el buzamiento, que en las capas triásicas es de 15 á 20 grados, á la horizontal, se llega próximamente á un espesor total de 450 metros, no contando con que por bajo del conglomerado de Corripas se ocultan las margas irisadas, sin que pueda apreciarse todo el espesor real de éstas. Lo notable del triás en estos parajes, es su avanzado grado de metamorfismo, y la abundancia y variedad de mimófiros que le constituyen, algunos notabilísimos por sus elementos porfídicos, como los que con nódulos de pórfido rojo globular ha descrito Barros tan esmeradamente. No es, pues, extraño que desde Schulz hasta nuestros días haya llamado tanto la atención de todos los geólogos, y que el jalón puesto por ellos en Gargan-

tada haya motivado tantas discusiones desde los más contrapuestos puntos de vista.

Más parecidos á estos cortes, aunque distinguiéndose por la abundancia de elementos calizos en los niveles conglomerados, y por la distinta distribución de las intercalaciones piroclásticas, son los que ofrece el manchón de Cabranes de que luego se hablará; pero aunque pueda haber duda acerca de la procedencia de incluir todos estos depósitos en un solo tramo, ó distribuirlos en tramos distintos, no es lo mismo en cuanto á referir los más bajos á la edad permiana, como han pretendido algunos geólogos; porque no sólo se oponen á ello razones de orden tectónico, sino que, hasta la fecha, los estratos característicos de esa edad, con sus areniscas y calizas, y su flora especial (Walchia, Voltzia, Ullmania, etc.), ni se les ha visto aflorar por ninguna parte, ni hay razón sólida para suponer su interposición en las zonas profundas.

### Tectónica subterránea.

Indicada queda la posición teórica que, tanto la cuenca central como sus anexas de Quirós y Teverga, ocuparían en su probable prolongación hacia el mar por bajo de los depósitos secundarios de Villaviciosa y Gijón; pero existen manifestaciones de fenómenos tectónicos cuya observación es de mucho interés, por lo que pueden haber influido en la oculta situación actual de los tramos y fajas más ricos en combustible, objeto preferente de nuestras investigaciones.

Se dice que en Asturias, lo mismo que en otras regiones europeas, los sinclinales ó fondos ocultos del terreno carbonífero, pueden sospecharse por los sedimentos triásicos superpuestos que los han resguardado de la erosión. Es evidente que los hundimientos á que ha estado sometida la formación carbonífera de Asturias, tanto cuando sus capas se desgajaron en masa de los macizos cantábricos, como cuando se inclinaron hacia la gran fractura herciniana del Nalón, con movimiento de charnela á uno y otro lado de este río, han contribuido eficazísimamente á resguardar la riqueza hullera de la demolición por los agentes físicos, máxime en las regiones donde los recubrimientos triásicos se han salvado de la erosión niveladora; pero, ¿hasta qué punto será posible admitir una relación entre el relieve subterráneo del terreno hullero plegado y el orográfico de las formaciones superyacentes, sabiendo que algunos de los movimientos que originaron la deformación de aquél son anteriores á la época triásica, y que media, por tanto, entre ellos la más neta discordancia estratigráfica?

El resquebrajamiento del suelo y la consiguiente apertura de los valles que se produjeron por efecto de movimientos tectónicos sucesivos, posteriores á la convulsión herciniana, es verosímil que obedecieran á la orientación de los pliegues anticli-

nales y á la de las grandes fallas, de suerte que, en su conjunto, y no obstante sus ondulaciones parciales, anticlinales serían las manchas triásicas de los valles de Caldones, Sariego, Viñón y Grases, y esto vienen á comprobarlo los sínclinales liásicos que constituyen las cumbres de los cordales vecinos, con la circunstancia de que en ellos se observan las mismas tres orientaciones principales—N. NO., NE. SO y E. O.—que corresponden á las grandes líneas del plegamiento hullero en las zonas desnudas. Y es de notar, que si el triás rompe y se abre, formando ojales (anticlinales) por donde asoman los estratos hulleros (Santo Firme, Perlorá, Lieres, Viñón, etc.), estos estratos se presentan, lo más frecuentemente, en pliegue sinclinal. La aparente anomalía que así ofrecen los valles, ó sínclinales orográficos, abiertos en los lomos ó anticlinales estratigráficos, al haber sido rellenados por sedimentos discordantes (caso del estefaniense y del triás sobre los terrenos primarios, y del cenomanense sobre los secundarios y primarios), aclara la probabilidad de que, á corta distancia del cordal sinclinal liásico de Peón, pase á gran profundidad un anticlinal de la caliza carbonífera (prolongación de la de La Paranza y Olloniego), obedeciendo ambos al mismo arrumbamiento NE. SO.

Por la misma razón, el notorio descenso de los sedimentos cretáceos desde la meseta de Oviedo-Infiesto hasta el borde del mar, independientemente de su adelgazamiento natural en sentido occidental, puede explicarse por el escalonamiento del terreno, á lo largo de las fallas terciarias cuyas trazas son bien visibles en las divisorias de los concejos de Llanera, Gijón y Siero, y el rellenamiento, por los referidos sedimentos, del seno transversal, orientado por los ríos Nora y Piloña, que intercepta el paso superficial de la cuenca carbonífera, debió originarse en un acontecimiento tectónico posterior al plegamiento general de la misma, cuyos efectos han ido sucesivamente modificando, borrando, substituyendo otros movimientos de más trascendencia para el relieve actual del suelo y para las ondulaciones longitudinales y transversales que afectan, en definitiva, á las capas de hulla. Así, en los cordales de la Cruz y del Acebal, en Siero; se ven esas capas formar afloramientos hiperbólicos, evidenciando que las muy apreciadas de Carrocera, Mos-

quitera y Saus, que pasan por Pumarabuli para ocultarse bajo la creta de Trespando, doblan, en sinclinal, sin cruzar el Nora, retrocediendo recubiertas, por Valdesoto, Tablado y Vega, al valle de Langreo; con lo cual, el seno central principal de la cuenca resulta cerrado por la parte del NE., siendo indubitable que otro seno correspondiente ha de existir en esa misma dirección, aunque con doblez inverso, el cual, iniciándose bajo la creta de Lieres y las margas de Sariego, se desenvolverá bajo el valle de Villaviciosa. Esta concepción atribuye al macizo cubierto por la faja cretácea de la meseta de Siero una disposición de levantamiento, ó anticlinal, orientada axialmente de O. NO. á E. SE., siendo así que para poder recibir aquellos sedimentos debió formar seno sinclinal con posterioridad al plegamiento herciniano, y que el triás interpuesto se halla asimismo en sinclinal. Tal aparente anomalía prueba cómo á veces, en los mismos puntos de la tierra, se repiten movimientos de inverso sentido en idénticas ó aproximadas direcciones. En rigor, debe reconocerse que la actual disposición de la creta deriva principalmente del dinamismo terciario, y que muchos de sus sedimentos han podido ser barridos por la erosión, acaso en los mismos valles donde hoy el triás aparece al descubierto, aparte de que es lógico que en los anticlinales se abrieran valles que sedimentos posteriores pudieron rellenar en discordancia si se sucedieron movimientos inversos.

La Sociedad de Sondeos de Villaviciosa, según todo esto, al elegir sitio, cerca de Amandi, donde emplazar su primer sondeo, pudo no ser afortunada; pero demostró un profundo conocimiento de la estratigrafía subterránea regional.

Este paralelismo de las líneas axiales de los pliegues primarios y secundarios se observa constantemente en el arrumbamiento longitudinal, y con frecuencia en las direcciones transversales propias de las ondulaciones ó cabalgamientos que interrumpen la continuidad de las capas. La línea NO.-SE. que puede trazarse desde la Figar hasta la Cruz, á través del valle de Bimenes, marca el eje de un amplio anticlinal transversal que se manifiesta por los acentuados cambios de dirección y buzamiento de la gran caliza carbonífera de Peñamayor á Varallonga, y de las calizas fosilíferas y cuarcitas del hullero inferior al pasar del cordal de Bimenes al de Nava, como si un fuerte empuje

sobrevenido en aquella dirección hubiera comprimido, retorcido y levantado los pliegues ya existentes, entre los cuales descuellan el anticlinal del río Prada, cuyo cauce se abre en el subhullero estéril. Las capas superiores del tramo inferior, las más ricas en combustible, forman á uno y otro lado del expresado anticlinal transverso agudos sinclinales que afloran según curvas independientes por las faldas externas de los cordales; pero mientras al de Priandi se le ve arrumbar hacia Torazo, ó sea diagonalmente al seno cretáceo que en seguida le recubre, el de Lieres parece ceñirse á este seno por la vertiente septentrional del cordal de Nava, dejando la duda de si acabará por soldarse al primero, ó más bien inflexionará para orientarse hacia la mancha descubierta de Viñón. Según esto, ¿las capas de Viñón pertenecerán al tramo inferior ó al tramo medio?

Un fenómeno tectónico que no puede pasar desapercibido al tratar de presumir cuál sea la estructura estratigráfica de la formación hullera por bajo de los terrenos muertos, es el de la disposición inversa de los anticlinales calizos y cuarcitosos que forman los bordes aparentes de la cuenca principal. Desde luego, en Teverga, las cuarcitas silurianas y las areniscas devonianas del límite occidental aparecen cobijando á las capas del hullero inferior, sin que apenas aflore allí la caliza carbonífera tan potente en el límite opuesto. Sin duda, la inflexión isoclinal del gran pliegue imbricado, resuelta en falla, ha permitido el deslizamiento de la masa superpuesta á merced de persistentes empujes tangenciales venidos del Oeste, y el tramo calizo (caso frecuentísimo en Asturias) ha quedado recubierto; sólo aparecería en profundidad. Y esta disposición de los pliegues silurianos parece mantenerse en toda su longitud hasta el mar, no obstante obedecer al recurvamiento general; porque el anticlinal cuarcitoso de Monte Areo y Cabo Torres tumba sobre los depósitos triásicos y liásicos de Serín y Jove, con fuerte buzamiento isoclinal hacia el NO., y se resuelve en dos fallas diagonales, bien visibles en los acantilados del Musel y en el paso de Veriña, explicándose así el hecho al parecer anómalo de que las margas triásicas cubran someramente por la parte occidental del Cabo á las capas devonianas, en tanto que, por la parte oriental, aquellas margas quedan recubiertas, á su vez, por potentes mantos de calizas liásicas, señalando un desnivel considerable,

según se indica en el [corte vertical D-D de la lámina 2.<sup>a</sup>

También es isoclinal el anticlinal cuarcitoso de Quirós y Linares, que se corta en las *foces* de Teverga, forma la sierra de Sama y se prolonga hasta la del Naranco. La estructura de esta última, según se ve en el corte E E' de la lámina 2.<sup>a</sup>, da una idea exacta del pliegue. La cuarcita siluriana no entra á constituir el cuerpo de la montaña, sino que pliega á gran profundidad; la cumbre y parte central están formadas por la arenisca devoniana del tramo superior (que Barrois llamó de Cué) con los minerales de hierro característicos, según lo han comprobado indubitadamente los ingenieros Ibran y Junquera; á uno y otro lado de esta arenisca viene una banda de caliza amigdaloides carbonífera (mármol griota de Barrois); encima, la caliza carbonífera, ampliamente extendida hacia el N. y soportando en sinclinal algunas capas del hullero inferior, más hundida en la vertiente meridional y cobijando las capas destrozadas que corresponderían á la prolongación de la subcuenca de Quirós. Esta se extenderá, probablemente, por bajo de la creta de Oviedo, ondulando entre los imbricados pliegues devonianos del Naranco y la Grandota. Las manchas carboníferas del Nora y Santo Firme, ambas en sinclinal, serían prolongación de las de Teverga, y acaso se unan por delante del anticlinal del Naranco con las que pasan por Oviedo, porque ese anticlinal, cuya línea axial buza al NE., se hunde bajo la creta frente á Cayés.

La estructura imbricada se reconoce, asimismo, en las masas calizas del Aramo y del Monsacro, aunque en ninguna parte como en las calizas de Baiña y La Paranza ó en las pudingas de Ablaña, donde el tendido isoclinal al O. es tan acentuado, que hace presumir no se haya efectuado sin fuertes fracturas con arrastre de la masa superpuesta. Sólo así se explica que en las expresadas sierras aparezca la caliza carbonífera echada sobre la pudinga del inframedio, faltando casi todo el tramo hullero inferior, cuyo espesor normal no baja de 800 metros.

La uniformidad con que esta disposición estratigráfica persiste y puede observarse en los pliegues occidentales de la región, ya se recorran longitudinal ó transversalmente, hace presumir que el borde calizo de La Paranza, en su supuesta prolongación por bajo del cordal de Peon, pueda, asimismo, ha-

llarse tumbado sobre el profundo terreno hullero de Villaviciosa, y acaso expuesto á la misma fractura longitudinal, ó sea en sentido del plegamiento que en aquel borde se observa tan claramente. Pero la alargada mancha triásica que desde San Tirso va por Candaneo, Riaño y Gargantada, hasta Vigil, como asomando por un jirón abierto en el cenomanense, está, según queda indicado, materialmente impregnada de mimófiros, detritos porfídicos, pudingas de cemento feldespático y pastas compuestas de elementos piroclásticos, hasta el punto de que, subiendo por las lomas de Cotorraso y Pevidal, se cuentan diez ó doce alternancias de esas rocas con margas rojas, y se descubren algunas tongadas verdosas extraordinariamente porfídicas, y tan agrietadas como si hubieran sufrido los efectos de una contracción. Esa mancha sigue la dirección del plegamiento hullero hasta ocultarse bajo la creta de Feleches; sus impregnaciones é intercalaciones son de idéntica naturaleza á las que se encuentran en el cordal de Nava, en Cabranes y en la Soma. Nada de extraño tendría que asimismo lo fueran á las espesas alternancias de marga y porfirita, cortadas por la sonda en Amandi, siquiera éstas presentasen algunas diferencias de cohesión y estructura explicables, no sólo por la influencia de la profundidad y las consiguientes presión y temperatura, sino porque en las de Nava, Gargantada y Cotorraso, los feldespatos y pastas verdes aparecen muy descompuestos, á veces enteramente caolinizados.

No es, pues, quimérica la idea de relacionar de algún modo, tanto las porfiritas halladas en profundidad como los mimófiros visibles en la superficie, con las fracturas y dislocaciones que debieron producirse en el suelo asturiano al acentuarse el plegamiento isoclinal por efecto de reiterados empujes horizontales venidos del Oeste.

Estos empujes se iniciaron, sin duda, con anterioridad al hullero superior; persistieron durante todo el tiempo permiano; no cesaron sino al extinguirse el inquieto período triásico, y originaron así, lentamente, largos pliegues resueltos en sendas grietas, muchas de ellas con arrastre, por donde pudieron asomar las pastas eruptivas que se extendieron en tongadas sobre los sedimentos consolidados ó proporcionaron elementos á la sedimentación.

Merece notarse que ese imbricado plegamiento, así mantenido desde Galicia hasta el centro de la cuenca carbonífera, cambia de tendido en los bordes orientales de ésta, como si un empuje contrapuesto hubiera detenido la ola cortical, ó ya existiera exhondada la masa resistente que, agrandándose al acaecer el dinamismo terciario, había de constituir los Picos de Europa. Y no pudo restablecerse un relativo equilibrio sin que se originaran fuertes hendiduras terrestres, profundas fallas diagonales; de suerte que, tanto las dislocaciones estratigráficas, como los plegamientos encurvados y los macizos orográficos, podrán obedecer á una orientación predominante en cada zona, pero llevarán impresa, en todo caso, la traza de los casi no interrumpidos movimientos caledonianos, hercinianos, infracretáceos y terciarios á que deben su complicado relieve los montes cantábricos.

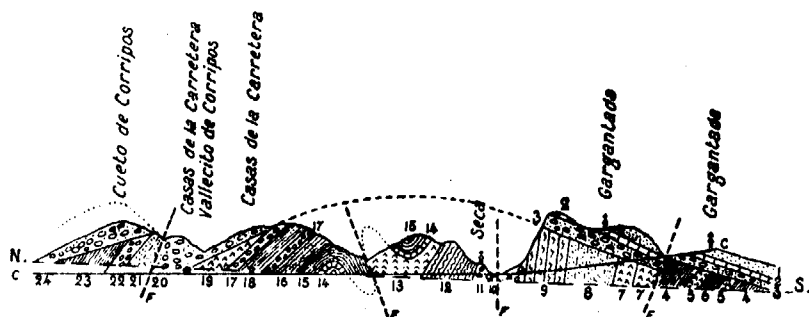
Por eso, en la zona occidental, aunque se observan muchas direcciones NO.-SE. y NE.-SO., dominan las preexistentes NS. ó N.-NE. á S.-SO.; en la zona central, tanto las alineaciones orográficas como las estratigráficas, formando un arco convexo hacia el O., terminan por orientarse resueltamente al NE., y el hullero plegado se hunde, por ambos lados, hacia la falla del Nalón, que guarda una dirección francamente herciniana; y, por fin, en la zona oriental, bruscamente encurvada, se pasa desde las direcciones NO.-SE., frecuentes en Ponga y en la parte alta del Sella, á las E. O., resueltamente pirenaicas, que caracterizan á las altas sierras de Cuera, Cabrales y Peñamellera.

Por eso también la gran caliza carbonífera del alto Aller, que formando pliegues complicadísimos pasa de las sierras del Pino, Cueto y Pelúgano á Peña Mea y cordal de Sobrescobio, recostada en la cuarcita siluriana de los Negros y valle de Soto, para atravesar el Nalón en el Condado y formar la mole de Peñamayor, no sólo cambia bruscamente de rumbo, sino de buzamiento, orientándose en su extremo septentrional hacia Puerto Sueve, y tumbándose sobre las capas comprimidas y replegadas del hullero inferior en Melendros y Priandi.

En relación con ese accidente, y con muy análoga y aun más saliente disposición, se levanta, al otro lado de la creta, la enorme masa caliza del Sueve, que descansa sobre la cuarcita de

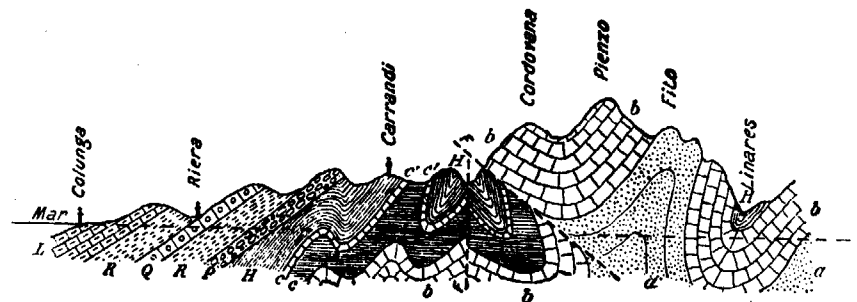


Sierra del Fito y la Casigosa, y pliega sobre el hullero de Carrandi Ablanedo y Raicedo. Aquí, ya el pliegue cobijado se ha

Figura 2.<sup>a</sup>

- 1, arenas y arcillas.
  - 2, caliza cenomanense (Gargantada-Caleya). Carretera.
  - 3, conglomerados y arenas. Idem.
  - 4, margas del triás.
  - 5, pasta clara, mimófiro tierno con nódulos de pórfido, muy descompuesto (50 metros).
  - 6, marga roja con puntos brillantes especulares y nodulitos.
  - 7, pasta feldespática color pardo verdoso.
  - 8, arenisca porosa, abigarrada, con fajeado ferruginoso (piedra de El Carmen).
  - 9, mimófiro verde oliva claro con puntos rojizos, casi vertical.
  - 10, puente de la Seca sobre mimófiro granitoide. Carretera.
  - 11, brecha de cantos de cuarzo y caliza con pasta verde.
  - 12, margas grises alternando con banquitos areniscos alterados y otros de mimófiro verdoso y ferruginoso, con pasta gris nodulosa; todo muy descompuesto, en formas esféricas.
  - 13, bancos de mimófiro blanquecino con pasta porfídica y nódulos muy alterados.
  - 14, banco estrecho de gonfolita.
  - 15, margas rojas con banquitos de pasta verde muy limonitosa (dirección EO.).
  - 16, margas pardo-amarillentas potentes.
  - 17, banco de brecha (Pudinga de Travesedo), con nódulos duros rojos, que sigue por bajo de Corripas. Carretera.
  - 18, margas rojas.
  - 19, bancos duros de roca feldespática-amarillenta; buzamiento 20° NE. Dir. NO. SE.
  - 20, pudinga cretácea. Debajo de ella, en el río, grandes bancos de mimófiros verdosos, y por bajo de éstos, brecha verde con cantos de cuarzo y caliza, dominando el cuarzo. Los cantos calizos son de gonfolita, blancos y negros, con puntos rojos intensos.
  - 21, roca verde y arenisca porosa fajeada, como la número 8, sobre una gran falla que bien pudiera ser la misma que pasa por Viñaes.
  - 22, bancos de brecha, como la número 17 y la de Pevidal.
  - 23, margas rojas.
  - 24, conglomerados, arenas cretáceas.
- F F, grandes fallas.  
C C, perfil de la carretera.

resuelto en doble falla con abertura angular y arrastre del terreno á lo largo del plano de inflexión, en tal forma, que el hullero invertido y cobijado parece pasar por bajo del amplio sinclinal que Schulz colocó entre el Pienzo y la Cordovana, según indica en corte vertical el croquis de la figura 3.<sup>a</sup>

Figura 3.<sup>a</sup>

- a, cuarcita siluriana.
- b, caliza carbonífera.
- c, subhullero.
- c', caliza divisoria.
- H, hullero inferior.
- P, pudinga silícea del triás.
- R, margas rojas.
- Q, conglomerado calizo.
- L, caliza liásica.

No es, pues, extraño que algunos geólogos é ingenieros hayan creído que las capas de antracita situadas en la falda septentrional del Suevo eran las mismas que se descubren al otro lado en la pequeña mancha de Cofiño. El mismo Schulz llegó á sospechar que la gran caliza de este puerto pudiera ser permiana, sin fijarse en la posición y naturaleza de la cuarcita del Fito.

Tan acentuados accidentes tectónicos, que aquí han tomado el carácter de verdaderos cataclismos, han debido agrietar, cuartear, destrozarse el terreno carbonífero en grandes espacios, y motivar el acceso del magma fluido ó fluidificado hasta la superficie ó hasta el fondo de un mar de gran actividad sedimentaria, originándose multitud de intrusiones é intercalaciones de rocas hipogénicas é hipoclásticas durante los períodos hullero superior, permiano y triásico. Queda sólo á dilucidar las relaciones que puedan existir entre esas rocas y el tránsito de unas á otras, sentando por adelantado que los mimófiros han sido formados á expensas de los detritos clásticos y eruptivos, simultánea ó posteriormente á la erupción, así como que pueden haber sido originados por el simple metamorfismo de los sedimentos pizarreños, debido á multitud de causas, algunas de ellas contemporáneas de la misma formación; y también que de ellos se pasa á las porfiritas, no sólo descendiendo en la serie

estratigráfica hasta el estafaniense, como parece probable en el caso de Villaviciosa, sino en sentido longitudinal, como acontece en Cotorraso, Gargantada y la Soma.

Todas estas rocas tienen un tipo especial: son verdosas, porfídicas, raramente ofíticas; algunas microgranudas, más frecuentemente microlíticas, sin que pueda en rigor decirse que ese tipo, aunque característico del largo período que nos ocupa, sea exclusivo de él. No sorprenden los cambios de estructura con que se nos aparecen, porque éstos, al fin, dependen del proceso del plegamiento y de la profundidad que pudo alcanzar la erosión; pero impresiona el observar la facilidad y frecuencia con que los mantos ó tongadas que asoman á la superficie pasan del estado detrítico á tomar un aspecto eruptivo, á veces propiamente volcánico. Diríase que las margas se feldespaticaban gradualmente en irregulares zonas, por efecto de una intensa acción metamórfica, y hasta que los depósitos triásicos de Asturias en su totalidad presentan signos de ese metamorfismo. Las margas rojas que en Miravalles, Bayones y otros muchos puntos son flojas y se desmoronan como la cayuela, endurecen, forman crucero y pasan á areniscas en Camoca y Lugos, presentando hoquedades ó soplados, alineados en sentido de la estratificación, que adquieren á veces el tamaño de huesos de gallina. En Amandi, las margas están en estratos delgados y muy duros que rompen en trozos romboédricos y alternan con otros arenosos más claros. Subiendo hacia Viñón, lombancos se hacen potentísimos, y tan fuertes, que en las abruptas cortaduras del valle se erizan como compactas areniscas. Entre éstas sobresalen algunos lechos más duros de verdadera cuarcita con manchas feldespáticas que marcan un tránsito á las porfiritas, y, otras veces, se cargan de carbonato de cal y pasan á caliza compacta, piedra litográfica, mármol sacaroide ó gonfolita. Es notabilísimo, en el último caso, ver esta gonfolita, de cantos blancos, grises, negros y rojizos, disolverse en la pasta margosa y volver á aparecer en intercalaciones ó fajas diversas. Lo es, asimismo, el tránsito gradual de la gonfolita ó pudinga caliza á verdadera pudinga cuarzosa de pasta feldespática y granos multicolores. Muy frecuentemente, estos conglomerados toman cuerpo; los elementos cuarzosos alcanzan el tamaño de nueces, y la pasta dominante es la margosa rojiza, descollando

por su gran desarrollo el conglomerado calizo en la Riera, y el cuarzoso en Cabranes y Ferroñes. Entre unos y otros conglomerados, lo mismo desde Viñón á Torazo que en Siero y Langreo, vienen las intercalaciones de mimófiros: unos, granudos y multicolores; otros, de pasta microlítica, verdosos con puntos amarillentos; pasando en dirección, los primeros, á pudingas cuarzosas, y los segundos, á margas y gonfolitas con los diversos tránsitos de que ya se ha hecho mérito.

Tan singular conjunto trae á la mente la idea de un seno litoral poco profundo, agitado por frecuentes convulsiones volcánicas, cuyas aguas se hubieran ido evaporando por efecto de un ambiente cálido ó al contacto de rocas hipogénicas abortadas en su fondo, determinando intensas reacciones y precipitaciones químicas, al mismo tiempo que se rellenaba por una abundante sedimentación mecánica, formándose así espesos depósitos, alternantes ó mezclados, de triple origen. También viene á la mente la atinada observación de De Launay (1), cuando al tratar de la era de los movimientos hercinianos, con su régimen lagunar y sus depósitos litorales, advierte que allí donde el mar triásico desborda, sus progresos comienzan, como los de todas las transgresiones marinas, por formar depósitos de areniscas y conglomerados, y como estas formaciones son generalmente sin fósiles, nos vemos, á veces, perplejos para decir á qué edad pertenecen; porque la destrucción de las rocas ferruginosas y su reprecipitación en contacto del aire continúan, durante un largo período, dando á los terrenos el tono rojizo que tanto contribuye á su confusión.

Puede bien admitirse que en Asturias los movimientos hercinianos se han manifestado sin interrupción en las dos épocas carbonífera y permiana, y se han prolongado y extinguido durante la triásica. Si faltan los depósitos permianos, y acaso los del triás inferior, es porque el suelo asturiano estuvo entonces emergido, es decir, emergió gradualmente durante la formación continental del hullero superior, caracterizada por el gran espesor de sus pudingas y demás sedimentos detríticos, volviendo lentamente á avanzar el mar en el período del triás superior que se inicia con análogos depósitos litorales. Así, los

(1) *La Science Géologique*.

mimófiros triásicos contienen los últimos vestigios de aquellos movimientos, y ya en las concordantes calizas liásicas, contra lo observado en otras regiones pirenaicas, no queda absolutamente nada que los recuerde; menos aún en los conglomerados y areniscas subsiguientes, que acusan una gran actividad detrítica, precursora de un nuevo movimiento tectónico.

Algunos geólogos, al estudiar el plegamiento cantábrico, han visto en él una prueba más del sincronismo de las formaciones y aun de las manifestaciones eruptivas á lo largo de la gran cadena pirenaica; pero habrá que reconocer la gradual extinción del dinamismo terciario hacia la cuenca carbonífera central y la carencia en Asturias de rocas eruptivas con verdadera estructura ofítica, no obstante lo mucho que abundan en el Pirineo oriental. Tampoco el concepto geológico del sincronismo implica identidad en las formaciones. En Asturias pudo no formarse sedimentos permianos, porque el mar permiano quedara lejos; pero no por eso dejó de existir ese período permiano, con todas sus manifestaciones de activo volcanismo. Es, pues, verosímil que los verdaderos pórfidos, que ya atraviesan el hullero superior ó se esparcen sobre él, pertenezcan á esa edad. Este tramo del hullero desborda sobre los otros dos y sobre todos los terrenos primarios en neta discordancia; el triás desborda, á su vez, sobre todos ellos; transgresiones semejantes no se repitieron en la región hasta que avanzó el mar cenomaneense. Nada más disculpable que la confusión en que incurrieron aquellos geólogos al tomar por permianos los estratos muy metamorfizados y porfiroides de la parte baja del triás, sin reparar en su discordancia con los estefanienses, según puede comprobarse en Ferroñes, Arnao y otros puntos de la provincia.

### Posición probable de los tramos ricos descubiertos.

Ya se ha dicho que en Asturias el plegamiento de los estratos primarios, no obstante obedecer á las curvaturas con que los movimientos terciarios se han adosado á los hercinianos, se prolonga en dirección hasta el mar. También se ha indicado que las formaciones sedimentarias de las diversas edades, con sus transgresiones y discordancias, se recuestan sobre los macizos paleozoicos de la cordillera é inclinan en masa hacia la costa. De haberse mantenido uniforme esta inclinación, el problema de determinar la situación y disposición probable en profundidad de los sinclinales correspondientes á las fajas ricas de los tramos inferior y medio del hullero, sería de sencillísima resolución: no habría más que prolongar por bajo del recubrimiento las líneas axiales de los dobleces comprobados en la cuenca desnuda, y como se conocen los espesores de los tramos, podrían trazarse los cortes verticales con suficiente aproximación para deducir los horizontales correspondientes á diversas profundidades.

El plano de la lámina 1.<sup>a</sup>, aunque no pasa de ser un sencillo croquis, da una idea de la estructura stratigráfica de la cuenca carbonífera, por medio de un corte, aproximadamente horizontal, trazado al nivel de las principales arterias fluviales, habiéndose tomado como punto de partida Sama de Langreo. Ese corte resulta, pues, dado ó unos 200 metros por cima del nivel del mar, y para su mejor inteligencia se han marcado en él, con colores diferentes, las secciones de los bancos ú horizontes más notables, á saber: calizas fosilíferas inferiores, que forman la base del hullero, las cuales se separan de la gran caliza carbonífera por intermedio de una faja estéril de 300 á 500

metros de espesor, compuesta de cayuela y pizarra, con nódulos de siderosa, bancos, á veces duros y potentes, de arenisca cuarzosa y una fuerte caliza intermedia, con fusulinas, que, cuando alcanza gran desarrollo, como acontece en Brañavalera y otras montañas, puede confundirse con la caliza inferior; pudinga cuarzosa, base del hullero inframedio, que sirve de techo á un grupo de buenas capas de carbón, entre ellas la que viene reputándose como más productiva de la cuenca (capa Generala); samita potente (banco de la Voz) que sirve de base al hullero medio y soporta unas treinta capas explotables, el haz más apreciado por su normalidad y limpieza; arenisca azulada (banco de San Luis), base del supramedio, en cuyo contacto comienza la serie de bancos de caliza amigdaloides (gonfolitas) comprendiendo otra treintena de capas, algunas muy gruesas, aunque, en general, con más intercalaciones arcillosas (menudos más secos y sucios) que la hilada anterior; y por fin, banco de caliza amigdaloides (gonfolita de la Oscura) donde termina el hullero rico hasta hoy descubierto, al cual acompañan pizarras pobres en hulla con impresiones de ciertas especies de *astero-phillites*, *pecopteris*, *annularia* y otros vegetales fósiles que marcan ya un tránsito al hullero superior. Como el trazado resulta muy complicado, á causa de los repetidos y bruscos cambios de curvatura á que da lugar el plegamiento, frecuentemente isoclinal, se indican con las iniciales A y S los respectivos espacios anticlinales y sinclinales que quedan comprendidos entre los referidos horizontes. Están también indicadas la traza de las principales fracturas y las líneas axiales de los senos hulleros.

Siguiendo sobre este plano la traza de los horizontes inferiores, puede observarse que un corte vertical dado á lo largo del río Nalón, desde el borde calizo de la Paranza al del Condado, descubriría; un sinclinal cobijado y estrecho entre la caliza y Villa, seguido de un anticlinal agudísimo; otro sinclinal más abierto, entre Villa y Barros; un anticlinal entre Lada y la Felguera; un sinclinal de doble seno entre Peña Nalona y San Martín del Rey, dividido por la cuña anticlinal de San Vicente, el más amplio de la cuenca y el que mayores profundidades alcanza, sin duda alguna, á contar desde las gonfolitas superiores hasta las calizas inferiores (2.500 metros); un anticlinal en

Florida que despliega sus ramas en Santa Bárbara, y es uno de los cuatro que derivan del promontorio central de Pico Cruces; un sinclinal cerrado en Sotroñdrio que forma el vaso de San Mamés y alcanza hasta las primeras capas del supramedio; un anticlinal de pasmosa irregularidad en Laviana, que va retorciéndose desde Tolivia á Bimenes y acaba en martillo sobre el cordal de Nava; un sinclinal en Ribota, sumamente complejo, que es el que va por la Figar hasta Priandi; un pequeño anticlinal en Lorio y un corto sinclinal en el Condado, apretado contra la caliza de Peñamayor. El corte así descrito, es el E E', figurado en la lámina 2.<sup>a</sup>. Su simple inspección prueba la exactitud de la teoría expuesta por Daubrée acerca del plegamiento de las cuencas, debido á presiones laterales, ó sea á las que hoy distinguen los geólogos como tangenciales, y hace ver que sólo en el triple seno de Sama, San Andrés, Valdesoto, entran todas las capas explotables de la cuenca, aunque una buena parte de las del tramo supramedio, más ó menos trastornadas, caben en los de Sotroñdrio, Turón y Caborana.

El examen de las líneas axiales, señaladas en el corte horizontal, es de un interés extraordinario para el asunto que ahora se trata. En verdad que si sólo se persiguen con ellas poner en evidencia la disposición del plegamiento, preferible hubiese sido trazar los ejes correspondientes á los anticlinales, como más expresivos del relieve estratigráfico; pero hemos juzgado que lo que más importa á la investigación subterránea es inquirir la posición probable de los fondos sinclinales capaces de contener los tramos ricos, apoyándose en la prolongación racional de sus líneas axiales, según éstas se dibujan en la cuenca desnuda.

Prescindiendo de las inflexiones secundarias y de las bifurcaciones numerosas á que dan lugar, y sin prejuzgar por ahora la cuestión de la profundización longitudinal de las líneas axiales, sólo examinaremos las seis principales con sus respectivas bifurcaciones, partiendo de O. á E.

La X<sub>1</sub>, es decir, la más occidental, después de señalar la orientación terciaria ó pirenaica de las manchas leonesas que el hullero inferior conserva visible al N. de Villamarín, dobla en Genestosa para entrar en Asturias adosada á la gran fractura del puerto de Ventana y decidir el arrumbamiento herciniano de

la cobijada cuenca de Teverga, bifurca en Tameza, dejando entre sus dos ramas la cumbre cuarcitosa de La Lloral y la sierra ferruginosa de Llamera. De estas dos ramas, la más occidental determina el manchón calizo de Bayo, Bascones y Andallón, donde se conocen insignificantes afloramientos de carbón, y allí se extingue ó se oculta bajo los depósitos mesozoicos, para no volver á reaparecer sino al otro lado de la cuarcita del Cabo Torres, formando un pequeño sinclinal á la orilla del mar, delante de Perlora, y francamente arrumbada al NE., como todos los pliegues de la zona costera que venimos estudiando. Entre los diversos senos engarzados en esta larga alineación, sólo el de Teverga, que forma un verdadero fondo de barco, levantado tanto hacia Tameza como hacia Ventana, alcanza alguna importancia industrial por su riqueza en hulla, y aun las capas más altas y ricas del tramo inferior, que son las que se adosan al agudo sinclinal de Torce y Caño, es probable que plieguen antes del nivel del río, en Plaza; de suerte que sólo alcanzarían profundidad las capas menos regulares del tramo inferior.

La rama más oriental, que sigue la sierra de Tameza y va por cima de la fábrica de Trubia hacia el Nora, sirve de eje al sinclinal del Naranco y Santo Firme, en el que caben, no sólo las capas del tramo inferior, perfectamente reconocidas por cima de Posada, sino las del tramo inframedio, que ganarían profundidad entre Villabona y Serín; y si se considera que este sinclinal debe cerrar entre Veriña y Gijón, es porque, según ya se ha hecho notar, á los adelgazamientos de los extremos anticlinales de una faja del plegamiento corresponden en la inmediata ensanches ó vientres sinclinales, resultando estos alternantes á uno y otro lado del macizo anticlinal, según indica la misma muestra caliza de Perlora, lo que hace verosímil la hipótesis de un anticlinal por bajo de Gijón, buzando á tierra, análogamente al que el terreno devoniano forma al E. del Cabo de Peñas. La línea axial  $X_2$  deriva de la falla frontera de Pajares y Telledo; traza la misma curvatura, con convexidad hacia el SO., que la línea anterior; sigue, en inflexiones paralelas, á lo largo de la cuenca de Quirós, por Proaza y Latores, para pasar por bajo de Oviedo y determinar, muy probablemente, un gran fondo sinclinal entre esta ciudad y Gijón. La cuenca de Quirós es

ya más profunda que la de Teverga; en ella entran, no sólo las capas del tramo inferior y las del inframedio, sino el primer paquete de siete buenas capas del tramo medio, como se comprueba en la cubeta replegada del Runeiro y Llanuces. La mancha confusa de Latores y Priorio indica buzarse hacia Oviedo, y acaso se enlace con la de la vertiente meridional del Naranco. Es, pues, probable que, dado el hundimiento hacia la costa que supone el relleno mesozoico al otro lado del Nora, el supuesto sinclinal continúe sin interrupción hasta el mar, limitado al E. y SE. por el anticlinal devoniano de la Grandota, que se extendería hasta más allá de Noreña, y otro complementario y concurrente, bajo el río España, preparatorio del seno central de Villaviciosa. Al otro lado quedarían los anticlinales del Naranco y Gijón, sin ser imposible el contacto, á cierta altura, de los fondos de Santo Firme y Oviedo.

La línea  $X_3$  deriva también de la fractura frontal de Pajares, sigue el retorcido sinclinal del Huerna, que es menos profundo que el de Quirós; pasa por cima de Muñón á Riosa, sin ganar mayor profundidad; tuerce, concéntricamente con las anteriores, aunque con menos radio, entre el Aramo y el Monsacro; continúa por el agudo sinclinal que forma la pudinga en las sierras de Ablaña y de Fayedo; se confunde con la fractura del cobijamiento de la Paranza, y enlaza con las axiales centrales en el gran pliegue de retroceso de Aramil. Con esta línea empalma, por cima de Campomanes, la secundaria que marca el pliegue retorcido de Parana y Malvedo, para terminar en la alta cumbre sinclinal de Compañones.

Puede darse por cierto que fuera de esta cumbre donde, como en Quirós, se encuentra una cubeta con capas del tramo medio, á todo lo largo de esta línea axial, hasta su hundimiento bajo la creta, no entran más capas que las del inferior y las del inframedio.

De la referida cumbre sinclinal de Compañones nacen también las líneas  $X_4$  y  $X_5$ , las más notables de la cuenca, que siguen, casi paralelas, en dirección N. S. hasta cruzar el río de Turón, para después separarse á uno y otro lado del gran promontorio anticlinal central de Pico Cruces-Pico Polio.

La línea  $X_4$  forma, después de pasar entre el Ranero y el Neñora, la gran cubeta de Moreda-Caborana-Bó, en el valle

de Aller, una de las más amplias y regulares de la cuenca, donde entran todas las capas de los tramos inferior, inframedio y medio, y aun algunas muy concentradas del tramo supramedio que se las ve en Felguerosa, por cima de Caborana. La línea sigue al valle de hundimiento de Turón, donde se adosa momentáneamente á la fractura terciaria y forma los vasos de Candanal y Vegalaponte, bifurcando en este último, hacia el S., para obedecer al famoso cuerno anticlinal denunciado por el arco de Santa Cruz y señalar el agudo sinclinal de Carabanzo, que va hasta la misma cumbre del Ranero. Más allá, girando hacia el NE., pasa el levantamiento de Salencia y orienta el alargado sinclinal de Sama, puesto en evidencia en el plano por la traza del banco de San Luis, que no retrocede hasta cruzar el barranco del Cadabal, continuando por Baeres hacia la creta de Carbayín y Pumarabule. Aquí retrocede aparentando dos bifurcaciones: la que va á la Oscura y Bédavo, en el valle del Nalón, y la que, salvando el anticlinal del Pumar y Granda, decide el sinclinal de Caballeros, Pevidal, Cotorrasso y San Tirso, relleno en su mayor parte por el triás porfídico.

Resulta de lo expuesto que hacia la creta de la Cruz y el triás de Aramil, es decir, antes de pasar la fractura de levantamiento que en dirección NO.-SE. va, según ya se ha explicado, desde la Figar de Bimenes hasta el valle de la Cruz, las cuatro líneas axiales que vienen de Langreo se juntan, indicando que la cuenca hasta hoy conocida, se cierra en aquel punto, y así lo demuestran también las labores mineras efectuadas; pero esas líneas axiales buzan hacia el cauce del Nalón; los sinclinales cierran sobre este cauce; los anticlinales forman afloramientos hiperbólicos á uno y otro lado del mismo. Es indudable que el río Nalón traza una línea de hundimiento, y que á ella ha de corresponder en la misma ó aproximada dirección otra línea de levantamiento, que no puede ser distinta de la precitada Figar-Cruz; de suerte que al NE. de esta última línea reaparecerán senos sinclinales correspondientes á los que quedan descritos; es decir, cerrados en inverso sentido, pero adaptados á las curvaturas de las mismas líneas axiales, con desconocida profundidad y evidente inclinación hacia el mar, no obstante el evidente levantamiento relativo de la costa. A estas ideas, y á las observaciones tectónicas indicadas, obedece el

trazado ideal de las dos cuencas parciales ( $H_2$  y  $H_3$ ) de Villaviciosa y Nava, que figura en el plano; y precisa advertir que la supuesta disposición de estas líneas de plegamiento subterráneo no prejuzga profundidad, asunto que queda á dilucidar, sino más bien responde á la de los afloramientos ideales de los horizontes inferiores sobre el mismo plano horizontal, ó suavemente inclinado hacia el mar á que se han referido las secciones de los pliegues descubiertos.

La línea  $X_5$  obedece á los alargados sinclinales de las Mestas, Murias y Longalendo; pasa por el pico Tres Concejos y cae al Nalón por la bella cubeta de San Mamés-Sotroindio, extinguiéndose al N. de ella por bajo del Carrozal. Es de notar que tanto el paso de Piñeres como el anticlinal cerrado de Serrapio, denuncian en el río Aller un movimiento de levantamiento, siendo así que por lo que antes se ha dicho, tanto en Bó como en Moreda está bien patente el hundimiento, lo cual prueba que la fractura de Aller responde á un movimiento de báscula (falla con rotación) muy frecuente en las deformaciones cantábricas.

Notabilísimo ejemplo de adaptación ofrece el eje  $X_6$ , que después de orientar las manchas hulleras del tramo inferior existentes en la vertiente meridional de la cordillera, entre los puertos de la Cariza y Vegarada, á modo de retazos desgarrados en dirección pirenaica (E. O.), cambia bruscamente de dirección por cima de Pendiella, en la Peña de Guazonos, cuya alta cumbre, á nuestro modo de ver, está constituida por las cuarcitas y samitas del hullero inferior, agudamente doblado y levantado, para entrar en Asturias por la cubeta de Río Aller en dirección NE.-SO., doblar al NO. en Felechosa y proseguir en alternante dirección ceñida al levantamiento calizo de Mea, Sobrescobio y Peñamayor, hasta Priandi; en tal forma, que esta línea determina un estrecho sinclinal adaptado á todas las ondulaciones del múltiple anticlinal cuarcitoso, revestido de caliza carbonífera que cierra y comprime por Oriente la cuenca central. Esa línea afecta dos bifurcaciones: una, de poco interés, que indica el cerramiento del hullero inferior entre la calizas de las Foces y de los Barreros, y otra, muy interesante, que orienta al NO. el muy regular sinclinal de los cordales de Santibáñez y de Bello, con capas de los tramos inferior é inframedio, para empalmar frente á Piñeres con la rama  $X_5$ .

Ahora bien, como la línea axial  $X_5$  se extingue antes de llegar al levantamiento Cruz-Figar, y la línea  $X_4$  bifurca cerca de él para ceñirse con una de sus ramas al anticlinal de doble buzamiento del cordal de Nava, es muy probable que las referidas líneas  $X_4$  y  $X_6$  se enlacen por la referida bifurcación, y que la última se desdoble al NE. de Nava dirigiendo una rama hacia Viñón, y otra, por Torazo, hacia Libardón y Carrandí, sobre las vertientes septentrionales del Suevo, con lo que quedaría determinada la cuenca  $H_3$ , siendo admisible que ésta deba considerarse prolongada hasta incluir las manchas cobijadas del Suevo.

Pero si se examinan con detenimiento los cortes de las láminas 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup>, se advierte un segundo sentido de hundimiento, desde Peñamayor hacia la Paranza, y lo mismo sería desde el Suevo hacia el valle de Villaviciosa. Por eso, en el valle de Bimenes pliega repetidas veces el tramo hullero inferior, en tanto que en Villa apenas se percibe y va la pudinga, hecha trizas, á tropezar casi con la caliza de la sierra. Una gran zona del referido tramo, el más pobre de la cuenca, debe existir, en ondulaciones poco profundas, al O. y NO. de Peñamayor y del Suevo. Así lo confirman, en efecto, las manchas descubiertas de Priandi, Torazo, Libardón y Carrandi, que todas pertenecen al hullero inferior; así lo indica también la de Viñón, aunque por su situación parece, á primera impresión, no estar en el mismo caso.

Esta mancha cruza el río desde las peñas de Singla hasta más allá de la iglesia parroquial, en dirección NE. SO., con tendido al NO., si bien en algunos puntos los bancos están cambiados, y tan resquebrajados, que no es fácil tomar su verdadera orientación. En la parte alta se ven areniscas blandas y pizarras con calamites; debajo, samitas muy micáceas con impresiones de calamites y de otros vegetales de difícil determinación; después, gran banco de arenisca azul muy dura, inclinado  $70^\circ$  NO.; siguen pizarras carbonosas y un banco aún más potente de samita casi blanca, que parece una arcosa durísima. Cerca de la bocamina principal se ven areniscas resquebrajadas y concrecionadas, con espacios en que los riñones de la roca forman bolas de capitas concéntricas (muy frecuentes en el subhullero de Aller y de Laviana) y cayuela ó pizarrilla pardo amarillenta. Las capas de hulla, en número de seis, que en

este manchón se explotan, pasan por el pueblo mismo entre dos calizas, distantes una de otra unos 250 metros, que forman las dos cumbres de Peñacabrera. Cuatro de esas capas, muy estrechas, se hallan en un paquete que no excede de 80 metros de espesor, y las otras dos, á unos 200 metros de separación, alcanzan 1,20 m. y 0,80 m. de potencia respectivamente. Todas son antracitosas y van en forma de rosario. La estratificación tiende constantemente al NO., y con dirección N.  $20^\circ$  E. á N.  $30^\circ$  E., marcando un arco muy suave. Por bajo de las calizas asoman areniscas muy duras, casi cuarcitas. Todos éstos son los caracteres del hullero inferior; si nos hemos detenido tanto en ellos, es porque este asomo de Viñón, el más próximo al sondeo practicado en Amandi, puede ser un antecedente decisivo para conjeturar acerca del mérito industrial atribuible al supuesto seno profundo  $H^2$ , prolongación directa del más hondo y rico de Langreo, al otro lado de la fractura anticlinal de la Cruz y del geosinclinal cretáceo.

Y así, espontáneamente, se nos vuelve á presentar el problema de la profundidad probable de los senos hulleros, no prejuzgada al tratar de la sucesión y encadenamiento de estos senos por medio de sus líneas axiales.

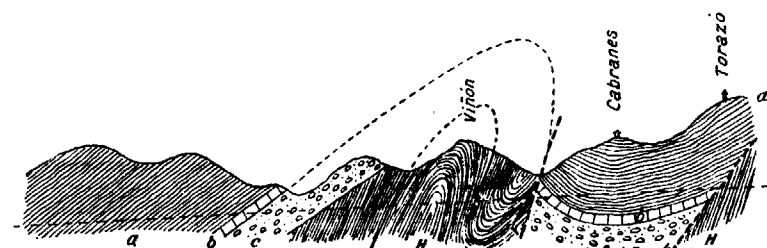


Figura 4.ª

- a, margas y areniscas rojas.
- b, calizas.
- c, conglomerados.
- a<sub>1</sub>, margas y mimófitos.
- H H, hullero con capas de antracita.

Desde luego, para explicarse la situación de las capas de Viñón, que hemos referido al tramo inferior en un espacio concéntrico de la gran mancha triásica que desde Villaviciosa atraviesa hasta Torazo, y sube hasta cerca de Colunga; es decir, muy alejadas del borde calizo que cierra la cuenca principal por

Oriente, hay que admitir repetidas y poco profundas ondulaciones de la parte baja de la formación hullera, á semejanza de las que se observan en los espacios desnudos de los términos de Bimenes y de Siero, y que estas capas afloran á causa de un doble pliegue inverso levantado según una falla dirigida hacia el Suevo é indicada en la figura 4.<sup>a</sup>, aparentando quedar en anticlinal el superpuesto terreno triásico.

Según todo esto, al N. y NO. del asomo hullero de Viñón pasaría el gran sinclinal que consideramos correspondiente al central de Langreo, con tal amplitud, que de permitirlo la profundidad rellenada daría cabida, no sólo á todas las capas conocidas en la región descubierta, sino á otras superiores que pudieran existir sobre los horizontes de caliza amigdaloides de Sama y San Andrés, y al E. y NE. de Torazo asomaría la pequeña cuenca plegada del Suevo, en la cual podían haber las buenas capas altas del tramo inferior, mas no las del medio; siendo poco probable que esta cuenquecita enlace directamente con la de Nava, y más verosímil que ambas queden separadas por un anticlinal retorcido y roto del tramo subhullero, según indican los afloramientos extremos que se perciben frente á Torazo, sin que por esto pueda temerse que en la cubeta de Nava no entren capas más altas que las del inframedio, puesto que abarca amplitud suficiente para recibir el paquete más bajo del tramo medio, de suerte que su mayor ó menor riqueza dependerá mayormente de lo que allí ahonden los depósitos cretáceos y triásicos.

Realmente, en el mismo caso han de hallarse todos los senos supuesto ricos, con excepción del H<sub>4</sub> que se presenta ex-hondado casi en totalidad. La profundidad á que alcanzan esos senos, representada idealmente en los cortes verticales, dependerá, no sólo de lo que la erosión haya respetado en ellos con anterioridad ó durante el período triásico, sino de la distancia que medie entre su superficie oculta y la del suelo actual; es decir, del espesor real de los depósitos mesozoicos, incluyendo lo debido al plegamiento, á las intrusiones y á las fallas.

El triás, en la cumbre de Coruña, sobre Saus, se encuentra recubriendo el carbonífero á una altitud de 600 metros. En el sondeo de Amandi se ha perforado hasta una profundidad de 500

metros por lo menos. Resulta una suma de 1.100 metros, que repartida sobre 20 kilómetros, distancia recta aproximada de ambos puntos, da una inclinación media de 5,5 por 100; es decir, de 3° sexagesimales aproximadamente. En Langreo, frente á Barros, las calizas amigdaloides de la base del triás descansan, al borde del Nalón, unos 200 metros de altitud, sobre el carbonífero, en tanto que en el sondeo de Vega se han cortado á 160 metros de profundidad, y como la distancia es asimismo de 20 kilómetros, resulta en este caso una inclinación media de 1,80 por 100 solamente; es decir, muy poco más de 1° sexagesimal. Por fin, en la Riera, casi al nivel del mar, las margas y conglomerados rojizos cubren al carbonífero al nivel del río, y como son muchos los sitios de los términos de Villaviciosa, Cabranes, Siero y Gijón donde el triás se presenta con inclinaciones septentrionales de 10 á 30 grados sexagesimales, bien claro queda que, no obstante su hundimiento hacia la línea axial de Villaviciosa, lo que tiende á ahondar, por razón de aquellas inclinaciones, queda compensado, en su mayor parte, por las contrapendientes ó buzamientos al S. y SE.

Por lo que hace al carbonífero, la incertidumbre es aún mayor, porque no sólo influyen en las profundidades los hundimientos hacia ciertas líneas de fractura (Nalón, Turón, Riera, etc.) más ó menos compensados por zonas intermedias de levantamiento (Cruces, Bimenes, etc.), es decir, hundimientos y levantamientos en sentido longitudinal (arco de las axiales que comienza por NO.-SE., sigue por NE. y termina por NE.-SO), sino que influyen también los hundimientos en sentido transversal ó lateral (Villa y Laviana hacia Sama y Sotroñido; Piñeres y Carabanzo, hacia Caborana, etc.). Así la pudinga divisoria de los tramos inferior é inframedio (pasando frecuentemente á arenisca dura) forma una taza sinclinal en la cumbre de Compañones (2030 metros de altitud) y se calcula que pliega á los 500 metros por bajo de este vértice y á los 700 metros por bajo del río Aller en el sinclinal de Caborana. Los fondos quedarían, según esto, á una diferencia de nivel de 1.920 metros, que repartidos entre los 17 kilómetros de distancia entre ambos puntos, demostrarían una inclinación media, según la axial X<sub>4</sub>, de 11,30 por 100. Si se compara la profundidad del fondo sinclinal de Caborana con el de Langreo, donde la pudinga se calcu-



la á 1.800 metros por bajo del río en el seno mayor, teniendo presente el desnivel de ambos puntos, y su distancia de 15 kilómetros, se llega á una inclinación media sobre la misma axial de 6,67 por 100.

Y si se calcula esa inclinación, siempre sobre la línea X<sub>4</sub>, entre la divisoria cantábrica y el seno hundido del Nalón, se llega al promedio de 9,125 por 100.

Si desde la misma cubeta de Compañones se sigue el sinclinal de la pudinga hasta el cruce del río Aller, en Piñeres, donde pliega superficialmente, entonces la pendiente media axial se reduce á 9,30 por 100; siendo de 6,10 por 100 desde Piñeres á Sotroñdio, sobre la línea X<sub>5</sub>, y 7,12 por 100 la inclinación media desde la cordillera á la subcuenca cerrada de Sotroñdio.

En cuanto á los hundimientos en sentido lateral, la escala es mucho mayor; pues la inclinación media desde Piñeres á Caborana es de 13 por 100, la que se acusa desde Villa al fondo de Sama no baja de 25 por 100; y la media desde Ribota á Sama es de 13 por 100 como la de Caborana.

Esto induce á creer que las mayores profundidades y las mayores amplitudes de los fondos hulleros sospechados en prolongación directa, aunque con cierres inversos de la cuenca central de Langreo, han de hallarse más cerca de la línea de fractura Paranza-Villaviciosa que del borde calizo Peñamayor-Sueve, sin que esto sirva de un modo absoluto para prejuzgar su riqueza y su accesibilidad, porque aunque conocemos bastante aproximadamente los espesores normales de los terrenos que forman el recubrimiento y su inclinación general hacia el mar, no estamos en el mismo caso respecto á los efectos é influencia de la erosión preliásica, de los plegamientos postríásicos y de los hundimientos que escalonaron la costa cantábrica entre el infracretáceo y el plioceno. Menos aún conocemos lo que pueden haber contribuído á aumentar el espesor de los recubrimientos los mimofiros y rocas verdes que se intercalan en los estratos del triás ó derivan de su metamorfización, y las porfiritas que penetran el estefaniense ó se depositan en tongadas sobre su superficie.

A juzgar por la disposición de las líneas ideales del plegamiento horizontal, referidas á un plano 200 metros más alto que el suelo de Villaviciosa, la mayor profundidad y el mayor

número de capas de hulla, estarían por bajo de esta villa y hacia Camoca; y por lo que hace al recubrimiento, era lógico suponer, como supuso sin duda la Sociedad de Sondeos, que, entre esos dos puntos, á lo largo del río Grases, se estaba en una ondulación anticlinal del terreno triásico, y que el espesor de éste sería allí bastante menor que el que seguramente habría en Nievares ó Miravalles, por ejemplo.

El sondeo de la Parra, frente á Amandi, parece, no obstante, contradecir esa suposición. Es sensible que no hayamos podido conseguir un corte detallado del referido sondeo, que alcanzó la profundidad de 940 metros; pero, á juzgar por las muchas noticias que durante su ejecución hemos ido recogiendo, lo que allí se cortó hasta los 500 á 600 metros de la superficie fué, sencillamente, los estratos triásicos más plegados que en el exterior, y cada vez más metamorfizados y porfídicos, hasta llegar á las gonfolitas con cantos cuarzosos, á veces verdaderas pudingas, que constituyen la base. La duda está en si por debajo se atravesaron ó no nuevos pórfidos, y en la edad á que puedan pertenecer las pizarras negras con algunos vestigios vegetales, los bancos de gonfolita y de menudo y durísimo conglomerado que, al parecer, atravesaron entre los 600 y los 940 metros en que cesó el trabajo.

En alguna ocasión se dijo que eran permianos los bancos cortados bajo el triás en Villaviciosa, formados por una roca cuarzosa, especie de conglomerado de elementos menudos de cuarzo con cemento calizo, de una dureza y dificultad de perforación extremas, muy análogos á los que se encuentran en Francia en el mismo nivel geológico; pero esos bancos resultan de igual naturaleza que los que afloran, y se conocen, según ya se han descrito, en la parte baja de todas las manchas triásicas de Asturias, y aunque no disponemos de fósiles que permitan precisar su edad, ni nadie los ha encontrado aún á este nivel en toda la región (1), no es probable que, de faltar en ella el *muschelkalk* y la arenisca *vosgiana*, viniera el Keuper á descansar en concordancia, y con gran analogía litológica, sobre las areniscas rojas y pudingas permianas, las cuales sólo formarían un estrecho manto discordante sobre el estefaniense. Es más vero-

(1) El ingeniero J. Gabala los acaba de encontrar en el Keuper de la provincia de Cádiz.

símil que en Asturias faltan, como consecuencia de una emergencia continental de larga duración, los elementos permianos, habiendo quedado discordantes y en contacto las dos formaciones litorales del estefaniense y del triás.

Mayor consistencia tiene la opinión de los geólogos que ven en las areniscas, pudingas, calizas y margas rojas de Asturias la representación de toda la serie triásica, apoyándose exclusivamente en los caracteres litológicos. Schulz, á falta de fósiles, y fijándose en la unidad estratigráfica que revela la facies de esos depósitos, los refirió en totalidad al Keuper bajo el epígrafe de *Margas irisadas*. Mallada, en su Explicación del Mapa Geológico de España, atribuye al tramo inferior las areniscas rojas, alternantes hacia la base con las pudingas cuarzosas, claramente superpuestas al hullero é infrayacentes á las margas rojas yesíferas en Villaviciosa, Colunga, Ferroñes, la Miranda y otras localidades. También incluye las margas multicolores de Castiello y Torazo, que pasan á arcosa clorítica y encierran en su masa nódulos de pórfido descompuesto, como las de Gargantada, y refiriéndose á las que entre Viñón y Cabranes se apoyan sobre el carbonífero con suave inclinación al S., nota que se convierten en mimofiro duro por la influencia metamórfica de los asomos porfídicos que hay entre Viñón y Puerta, análogamente á lo que acontece en Giranes y la Soma, donde las rocas triásicas y carboníferas se confunden á causa de la acción metamórfica que ha ejercido sobre las últimas un dique porfídico. Tanto Mallada como Schulz señalan en Cabranes el anticlinal que hemos figurado en nuestro corte de la lámina 2.<sup>a</sup>

Resucita después Mallada las cuestiones planteadas por Barrois relativas á los mimofiros de Asturias, origen y edad, deduciendo que la carencia de fósiles impide decidir si son triásicos ó permianos; pero hace resaltar la opinión del distinguido geólogo francés, de acuerdo con la que Jacquot emitió respecto á la serranía de cuenca, favorable á admitir un grupo intermedio entre el carbonífero y el triás, de igual posición y de caracteres litológicos iguales á los del *rothliegende* de los Vosgos, y á considerar los mimofiros de la base del triás de Asturias como habiéndose depositado al propio tiempo que surgían del interior los pórfidos rojos de pasta esferolítica, idénticos á los per-

mianos de los Vosgos y del Esterel, á cuyas expensas se formaron aquéllos.

Al mismo tramo inferior corresponderían, según esto, las capas de arenisca roja de Trespando y Felechés, en Siero, y las de Candaneo y Riaño, en Langreo.

No intentaremos contradecir tan autorizadas opiniones; pero ya hemos descrito la superposición de estratos en los cortes de Gargantada, San Justo y Cotorraso; también hemos indicado que, á uno y otro lado del anticlinal de Cabranes, queda el triás, no sólo con buzamientos, sino con caracteres litológicos diferentes, y podemos agregar que los asomos porfídicos de Viñón, lo mismo que otros muchos ya reseñados del triás, están interstratificados, pasando en sentido longitudinal á mimofiros, y que no pueden ser causa, sino más bien efecto de una enérgica acción metamórfica. No puede negarse que estos mimofiros y porfiritas abundan más en la parte baja que en la alta del sistema; pero tampoco ha de desconocerse la unidad estratigráfica que revela la facies de estos depósitos, los cuales, en rigor, no presentan mayores variaciones litológicas en sentido vertical que en el longitudinal, y pasan gradual, insensiblemente, de unas rocas á otras, sin que sea, á veces, fácil marcar netamente las juntas ó divisorias.

En cuanto á la caliza del Muschelkalk, de que parece hacerse caso omiso, la determinación ofrecería mayor incertidumbre.

Indicó Schulz, y ha sido reiteradas veces comprobado, que en la base del triás se encuentran dos calizas arcillosas pardas ó grises con geodas de cristales de espato calizo. Estas calizas deben estar debajo de las margas, arenas y conglomerados, y no son otras que las que aparecen al descubierto en Barros, Matamoros y Candaneo (Langreo), donde toman la estructura de gonfolitas ó pasan á caliza litográfica muy marmórea; pero en el sondeo de Vega, por bajo de la caliza geódica, se cortaron lechos de marga abigarrada y una tongada de pudinga de pasta rojiza, y más abajo, cubriendo el carbonífero, una pizarra arcillosa negra. No conteniendo fósiles, es arriesgado afirmar que esas calizas pertenecen al Muschelkalk, sobre todo sabiendo como se repiten ó aumentan de espesor y cambian de estructura de unas á otras localidades, y como á lo largo, es decir, longitudi-

nalmente, pueden transformarse en gonfolitas, en pudinga, en marga dura y aun en mimofiro y grauvaca.

Estas calizas acaso sean las que, formando islotes, descansan en varios lugares, entre Carreño y Pravia, directamente sobre el devoniano, llevando á veces entre las dos un banco de mineral más ó menos continuado y potente, al modo como en la Riera y Colunga se descubre otro muy rico y manganesífero. Ya se ha indicado su disposición en el corte desde Amandi por Viñón á Torazo, y si se buscan en el de Libardon á Colunga, no pueden ser otras que las que bajo la forma de potentes brechas marmóreas pasan por la Riera; pero, ¿cómo y á qué profundidad fueron atravesadas por la sonda en Amandi? Estamos en la inteligencia de que este sondeo, poco después de las margas rojas cortó una gonfolita, y que, hacia los 700 metros de profundidad, después de haber pasado de 300 metros de porfirita, cayó en otra gonfolita de más de 50 metros de espesor, roca que contenía muchos cantos areniscos, como sucede en los diversos tránsitos que conocemos en el trias inferior de brecha caliza á pudinga silicea con pasta ó cemento margosa ó caliza; de suerte que lo que sabemos acerca de ese sondeo, no resuelve la duda que suscita la caliza del Muschelkalk, ni da idea alguna acerca de la posibilidad de su existencia.

El banco de arena sumamente piritosa que se cortó por encima de ella es probable fuera una roca hipogénica ó hipoclástica descompuesta. Un banco de arena endurecida, bastante feldespática, que asoma en Matamoros, parte alta del valle de Lada, entre la caliza que cruza el río y los mimofiros y pudingas de Sierrallana, constituyendo una bella arenisca abigarrada, de tonos claros amarillentos, sumamente porosa, que asimismo se ve en la Rionda y en el cordal del Pevidal, es fácil que ocupe la posición de la citada arena de Amandi, siendo ambas una toba silicea ó brecha cinerítica, tal vez de origen explosivo.

Ese banco se cortó, pues, en Amandi después de haber atravesado las margas abigarradas, las gonfolitas y tres bancadas de conglomerados, y es de suponer que fué después de éste donde empezaron á cortarse las verdaderas porfiritas con el gran espesor indicado y la toba particular; quedando aún por bajo tres fuertes bancos de gonfolita con algunos cantos cuarzo-

sos, y que al descender aún más se halló una pizarra negra con algunos vestigios vegetales y vetillas carbonosas que se indica encontrada en la parte más profunda del sondeo, en contacto de una nueva gonfolita.

En Matamoros, debajo de los dos bancos de caliza (uno marmóreo y compacto, otro amigdaloido ó de gonfolita) está ya en discordancia el terreno carbonífero. En Vega la sonda pasó tres bancos de caliza (el central con alguna arenisca) con un espesor total de 28 metros; debajo, marga roja; debajo, marga negra, y por fin, conglomerado silíceo echado, casi horizontal, sobre el carbonífero que allí se presenta casi vertical.

No hay, pues, analogía en el terreno cortado por los dos sondeos; diríase que en Amandi se había cortado dos veces el trias ó un trias en dos tramos con dos facies distintas; el trias normal, tal cual se ve desde Amandi á Fuentes Miravalles y Gancedo, ó en Granda, Huerces y Caldones, y el trias metamorfozido, porfidi-

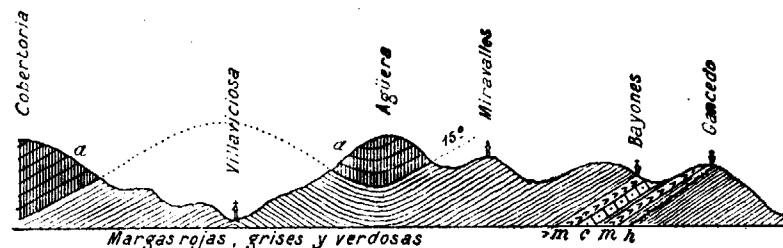


Figura 5.ª

a, calizas liásicas.  
m, mimofiros.  
c, caliza gris ó color de vino.  
h, mineral de hierro.

co, tal cual se presenta en Cabranes, Vigil, Cotorraso ó Gargantada; y de no ver sobre el terreno la facilidad con que de una facies se pasa á la otra en sentido longitudinal, y que ambas descansan indistintamente sobre el hullero, en sentido vertical, se admitiría resueltamente su superposición y la separación de los tramos, llevando los conglomerados inferiores á la arenisca vosgiana, y dejando en el Keuper todas las margas grises y rojas que se ven desde Amandi á Gancedo, hasta la brecha caliza y el mimofiro que se descubren en Bayones, las cuales han debido ser en su prolongación subterránea las componentes autén-

ticas de la primer zona cortada por el sondeo de Villaviciosa. Hemos hecho ese corte, y de él da idea el croquis de la fig. 5.<sup>a</sup>

Se ve que la cumbre de Agütera es una bandeja sinclinal de caliza liásica que, al otro lado del anticlinal triásico de Villaviciosa, hace juego con la de la Cobertoria y San Justo. La carretera que sube por entre Carda y Tornón á Miravalles bordea esta mancha; va por el alto en marga y entra cerca de la Magdalena en arenisca roja que buza 10° al NO. La estratificación se tumba algo hacia Bayones, pues en la caliza liásica era de 15°. Camino de Bayones á Gancedo, margas rojas y areniscas blandas, dirección NO.-SE. y buzamiento NE., y allí empiezan á verse mimofiros poco potentes y excesivamente descompuestos, y una caliza gris azulada margosa, llevando por bajo un mineral de hierro, hematita roja muy rica, que recuerda al de Colunga. La caliza se ve también en Bayones, junto á la carretera, y más arriba, á lo largo de ésta, de color heces de vino, casi horizontal, y parece que va en bolsones. Este corte recuerda al del triás de la Collada y Granda, y al que se recorre entre Amandi por Ambás y Sariego. Bien pudiera representar la parte más alta, margosa, yesosa y salifera; pero en este caso habría que admitir que en Gijón falta todo el tramo inferior, y que en Viñón, á uno y otro lado del anticlinal, existen tramos distintos del triás cubriendo un mismo asomo carbonífero, lo cual no parece tan verosímil como que se está en presencia de la facies continental de una formación cuya determinación sólo será autorizada por el descubrimiento de fósiles.

Lo que prácticamente interesa deducir de todo esto es que el triás, en uno ó varios tramos, varía enormemente de espesor de unos puntos á otros, y también varía de naturaleza litológica, y que ambas variaciones pueden acentuarse en profundidad y constituir un serio conflicto para el problema de los sondeos si interviene la acción dinámica; es decir, el plegamiento violento con su cortejo de fracturas, asomos hipogénicos y metamorfizaciones.

El sondeo de la Parra ha demostrado que á 1.000 metros de profundidad no se corta en aquel paraje el hullero de los tramos medios, y de existir el anticlinal cobijado y roto que suponemos al O. de Villaviciosa, como prolongación del que se hunde en Hevia, los senos hulleros no volverían á alcanzar es-

pesor; es decir, las bandas ricas no podrían volver á entrar en las cubetas sinclinales, sino al otro lado del cordal de Peon, después de pasar la zona donde los recubrimientos alcanzan el mayor espesor absoluto, y allí podrían desenvolverse las subcuencas de Quirós y Teverga, acaso unidas en esta prolongación, alcanzando una profundidad relativamente más acentuada que la del seno central de Villaviciosa, presunción á la cual presta fuerza la aparición de un sinclinal del tramo inframedio á través de la mancha triásica de Villabona por efecto de la falla de Santo Firme, y la gran amplitud que media en sentido transversal entre la Collada y Serín, puntos extremos del irregular recubrimiento margoso de Gijón.

Aun dejando al borde occidental el resguardo necesario para situar los estratos devonianos y dinantienses y para prevenir la reaparición del anticlinal del Naranco, todavía queda entre Mareo y Fano espacio suficiente para dar cabida á potentes sinclinales, más ó menos plegadas del tramo medio, con la probabilidad de que la inclinación media de la superficie carbonífera oculta, sea inferior á la alcanzada por la línea axial que viene ondulando desde Quirós, aun cuando ésta, como es lógico, se levante hacia Quintueles, cerrando cuenca.

### Hullero superior.

El sondeo de Vega cortó terreno carbonífero con sólo atravesar 160 metros de margas rojas, calizas y pudingas, y dejó fuera otro tanto aproximadamente, como puede observarse en la ladera de Pico del Sol tomando por divisoria de las dos formaciones triásica y liásica la capa de yeso que en esta zona nunca falta. Las capas del hullero se presentaron con una inclinación de 75°, ignorándose el sentido del buzamiento.

Al conocer este acontecimiento y examinar las primeras pizarras negras y los primeros trocitos de carbón aparecidos, nos inclinamos á creer que la sonda había caído en la rama occidental de un sinclinal de las capas de uno de los tramos inferior ó inframedio. El carbón era muy rico en substancias volátiles; pero esta circunstancia no es en Asturias característica de un tramo determinado, sino que alcanza á todos los tramos, y lo mismo se extrae en Lieres carbón con 40 por 100 de materias volátiles de las capas dinantienses más bajas de la cuenca, que en Tineo carbón antracitoso procedente de un manchón estefaniense. Existen tres causas de metamorfismo que afectan á la naturaleza y calidad de las hullas: una general ó regional que se manifiesta por una gradual concentración carbonosa de N. á S.; es decir, casi en sentido del plegamiento, en virtud de la cual las mismas capas que sobre el axial X<sub>4</sub> producen en el valle del Candín carbones secos de llama larga, los dan grasos en Mieres, magros de llama corta en Caborana y antracitosos en Compañones, sobre Pajares; otra, circunscrita á los espacios donde ese plegamiento denuncia un intenso y violento dinamismo y las capas han sufrido por aplastamiento enormes presiones que las han estrujado, como en el caso de los senos retorcidos del Suevo, entre Carrandi y Libardón; y otra, local,

debida indudablemente á la influencia directa de las porfiritas y melafiros, la cual puede admitirse en el caso de las antracitas de Tineo, de Viñón y de otros puntos, aunque la roca eruptiva no asome. La capa principal de Arnao, casi un lignito, aparece en Ferroñes con un carbón que apenas arde, y el estefaniense de las lagunas hulleras de León, sólo proporciona antracita ó, á lo más, hullas de llama corta ricas en carbono.

El haberse hallado en Vega un combustible mineral de 32 por 100 de materias volátiles debe interpretarse, por la situación septentrional de los pliegues, por el alejamiento de toda roca eruptiva y por la normalidad del plegamiento, como una circunstancia favorable al yacimiento.

Pero se suscita una duda cuyo esclarecimiento reviste una importancia trascendental. Con las pizarras extraídas del sondeo de Vega salieron algunas impresiones, reducidas y borrosas, de *Sphenopteris*, finamente rayadas, de muy difícil determinación, las cuales, no obstante, examinadas por un eminente paleontólogo español, le indujeron á sospechar que podrían caracterizar un tramo más alto que el que colocamos como supramedio en Ciaño, la Oscura y la Zorera, aunque sin decidirse acerca del particular en espera de nuevos y mejores ejemplares que no llegaron á extraerse. Ni siquiera se han conservado las expresadas impresiones.

Por otra parte, la pizarra negra con vestigios vegetales (de que tampoco se conservan ejemplares) cortada por el sondeo de la Parra en Amandi, suscita una duda que bien puede relacionarse con la que acaba de exponerse. Esa pizarra puede, sencillamente, representar al *Lettenkohle* de los alemanes, ó sea la hilada inferior del Keuper, arcillosa, margosa, negruzca, con intercalaciones de una especie de hulla ó lignito y restos vegetales, ó puede, con las intercalaciones de porfiritas que la acompañan y las gonfolitas que la siguen, ser, francamente, un depósito del hullero superior estefaniense, que descansarían sobre las capas del hullero medio de Langreo, mucho más profundas y discordantes, porque las porfiritas lo mismo atraviesan que recubren los depósitos de ese tramo, y en cuanto á las gonfolitas, que en Tineo no existen, bien sabido es que en León pasan gradualmente á conglomerados cuarzosos, según lo ha demostrado Urrutia con diversos cortes.

Aún cabe emitir otra opinión, basada en el hecho de que el hullero medio de Langreo, en su tramo más alto (capas de Baeres, la Oscura y Bédavo), se va cargando de bancos de gonfolita, siendo los más potentes los que ocupan la parte superior (Peña de la Oscura, Peñas de Urán), por cima de los cuales aún se ven unas pizarras negras bastante espesas, conteniendo dos ó tres capas de hulla (Anónima, Rebeca, Primera), sin que pueda afirmarse que por cima de éstas no existen aún otras, desaparecidas por la erosión en Langreo y mantenidas bajo la cubierta triásica en Villaviciosa, y acaso, aunque no probablemente, en Gijón, las cuales, ó pertenecerían también al supra-medio, caracterizado por la abundancia de asterophilites, anularia, cordaites, etc., ó constituirían los primeros depósitos del estefaniense, á cuya solución no se opondría la circunstancia de hallarse este tramo en el occidente de Asturias y Reino de León, en discordancia sobre las demás formaciones primarias; porque el fenómeno del desbordamiento y de la transgresión de los depósitos estefanienses que se manifiesta netamente fuera de los bordes de la cuenca, no es tan aparente y puede disimular la discordancia en los espacios centrales, y porque bien observados los estratos levantados del tramo superior de Langreo, se comprueba que no se pasa á ellos desde los del tramo medio sin cierto trastorno superficial y apreciable variación de la inclinación, indicadores de un lento movimiento inicial (Mosquitera para pasar á la Braña; Sama, para pasar al Samuño; Peña Omedines, para pasar á San Vicente; Sorriego, para pasar á la Oscura, etc.).

La Sociedad de los Sondeos de Villaviciosa parece opinar que, después de haber atravesado los conglomerados de la parte baja del triás, ha caído con la sonda en capas poco inclinadas del carbonífero superior, alternantes con tongadas interstratificadas de porfiritas.

A juzgar por lo que se ve en la cuenca descubierta y por el reducido espacio que ocupan, obligadas á guarecerse en agudos sinclinales enormes superficies del hullero medio, cuyos trozos, á veces, se empaquetan como los volúmenes de una librería, nos inclinamos á no admitir sino como excepción los fondos horizontales ó muy poco levantados sobre la horizontal cuando se trata de los tramos medios é inferiores; no así en el caso de

los superiores. Como las capas cortadas en Vega estaban muy levantadas, cabe dudar de que puedan ser estefanienses. En cambio, el estar muy echados los vestigios carbonosos hallados en Amandi induce á sospechar que éstos, de ser hulleros, pertenezcan realmente á un tramo superior discordante.

La incertidumbre en que nos deja la falta de datos exactos, precisos, acerca del corte de Villaviciosa, es de gran alcance; porque no es el mismo para la economía y la industria regionales el caso de que allí descansa el triás, cualquiera que sea su espesor sobre el carbonífero westfaliense ó dinantiense, como acontece en Carrandi, Viñón, Torazo, Lieres, Aramil, Riaño, Gargantada, Villabona y otros puntos, que el de que se interpongan concordantes capas permianas ó discordantes capas estefanienses, como creen algunos eminentes ingenieros.

No aceptamos, ya se ha dicho, la idea de la interposición permiana, porque este terreno no aflora por ninguna parte en Asturias, ni hay razón tectónica que la haga indispensable; pero admitimos como posible que en aquel sondeo se haya alcanzado el hullero superior, el cual se hallaría poco levantado y en discordancia, tanto con relación al triás superyacente, como con relación al carbonífero medio infrayacente. El tramo superior, siempre transgresivo, perfectamente reconocido en la vertiente meridional de la cordillera cantábrica, como asimismo en Asturias, en Leitariegos, Degaña, Tormaleo, Fuentes, Rengos, Cangas y Tineo, siempre acompañado de pudingas, cuarzosas ó calizas, y muy frecuentemente de pórfidos y melafiros; se descubre también en la famosa cuña sinclinal de Arnao, que ha dado lugar á una importante explotación submarina, y, tan notablemente desde el punto de vista tectónico, en Ferroñes, bajo un pliegue cobijado de la caliza devoniana, recubierto por el triás.

El examen de estos dos notabilísimos yacimientos, amparados contra las fuertes é incesantes erosiones cantábricas por cobijaduras anticlinales resueltas en falla, induce á sospechar que bien pudieran permanecer ocultas en otros lugares, entre el triás y el hullero inferior ó medio, al resguardo de los recubrimientos, hojas trasgresivas del estefaniense.

Estas hojas, para nuestro objeto, parecerían distribuídas al azar, puesto que no tendríamos para investigar su situación más

anteriores que el de saber las alineadas, no á lo largo de un litoral ya borrado, sino á lo largo del plegamiento general.

Así, en Tineo, Truébano y Cangas se orientan al N. NE.; en Fuentes, Gillón, Degaña y Lacedana, van tomando la curvatura de adaptación al arrumbamiento pirenaico, lo mismo que lo hacen las masas orográficas y hasta los ríos; por ejemplo, las sierras de Valvaler, Valdebueyes y Rañadoiro, entre el Narcea y el Navia; el Narcea, en Puebla de Rengos, y el Naviego, en Regla. Y esa es la disposición que afectan las cuencas del Tremor, Santa Lucía, Matallana, Sabero y otras en la provincia de León, obedeciendo ya á la dirección E.-O., propia allí de la cordillera cantábrica.

De no tener tan á la vista el enigma de Ferroñes, hecho célebre por los estudios de Paillette, nos inclinaríamos á la teoría de un cordón, enlazando pequeñas cuencas esporádicas, externo al gran macizo anteriormente exondado de las capas dinantienses y westfalienses, el cual se hundiría bajo el mar en Arnao y bajo los sedimentos triásicos y cretáceos hacia los límites de Palencia y Santander, para doblar subterráneamente, quizá en esta última provincia y empalmar bajo el mar con la rama occidental. Así, una larga serie de irregulares estanques litorales, donde se depositaran los aluviones y las capas estefanienses, habría bordeado la gran elipse continental del carbonífero inferior, que no inició movimiento de descenso hasta la época triásica, después de las violentas sacudidas volcánicas del tiempo permiano; pero la existencia en el centro de la provincia de capas estefanienses que, bien examinadas, no son otras que las de Arnao, plantea esta cuestión: ¿los lagos litorales estefanienses se adaptaron al relieve que imprimió al suelo el dinamismo hercínico para depositar sus sedimentos á lo largo de los pliegues más profundos de una zona externa, ó habiendo existido una no interrumpida formación estefaniense, desbordada hacia los extremos occidental y meridional de la provincia, fué destruida por nuevos movimientos y barrida por nuevas erosiones, no quedando de ella sino los retazos resguardados, aprisionados en los ángulos de un imbricado plegamiento posterior?

Entre Areñes y Arlós está la caliza devoniana en franco pliegue sinclinal orientado al NE.; encima está la arenisca su-

perior (Cué de Barrois) con mineral de hierro, que es también la que forma la cumbre del Aguila. La iglesia de Ferroñes se halla situada sobre un banco de mimofiro cuarzoso y feldespático que tanto semeja una arenisca de grano grueso como una verdadera pudinga (facies de Cabranes), en el cual se han descubierto fajas cupríferas, de vivas coloraciones, sumamente curiosas. Hacia las cercanas minas de carbón, sobre el camino vecinal, se ve, junto á una caliza devoniana, plagada de crinoides, otra de gonfolita triásica con cantos cuarzosos que van dominando hacia la cumbre. La caliza devoniana, inversamente plegada, forma el techo de una de las capas de carbón con intermedio de una pizarra negra (disposición muy parecida á la del criadero de Arnao). Hay, pues, falla y cobijadura. El socavón de la misma atraviesa la caliza devoniana para caer sobre el techo de la capa. Esta tiene de 1 á 1,60 metros de espesor, llevando en el corte la dirección NO. SE. y buzamiento al SO.; pero pronto dobla tomando la dirección NS., con la misma inclinación occidental, y se tumba. No se ve allí pórfido ni mimofiro en relación con el carbonífero, sino con el triásico. Bajando desde la iglesia de Ferroñes al ferrocarril de Avilés, y subiendo luego hacia la Miranda, se ve en las trincheras el mimofiro cuarzoso, duro, durísimo, con nódulos de cuarcita verdosa y vetas de espato calizo, buzando 15° al NE. Estamos en el horizonte de Viñón y Pevidal, que aquí alcanza un gran espesor. Después, discordante, en dirección NE. SO., buzamiento N. O., una caliza gris sin fósiles, junto á un regajo que parece señalar una falla. Esa caliza, ¿es la misma de la mina?; ¿es, acaso, la carbonífera? La capa de carbón queda encima de ella, como si la cobijadura hubiese ya desaparecido; pero, á corta distancia, se levanta el pliegue sinclinal del carbonífero de Santo Firme con capas del tramo inferior y algunas de caliza carbonera, posición que no puede explicarse sin la interposición de fuertes fracturas.

En resumen, el carbonífero de Ferroñes parece, asimismo, acomodarse al plegamiento. La capa, la pizarra, el techo, de caliza devoniana, el anticlinal cobijado, su resolución en falla, están como en Arnao; pero el pliegue no es el de Arnao, ni el de Arnao es el de Tineo. Resulta que en el fondo de muchos de los pliegues primarios pueden existir cuñas estefanienses,

restos de una formación transgresiva, puesta al descubierto en Ferroñes, casi en contacto del hullero más bajo, por la acción sucesiva de tres movimientos tectónicos, formación que, sin perder ese contacto, bien pudiera prolongarse bajo el triás, hacia Gijón, y aun formar senos laboreables.

Esta conclusión es de importancia para nuestro caso, aunque no tengamos, *á priori*, medios de señalar las zonas en que esas manchas podrían existir. Sólo nuevos sondeos distribuidos con arreglo á un plan lógico basado en los actuales conocimientos, vendrán á esclarecer y solucionar estas interesantísimas cuestiones.

### Senos accesibles.— Investigaciones.

Lo que va expuesto prueba que con ser extensa la superficie abarcada entre los bordes naturales Monte Areo y Puerto Sueve, han de resultar bastante reducidas las zonas profundas que al alcance de pozos de mina ordinarios comprendan en su seno las capas ricas del hullero medio ó, por lo menos, las más altas del hullero inferior. Por esto, y por ser múltiples los pliegues y diversos los lomos anticlinales estériles que han de separar los sinclinales más repletos de combustible, algunos de ellos cortados por la erosión herciniana, ha de comprenderse la escasa importancia de las investigaciones que aisladamente se emprendan, las cuales podrían alcanzar grandes profundidades sin reportar enseñanzas en relación con el dispendio que representan. Y si á tal conclusión se llega, tratándose de los tramos cuyo plegamiento puede estudiarse en relación con el de la región desnuda del Nalón y del Caudal, la dificultad crecería de interponerse el tramo estefaniense, no existente en aquella región, el cual quizá ofrezca zonas ricas y potentes, tan al azar distribuidas, que obligarían, en todo plan de investigación, á llevar siempre presente la posibilidad de su encuentro con la sonda, no obstante sujetarse á lo que recomiende la observación del plegamiento descubierto en los tramos normales.

Parece, á primera vista, que la investigación más indicada sería la que, casi en contacto con la zona extrema de Siero y Bimenes, pudiera efectuarse en el valle central cretáceo, entre Oviedo y Nava, por la circunstancia de bordear ese valle septentrionalmente la cuenca carbonífera descubierta; pero se suscitan dos objeciones que hacen poco recomendable dicha investigación por medio de la sonda: la multitud de bancos de mimofino y rocas feldespáticas que aparecen en Aramil y Cor-



dal de Nava como prolongación de las de Riaño y Gargantada, y la fuerte inclinación con que la superficie carbonífera se hunde bajo el triás y la creta en toda la referida zona.

Una investigación en el mismo borde ó cerca de su perímetro, carecería de interés, porque daría menos luz que la que más directamente sería fácil ejecutar, ahondando sobre el pendiente de las capas de hulla ó por medio de pozos mineros, y en cuanto nos separásemos un kilómetro de aquel borde, con objeto de indagar la continuidad de esas capas, ya nos encontraríamos obligados á atravesar los depósitos cretáceos visibles y los liásicos y triásicos ocultos, alcanzando una profundidad enorme, donde tal vez el terreno hullero que pudiera descubrirse carecería de valor industrial. Así los sondeos efectuados en Pruvia y Siero han pasado desapercibidos, sin aportar dato alguno al problema de la continuación de las capas hulleras no alcanzadas en ninguno de ellos.

Las calizas, pudingas y areniscas que en párrafos anteriores hemos considerado liásicas, alcanzan un espesor no inferior al de las margas y detritos triásicos, formando todas las lomas cordales y rasas que se extienden entre Gijón, Siero y Villaviciosa, como asimismo la faja costera de Colunga y Caravia, y las sierras de Muñó y Sariego, para hundirse bajo la creta en el valle de este nombre y en el de Siero. Es, pues, lo más probable que cuantos sondeos se intentaran en terreno cretáceo á cierta distancia del borde meridional del valle central, cortarían los estratos liásicos, á pesar de que éstos no afloran siempre en el referido borde donde la creta aparece descansando directamente sobre el triás, fenómeno que se explica bien, porque las capas liásicas, aunque concordantes, no cubren por completo á las triásicas y, además, porque el desbordamiento del mar cenomanense ha dado lugar á que sus sedimentos resulten indistintamente apoyándose sobre el liás, sobre el triás, sobre el carbonífero y, en ocasiones, sobre el devoniano. Así se comprende que una Compañía investigadora, instalándose sobre la creta, hizo un sondeo cerca de la Pola de Siero en la margen del río Nora, y cayó en una caliza dura que fué considerada como carbonífera, suspendiéndose el trabajo, y más adelante, emprendió otro sondeo que, según se dice, cortó margas irisadas hasta 400 metros de profundidad.

No es extraño que aquella caliza dura fuera clasificada erróneamente, porque ya hemos indicado que hacia aquellos lugares ha de pasar en profundidad el antecinal de la Paranza que va en dirección á Fario; pero hemos tenido ocasión de disponer de un testigo de dicha roca extraído por la sonda al mismo tiempo que tomábamos un ejemplar de la caliza de Caretes y que comprobamos que ésta era la misma de Fario que forma anticlinal sobre el valle de la Collada. Pues bien, analizados ambos ejemplares por el ingeniero Sr. Falcó, han resultado idénticos, indubitadamente liásicos, y bastaba ver el aspecto de esos trozos de caliza parda, veteadas en blanco, que al disolverse en agna ligeramente acidulada deja un depósito negruzco, ligero, arcilloso, muy distinto del que ordinariamente deja la caliza carbonífera, la cual siempre contiene pequeños elementos cuarzosos, y otros que, aunque calizos, resisten al referido disolvente y parecen restos de coralaris.

Sin duda, en un caso la sonda cortó el triás bajo la creta, y en otro no llegó á cortar el triás, apenas tocó en la caliza liásica; y es muy probable que ambos sondeos hubieran bajado hasta los 1.000 metros sin esclarecer el problema de la existencia, profunda de las capas hulleras ricas.

No es tampoco recomendable sondear en el liás, porque, aunque aprovechando la disposición de los valles y cañadas, se dejaran fuera los tramos de pudingas y areniscas cuarzosas que, lo más frecuentemente, constituyen las lomas y cordales, siempre quedarían, entre calizas y margas, unos 200 metros que atravesar, los cuales, con los 350 á 500 metros que hay que contar para el triás, y con el tendido ordinario de unos 15°, nos llevaría á una profundidad mínima de 700 metros para tocar la superficie del terreno hullero; es decir, nos llevaría á sondeos de 1.000 metros para que aportasen las enseñanzas apetecibles, eso sin contar con las intercalaciones anormales de rocas piroclásticas ó hipogénicas que pudieran hallarse en el triás ó por bajo de él. Y no es que consideremos esa profundidad como inaccesible á las explotaciones y menos impropias para útiles reconocimientos, sino que la creemos excesiva en el caso de las investigaciones iniciales desde el momento en que hay modo de aprovechar otras mucho menores.

Es evidente que las primeras investigaciones con la sonda

deben reservarse á las manchas triásicas, no sólo porque las capas del terreno hullero han sido directamente protegidas contra la denudación por sedimentos de esa edad, sino porque apoyándose en ellos la sonda estará lo más cerca posible de dichas capas, como en su día lo estarían los pozos de las explotaciones mineras, con gran ventaja para que éstas se desenvuelvan en condiciones económicas durante el segundo período de su evolución industrial.

La más indicada á primera vista de todas las manchas triásico comprendidas en el cuadrilátero que nos ocupa, es la que cubre el valle de Villaviciosa y abarca las cuencas hidrográficas de los ríos Grases, Viacoba y Profundo, por sospecharse de ella, según antes se ha explicado, que está ocultando la prolongación ó correspondencia de los principales senos carboníferos de Langreo; pero los afloramientos de Viñón y Torazo, lo mismo que los de Libardón y Carrandi, corresponden á capas antracíferas trastornadas, en relación con las calizas carboneras de la parte más baja del tramo inferior; es decir, de la zona más pobre. Sólo en Viñón hay algunos indicios de las capas más altas y aun del inframedio difíciles de precisar, porque todo allí lo disfraza el resquebrajamiento de los estratos y la calidad del combustible. Las margas triásicas que se cortan al subir hacia la Rebollada, lo mismo que las que se elevan hasta el cordal de la Soma, están plagadas, ya se ha dicho, de mimófiros interstratificados, y en algunos puntos se descubren verdaderas rocas eruptivas de estructura granitoide. En el sondeo de la Parra, frente á Amandí, abierto en un sitio donde el triás se presenta en disposición sana y normal con un tendido de 10 á 15 grados, se han atravesado potentes tongadas de porfirita y se ha ahondado muy cerca de 1.000 metros sin que, con pruebas, pueda afirmarse y precisarse la existencia de terreno hullero, no ya explotable, ni aun geológicamente clasificable en tal concepto. Los cortes verticales trazados por las líneas B B' y D D', que figuran en la lámina número 2, sólo expresan nuestra concepción, nuestra teoría, de lo que puede ser el plegamiento hullero oculto en consideración á lo que es en las cuencas desnudas, y debe confesarse que esos cortes no han sido confirmados por la sonda. Acaso no han sido tampoco contradichos, toda vez que á estas horas ignoramos si se llegó á la parte alta del tramo

supramedio ó se interpuso verdadero terreno estefaniense ó no se salió de los depósitos infratriásicos posiblemente replegados.

Se carece, pues, en esta mancha triásica que se extiende por tan atractivos valles, de base ó punto de apoyo firme para arriesgar una primer investigación profunda y costosa en busca de los senos hulleros ricos, aunque se abrigue la racional convicción de que ellos, á gran profundidad, han de existir.

Del sondeo de Villaviciosa sólo nos quedan, pues, antecedentes incompletos, impresiones contradictorias. Ni siquiera nos han servido para aclarar si sedimentos superficialmente tan sanos, regulares y normales como los que afloran por Miravalles, Bayones y Gancedo puedan alcanzar en profundidad mayor espesor y metamorfizarse intensamente, ó si sencillamente descansan sobre los que se descubren en Torazo, la Soma, Lieres y Langreo, quedando á éstos reservadas las intrusiones porfidicas y los radicales cambios de estructura debidos á su contacto.

No tendría mayor fundamento el instalar la sonda de primera intención hacia Grases ó por bajo de Rozadas; sería trasladar las mismas dudas á lo largo del mismo pliegue, acaso de la misma fractura, si las porfiritas llegaron á asomar durante el hullero superior.

Subir hacia la loma de Sariego sería aumentar el espesor de los recubrimientos cuando éstos han resultado excesivos desde el fondo del valle. Pasar esa loma para caer en la mancha de Santiago, equivaldría á aislarse en lo desconocido con el riesgo de cortar una zona anticlinal de escasa importancia minera. Correrse hacia Busto y Breceño sería ir á investigar á sabiendas el tramo plegado del carbonífero inferior, cuyas capas antracitosas denuncian un acentuado metamorfismo debido á una causa local que no ha podido actuar sin ocasionar simultáneos efectos dinámicos. Ciertamente que un solo sondeo sólo por casualidad podría bastar para resolver el problema que se persigue; pero fiarse á la casualidad es temerario, y siempre resultará recomendable apoyarse en una serie de sondeos bien escalonados, es decir, establecidos los unos en los puntos que indiquen los descubrimientos de los otros, para aspirar á conocer si bajo el manto mesozoico del cuadrilátero en cuestión existe

ó no una cuenca carbonífera explotable; se prolongan, ó no, á profundidad accesible, los senos ricos de las cuencas centrales. Pero, aun para eso, hay que establecer una base científica de operaciones, y, á falta de otra mejor, proponemos sea la figurada en las láminas números 1 y 2, bien entendido que los cortes que comprenden han de ser rectificadas por las sucesivas investigaciones, y si sirvieran para llegar á un trazado definitivo, no tendrían poco mérito.

### Conclusión.

Al señalar en nuestro plano horizontal un punto para el primer sondeo, nos hemos apoyado en el asomo hullero de Santo Firme y en los sondeos de Tacones y de Vega como únicos antecedentes positivos.

Las investigaciones que se efectuaran en las manchas triásicas cercanas al monte Areo caerían, muy probablemente, sobre terreno devoniano, caliza carbonífera ó carbonífero inferior pobre. El sondeo de Tacones cortó caliza carbonífera á los 206 metros de profundidad; por esto y por lo que vemos en los otros bordes de la cuenca, convendría alejarse de los anticlinales silurianos de tres á cuatro kilómetros, y precaver la verosímil existencia de un anticlinal bajo Gijón para cerrar el sinclinal de Santo Firme y hacer juego al pliegue del Naranco, con lo cual quedaría señalada como límite occidental (para la primera etapa) la línea en dirección NE.-SE. que pasa por Mareo.

No sería, pues, infundado comenzar los sondeos en las cercanías de Granda; pero habiéndose ejecutado el de Vega, que dejó probada la existencia del terreno carbonífero bajo un triás normal y de poco espesor, aunque con las dudas de si ese carbonífero sería inferior ó superior, rico ó pobre, y presentándose las capas cortadas muy levantadas sobre la horizontal, con probable buzamiento hacia el SE., se indican los nuevos reconocimientos en este sentido, al otro lado de la línea axial, donde las capas más tendidas pueden hallarse en mejores circunstancias de instructivo atravesamiento. En todo el valle de Caldones, por Valdornon y Fano hasta la Collada, queda el triás al desnudo en un suave anticlinal que se oculta bajo las calizas liásicas de las peñas de Fario y Careses, en donde cambian de arrumbamiento para volver á surgir en Vega de Sarie-

go, indicando así, naturalmente, el orden á seguir en el estudio subterráneo.

Los sondeos en el expresado valle de Caldones revisten un interés científico é industrial extraordinario, porque de pertenecer al hullero superior las dos capas cortadas en Vega, se reconocería la extensión del pliegue de que forman parte y la orientación de éste con relación á la de la estratificación primaria y á su posición transgresiva; y de pertenecer aquellas capas al hullero inferior, faltando el tramo estefaniense, en disposición de verdadera prolongación de las fajas de Quirós y Terverga, se desarrollarían por bajo de uno ó varios pliegues del tramo medio, el cual, de existir, como se presume en el corte DD', se hallaría hacia el SE. de Vega.

La investigación en este sentido tendría también la ventaja de que, no asomando en ningún lugar del valle, ni habiéndose cortado en el sondeo hecho por los señores Felgueroso, rocas porfidicas y mimofiros, sino que el triás se presentó con su potencia mínima normal descansando sobre el carbonífero, resultaría, en caso de descubrirse abundancia de carbón, este terreno de Caldones al alcance del laboreo industrial, sin otra dificultad presumible que la de las aguas cortadas en fuertes caudales afluentes por los contactos de ciertos lechos margosos; es decir, por las hojas de filtración comprendidas entre capas impermeables, lo cual hace presumir que, una vez aislados esos caudales ó evitada su afluencia á los pozos, el futuro laboreo se haría en excelentes condiciones de economía al resguardo de la gran tongada impermeable que, en su conjunto, constituye allí la formación triásica. Efectuado que fuera, por medio de varios sondeos, el reconocimiento del terreno carbonífero bajo la mancha triásica de Gijón, singularmente en el valle de Caldones hasta Fario, lo que de él se dedujera ó en él se descubriese, serviría de fundamento para investigar en el de Villaviciosa, ya directamente ó intercalando algún sondeo en términos de Siero ó de Sariego; pues aunque en el plano de la lámina 1.<sup>a</sup> se coloca hacia Fario el tránsito del seno H<sub>1</sub> al seno H<sub>2</sub>, es bien posible que semejante colocación resultase mal prevista ó que el sinclinal H<sub>1</sub>, figurado en su perímetro externo como prologándose desde Oviedo, se estreche á la profundidad alcanzada por la sonda, con ensanche compensador, ó acaso

desdoble, del seno H<sub>2</sub>, ó lo que sería menos afortunado, del anticlinal intermedio. En un caso convendría escalonar sondeos entrando en el valle de Villaviciosa por la parte alta; en otro caso convendría entrar directamente apoyándose en los afloramientos de Viñón. Lo esencial es aprovechar el manchón triásico en los puntos que presentan reducido espesor para no arriesgar el coste y el tiempo de un trabajo profundo sino á trueque de precisar la configuración de las líneas del plegamiento sobre la superficie carbonífera recubierta.

Es, pues, no sólo indispensable sondear en las manchas triásicas, sino en los puntos y en el orden que impongan con su contundente lógica las observaciones estratigráficas y tectónicas, apoyando unas en otras. Obrar al capricho, pretender que la configuración subterránea de los inciertos senos hulleros se acomode á la configuración ó á las circunstancias externas, es arriesgar el éxito de las investigaciones, acaso desacreditarlas injustamente. Bastante será que todavía la elección de puntos se sujete á las vías que permitan el transporte de las máquinas y materiales y, en muchos casos, á la cantidad de agua que se tenga disponible; de suerte que esa elección, cohibida por tantas condiciones, constituye un problema de fortuitas y muy limitadas soluciones.

Pero el plano núm. 3 de los que acompañan á este informe hace ver que esa interesante mancha triásica de Gijón, tan admirablemente situada para el objeto de la investigación como para el caso del descubrimiento, está poblada de registros mineros: unos, ya demarcados, que se conservan desde aquellos tiempos de la fiebre minera en que se practicaron precipitadamente los sondeos expresados; otros, desaparecidos entonces, por no proporcionar la vigente legislación minera suficiente estímulo á los investigadores, que han vuelto á resucitar desde el mismo momento en que la *Gaceta de Madrid* publicó la Real orden de 14 de Noviembre último.

Los solicitantes de esos registros mineros fueron hombres bastante inteligentes para comprender que de existir una cuenca carbonífera profunda como prolongación de la reconocida en el corazón de la provincia, habría de hallarse inmediatamente por bajo de las manchas triásicas y que éstas señalarían los puntos de acceso más convenientes. Si después de invertir

en reconocimientos muchos centenares de miles de pesetas, como las invirtieron los que sondearon en Villaviciosa, fracasaron, fué por proceder aisladamente, sin sujetarse á un plan rigurosamente geológico, haciendo misterio de cosas que estaría en el interés de todos ser sabidas.

Por otra parte, aquellos sondeos que el Estado practique, en utilidad general, para servir de fundamento á la investigación metódica de la extensa zona que se supone recubriendo una cuenca carbonífera profunda, han de ajustarse á lo dispuesto por el Real decreto de 28 de Junio de 1910, según el cual, cuando se acuerde la realización de un proyecto de esta especie, será ejecutado preferentemente en el punto donde exista terreno franco que se preste á posteriores concesiones; y si conviniera, por razones técnicas ó de mayor probabilidad, emprender la obra en terrenos registrados, se preferirá aquél en que su concesionario minero preste mayor concurso y facilidades.

El mismo Real decreto, en su artículo 31, insinúa en favor del Estado la reserva de cuantos derechos sean compatibles con la ley de Minas para cuando considere equitativo resarcirse de los gastos anticipados con una participación en las riquezas descubiertas; pero ni en el espíritu ni en la letra de la ley hay nada que aluda á esta clase de condiciones de la concesión minera, y el referido artículo 31 más bien viene á marcar una plausible tendencia que á consignar un precepto.

El Instituto Geológico podría ir á sondear en los terrenos francos que están á la vista en el plano de la lámina 3.<sup>a</sup>, casi todos ellos situados en la zona central del lías ó en la extrema del triás; pero ya se ha explicado por qué el sondear en esos terrenos sería hoy arriesgar mucho dinero con escasísimas probabilidades de éxito; sería proceder en oposición á cuanto de nuestros estudios y planos se desprende. Y como quiera que los emplazamientos preferibles se hallan enclavados en registros mineros, resultará que, ó se desiste de sondeos en Asturias, ó para efectuarlos en las indispensables condiciones técnicas, á fin de que arrojen en interés del Estado, del público y de los particulares toda la luz que conviene al esclarecimiento de tan vital problema, habría que desistir de dar preferencia á los terrenos francos antes que arrostrar los inconvenientes de un mal escogido emplazamiento y de privar á los sondeos de utilidad

práctica, inmediata, industrial, ya que científica, mayor ó menor, siempre la tendrían.

Estas circunstancias han sido previstas por la Real orden de 14 de Noviembre último. El Instituto Geológico debe, según ella, en el caso de que los terrenos objeto de la investigación pertenezcan á dominios particulares, proponer al Ministerio de Fomento las bases que han de servir para la inteligencia con el concesionario, teniendo en cuenta para ello lo que preceptúa, en su párrafo segundo, el artículo 34 del citado Real decreto de 28 de Junio de 1910.

El Instituto Geológico ha demostrado su preferencia, para el primer sondeo, por el valle de Caldones, y al proponer un emplazamiento á la Superioridad ha tenido presente: contacto con una carretera ó buen camino que permita la llegada de máquinas y materiales muy pesados, proximidad á un arroyo ó manantial que proporcione la indispensable agua corriente, separación suficiente de las supuestas líneas del plegamiento subterráneo que denuncien anticlinales de los tramos pobres ó estériles (inferior, subhullero, caliza carbonífera, etc.), alejamiento de las intercalaciones porfídicas y piroclásticas, y de toda zona metamorfozada en cuanto los afloramientos y caracteres externos puedan denunciarlas, aprovechamiento de las hondonadas triásicas (margas irisadas) para acortar la distancia ó acceso probable ó la formación hullera.

En cuanto á las principales condiciones á que debería sujetarse la cooperación particular, para el caso de investigaciones en terreno registrado, ha indicado las siguientes:

- 1.<sup>a</sup> Designación definitiva del punto del sondeo por el Instituto Geológico.
- 2.<sup>a</sup> Proporcionamiento de la ocupación del terreno superficial necesario durante la investigación.
- 3.<sup>a</sup> Proporcionamiento del agua corriente, limpia, necesaria para las calderas y para el trabajo de perforación á una distancia del emplazamiento no mayor de 50 metros.
- 4.<sup>a</sup> Contribución á la ejecución del sondeo con una cantidad efectiva no menor de 50 pesetas por metro lineal profundizado, hasta la profundidad que el Instituto Geológico considere indispensable al reconocimiento, aunque con un límite, por cada sondeo, no inferior á 600 metros.

5.<sup>a</sup> Abono de esta contribución por liquidaciones mensuales.

Estas condiciones no podrán ser juzgadas como excesivas por los registradores, quienes es bien probable que las mejoren al hacer sus proposiciones oficiales, y valdrá más, mucho más, entenderse con ellos pidiéndoles la cooperación que corresponde al beneficio directo que la investigación ha de reportarles, que no arriesgar, á sabiendas, el éxito de la misma. Ciertamente el particular no escogería los mismos puntos de acción y procedimientos que el Estado, porque su punto de vista es ordinariamente menos amplio que el de aquél y así es lógico que suceda; pero la participación en los gastos que se señala es módica y da lugar á que sea mejorada en los casos de reconocimientos, muy importantes para las concesiones.

Es de esperar que por este sencillo y lógico procedimiento de la inteligencia con los particulares, la plausible iniciativa del Estado conduzca en Asturias al completo descubrimiento de la prolongación subterránea de la cuenca carbonífera, y ¡ojalá! tuviese lugar á una profundidad y en tales condiciones de desarrollo y regularidad que sirvieran de aliciente á los capitales y á las iniciativas de los hombres que aman el trabajo industrial. El problema, según demuestran los antecedentes apuntados, es de difícil resolución; ya se han estrellado en él diversas buenas intenciones, acompañadas de mucho dinero. Por eso, y por la trascendencia nacional que alcanzaría el descubrimiento de nuevos yacimientos hulleros en una de las regiones litorales de España, está perfectamente justificada la intervención del Estado.

En el XII Congreso Internacional de Geología, celebrado en 1913 en el Canadá, se abordó de lleno la trascendental cuestión de las reservas del globo en combustibles minerales, formándose una de las más bellas estadísticas que jamás han podido concebir la ciencia y la industria. Este trabajo, publicado recientemente por iniciativa del Comité ejecutivo, bajo el epígrafe *The Coal Resources of the World*, hace elevar á cerca de siete y medio millones los millones de toneladas que componen las reservas mundiales, en la forma siguiente:

Reserva actual.....	716.154 millones de toneladas.		
Reserva probable y posible.	6.681.399	—	—
RESERVAS TOTALES.....	<u>7.397.553</u>	—	—

Esta enorme cifra se distribuye así:

Oceanía.....	170.410 millones de toneladas.		
Asia.....	1.279.586	—	—
Africa.....	57.839	—	—
América.....	5.105.528	—	—
Europa.....	784.190	—	—
TOTAL IGUAL.....	<u>7.397.553</u>	—	—

La participación de Europa se compone de estos dos modos:

Reserva actual.....	274.189 millones de toneladas.		
Reserva probable y posible.	510.001	—	—
TOTAL EUROPA.....	<u>784.190</u>	—	—
Alemania.....	423.356 millones de toneladas.		
Gran Bretaña.....	189.533	—	—
Rusia.....	60.106	—	—
Austria-Hungría.....	55.593	—	—
Francia.....	17.583	—	—
Bélgica.....	11.000	—	—
España.....	8.768	—	—
Holanda.....	4.402	—	—
Varios países.....	13.849	—	—
TOTAL IGUAL.....	<u>784.190</u>	—	—

La riqueza carbonera correspondiente á España se aprecia en las dos formas siguientes:

Reserva actual.....	6.200 millones de toneladas.		
Reserva probable y posible.	2.548	—	—
TOTAL ESPAÑA.....	<u>8.768</u>	—	—
Asturias.....	5.740 millones de toneladas.		
Otras regiones.....	2.988	—	—
TOTAL IGUAL.....	<u>8.768</u>	—	—

Más pormenores serán consignados y examinados concienzudamente en la Memoria que están preparando los Ingenieros de Minas Sres. Marín, Dupuy de Lome y Fábrega, que asistieron á las reuniones de Toronto representando al Gobierno, al Instituto Geológico y á la Escuela de Minas de España; pero los que consignados quedan bastan para deducir algunas consecuencias interesantísimas.

Las reservas actuales del mundo que pueden considerarse como bien estudiadas apenas llegan al 10 por 100 de las totales, no obstante comprender toda clase de combustibles (antracita, hulla, lignito, etc.), y tomar en consideración capas de hasta de un pie de espesor á la profundidad de hasta 4.000 pies; es decir, tocar en el límite de lo que se estima como únicamente explotable en el estado actual de las artes y conocimientos humanos. Sin duda, pues, muchos de los cálculos efectuados son ideales, ó se basan en hipótesis sujetas á comprobación. Así, Asia, que cuenta con reservas actuales inferiores á Europa, pasa á ocupar el segundo lugar de la lista total; pero la que más impresiona es la gran superioridad de América en tan importante riqueza natural, porque ella se hará sentir en el porvenir.

Tocante á Europa, las reservas probable y posible apenas duplican á la actual, prueba de los muchos reconocimientos practicados por la industria y de la perfección á que se ha llegado en el estudio de los criaderos. En la relación de los países hulleros del continente, España ocupa el séptimo lugar y sus reservas influyen en las totales por poco más del 1 por 100, igualando á las del Spitzberg y sólo superando á las de Holanda. Es verdad que esa relación puede ser alterada por los resultados de nuevos reconocimientos, y cabe en lo posible que Holanda, que debe á sus activas é inteligentes investigaciones en el Limburgo el figurar ya entre las naciones carboníferas, nos relegue pronto al último lugar, si ella sigue sondeando á grandes profundidades y nosotros no perseveramos en el impulso iniciado.

Los antecedentes de que hemos dispuesto para formar los estados relativos á España que remitimos al Canadá, no eran suficientes para hacer verídica una mayor reserva probable, y el conjeturar sin más base acerca de la reserva posible hubiera sido dejar volar la fantasía.

Resulta evidente, por desgracia, que no sólo somos el país más pobre en combustibles minerales, entre todos los que figuran en la categoría de carboníferos, sino el que menos atención ha prestado al problema de la investigación subterránea, entregado hasta ahora á la iniciativa particular, por no comprender, sin duda, su gran trascendencia nacional.

Base de prosperidad serán siempre para los pueblos vigorosos las fuerzas naturales, las energías de que puedan económicamente disponer y sepan utilizar. España carece de grandes yacimientos petrolíferos y turbales; sus ríos son torrenciales y de difícil derivación; la hulla blanca resulta, en general, cara. Se habla con optimismo de otras inagotables reservas de energía natural: el impulso del viento, la oscilación de las mareas, el calor solar sobre todas; pero ¿quién las ha enfrenado? El suelo español con sólo ocupar una milésima parte de la superficie terráquea, recibe diariamente y por término medio, del sol, una cantidad de calor equivalente á la que desarrollarían en su combustión 495 millones de toneladas de hulla ordinaria, es decir, cien veces mayor que la producción anual del país.

Asombra este caudal de energía térmica, pero ¿donde están los procedimientos capaces de extraerla y fijarla convenientemente? Evidentes son los progresos de las ciencias en estos últimos años; sus incesantes aplicaciones á las necesidades de la vida hacen prever que algún día esas fuerzas estarán á merced del hombre y se utilizarán con sencillez y economía; mas entre tanto predominarán los pueblos que dispongan de hulla en abundancia.

La riqueza hullera que hemos calculado para España no guarda relación con la extensión superficial de los terrenos considerados geológicamente como carboníferos. Enormes erosiones, originadas en la época herciniana y proseguidas casi hasta la actual, han destruído, desmoronado, arrastrado, las capas de carbón que incesantes movimientos tectónicos replegaron y pusieron al descubierto. El intenso dinamismo á que ha estado sometido el suelo de la Península hasta la era cuaternaria ha sido desastroso para la economía nacional. Fuera de las de Asturias, las cuencas hulleras que hoy se nos ofrecen desnudas son insignificantes al lado de las que existen bien reconocidas en Alemania, Inglaterra, Rusia y otros países. Francia, considerada tan pobre que nunca pudo elevar su producción al nivel de su consumo, ha conseguido á fuerza de inteligentes y activas investigaciones asegurarse reservas para un largo porvenir.

A cerca de 9.000 millones de toneladas ascienden nuestras

reservas actuales, probables y posibles, correspondiendo á Asturias las dos terceras partes. Esta riqueza, considerada de un modo absoluto, es de una inmensa importancia; pero urge reforzarla con nuevos descubrimientos, porque en concepto de reservas están incluidas capas estrechas, pobres ó excesivamente profundas, que aún no sería económico laborar, y porque muchos de los antecedentes que han servido de apoyo á las cubicaciones y, en general, todos los incluidos en el concepto de probables, deben ser comprobados directamente.

Ese tesoro, todas las capas de hulla que aún quedan en nuestras cuencas, son retazos de la gran formación carbonífera que, en remotísimas edades, cubrió gran parte del suelo hoy español.

En muchos sitios descansan sobre plegados estratos primarios donde toda investigación sería inútil; en otros, se ocultan bajo mantos mesozoicos, terciarios ó cuaternarios, donde la investigación se hace muy recomendable, como lo es, desde luego, la de los terrenos cretáceos que contienen lignitos, algunos verdaderas hullas.

La tendencia actual es á considerar estas riquezas como verdaderos tesoros nacionales, que aunque se confíen en determinadas condiciones al trabajo particular, deben ser discretamente administrados por su carácter fungible. Así no sorprende que Suecia, el Japón, Austria, Alemania, los mismos Estados Unidos de América adopten medidas conducentes á regular las producciones mineras ó á reservarse ciertos yacimientos. En España, la legislación minera, abigarrada, incompleta, en ocasiones contradictoria, se inspira aún en principios ampliamente individualistas, y no ha previsto, ó sólo ha insinuado recientemente, el caso de convenir al interés público la investigación directa del Estado, cuando, como acontece con las cuencas hulleras, la iniciativa particular se haya agotado después de costosísimos y aislados esfuerzos, ó cuando entre en las miras de aquél el considerar como reservados y no susceptibles de registro los terrenos francos elegidos para la investigación, á fin de disponer posteriormente de ellos, en concepto de verdadero descubridor.

Pero mientras se discute y se aprueba un nuevo Código minero, forzoso será atender á los muchos asuntos de carácter

general que reclaman la intervención del Estado, ya porque se relacionen con la producción de substancias minerales de indispensable consumo ó porque se persiga su descubrimiento.

En el primer caso cabe la adopción de medidas arancelarias y la imposición á las concesiones de condiciones especiales, entre ellas la obligación de explotar; en el segundo caso cabe la previa reserva de los terrenos francos que deban ser investigados, y de no existir esos terrenos ó ser científicamente indispensable, como acontece en Asturias, emplazar una investigación de carácter general dentro de perímetros registrados, cabe la inteligencia con los particulares; todo menos desistir de esa investigación ó comprometer su éxito por una inflexible interpretación de principios llamados á desaparecer.

*Madrid, Diciembre de 1913.*



# ESTUDIO GEOLÓGICO

## DE LA COSTA

### DE LA PROVINCIA DE LUGO

---

Mis primeras palabras han de ser ofrenda á dos naturalistas eminentes: D. Guillermo Schulz y Mr. Chr. Barrois.

El primero es el geólogo más perseverante y sincero que ha pisado Galicia; asombra considerar la paciencia con que, en excursiones penosas, fué acumulando datos para llenar á veces una sencilla enumeración; el resultado fué una notable y sólida obra científica que tendió al desarrollo industrial de estas comarcas y sirvió de base á los estudios posteriores; su recuerdo de bondad y constancia se guarda, con veneración, entre los que aquí le conocieron.

El sabio geólogo Mr. Barrois, con arsenal inmenso de conocimientos, abrió el camino que todos seguimos, y su brillante imaginación desentrañó la difícil y obscura geología de esta comarca. Ambos dedicaron preferentemente su atención al «Reino de Asturias».

Schulz, apremiado, como dice en su prólogo, por la multitud y urgencia de las demás ocupaciones que estaban á su cargo, terminó en Ribadeo el año 1834 su *Descripción geognóstica del reino de Galicia*. Hay en este corto estudio una gran desproporción entre los trabajos de campo y las notas publicadas. Su *Descripción geológica de la provincia de Oviedo* (Madrid 1858), en la que también tendremos necesidad de apoyarnos por la igualdad de las formaciones en los límites de Galicia y Asturias, mereció de Barrois los mayores elogios. "L'an-

*née 1858, restera célèbre dans les annales géologiques de la province d'Oviedo c'est l'année où parut la description géologique de Asturias de M. C. Schulz, mémoire fondamental qui restera toujours la base de la Géologie cantabrique*„, y más adelante: *„Grâce à M. Schulz les Asturias son mieux connues actuellement que plusieurs des provinces paléozoïques françaises.*„

La obra de Barrois *Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice* (Lille-1882) es absolutamente admirable; de la provincia de Lugo hace solamente tres cortes: de Villalba á Lugo, por Otero de Rey; de Villalba á Ribadeo, por la costa, y de Castroverde al límite de Asturias, por Fonsagrada.

Tales son nuestros puntos de partida, únicos si no se aceptan otras obras, por estimables que sean, que las fundamentales para esta provincia.

## ESTUDIO DE LA DENUDACION

### DE LA COSTA DE LA PROVINCIA DE LUGO

Empezamos con este trabajo la rectificación geológica del mapa de esta provincia. Nos proponemos hacerla mediante monografías de los elementos que integran ó modifican su geología actual. En ella, como norma, haremos dos partes: una, sintética, que permita juzgar el interés que pueda merecer el asunto tratado, y otra, analítica, con los itinerarios, cortes y detalles.

Así, respecto de este primer estudio dividiremos la parte sintética en tres capítulos:

**PRIMERO.**—Descripción.

**SEGUNDO.**—Movimientos orogénicos que han producido la actual presentación de estratos y masa granítica.

**TERCERO.**—Causas de la denudación de la costa.

En ellos expondremos las diferentes fases por que ha pasado la costa hasta llegar á su actual presentación y que pueden ser concretadas rápidamente en esta forma:

Ola Hercyniana y movimientos anteriores.

Consecuencia.—Levantamiento de los estratos.

Movimientos pirenaicos.—Varias oscilaciones lentas y en masa.

Consecuencia.—Definitiva posición de los estratos.

Formación de las capas terciarias.

Líneas generales de la topografía actual.

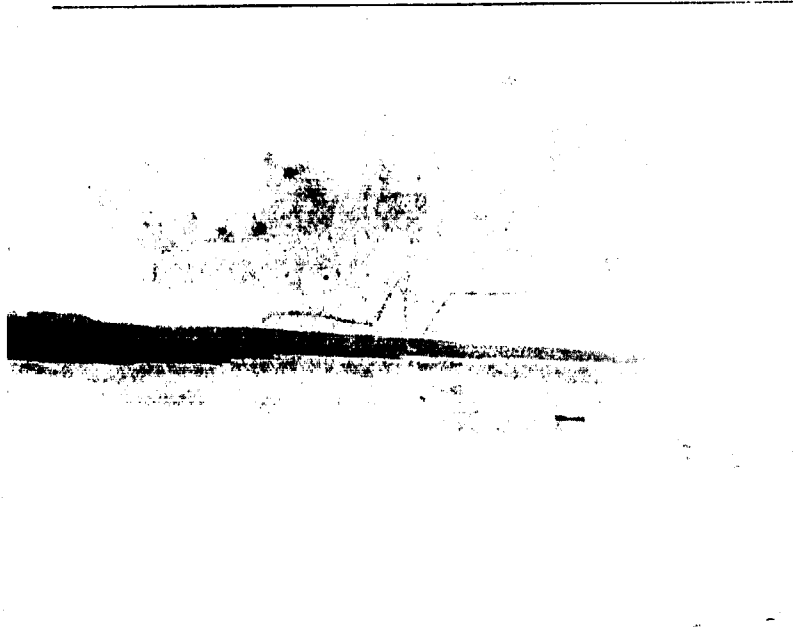
Heleros.—Su gran extensión.

Consecuencia.—Ahondamiento de los valles.

Origen de las rías.

Ataque actual por los agentes atmosféricos.

Consecuencia.—Estado presente de la costa.



Punta de Piñeira avanzando en el mar.



Acantilado E. de la playa de Penarronda mostrando la forma general de escarpe y arranque de la llanura.

Mientras que para la parte analítica reservaremos: insistir sobre capítulo de orogenia principalmente intentando fijar las edades de las oscilaciones pirenaicas, descripción de todos los tramos y asomos de rocas, análisis microscópicos y fenómenos de metamorfismo que nos permitan rehacer su historia; enumeración de los fósiles recogidos y corte completo de la costa con accidentes y detalles locales, entre los que incluiremos los relativos á la fauna y flora.

Nos servirá de plano una parte de la magnífica *Carta geométrica de Galicia*, de D. Domingo Fontán, que da una idea clara del relieve, y sobre ella marcaremos más adelante las manchas terciarias no señaladas en el mapa geológico y modificaremos los límites de las paleozoicas.

### Nota sintética del estudio.

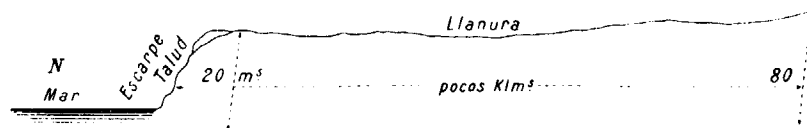
**Descripción.**—La parte de la costa que vamos á estudiar está comprendida, contando de E. á O., entre el pueblo de Barres (en Asturias, á unos tres kilómetros de Figueras) hasta la ría de Vivero, 64 kilómetros.

La costa de Lugo forma el fondo del golfo de Masma, su perímetro es una línea mixta, recta de Ribadeo á Foz y curva de Foz á Vivero; la recta presenta el frente de los terrenos paleozoicos, la curva es el arranque del gran arco del macizo granítico gallego. Esta división, que además es natural por la distinta constitución y configuración de sus dos partes, será la que adoptemos. Tienen de factor común lo abrupto de sus acantilados y sufren el mismo violento ataque por parte del mar.

La primera parte, de Barres á Foz, está formada por una larga planicie litoral que avanza de E. á O. festoneando en sus entradas á la línea de montes que paralelamente la limitan al Sur. Si los montes se aproximan á la orilla, la llanura se estrecha, y se ensancha si la línea de montes retrocede al S.; las variaciones de la planicie en anchura serán de uno á cinco kilómetros. Sus mayores entradas son en los estuarios acompañando á los valles. El eminente geólogo Sr. Barrois la dibujó con una

frase magistral: "*Les couches ont été nivelées, comme si la main de l'homme avait voulu construire une route littorale au pied de l'escarpement des montagnes.*"

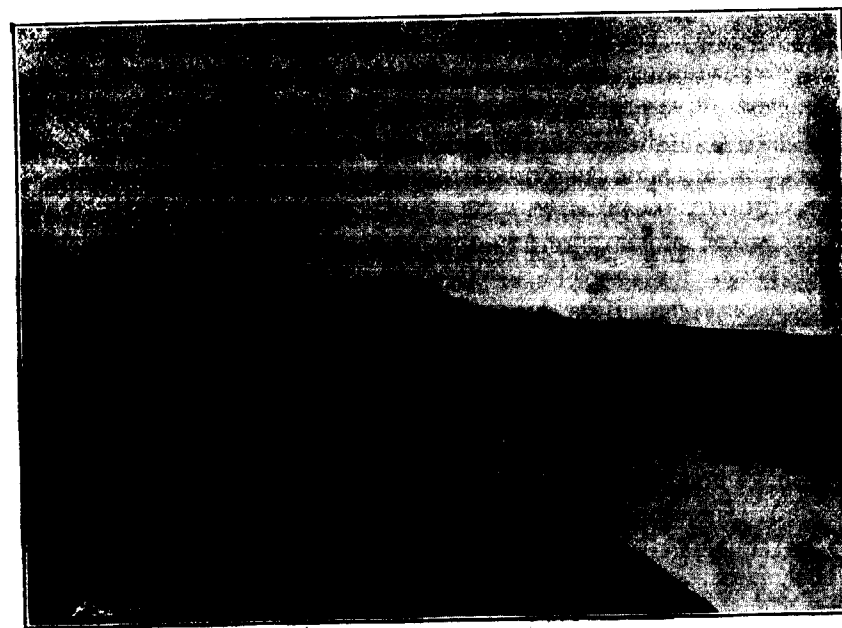
Los acantilados tienen una manera de presentarse que sirve de patrón ó norma para los numerosos recortes y entradas de la línea litoral. El escarpe, casi vertical, tendrá altura entre 15, 20 ó pocos más metros, desde donde empieza la llanura que, ganando siempre y gradualmente en nivel, se extiende al Sur hasta el pie de los montes; desde el borde del acantilado hasta la llanura propiamente dicha hay, con frecuencia, un espacio corrido de talud suave que sirve de cornisa.



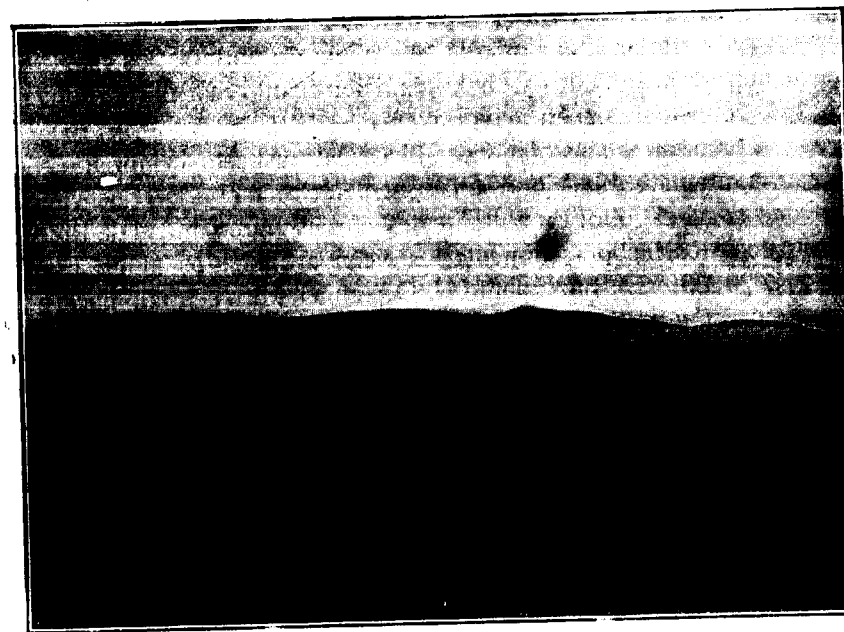
A continuación damos el perfil que, á modo de plantilla, se adapta en general á las secciones N. S. de la costa en esta primera faja de la llanura.

La longitud de la zona de esta llanura no se limita á la distancia de Barres á Foz (unos 28 kilómetros), sino que la hemos visto, con pocas excepciones, desde San Esteban de Pravia hasta Fazouro (desembocadura del río del Valle de Oro), ó sea en una longitud de unos cien kilómetros.

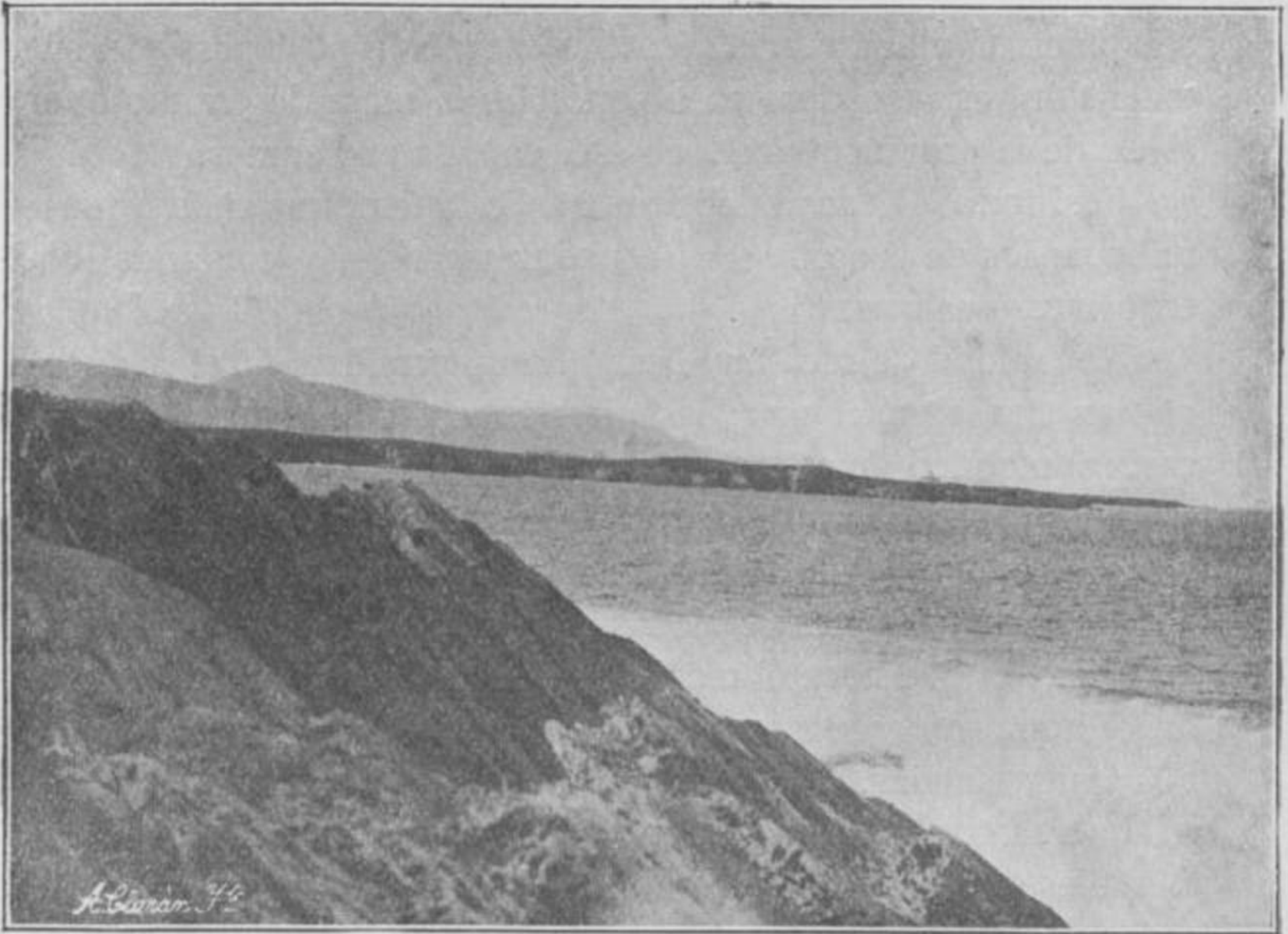
El perfil que hemos dado para sus secciones perpendiculares, aunque muy frecuente y casi general, depende esencialmente de la dureza de las rocas que se internan en el mar, llegando á suprimirse la llanura y avanzando los montes hasta la orilla cuando la dureza y frente de la roca son grandes. La cuarcita siluriana proporciona en Asturias, varios ejemplos de este caso, ya citados por Schulz. Artedo las Vallotas, la Cuesta del Bayo en Luarca son sitios en que las crestas de cuarcita llegan en forma de estribación de los montes hasta el mar, sin haber sufrido la nivelación que, formando la llanura, presentan los demás estratos. En Porcia, por las kersantitas cuarcíferas,



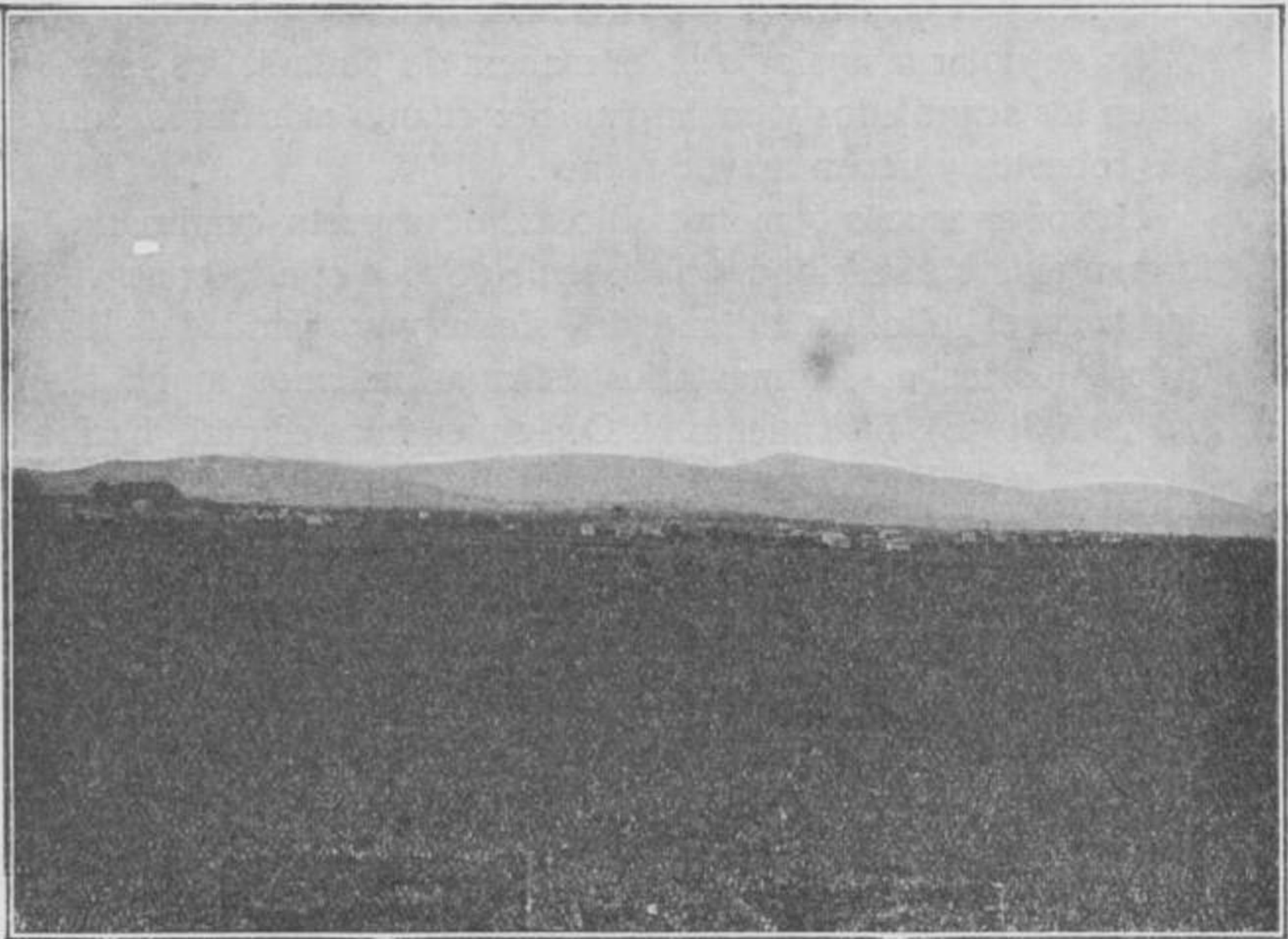
Margen izquierda de la ría de Ribadeo con la llanura y montes al Sur.



La Devesa.—Llanura y línea de montes.



Margen izquierda de la ría de Ribadeo con la llanura y montes al Sur.



La Devesa.—Llanura y línea de montes.

se aprecia también parcialmente la excepción y, á pesar de su extensión, es verdadero caso particular la masa de granito que al O. de la provincia de Lugo está bañada por el mar.

Casi todos los acantilados tienen estratos pizarreños ó psamíticos; los de cuarcita son menos numerosos, y contados los eruptivos ó calizos.

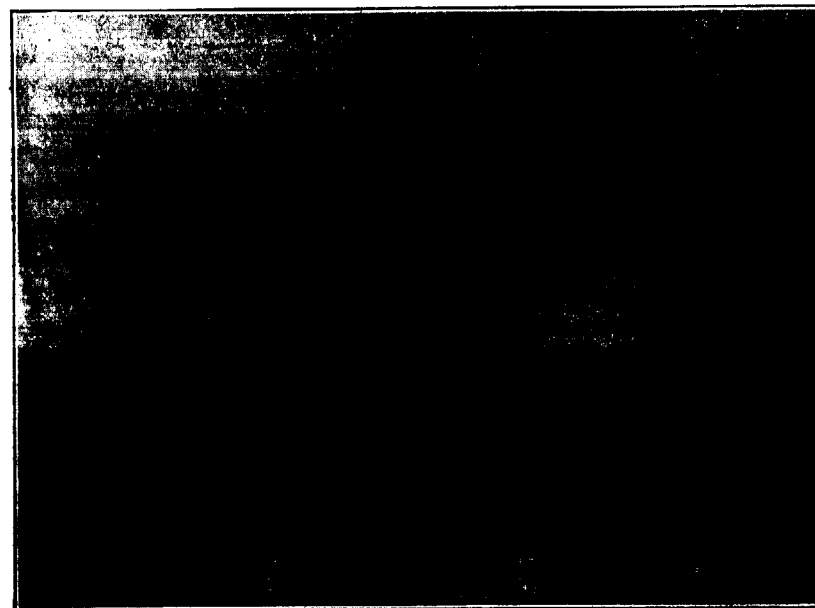
A igualdad de roca hay bastante uniformidad en el avance que en ella labra el mar; las pizarras y psamitas que forman casi la totalidad de esta parte sufren un desgaste tan igual, que salvando las entradas de detalle, la costa es como una gran recta de E. á O. Al analizar esta línea imaginaria, se la ve formada por numerosísimas pequeñas entradas, producidas como diferenciación que hace el mar á la dureza de las capas; cuanto más duras, son menos corroídas y constituyen puntas de pequeñas ensenadas.

La cuarcita avanza mucho en puntas agudas como en la Rumeles y en la del Promontoiro; dioritas y capas metamorfozadas por ellas se encuentran en la Corbeira, y en cuanto á las calizas, blandas y solubles, se han debido desgastar rápidamente y no se aprecian más que en un acantilado de Penarronda (Asturias) y al O. de la playa grande de San Miguel.

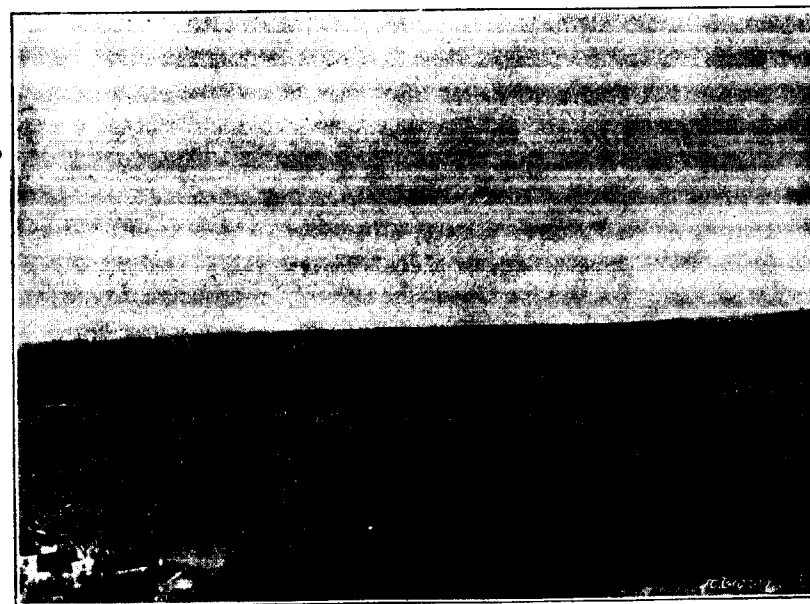
Es de notar la analogía en la manera de portarse los estratos en los acantilados y en la planicie: cuanto más duros, son más robustos y tienen mayor avance.

Las pizarras más ó menos silíceas, de aspecto cambriano, forman en sus direcciones una especie de arco con la concavidad hacia el golfo. En el límite de Asturias y proximidad de Ribadeo, los lechos sedimentarios están arrumbados al N. E. (N. 20 á 30° E), buzamiento N. O.; en el trozo central, hacia Reinante y en buen trayecto, la dirección de los estratos es casi E. O. con buzamiento bastante tendido al N., mientras que en el extremo O., hacia Foz y Marzan, la dirección y buzamiento son inversos á los del primer trozo ó sea dirección N. O. y buzamiento, no muy fuerte respecto á la vertical, al N. E. Estas posiciones son las generales, pero no absolutas; así, por ejemplo, entre San Cosme y Foz suelen tener dirección N. O. y buzamiento S. O.

Lo que sí puede asegurarse es que cuando la posición de las capas es sesgada á la línea E. O. sus prolongaciones des-



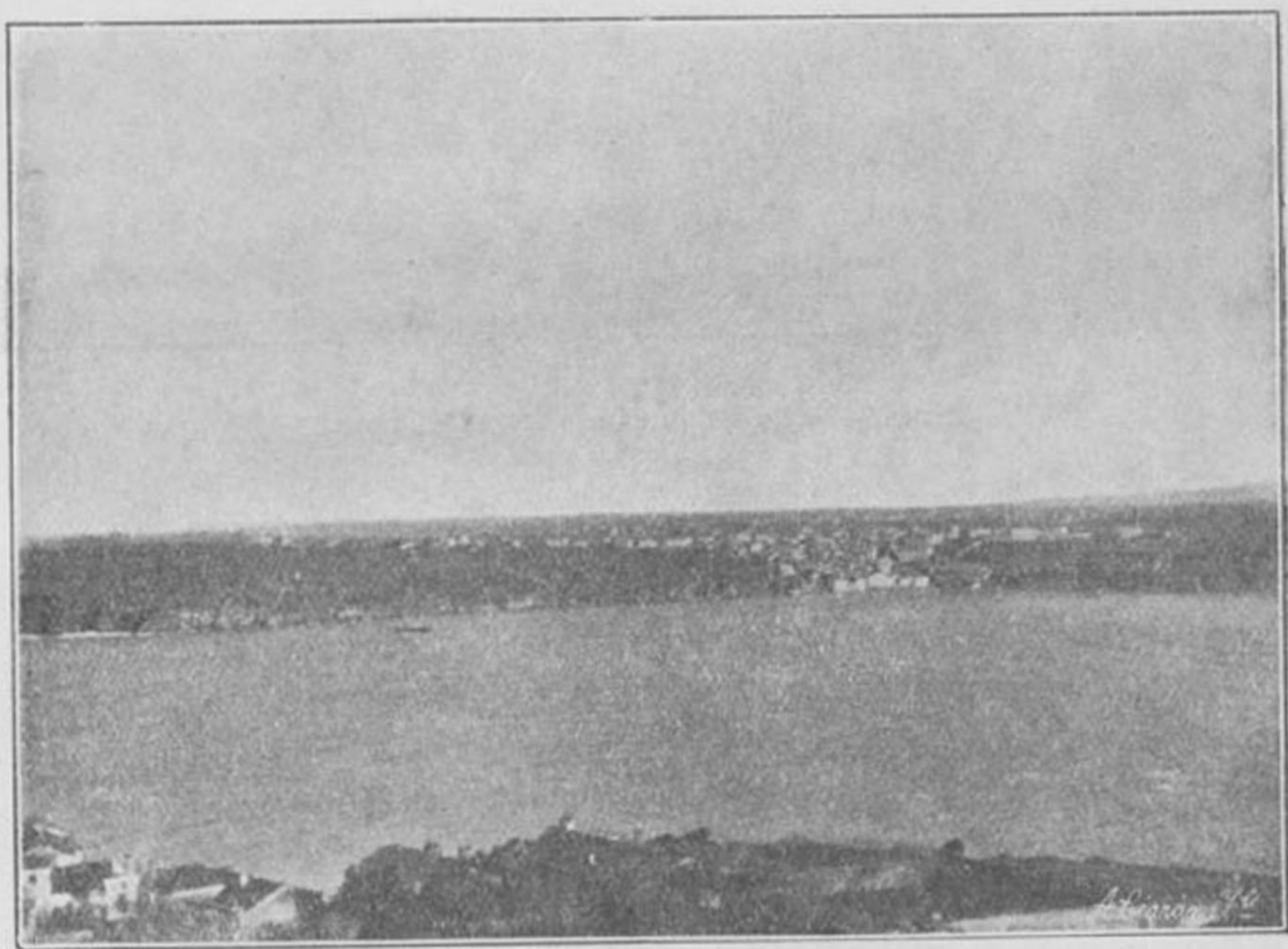
La faja llana en Asturias.—Margen derecha de la ría de Ribadeo.



Figueras.—La faja llana en Asturias.



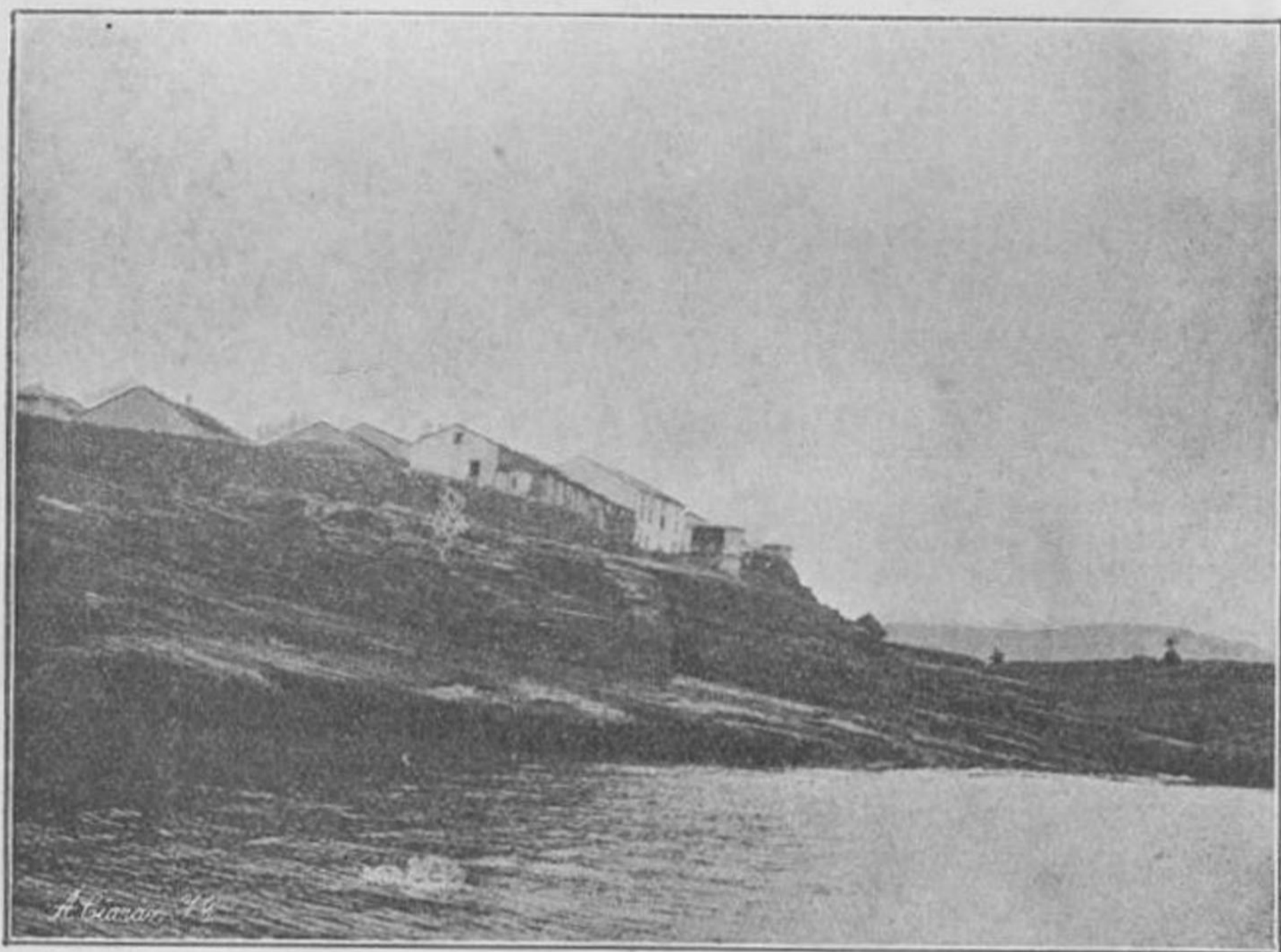
La faja llana en Asturias.—Margen derecha de la ría de Ribadeo.



Figueras.—La faja llana en Asturias.

pués de atravesar la llanura, penetran en la barrera de los montes como partes de su esqueleto; es decir, que los mismos estratos recortados de E. á O. en los acantilados, y enrasados en la planicie, son los que arman los montes situados al S.

Según las tres diferentes maneras de presentarse los estratos varía la forma y disposición de las pequeñas ensenadas y



Rinlo.—Estratos buzando hacia el mar.

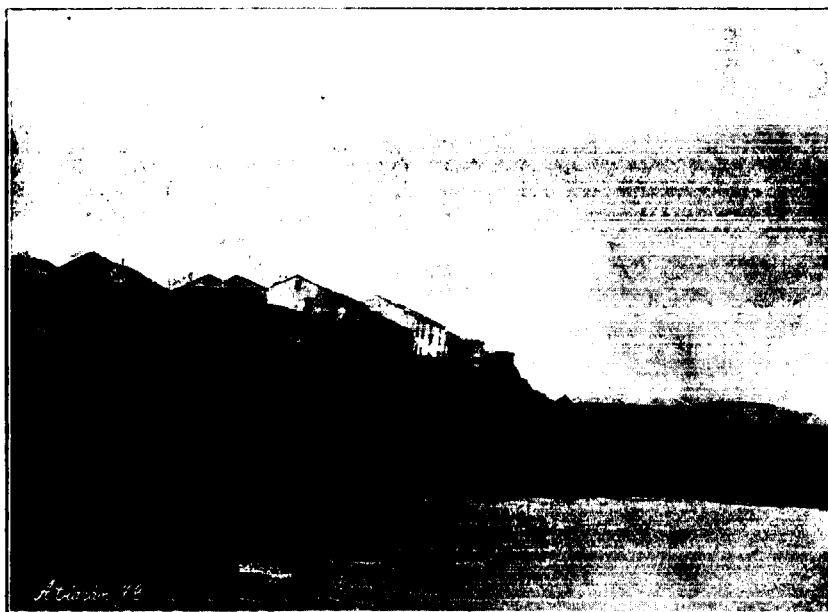
recortes de la costa, así como la banquetta y cordón litoral en cada caso.

Desde Ribadeo á Rinlo los estratos se dirigen al N. E., en la misma dirección de los vientos dominantes, con lo que se hace muy eficaz el poder destructor de las olas y queda la costa recortada de pequeñas entradas excavadas al hilo de las capas, ó en la dirección de alguna de las frecuentes fallas rellenas de detritus, poco coherentes de la roca lateral. En este caso la banquetta es de inclinación muy rápida en la dirección de la pequeña ensenada, y ó bien la rellena toda quedando el escarpe en plena erosión, ó ya el escarpe está fuera de las mareas y en-



pués de atravesar la llanura, penetran en la barrera de los montes como partes de su esqueleto; es decir, que los mismos estratos recortados de E. á O. en los acantilados, y enrasados en la planicie, son los que arman los montes situados al S.

Según las tres diferentes maneras de presentarse los estratos varía la forma y disposición de las pequeñas ensenadas y



Rinlo.—Estratos buzando hacia el mar.

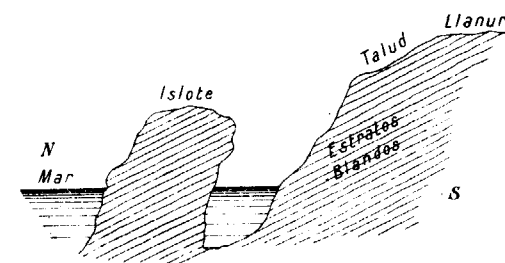
recortes de la costa, así como la banquetta y cordón litoral en cada caso.

Desde Ribadeo á Rinlo los estratos se dirigen al N. E., en la misma dirección de los vientos dominantes, con lo que se hace muy eficaz el poder destructor de las olas y queda la costa recortada de pequeñas entradas excavadas al hilo de las capas, ó en la dirección de alguna de las frecuentes fallas rellenas de detritus, poco coherentes de la roca lateral. En este caso la banquetta es de inclinación muy rápida en la dirección de la pequeña ensenada, y ó bien la rellena toda quedando el escarpe en plena erosión, ó ya el escarpe está fuera de las mareas y en-

tonces el primer término suele ser de arena. En esta parte, cuando hay suficiente espacio, tiende á formarse la banquetta en nivel superior á las pleamares marcando los frecuentes temporales. Como la roca más frecuente es la pizarra arcillosa, azul ó clara, los cantos removidos diariamente por la marea son de esta clase y de cuarzo, pequeños y redondos, mientras que en la parte alta del cordón hay cantos grandes y planos de bordes redondeados.

Cuando los estratos se arrumban E. O., con bastante tendido de Rinlo á Reinante, las olas no logran producir estas entradas y se limitan á rebajar los estratos en una especie de banquetta de la misma roca.

Como variedad bastante repetida en el ataque de los lechos dispuestos transversalmente á la embestida del mar, es el caso en que logra introducirse de E. á O. á lo largo de la dirección de las capas; entonces, por alguna más blanda, va labrando un canal que, paralelo á la costa, termina ahondándose por aislar alguna porción del escarpe, que queda así convertida en islote.



En estos dos casos, en que la estratificación se dirige N. E. ó E. O. son muy escasas las banquettas de arena, pero en cambio no lo son tanto los pozos ó cañones de paredes verticales ó de más inclinación, que avanzan bastantes metros dentro de la costa. Las dos observaciones coinciden en demostrar la violencia de su denudación actual.

Estos pozos, canales y conductos, á veces subterráneos, se producen por el embate del agua sobre las numerosas fallas, casi verticales, que en todos sentidos cruzan y dividen los ma-

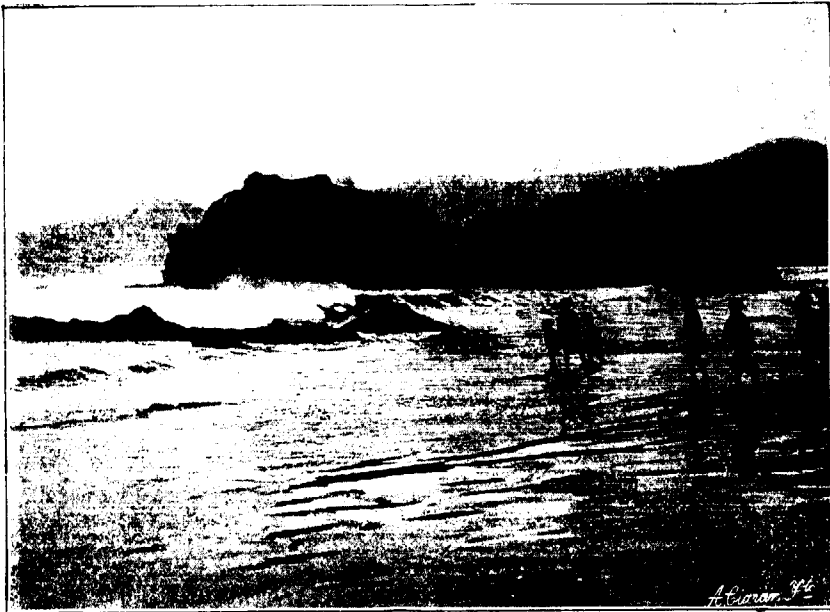
cizos de pizarras cambrianas. Cuando el relleno de alguna de ellas es de trozos poco trabados, ó sin estar rellena tiene sus hastiales separados circulando entre los dos una lámina de aire, si en resumen puede llegar el mar en su trabajo de destrucción hasta una de estas grietas, fallas ó estratos muy blandos, entonces su avance en ese medio favorable es mucho más rápido.



Islotes en un arenal.

La planta de esos conductos es á menudo tortuosa y ramificada, pues no solamente sigue el mar la falla sino alguna de las litoclasas que la cortan; la sección vertical de estos canales varía según se considere á la entrada, al final. El ataque empieza por la parte inferior de la falla ó fisura practicando una especie de galería, que ya en adelante lleva siempre como avance de su trabajo; éste, en la pequeña cueva, se hace más eficaz y activo por el aire y guijarros removidos enérgicamente al estallar las olas en el espacio cerrado. La disposición de esta galería-avance es acampanada. Dificultada la demolición late-

cizos de pizarras cambrianas. Cuando el relleno de alguna de ellas es de trozos poco trabados, ó sin estar rellena tiene sus hastiales separados circulando entre los dos una lámina de aire, si en resumen puede llegar el mar en su trabajo de destrucción hasta una de estas grietas, fallas ó estratos muy blandos, entonces su avance en ese medio favorable es mucho más rápido.



Islotes en un arenal.

La planta de esos conductos es á menudo tortuosa y ramificada, pues no solamente sigue el mar la falla sino alguna de las litoclasas que la cortan; la sección vertical de estos canales varía según se considere á la entrada, al final. El ataque empieza por la parte inferior de la falla ó fisura practicando una especie de galería, que ya en adelante lleva siempre como avance de su trabajo; éste, en la pequeña cueva, se hace más eficaz y activo por el aire y guijarros removidos enérgicamente al estallar las olas en el espacio cerrado. La disposición de esta galería-avance es acampanada. Dificultada la demolición late-

ralmente al contacto de las capas sanas, tiende á propagarse por la parte más blanda, esto es por el techo de la galería; el hundimiento de las paredes completa la obra y al llegar éste á la superficie queda formado el cañón.

Estas cuevas y pozos son rincones sumamente pintorescos, en el fondo de los cuales y en marea alta se oye con resonancia el ruido de la resaca y las olas.

De Reinante á Foz, y donde los estratos se arrumban al N. O. es donde dominan las playas en lugar de banquetas de piedras, encajadas en las aquí también numerosas entradas. La arena fina y limpia está formada de pequeñísimos granos de cuarzo rodados y restos del mismo tamaño de pizarras y caparzones de conchas.

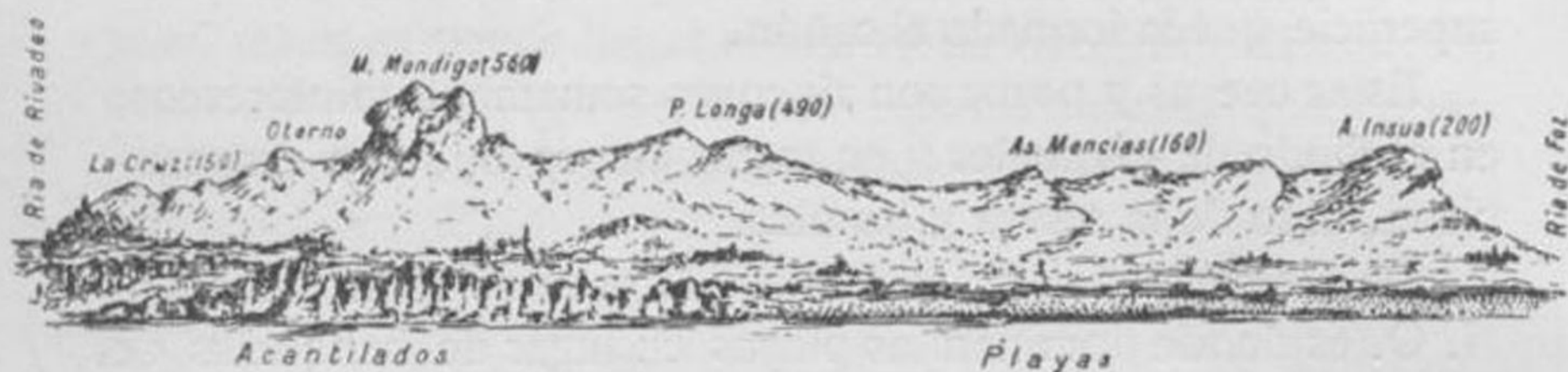
Todas ellas representan grados más avanzados en la destrucción de la costa, dando el tipo de enlace con la facies anterior las de San Pedro de Benquerencia y pequeña de San Miguel, en la que se destacan, implantados en la arena, numerosos islotes como testigos del ataque anteriormente descrito. Merecen citarse por su hermosa disposición y amplitud, la grande de San Miguel, el gran arenal de Santo Tomé, que se une al oriental de la ría de Foz, y pasada ésta, el de este pueblo y el de Nois.

Las playas y arenales no terminan al final de este trozo, sino que continúan en la gran curva de terreno granítico que se dirige al N. O.; esto hace ver que en realidad su existencia no depende de la colocación de las capas del terreno. Su formación es debida, sobre todo, á la corriente secundaria del golfo de Masma que amortiguándose al remontar el gran macizo granítico, deposita sus arenas y elementos terrígenos de preferencia en los estuarios, donde se neutraliza con la corriente de los ríos.

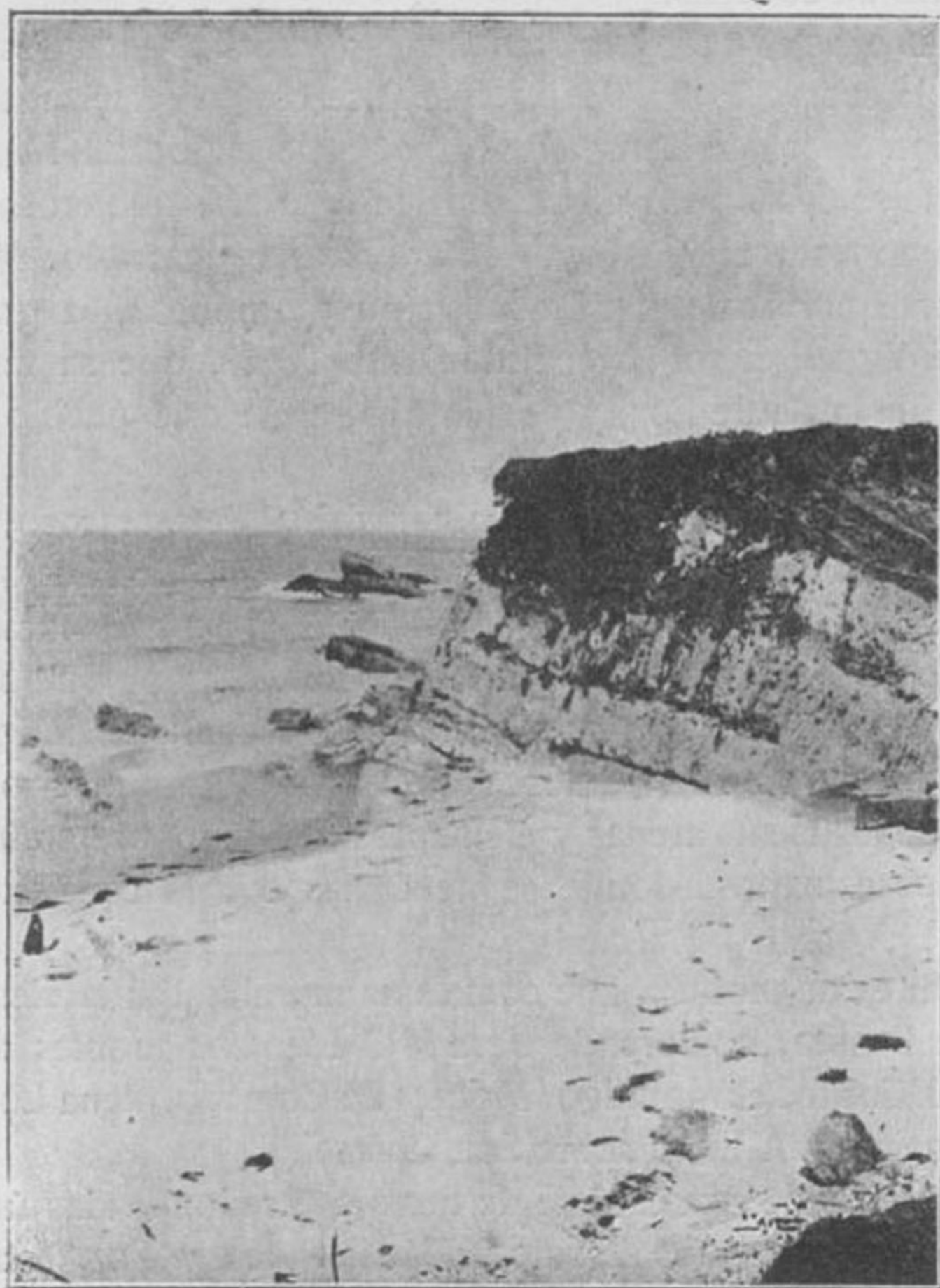
La línea de montes, que como una muralla limita siempre al S. la llanura, comprende desde Ribadeo los montes de la Cruz, O'Corno, el Mondigo, Montes de Comado, Pena Longa, As'Meneiras y A'Insua sobre San Cosme.

Las lomas de esta especie de tierra son redondeadas únicamente en los extremos de su corrida, Ribadeo y Foz, estando coronadas en su parte central por cuarcitas del ordovicense, según el croquis siguiente.

Estos montes que aquí, á lo largo de la costa, se presentan en un frente E. O., con sólo asomarse hacia el S. se resuelven

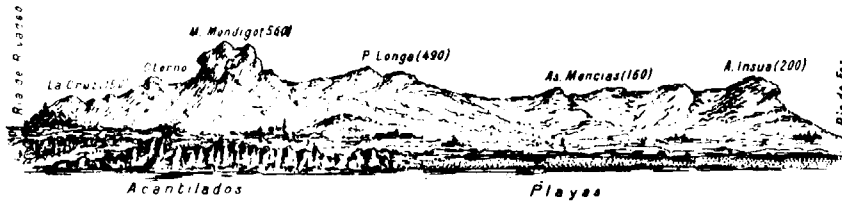


en crestas paralelas de N. á S. formando con sus prolongaciones los montes de Balboa y San Tirso y la Sierra de la Cadeira,

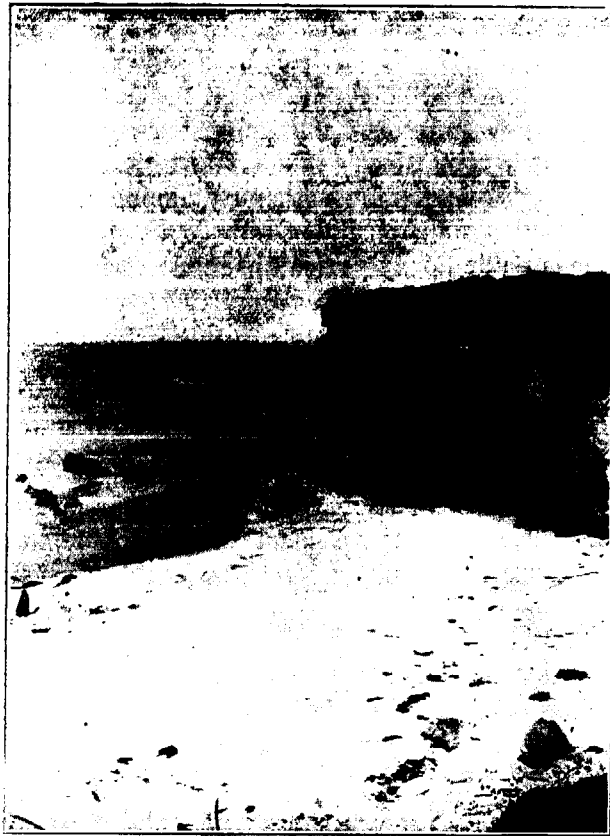


Dikes de pórfido formando un acantilado.

Estos montes que aquí, á lo largo de la costa, se presentan en un frente E. O., con sólo asomarse hacia el S. se resuelven



en crestas paralelas de N. á S. formando con sus prolongaciones los montes de Balboa y San Tirso y la Sierra de la Cadeira,



Dikes de pórfido formando un acantilado.

ó de otra manera, que las sierras antiguas que vienen desde el Sur con la dirección de los estratos, al llegar á dar vista á la costa se unen en una amplia curva que da frente al litoral y limita una depresión ancha y poco profunda.

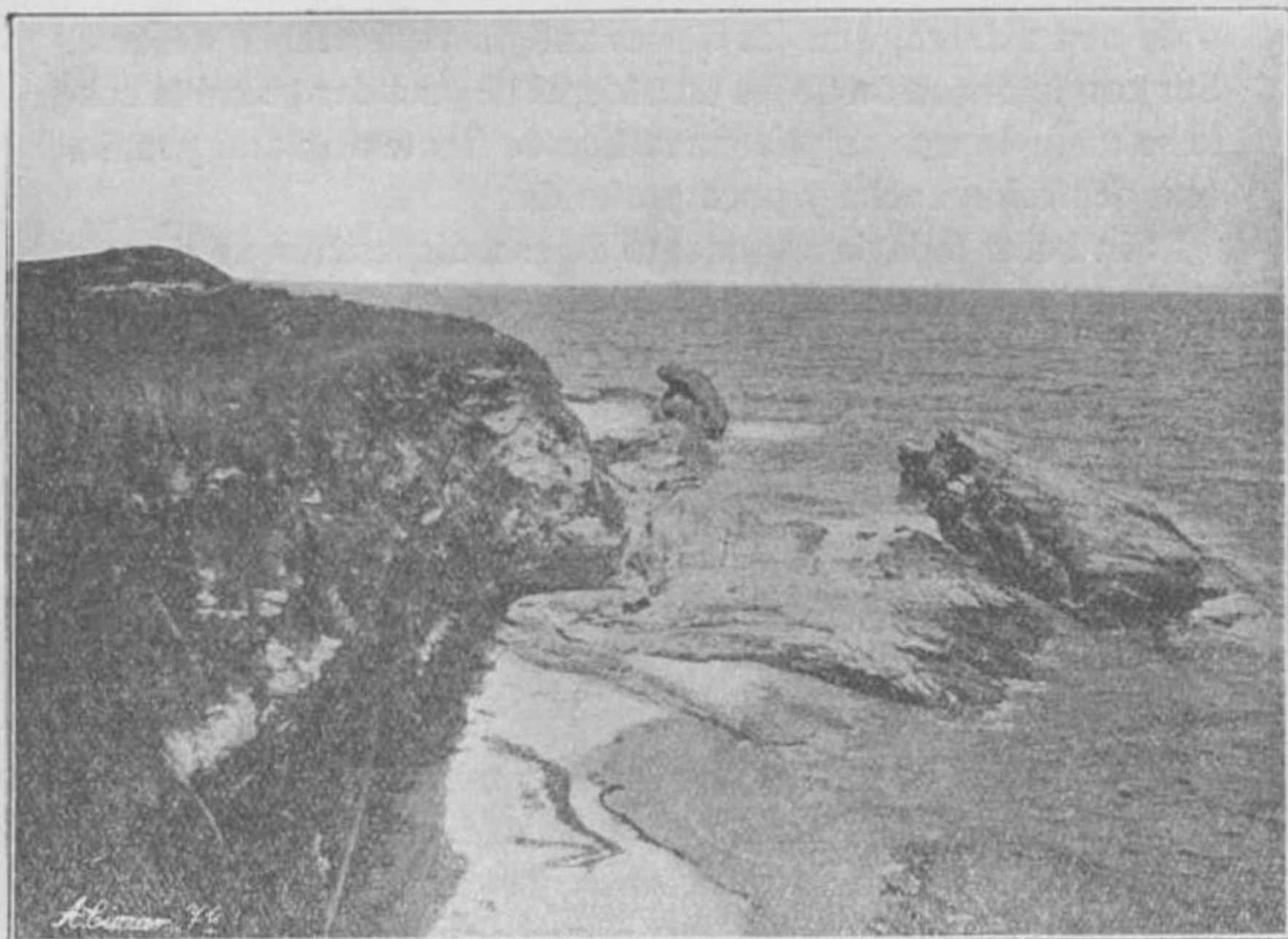
Sin hacer todavía argumento de esta disposición se deduce fácilmente que los pliegues que haya tenido el terreno, considerados en sus ejes, son casi normales á la línea de la costa.

Los estratos son los mismos en la costa que en los montes, con la diferencia de estar mucho menos meteorizados los del monte, como más alejados del mar. Los costeros están atacados tan intensamente, que de no conocer los pasos intermedios no se podría declarar su identidad con ejemplares sanos ó menos meteorizados.

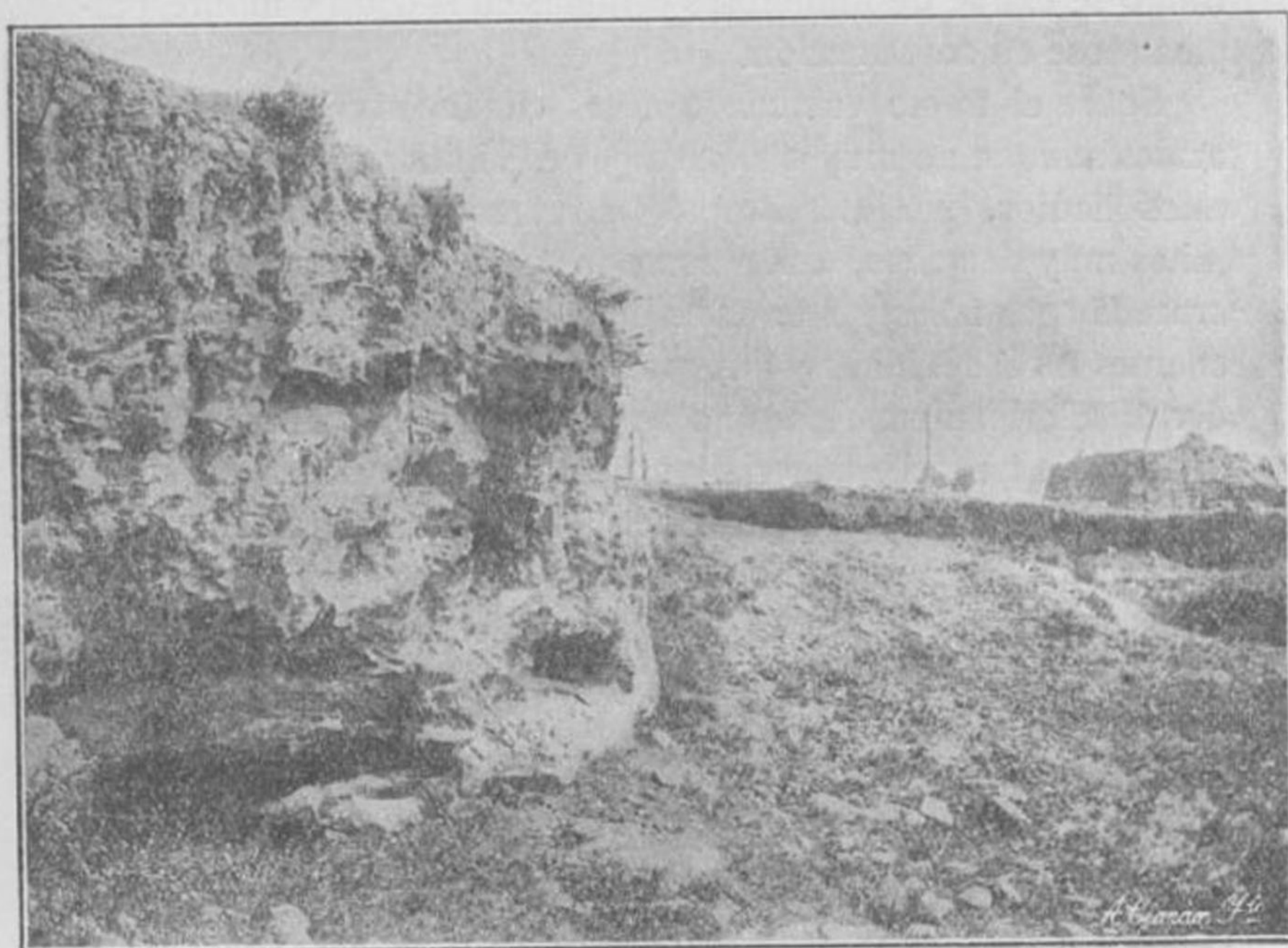
Desde Ribadeo al Mondigo hay un tramo potente de pizarras bastante silíceas muy alternadas con bancos poco potentes de cuarcitas no muy duras y de aspecto feldespático, este primer tramo tiene la misma facies arenosa en los estratos del litoral, pero en ambos sitios está muy atacado; también son frecuentes en él las psamitas. La facies amarillenta y arenosa que toma por meteorización es muy característica. La piedra de este tramo se extrae de numerosas canteras en la costa y monte, empleándose en construcción.

Sobre el tramo cuarcitoso antes citado hay otro de losas azules aunque no muy oscuras y de fisibilidad bien marcada; estos filadíos, que intercalan algunos lechos de cuarcitas y psamitas muy delgadas, están como las capas anteriores bastante cruzadas por fallas y filoncillos de cuarzo, siendo también frecuentes las inflexiones y arrugas pequeñas; son susceptibles de dividirse en láminas, pero no resultan éstas muy finas, desperdiándose bastante material por los defectos antes señalados. En el litoral estas pizarras tienden á tomar un aspecto blanquecino y se hacen bastante deleznable. En las capas de las dos series anteriores no hemos podido recoger más fósiles que unas algas en el muelle de Ribadeo y unos tiglites en la parte alta de las losas azules.

Desde antes de llegar al monte Mondigo las laderas que vierten á la llanura están cubiertas de pizarras y vegetación tupida, aunque no muy alta, á tal punto, que hay que recorrer las cimas ó ir hacia el S. para percibir el paso de las capas. Uni-



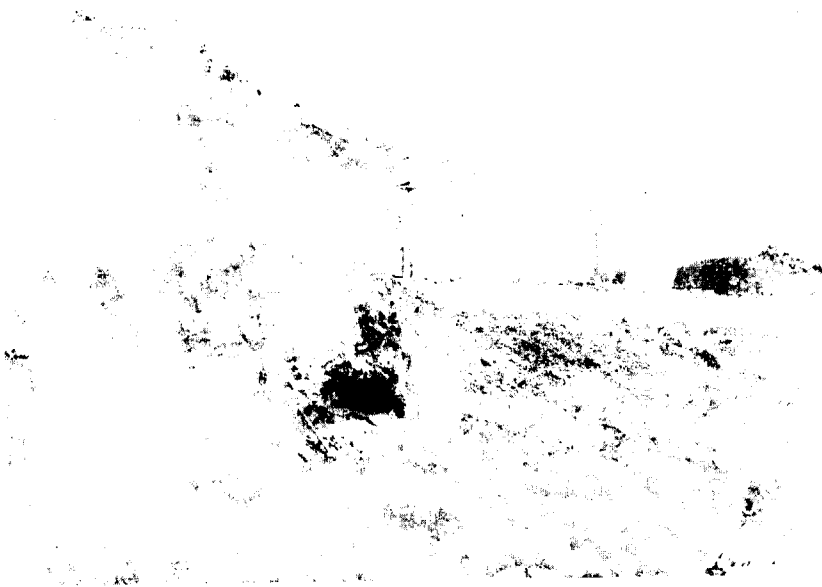
Extremo O. de la playa de San Miguel.—Hoja de caliza muy plegada.



Arenisca ferruginosa in situ.—Reinante.

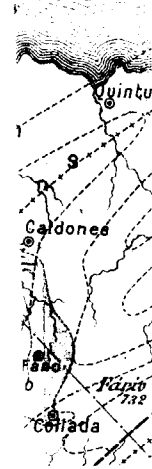


Extremo O. de la playa de San Miguel.—Hoja de caliza muy plegada.



Arenisca ferruginosa in situ.—Reinante.

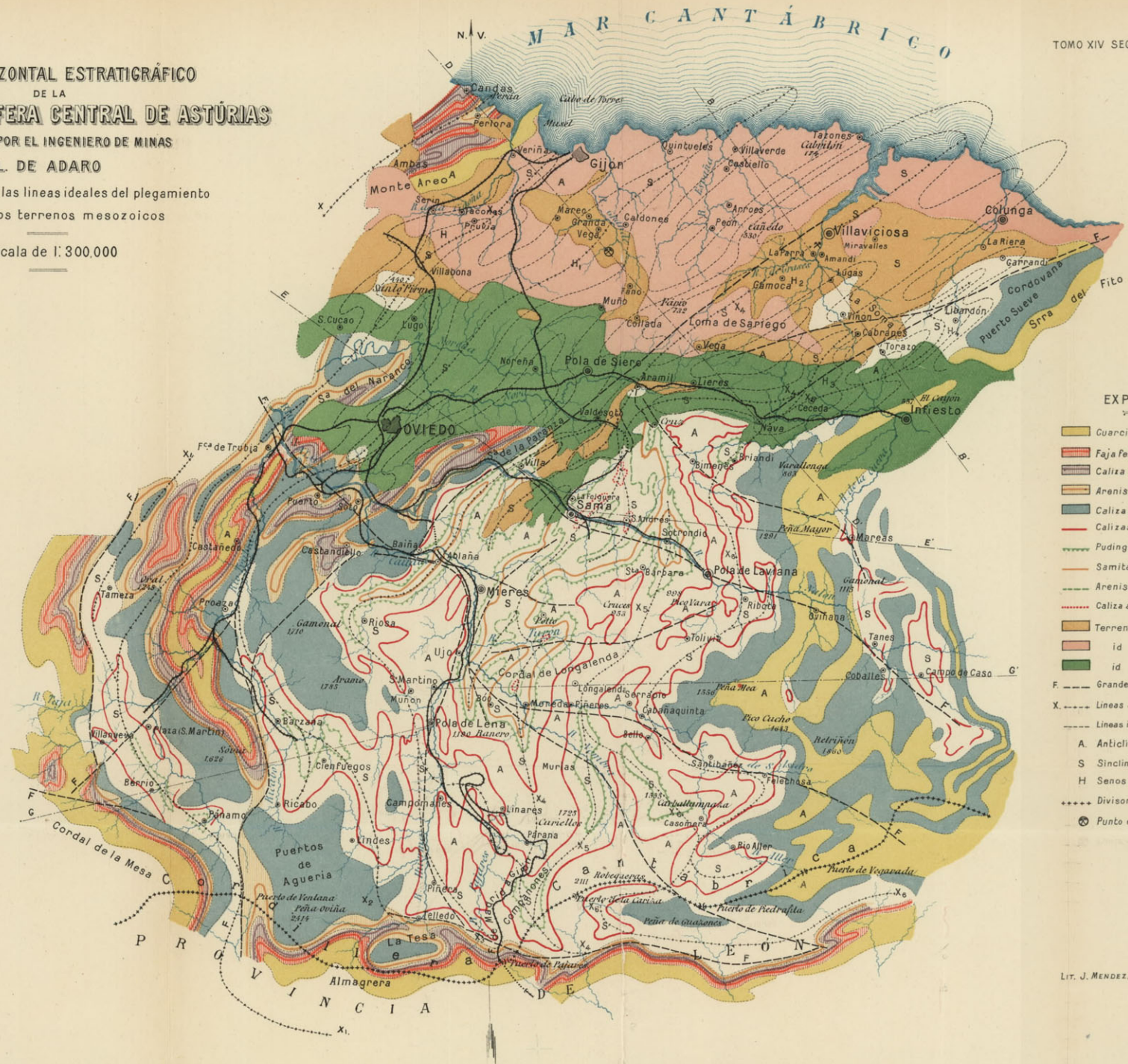
C A



# CORTE HORIZONTAL ESTRATIGRÁFICO DE LA CUENCA CARBONÍFERA CENTRAL DE ASTURIAS

TRAZADO POR EL INGENIERO DE MINAS  
L. DE ADARO  
con indicación de las líneas ideales del plegamiento  
por bajo de los terrenos mesozoicos

Escala de 1:300.000



### EXPLICACIÓN

- Cuarcita siluriana
- Faja ferrífera de la arenisca roja antigua
- Caliza del devoniano medio
- Arenisca del devoniano superior
- Caliza carbonífera
- Calizas inferiores: base del hullero
- Pudinga: base del inframedio
- Samita potente: base del hullero medio
- Arenisca: base del Supramedio
- Caliza amigdaloides: base del hullero superior
- Terreno triásico
- id liásico
- id cretáceo
- Grandes líneas de Fractura
- Líneas axiales de los senos hulleros
- Líneas ideales del plegamiento Subterráneo
- A. Anticlinales
- S. Sinclinales
- H. Senos hulleros
- Divisoria provincial
- Punto elegido para el primer sondeo




















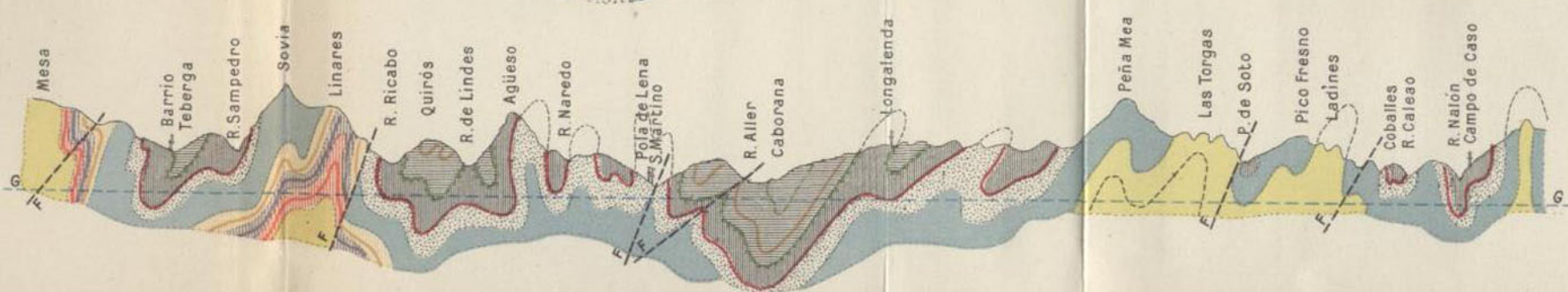
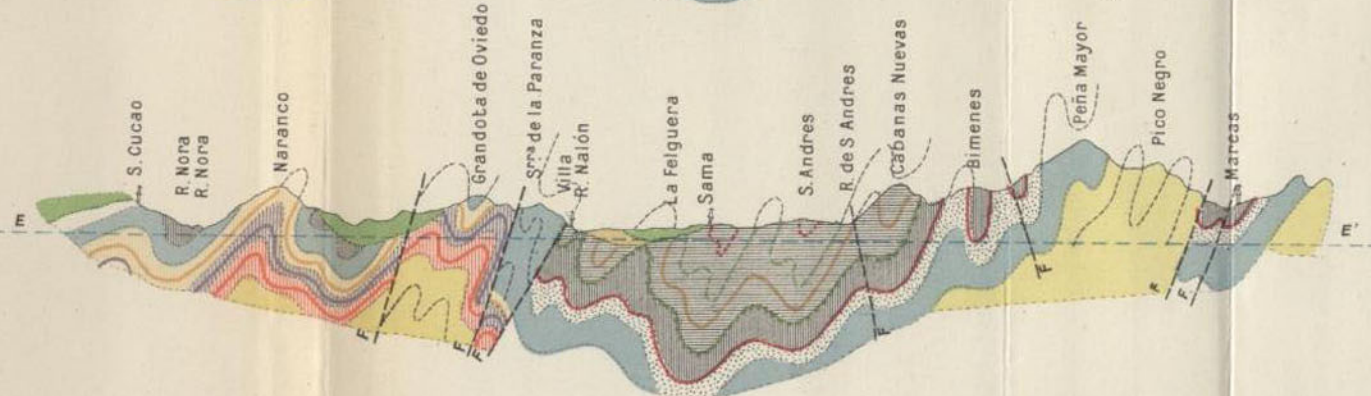
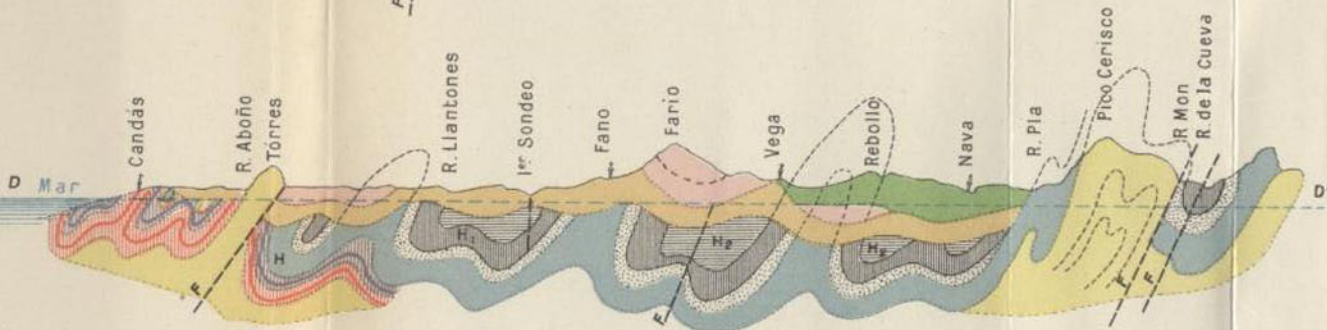
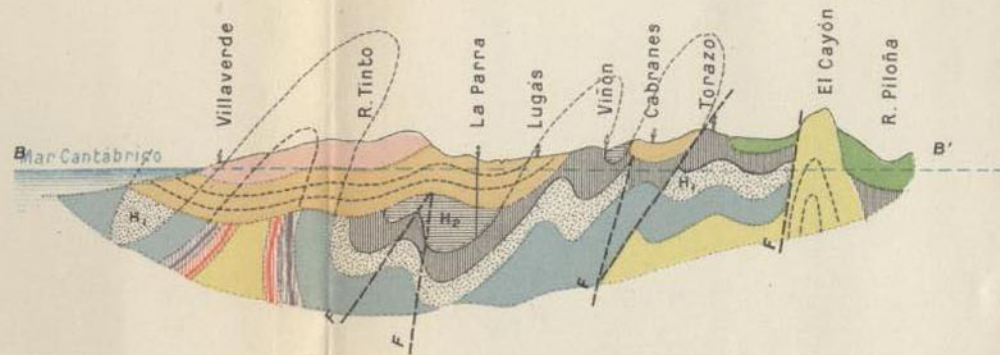
# CORTES VERTICALES

del plegamiento figurado en la lámina 1ª  
según las líneas trazadas en la misma.

Escala { horizontal 1 : 300,000  
Vertical 1 : 100,000

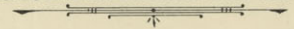
## EXPLICACIÓN

-  Cuarcita siluriana
-  Faja ferrífera de la arenisca roja antigua
-  Caliza del devoniano medio
-  Arenisca del devoniano superior
-  Caliza carbonífera
-  Subhullero
-  Hullero inferior
-  Hullero medio
-  Calizas inferiores: base del hullero
-  Pudinga: base del inframedio
-  Samita potente: base del hullero medio
-  Arenisca: base del Supramedio
-  Caliza amigdalóide: base del hullero superior
-  Terreno triásico
-  id. liásico
-  id. cretáceo
-  F. --- Grandes líneas de fractura



# PLANO TOPOGRÁFICO, GEOLÓGICO Y MINERO DE LA ZONA COMPRENDIDA ENTRE GIJÓN, SIERO, INFUESTO Y COLUNGA

donde el Instituto Geológico ha de efectuar sondeos para investigar la prolongación subterránea de la cuenca carbonífera de Asturias.



### EXPLICACIÓN

- Terreno cretácico.
- Terreno liásico.
- Terreno triásico.
- Terreno hullero.
- Terreno siluriano.
- Emplazamiento del primer sondeo.

Escala de 1:100.000

31 de Diciembre de 1913

do el intenso metamorfismo de los lechos de la costa á esta circunstancia, hace que desde este momento aparezcan como dos series distintas de rocas las del monte y las del litoral.

Hasta aquí, como hemos dicho anteriormente, el rumbo de las capas era N. E. y su buzamiento N. O.

La serie de rocas que se encuentran en las crestas puede afirmarse que son silurianas. Los estratos que ya antes de llegar



Cercenías de Tol.—Capas delgadas de arenisca.

á la cuarcita del Mondigo (cuarcita del Cabo Busto de Barrois) habían empezado á cambiar su dirección al N. O. la confirman y acentúan en todo el recorrido, llegando á colocarse casi E. O., buzando muy planamente al S.; las pizarras de los montes más occidentales, sobre Cillero, vuelven á tomar la primitiva dirección N. E. y buzamiento al O., con lo que queda dibujada, también por los estratos, la cubeta que ya dijimos indican los montes.

Los tramos silurianos bien marcados son la cuarcita, base

do el intenso metamorfismo de los lechos de la costa á esta circunstancia, hace que desde este momento aparezcan como dos series distintas de rocas las del monte y las del litoral.

Hasta aquí, como hemos dicho anteriormente, el rumbo de las capas era N. E. y su buzamiento N. O.

La serie de rocas que se encuentran en las crestas puede afirmarse que son silurianas. Los estratos que ya antes de llegar



Cerceanías de Tol.—Capas delgadas de arenisca.

á la cuarcita del Mondigo (cuarcita del Cabo Busto de Barrois) habían empezado á cambiar su dirección al N. O. la confirman y acentúan en todo el recorrido, llegando á colocarse casi E. O., buzando muy planamente al S.; las pizarras de los montes más occidentales, sobre Cillero, vuelven á tomar la primitiva dirección N. E. y buzamiento al O., con lo que queda dibujada, también por los estratos, la cubeta que ya dijimos indican los montes.

Los tramos silurianos bien marcados son la cuarcita, base

del ordovicense, y la pizarra de calymene con fósiles que confirman la fauna D de Barrande.

En la costa únicamente hacia la punta Corbeira parecen descubrirse cuarcitas que pueden ser silurianas, dispuestas como en anticlinal; sigue un buen tramo de pizarras azules también con el aspecto del mismo terreno y después principia una serie potente de pizarras verdes cortadas por dikes eruptivos y con intercalaciones de calizas poco potentes y muy plegadas. Estas pizarras verdes son las más metamorfozadas y adoptan aspectos muy variados: verdes en filadíos bien fisibles, blanquecinas con separaciones de clorita y hasta con la misma facies que las de Ribadeo; con esto y estar ocultas en grandes trechos por los arenales y playa de esta zona, continúan, sin que se las siga bien, hasta unirse á las pizarras del estrato cristalino en Foz. Ya dijimos que sus rumbos eran E. O. buzamiento al N., luego N. O. buzamiento S. O., y desde Foz buzamiento hacia el E.

En todo el recorrido se encuentran asomos eruptivos, unos interestratificados entre los lechos sedimentarios, y otros cortándolos; entre los primeros están uno en Figueras y otro cerca del faro de Ribadeo; á la segunda clase pertenecen las dioritas de Punta Corbeira y los dikes de pórfido cuarcífero á lo largo de toda la zona de las playas hasta Foz.

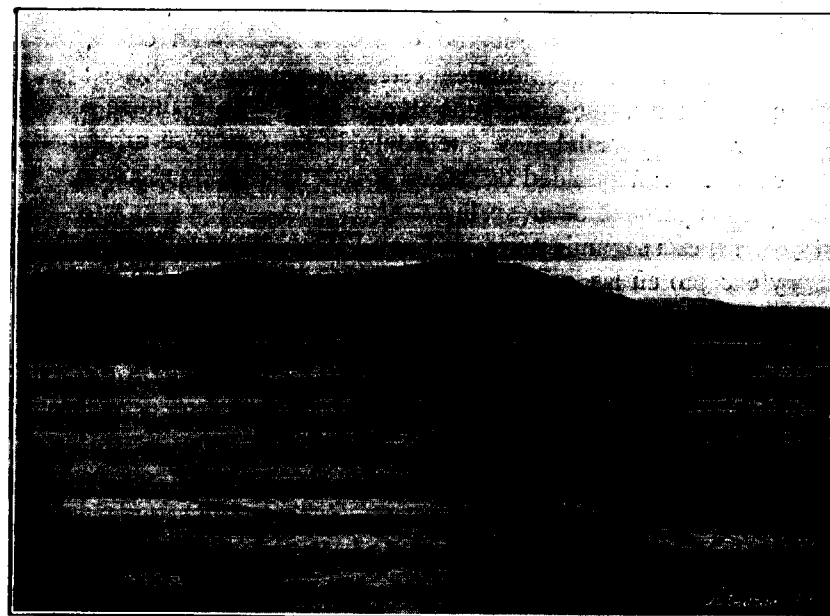
A la vista no se aprecia discordancia alguna en los estratos.

**Arenisca de la llanura.**—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 á tres metros.

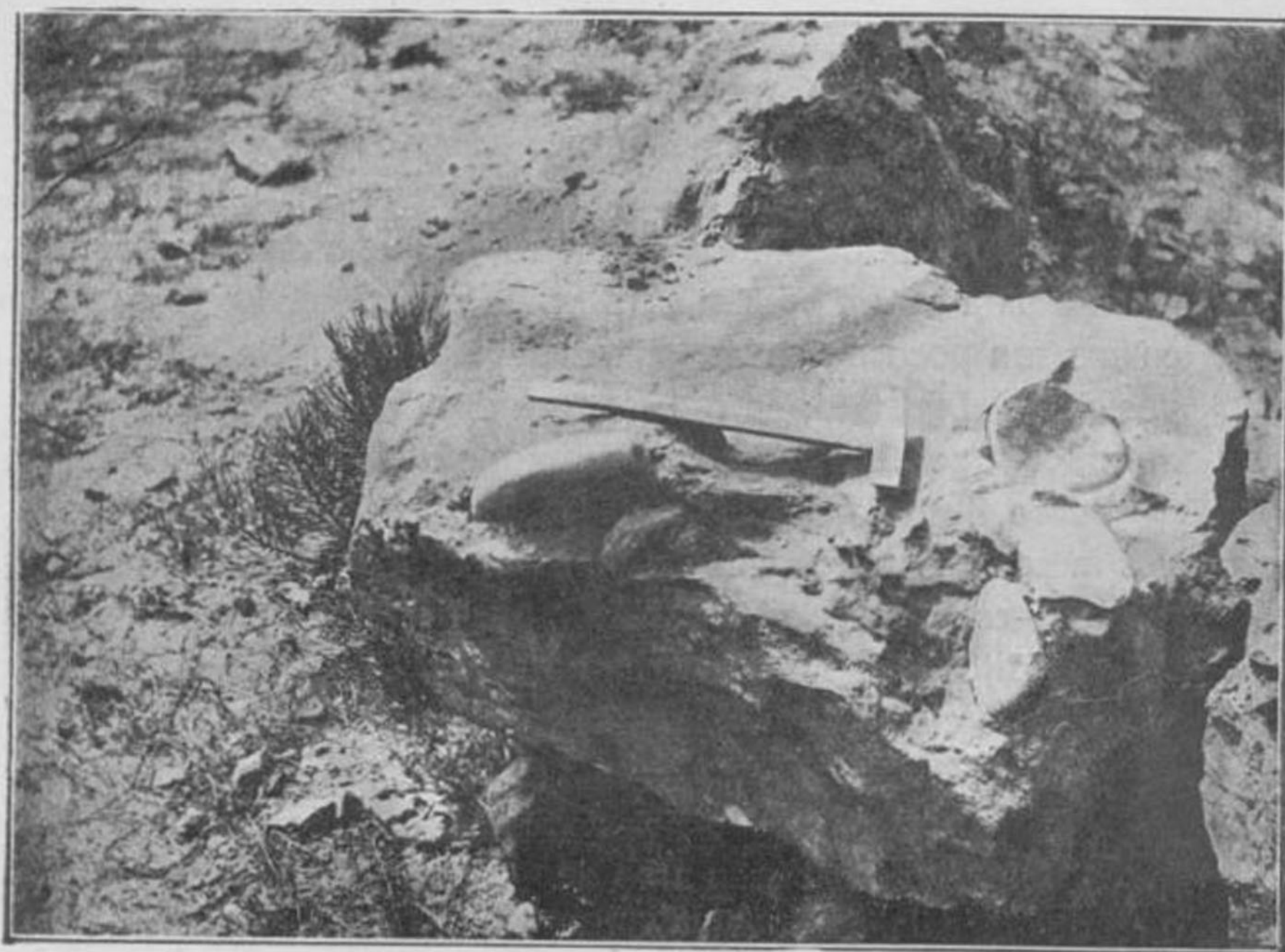
En los cortes de más altura, como son algunas trincheras de carreteras (cercanías de Tol, Reinante, Cangas), se puede apreciar que debieron ser tres las tongadas de detritus. La inferior, que falta en muchos testigos, es como una arenisca blanca poco coherente y con bastante mica; en algunos casos se 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, varían mucho de volumen, aunque por



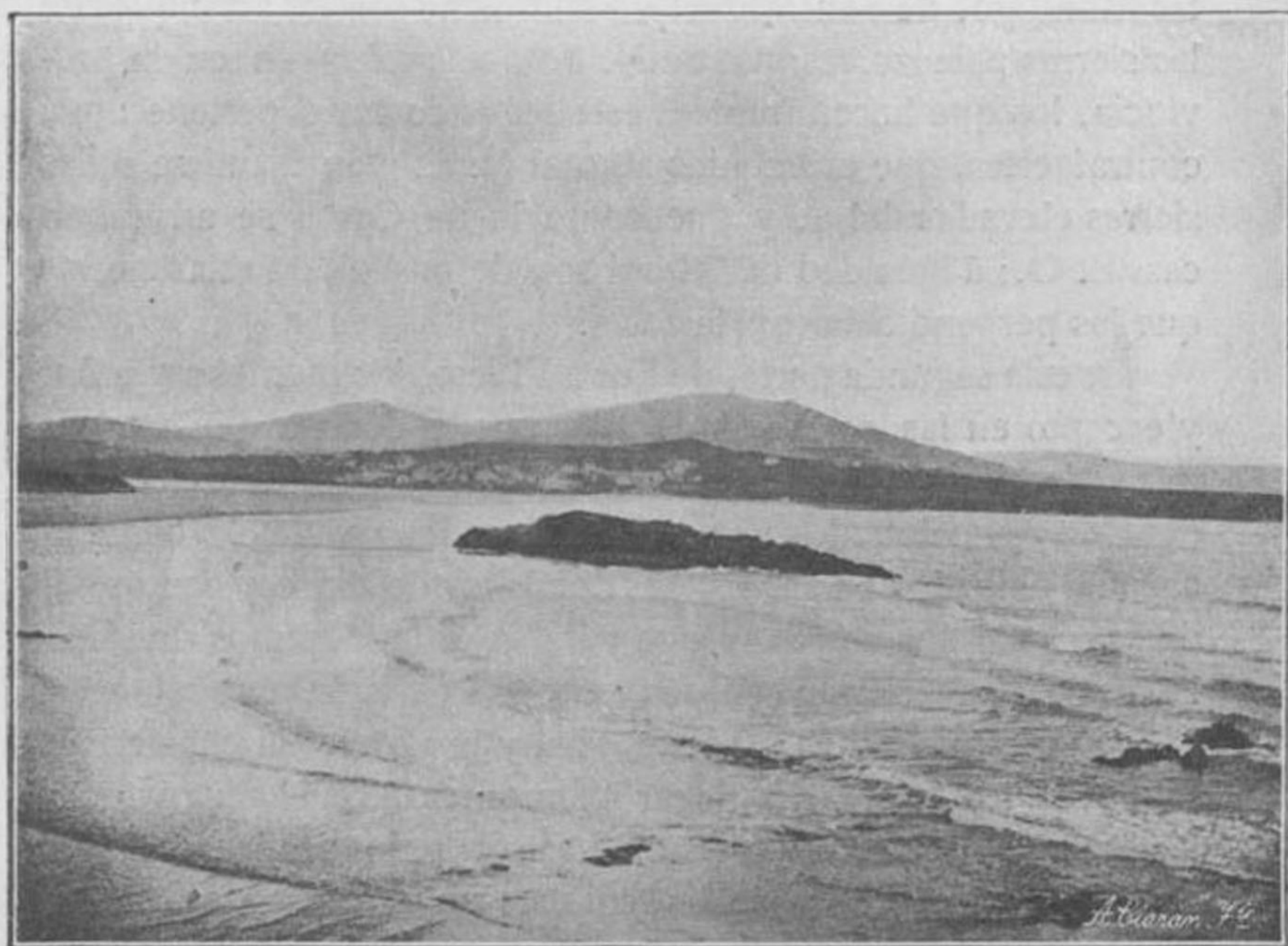
Castropol.—Pudinga terciaria



Ría de Foz y explanada de Marzan



Castropol.—Pudinga terciaria



Ría de Foz y explanada de Marzan

lo general no muy pequeños, son de cuarcitas análogas á 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 á los de la descomposición del granito; en toda la roca domina el color de los hidróxidos, que llegan á ser muy abundantes.

Sobre ella va frecuentemente una tongada de cantos rodados mezclados con arcilla—algunos de ellos no son muy redondeados—están mezclados los de muy diferente volumen y en sus depósitos no guardan mucho arreglo horizontal; entre ellos hay alguno claramente glaciario como los de Fazouro.

**Parte segunda, desde Foz á Vivero.**—Toda esta segunda parte pertenece ya al gran arco de granito y terrenos primarios que describe la costa de Galicia. No solamente su planta y composición la distingue de la anterior zona paleozoica, sino también y muy esencialmente su orografía. Así como los montes Mondigo, de San Miguel y San Cosme son los arranques de las sierras paleozoicas que de N. á S. se prolongan en la provincia, los que hacen frente á este segundo trozo pertenecen á contrafuertes, que orientados algo al N. E. van á unirse á las sierras elevadas del S. y que como la de Carba se arrumban casi E. O.; á igualdad de latitud son de más altura estas sierras que las perpendiculares á la costa.

En esta segunda parte, de Foz á Vivero, los montes avanzan y excepto en las cercanías de Foz puede decirse que no hay trazas de la llanura constante en la primera. Los valles cortos rápidos y encajonados van á dar á la orilla, quedando con frecuencia colgados en sus laderas depósitos de arcilla y cantos rodados. Estas dos partes en que para su estudio hemos dividido la costa, forman aun en pequeño una división natural, pues mientras la oriental es planicie igual y uniforme, la occidental abrupta é irregular, deja llegar los montes hasta el agua y todas las lomas de sus abundantes colinas son redondeadas y suavizadas con la facies tan típica de las regiones graníticas y fuertemente denudadas.

Aun cuando para facilitar la descripción conservaremos la

separación en estas dos partes—planicie en pizarras y montes en granito—, hay, sin embargo desde Foz á Nois, un trozo mixto que es el principio de esta segunda parte y que sirve de enlace entre ellas.

En el litoral su aspecto es análogo á la zona de las playas señaladas antes, la frecuencia de las playas es también igual, pero se diferencia en lo que se refiere á la llanura tan uniforme y característica de la primera parte. De Foz á Nois el perfil no es constante, pues próxima al primer pueblo está la explanada de Marzán; sin embargo, en estos casos de excepción, la llanura es estrecha porque los montes se aproximan á la costa. Las rocas de estos acantilados son talcitas, pizarras, filadidos y cuarcitas del estrato cristalino.

De Nois á Vivero está comprendida la zona eruptiva sobre cuyas lomas suaves descansan bloques redondeados de gran tamaño en posiciones y formas muy variadas. Aunque la mayoría de estas colinas están cultivadas ó cubiertas de monte bajo, también se presentan laderas descarnadas con el granito al aire y de superficie ligeramente ondulada recordando á rocas aborregadas. La nota saliente en este macizo de granito son los valles que apareciendo desde cerca de Fazouro, en el estrato cristalino, demuestran que no depende su forma del terreno en que enclavan. Son cortos, rápidos y en algunos se aprecia claramente su perfil en U, típico de los valles heleros.

Los depósitos de cantos, con arcilla y sin arreglo horizontal, son más abundantes, sin llegar más que de vez en cuando á formar cordón; abundan más en las laderas y proximidades de los valles.

Respecto á la línea y cordón litoral determinado por esta costa de granito, al primer golpe de vista sobre un plano se comprende su mayor avance en el Cantábrico por su mayor dureza, y como en el término medio de ésta es mayor y más uniforme que el de la parte de rocas sedimentaria considerado hasta aquí, de ello se desprende la menor cantidad y variación de las entradas y recortes de la costa.

La forma más frecuente de éstos es la de senos limitados por puntas redondeadas y en su fondo banquetas inclinadas de cuarzós, alguna pizarra, y trozos de granito rodados.

Las playas más importantes de esta zona son las de Area,

San Ciprián, Area Aurea y Area Longa, en Nois; todas ellas largas, estrechas, muy inclinadas y de arenas cuarzosas. Las puntas principales son: Monte Faro, á la salida de Vivero; Roncadoiro, Cabo Morás, San Ciprián, que es un islote de granito que soporta el faro de su nombre enlazado á tierra por una lengua de arena, y el cabo Burela.

Los acantilados no son casi nunca tan escarpados como en la primera parte; considerados en un punto que no tenga banqueta, se ve que la forman de la misma roca próximamente al nivel de las mareas vivas, y luego con inclinación suave y constantes formas redondeadas en los bloques de granito, sube á enlazarse con la ladera del monte ya cubierta de vegetación. En todo el cordón litoral hay muchas acumulaciones de bolas graníticas de diversos tamaños.

El granito podrá influir sobre los estratos silurianos, pero no los corta.

## SEGUNDA PARTE

---

### **Movimientos orogénicos que han producido la actual presentación de los estratos y masa granítica.**

En la descripción anterior hemos visto respecto del terreno paleozoico:

1.º Que los estratos de los escarpes son los mismos que forman los montes y con ellos continúan en las sierras que se dirigen al S.

2.º Que están levantados primero N. E., en el centro casi E. O. y en San Cosme y Foz N. O., siendo sus buzamientos al O., N. y E.; los del monte se comportan de la misma manera, excepto los de la parte central, que buzan al S.

3.º Que sin discordancia aparente sobre el potente tramo de pizarras y cuarcitas de la villa de Ribadeo, se colocan las cuarcitas y pizarras fosilíferas del ordovicense; más adelante las pizarras verdes de San Miguel con calizas cristalinas, capas del estrato cristalino y llegamos por fin, en nuestra marcha hacia el O., al gneis y granito.

4.º Que la llanura que se tiende desde el pie de los montes hasta los acantilados verticales y uniformes de la costa está asentada sobre estos estratos derrubidos y nivelados.

La consideración de estos apartados nos hace comprender que el estado actual de la costa tiene una historia de varios capítulos, de los cuales es el primero el levantamiento de los estratos antiguos, movimiento que fué fijado como herciniano por los eminentes geólogos Mac-Pherson y Barrois. Desde luego los grandes espesores de estratos con elementos detríticos y las



tongadas de rocas eruptivas interestratificadas, apoyan la idea de un fondo poco profundo y movable por hundimiento, condiciones de un geo sinclinal.

El Sr. Barrois ha estudiado en el occidente de Asturias la disposición relativa del cambriano y siluriano. Con rumbo N. NE. forma el cambriano amplios sinclinales, en el interior de los cuales, y en concordancia con ellos, se alojan otros silurianos. Los corchetes de los anticlinales hacia la costa están denudados, pero no ocurre lo mismo hacia el interior de estas provincias, donde hemos podido comprobar algunos anticlinales del siluriano inferior perfectamente marcados. Es natural que los sinclinales silurianos sean los que ocupen las elevaciones, porque las capas dispuestas en anticlinal presentan sus bordes á la denudación que termina por labrar en ellos los valles, mientras que los sinclinales están defendidos por la forma arqueada y oculta de sus capas.

El buzamiento de los ejes de estos pliegues es N. NE. ó S. SO. pareciéndonos más general el primero, sin que sea fácil apreciar las frecuentes variaciones que forzosamente ha de tener.

No hemos podido encontrar fósiles en el recorrido del litoral, pero sí, según hemos dicho, en los estratos del monte Mondigo; entra allí el siluriano con potentes cuarcitas de crucianas (*Cr. furcifera*) y descansa sobre ella un tramo de pizarras tegulares con *calymene*, *trinucleus*, *ogygia*, *conularia anómala*, etc.

Saliéndonos necesariamente del ligero cuadro de descripción para completar argumentos de nuestro razonamiento, hemos de señalar dos puntos de interés: es uno la caliza del cambriano medio que por Penarronda entra en el mar. Esta caliza, no señalada por M. Barrois en su corte por el N. de Asturias y Galicia, es la misma que la de Vega de Ribadeo, siguiéndola desde este pueblo hasta la playa de Penarronda, gracias á las ensenadas de Vilavedelle y Castropol y á su unión con pintas y núcleos de hierro micaceo que se encuentran no sólo en ella sino en las pizarras que la cubren. En el horizonte de estos estratos es donde Barrois descubrió con gran amplitud la fauna primordial de Barrande. Geológicamente representa la caliza de Penarronda un verdadero punto de apoyo.

En las estribaciones sobre la Vega, y á poca distancia al E., vuelven á destacarse las crestas con cuarcitas; el Sr. Barrois marca como la primera ordovicense la de la Atalaya de Porcia, á mi entender por la facies del conjunto y llingulas y tígilitas que he recogido, lo son también las anteriores, pero no hago hincapié en este caso por no ser de necesidad ahora la aclaración. Lo esencial es que antes ó en la Atalaya de Porcia vuelve á entrar otro sinclinal siluriano, y éste es el segundo punto de interés á que nos referíamos.

Vemos, pues, que la caliza del cambriano medio queda entre dos asomos silurianos principio de dos sinclinales; uno en Asturias, desde la Atalaya hacia el E., y otro en Galicia, desde el Mondigo al O. Por otra parte, los sinclinales silurianos alojados sin discordancia entre los cambrianos, demuestran que el mar ordovicense se debió extender en Asturias y Galicia sin solución de continuidad, siendo consecuencia de derrubios prolongadísimos la aparición de las fajas cambrianas que los separan. Esto se confirma con los anticlinales de la cuarcita en el interior de Lugo.

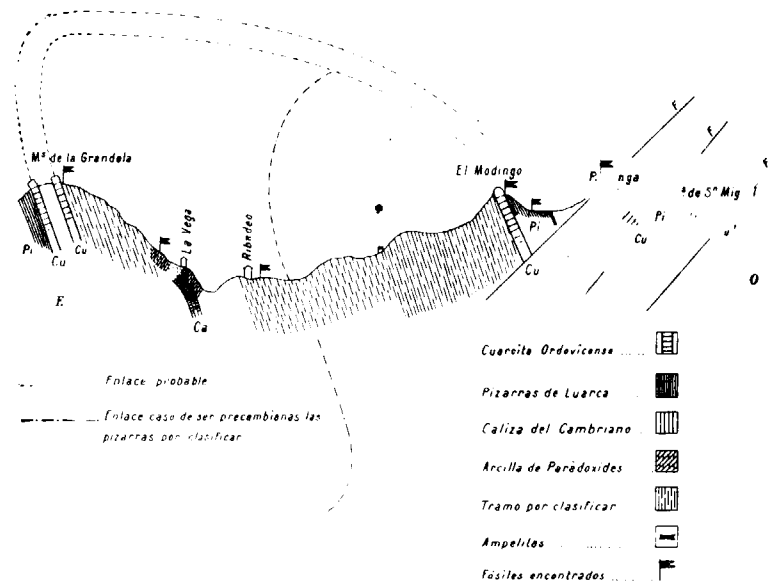
Si desde las primeras cuarcitas de crucianas del Mondigo vamos hacia el O., y este corte puede hacerse bien por la carretera provincial de Remourelle y Cabarcos, atravesaremos después de las pizarras de Luarca un lecho de ampelitas gráficas, pizarras azules, otra segunda serie de cuarcitas de *scolithus* y crucianas y llegamos al valle de Lorenzana, con pizarras verdes y calizas que sin duda pertenecen á los pisos acadiense y postdaniense; más al O., capas del estrato, gneis, y por fin, el granito.

Es decir, que partiendo del cambriano medio por el monte, y después de cruzar dos series de cuarcitas de crucianas hemos vuelto á dar en el tramo de calizas y pizarras verdes superpuesto á los terrenos arcaicos.

Las direcciones y buzamientos de los estratos parecen marcar la existencia del mismo sinclinal.

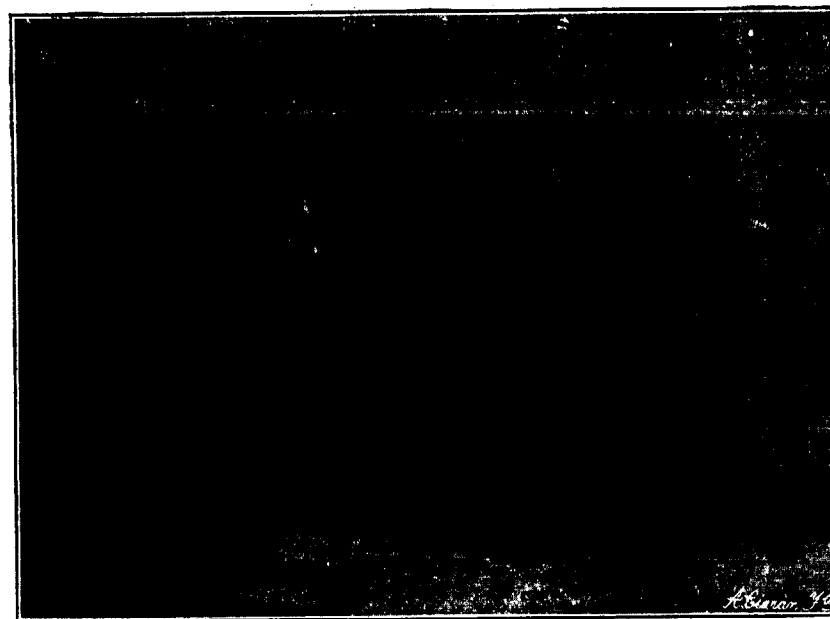
Presentando ahora un esquema de la ría de Ribadeo, se desprende naturalmente que el enlace de las dos ramas silurianas tiene que hacerse sobre la caliza de paróxides, quedando de este modo las pizarras en que descansa Ribadeo en un nivel superior á ella.

Esto representa que las pizarras que el Sr. Barrois marca en esta parte como precambrianas, pasen á ser consideradas como del postdamiense; si el enlace se hiciese tal y como este geólogo lo diseña quedaría el siluriano del Mondigo bajo las pizarras precambrianas.



Hemos subrayado las palabras "las pizarras en que descansa Ribadeo", porque el Sr. Barrois en su corte llama la atención del hermoso desarrollo que las pizarras verdes alcanzan en la ensenada de Castropol y realmente es así la presentación que tienen en rizados sumamente frecuentes y caprichosos unidas á las calizas. De todos modos, y aun tomando éstas por "las clásicas de Ribadeo", no serían inferiores al cambriano medio las que sirven de cimiento á la villa de Ribadeo. (Como aclaración véase la página 52.)

La explicación lógica de su clasificación creemos encontrarla en que debió recorrer la costa por un itinerario próximo al mar, y marchando al O., E.; los estratos de los escarpes están muy enmascarados por intenso metamorfismo y en el trozo en que las capas van E. O. buzan en sentido contrario; las del monte al S. y las del litoral al N. quedando así las cuarcitas silurianas como colgadas encima de la costa.



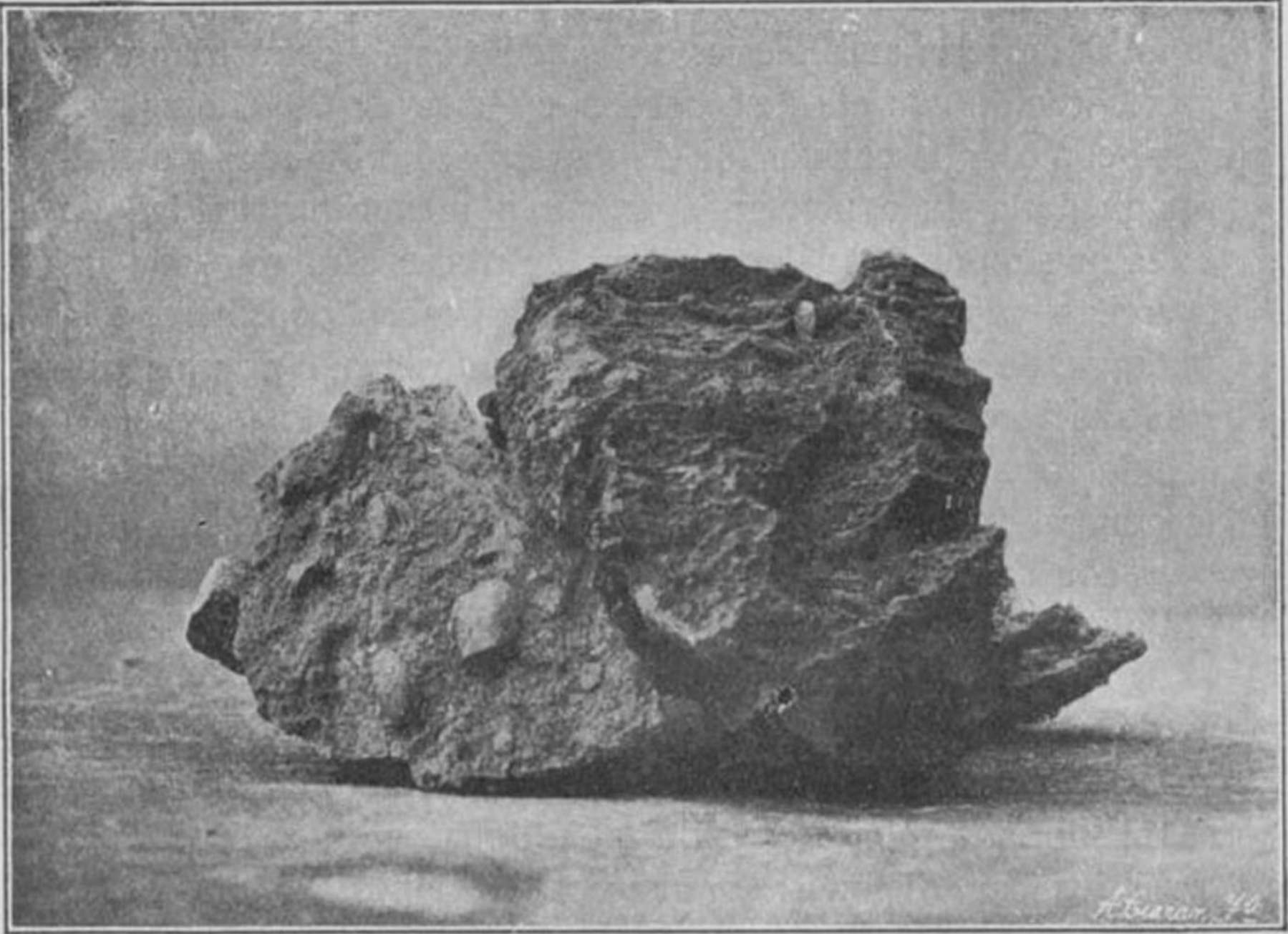
Pudinga siluriana.

Este pliegue, que con tal sencillez se presenta en el N. es fundamental para toda la provincia de Lugo, pues hacia el S. no hace sino desenvolverse en otros varios que, próximamente de N. á S. recorren la mayor dimensión de la provincia; varían la rapidez y forma de los plegados; son distintos los espesores del siluriano desde la base hasta la caliza de crinodes; el cambriano queda más ó menos descubierto, pero en el juego, áajas, de estos dos terrenos se desarrolla su geología.

La analogía que, en líneas generales, se puede establecer entre los antiguos terrenos paleozoicos de esta región y los del macizo Bretón francés es tan acentuada en el siluriano, que en partes se puede formular una identidad apoyando la dirección de los pliegues la idea de unión interior entre ambas comarcas.

Aunque el diastrofismo actual de los tramos primarios provenga casi en absoluto del levantamiento herciniano, hay indicios para afirmar movimientos, siquiera sean lentos ó poco pronunciados, de época anterior.

A no mucha distancia hacia el interior, y entre las capas si-



Pudinga siluriana.

Este pliegue, que con tal sencillez se presenta en el N. es fundamental para toda la provincia de Lugo, pues hacia el S. no hace sino desenvolverse en otros varios que, próximamente de N. á S. recorren la mayor dimensión de la provincia; varían la rapidez y forma de los plegados; son distintos los espesores del siluriano desde la base hasta la caliza de crinodes; el cambriano queda más ó menos descubierto, pero en el juego, á fajas, de estos dos terrenos se desarrolla su geología.

La analogía que, en líneas generales, se puede establecer entre los antiguos terrenos paleozoicos de esta región y los del macizo Bretón francés es tan acentuada en el siluriano, que en partes se puede formular una identidad apoyando la dirección de los pliegues la idea de unión interior entre ambas comarcas.

Aunque el diastrofismo actual de los tramos primarios provenga casi en absoluto del levantamiento herciniano, hay indicios para afirmar movimientos, siquiera sean lentos ó poco pronunciados, de época anterior.

A no mucha distancia hacia el interior, y entre las capas si-

lurianas, se encuentra una pudinga que en banco regular, con la misma dirección que estas capas de la costa y concordante en estratificación con ellas, se recorre en más de 20 kilómetros, y así como en la concepción de mares poco profundos y extensos quedaría sin concretar la mayor ó menor proximidad de costa que representan las pizarras detríticas cambrianas y las cuarcitas ordovicenses, no ocurre lo mismo al considerar esta pudinga, de la cual los guijarros cementados son: ó pizarras azules (que parecen silurianas), ó de cuarcita algo violada; según esto la costa en Galicia existía ya en el siluriano. El buzamiento general de los estratos al O., dice del choque de los pliegues con un obstáculo enorme de esta parte, dato que unido á la dificultad de explicar algunas direcciones bastante distintas en la estratificación atribuibles sólo á una torsión ó á una discordancia, corroboran nuestra idea de movimientos anteriores al herciniano. Estos movimientos parece debieron ser posteriores al siluriano, por la consideración de la pudinga, ó pertenecer á dos fases distintas, sin que nos atrevamos á fijarlos como caledonianos y huronianos y haciendo la salvedad de que consideramos las olas orogénicas no como movimientos únicos, sino como rítmicos, complejos y en diferentes tiempos, sirviendo los nombres clásicos para indicar los ejes de las fases. El Sr. Mac-Pherson, fijándose principalmente en la gran curva que forman los terrenos paleozoicos en Asturias y León al aproximarse al macizo de granito, deduce la probabilidad de movimientos precambrianos.

**Movimiento terciario.**—La faja llana que festonea los pies de los montes y los delgados lechos de arcilla y arenisca ferruginosa descansando sobre ella en completa discordancia con los estratos paleozoicos, evidencian un movimiento posterior. Sin haber encontrado fósiles se deduce que fué terciario por la clase de los sedimentos y porque la actual configuración es la misma que tuvo durante su formación. Bastaría imaginar que el mar se elevase unos 80 metros sobre el nivel que hoy tiene, para que se restableciese el aspecto de la última invasión.

Que fué marino el régimen que practicó y enrasó la llanura depositando los sedimentos, se desprende no solamente de la observación anterior, sino de considerar que sólo el mar tiene

fuerza y condiciones para formar una planicie de tal extensión y horizontalidad. En los cantos cuarcitosos redondos de la pudinga, y en las dos superficies mamelonadas que limitan esta tongada, se comprueba la existencia de aguas batientes y poco profundas.

Ya 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 á explicar—son sus palabras—la causa geológica de la faja llana que corre á lo largo de la costa.

Recordaremos que la arenisca ferruginosa es la misma pudinga, y aun se llega á convertir, según los sitios de depósito, en una arenisca de grano bastante fino.

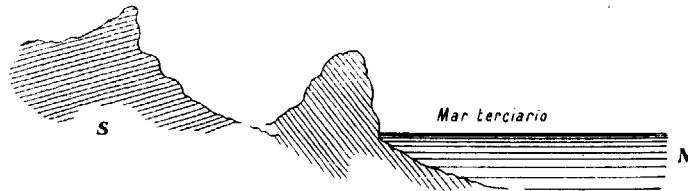
La vegetación y el derrubio en la explanada dejan pocas manchas al descubierto, pero en los casos que hemos podido comprobar la distinta posición de estas variedades de arenisca, hemos visto que la pudinga con sus cantos gruesos tiende á formar un cordón que, en la anchura de la faja llana, estará al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

Recordando también el buzamiento contrario que en el monte y acantilado tienen los estratos de la parte central podemos presentar las fases de los movimientos terciarios.

Antes hemos de hacer una advertencia: no habiendo encontrado todavía fósiles, no podemos fijar las edades de las capas y de los movimientos de este sistema. Por otra parte, intentar determinarla por conjeturas y comparación de sus sedimentos con los estudiados en otras comarcas, sería fatigoso por la diversidad de clasificaciones en los pisos altos de esta época y redundaría en perjuicio de la unidad de esta nota; así pues, preferi-

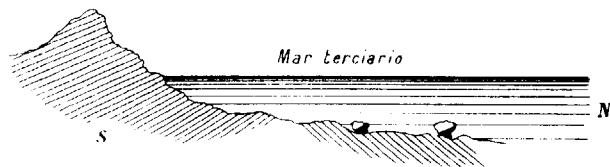
mos exponer sencillamente nuestras observaciones y dejar la labor indicada para la parte analítica.

#### Fase primera.—Desgajes.



El diferente buzamiento indica un pliegue de E. O. ó un desgaje á lo largo de la misma dirección, caso particular de los que afectaron á todo el N.; siempre un movimiento. A la distancia á que aquí nos encontramos debieron llegar relativamente atenuadas las ondas de los levantamientos pirenaicos y por esa razón quizá se deben atribuir estas primeras roturas ó pliegues al movimiento más general y enérgico, á los del final del Eoceno, abogando en nuestro favor la continuidad de señales de levantamiento paralelamente y á lo largo de la dirección pirenaica, señaladas por el Sr. Hernández Pacheco (1).

#### Fase segunda.—Hundimiento.



La denudación y nivelación completa de la costa, hasta convertir en llanura lo que antes fué línea de obstáculos procedentes de roturas, desgajes y pliegues, exige que éstos hayan sido batidos mucho tiempo y fuertemente por el mar; y si en alguna de las roturas de la antigua costa logró el mar entrada, rodeando los desprendimientos y colocándolos en un medio mucho más activo de destrucción, no hay por qué suponer que en más

(1) *Ensayo de síntesis geológica del N. de la Península Ibérica*, por E. Hernández Pacheco.

de cien kilómetros ocurriese lo mismo, y á causa más general hay que atribuir el barrido é igualación de los dislocados estratos paleozoicos.

El nuevo movimiento fué de hundimiento, y á él hay que referir el enorme trabajo de erosión que supone la faja llana. Esto nos hace suponer que la duración de la inmersión y el nivel alcanzado por las aguas fueron grandes con relación á los episodios que le siguen.

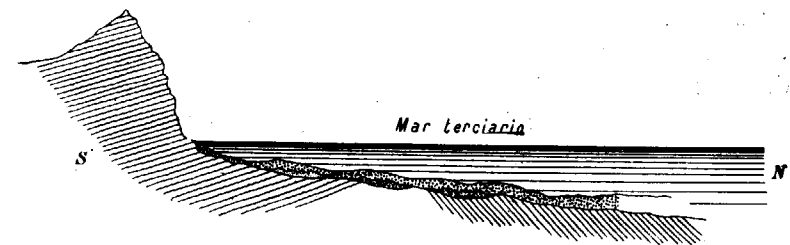
#### Fase tercera.—Emergencia.



La superficie inferior y amigdaloides de la arenisca indica que esta roca se depositó cuando la llanura estaba erosionada por 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 desmantelamientos que más adelante se acusarían por los mayores espesores que en profundidad alcanzase la arenisca ferruginosa.

#### Fase cuarta.—Hundimiento.



Corresponde á una nueva inmersión en que se depositaron las arenas ferruginosas y cantos rodados.

Barrois, ante los estudios de Vasseur en Francia, equipara este episodio al de faluns en la costa de Aquitania.

El aspecto de nuestro sedimento es bastante parecido al descrito para las arenas de la derecha del Loira. Esta fase parece pues, del Burdigalense.

El fondo del mar presentaría un talud suave y continuo y las olas irían á romper en los acantilados situados al pie de los montes; los arenales debieron de ser extensos y el cordón de pudingas podría ser vestigio de un cordón litoral en alguno de los momentos de la invasión.

#### Fase quinta.—Emergencia.



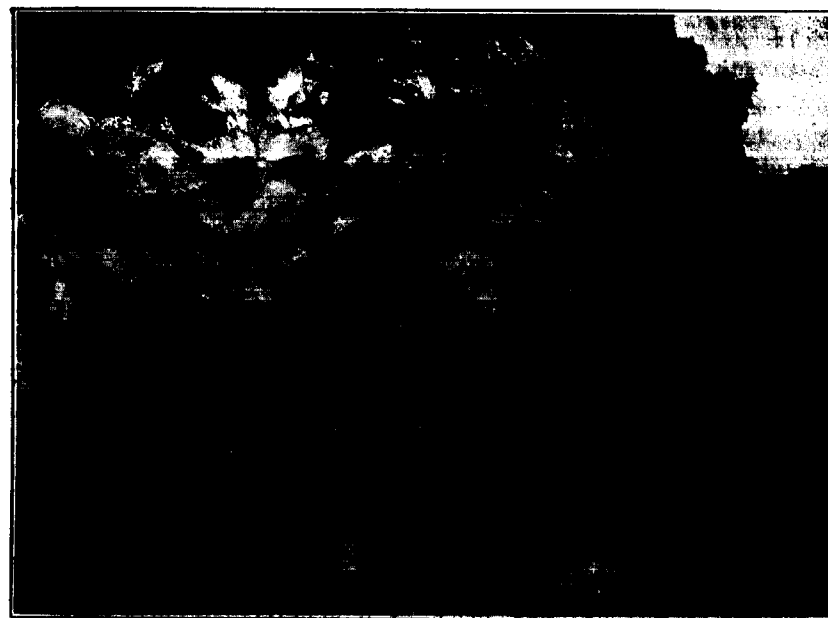
El escalón uniforme y constante de los acantilados entre el fondo de la arenisca y el actual pone en manifiesto una elevación en masa de la zona que consideramos.

Esta emergencia final pudo tener relación con el movimiento basculatorio demostrado por el Sr. Mac-Pherson hacia el chaflán N. O. de Galicia y que dió lugar al hundimiento de los valles de esa parte. A ella deben aún atribuirse las circunstancias favorables al desarrollo de los heleros y el rejuvenecimiento que tienen las aguas de nuestro trozo granítico.

Como carácter general á todas las oscilaciones anteriores se les puede asignar el haber sido pequeñas, en masa y lentas, 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, parece que fué corta.

Esos movimientos de la fase alpina tuvieron forzosamente que alterar en algo la colocación de los antiguos estratos, y, en consecuencia, su presente colocación debe ser mirada como la resultante de todos los diastrófismos que han sufrido.

El papel de la masa granítica debió ser completamente pasivo, según se aprecia en los estratos, corroídos y con el mismo buzamiento en ambos lados y encima de algún batolito, como



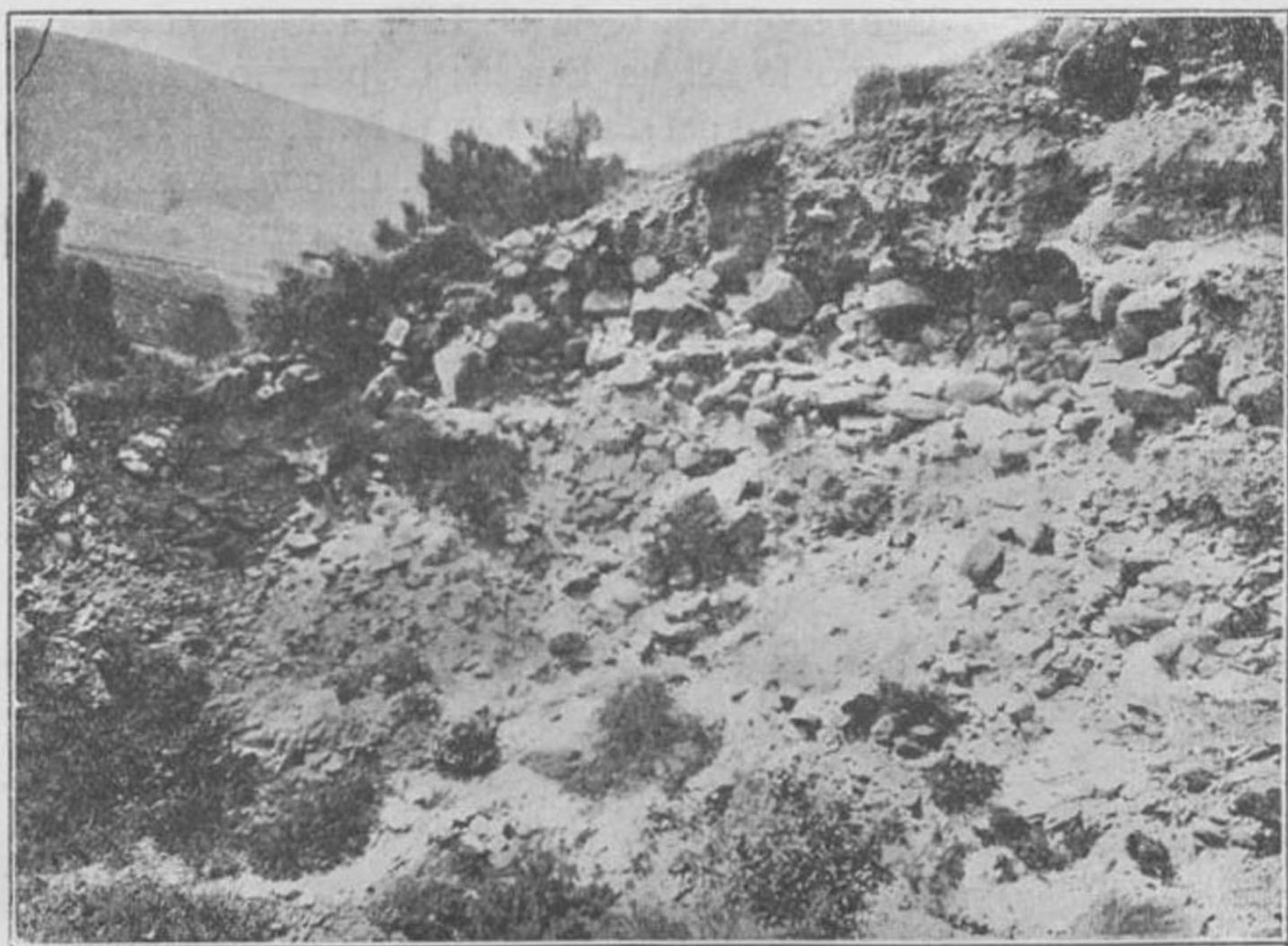
Fazouro.—Restos de canchales.



De Burela á Cangas.—Restos morénicos en la ladera del valle.



Fazouro.—Restos de canchales.



De Burela á Cangas.—Restos morénicos en la ladera del valle.

ocurre en Muras, limitándose á rellenar los elevados anticlinales antiguos.

Las frecuentes salidas de dioritas en los escarpes paleozoicos pudieran atestiguar la proximidad del granito inferior, pues sabemos que aquella roca es en muchos casos consecuencia de un fenómeno de endomorfismo por el enriquecimiento en cal de los feldespatos potásicos y según nuestro corte los dikes de diorita deben atravesar la caliza cambriana.

Al analizar el Sr. Mac-Pherson la disposición en arco S. O.-N. E. que tienen los estratos en el Noroeste de la Península, sacó en consecuencia que debía provenir del choque de las ondas hercinianas contra el gran macizo rígido de granito, idea que desde luego concuerda con la constancia de los buzamientos al O.

Ya anteriormente Barrois (1) había señalado este empuje del O., al final del cual quedaron los estratos paleozoicos dispuestos en medias lunas encajadas, teniendo como eje de estas elipses la actual dirección de los Pirineos; en este caso y por el sentido de los buzamientos, la parte abrupta y el hundimiento en el mar ó lago, según la regla de Lapparent, quedaría al E. y no al O. como le asigna Barrois; lo primero parece convenir con la facies batial del siluriano en el N. E. de la Península y posición de los terrenos mesozoicos. La continuación de estos puntos de vista nos llevarían fuera de nuestro objeto.

La gran extensión del macizo de granito indica un enorme derrumbio de las capas antiguas que lo cubrían, y como consecuencia práctica para nuestro estudio, la mayor altura de estos montes en épocas anteriores.

(1) Schulz es el primero que expuso esta disposición.

## TERCERA PARTE

### Causa de la denudación de la costa.

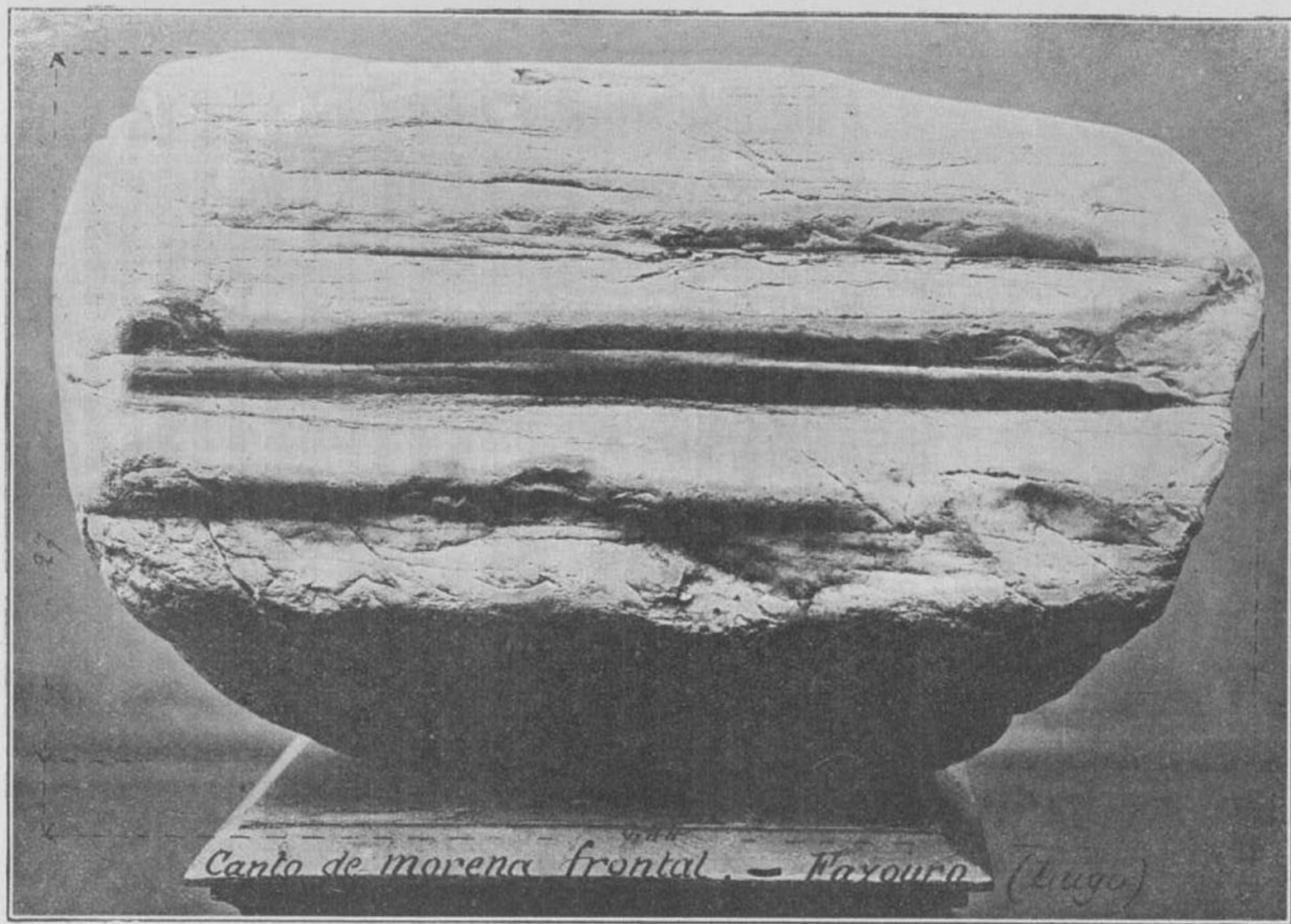
Al citar los elementos destructores que han originado la configuración actual de la costa, deberíamos nombrar en primer lugar las invasiones de los mares terciarios, ya indicadas en la división anterior por tener relación con las bases orogénicas; los fenómenos posteriores de destrucción son:

- 1.º Heleros-Pleistoceno.
- 2.º Aguas marinas actuales.
- 3.º Meteorismo.

**Heleros.**—Schulz señala en Asturias 46 manchones diluviales, pero entre ellos incluye alguno que debe ser terciario por la descripción de pudinga ferruginosa que hace, y es que ocurre realmente alguna dificultad entre la distinción de las manchas aluviales y terciarias, sobre todo cuando las primeras tienen guijarros no muy grandes y algo de arena y los segundos se han ido desagregando por meteorismo. Al clasificar estas aglomeraciones (1) Schulz duda entre el origen diluvial y el terciario; Barrois distingue bien los terciarios, y su vacilación se refiere á si esas acumulaciones pertenecen al diluvio ó son aportes actuales. Para este geólogo es evidente la existencia de heleros; pero llega á ella por razonamiento de que, respecto de este punto, deben presentarse en estos montes y en los Pirineos los mismos fenómenos.

(1) No tenemos en cuenta la tierra vegetal que con detritus y cantos rodados forma una capa de tipo aluvial ó actual; estos depósitos son fácilmente discernibles.





Fazouro.—Canto estriado, largo de las estrías 0,44 ms.



No habiendo encontrado cantos estriados, é impresionado por la violencia de los agentes atmosféricos, termina por atribuir origen actual á los cantizales y creer que todas las formaciones no sólo pleistocenas sino terciarias, han sido arrastradas al mar por los torrentes. Sin embargo, en otras partes de su obra habla de la roca terciaria *in situ*.

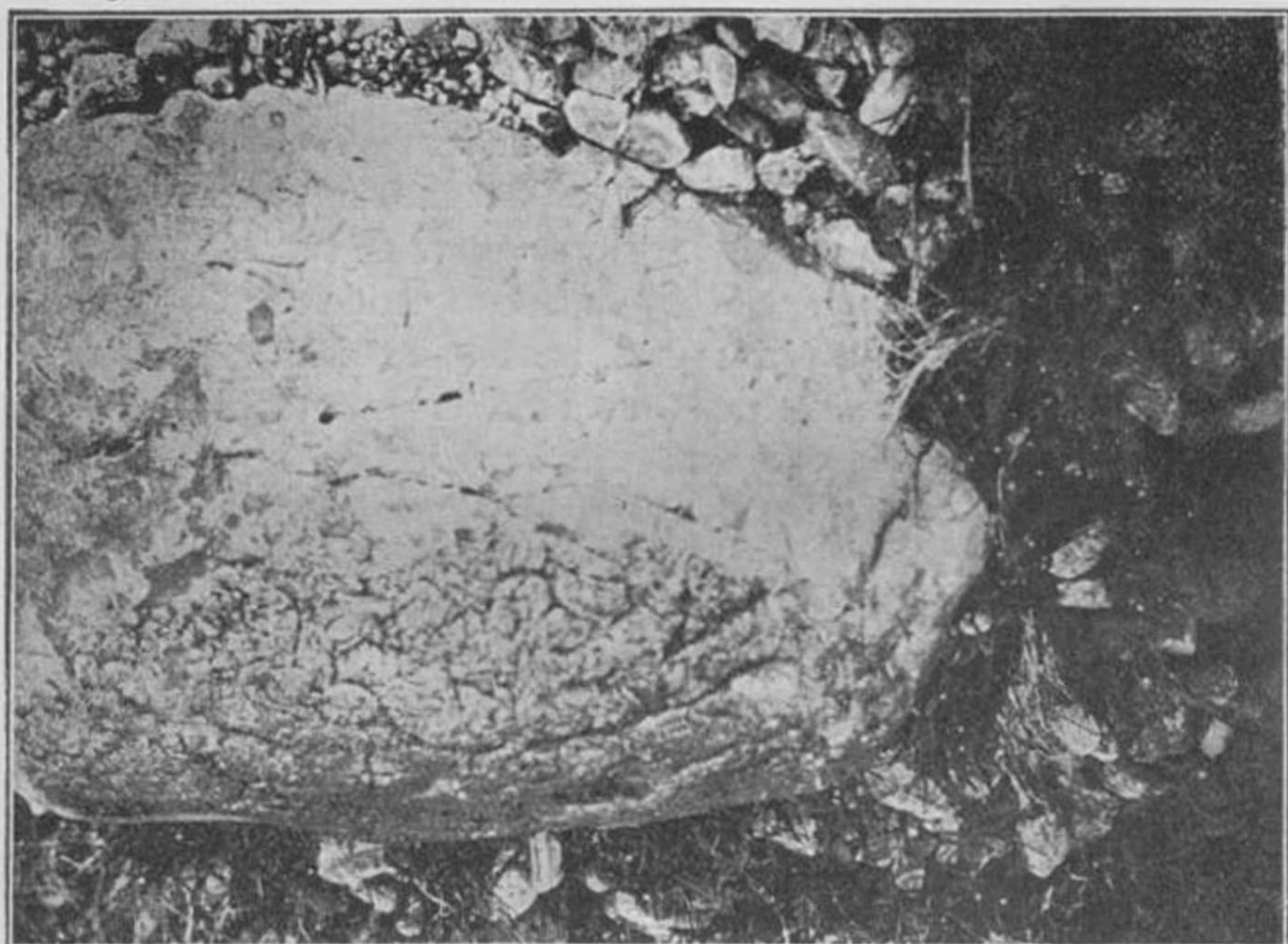
El desarrollo de los fenómenos glaciares á la terminación de la época terciaria se debió presentar en esta costa con bastante intensidad y muy generalizado.

La zona clásica de los heleros comprende desde las cercanías de Fazouro hasta Vivero, y es natural que así sea, pues como hemos dicho anteriormente, la altura de sus montes, que llegan hasta el litoral, es la mayor del recorrido y debió serlo mucho más en épocas anteriores. Las manifestaciones glaciares son abundantes en la parte abrupta del terreno granítico. Todo el trozo es montañoso con más altura media que la anterior, y las aguas corren rápidamente hacia la costa sin dirección fija por valles, estrechos y encajados, de frecuentes curvas; las estribaciones se presentan redondeadas, y aun los montes altos de las lejanías tienen perfil cónico y líneas más bien suaves. El aspecto típico lo dan estas frecuentes colinas coronadas de bolas y los numerosos y laberínticos arroyos que saltan entre ellas.

Testimonios de antiguos heleros son las numerosas aglomeraciones de arcilla y canto de muy diferente volumen mezclados entre sí sin arreglo ni clasificación mecánica, conservan sus formas primitivas aunque con las aristas embotadas. La identidad de estos depósitos de guijarros la hemos podido establecer por las estrías bien marcadas de algunos de ellos. Atribuimos también á origen glacial las señales semilunares profundas que tienen muchos cantos de cuarzo y cuarcita en el diluvium de los asomos graníticos, opinando que esas señales se han podido producir al girar los cantos en las curvas del helero, sobre la porción de puntas de cuarzo que podría presentar un trozo del granito del fondo.

Estas acumulaciones están en casi toda la línea de la costa si bien su desarrollo es menor en la parte llana, se hacen mucho más frecuentes hacia el macizo estrato cristalino y granítico, y los sitios más característicos están en las proximidades de los pueblos Fazouro, Nois y Leiro.

En algunos puntos, sobre todo cerca de los acantilados, se apoyan en los lechos de arenisca ferruginosa. En realidad, son restos morénicos ó de canchales, sin negar que alguno, como varias de las lleras, provenga de arrastres producidos por los arroyos en el extremo del helero á la fusión del hielo terminal; tales depósitos, que los franceses llaman *Cailloutis Glaciares* y

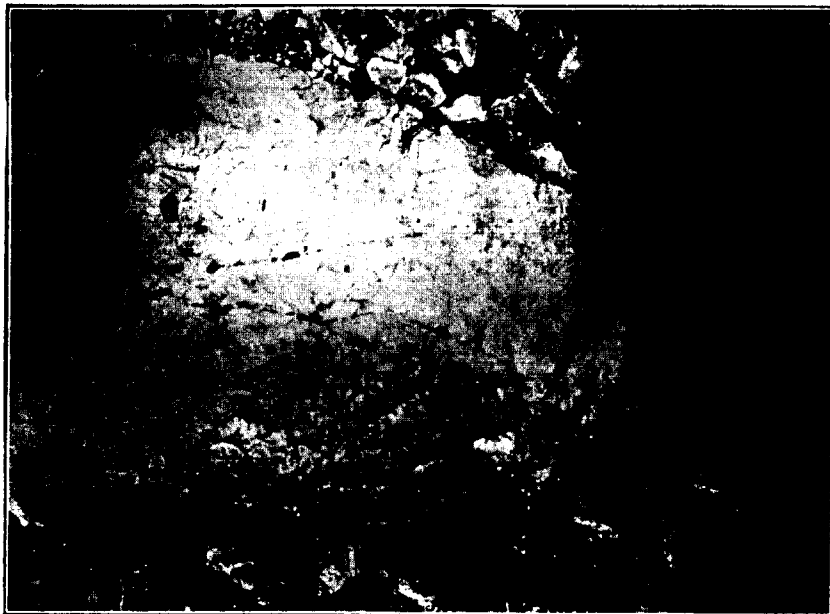


Vilavededelle.—Señales semilunares en canto de cuarcita que suponemos origen glaciario.

que nosotros, siguiendo al Sr. Adán de Yarza, denominamos cantizales fluvio glaciares, se distinguen de los anteriores porque carecen de la arcilla gris y fina que enlaza á los cantos y, en cambio, tienen detritus solos ó hundidos en una masa de arcilla amarillenta rojiza.

Aparte de los manchones depositados en forma de cordón á lo largo de la costa, es muy frecuente la colocación de estos restos de canchales sobre las laderas de los valles excavados antes por heleros y en las que quedan como colgados; buen ejemplo en los valles próximos á Leiro al borde de la costa.

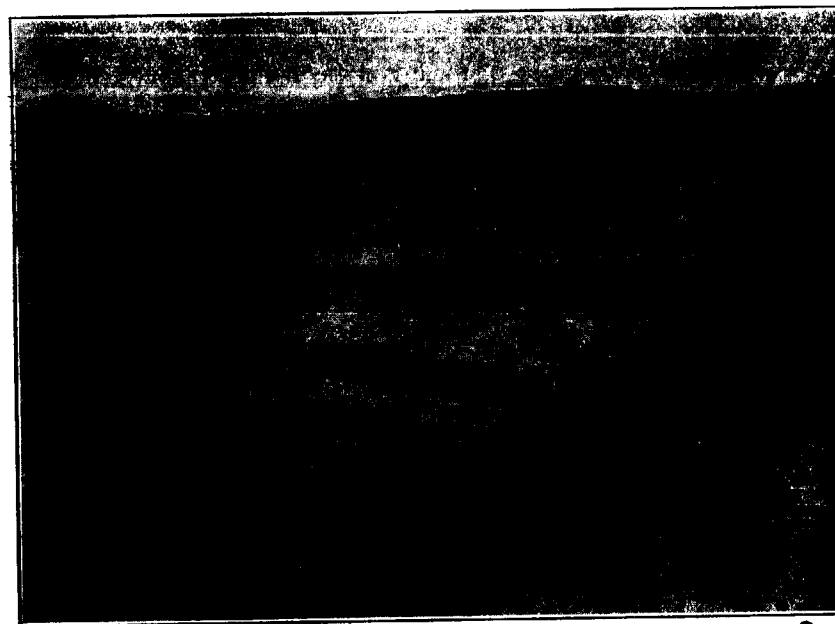
En algunos puntos, sobre todo cerca de los acantilados, se apoyan en los lechos de arenisca ferruginosa. En realidad, son restos morénicos ó de canchales, sin negar que alguno, como varias de las lleras, provenga de arrastres producidos por los arroyos en el extremo del helero á la fusión del hielo terminal; tales depósitos, que los franceses llaman Cailloutis Glaciares y



Vilavededelle.—Señales semilunares en canto de cuarcita que suponemos origen glaciár.

que nosotros, siguiendo al Sr. Adán de Yarza, denominamos cantizales fluvio glaciares, se distinguen de los anteriores porque carecen de la arcilla gris y fina que enlaza á los cantos y, en cambio, tienen detritus solos ó hundidos en una masa de arcilla amarillenta rojiza.

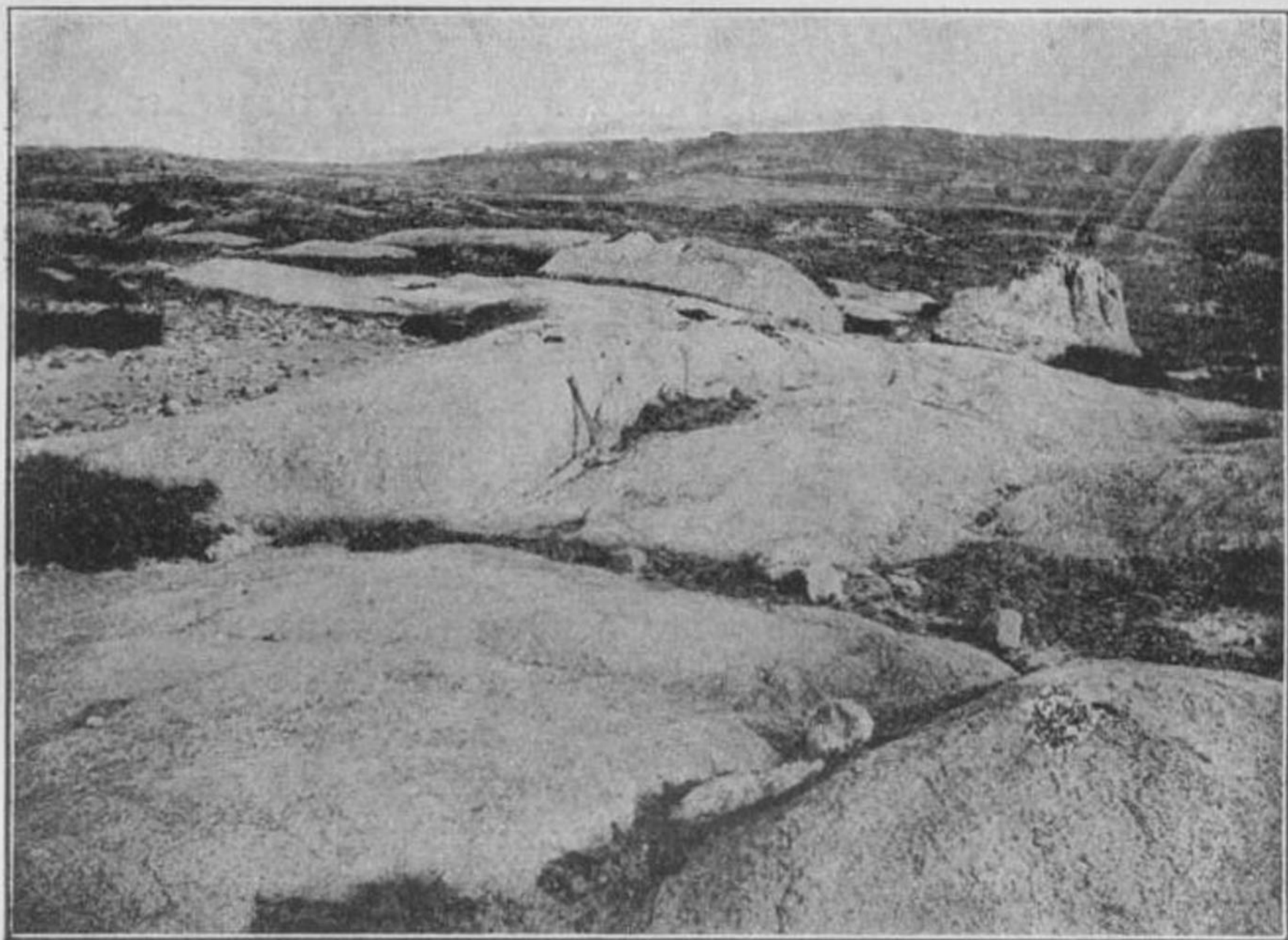
Aparte de los manchones depositados en forma de cordón á lo largo de la costa, es muy frecuente la colocación de estos restos de canchales sobre las laderas de los valles excavados antes por heleros y en las que quedan como colgados; buen ejemplo en los valles próximos á Leiro al borde de la costa.



Lago.—Superficies onduladas.—Origen glaciár.



Cereanías de Vivero.—Fondo de un valle de helero.



Lago.—Superficies onduladas.—Origen glacial.



Cercanías de Vivero.—Fondo de un valle de helero.

Los depósitos de la planicie son pequeños, dispuestos en tongada horizontal, y la mayoría tan poco caracterizados, que sólo por conocimiento de los de la zona clásica se les puede asignar esta clasificación.

En la orilla del macizo granítico hay grandes acumulaciones de cantos redondeados, algunos hasta de bastantes toneladas, que dispuestos en cinta casi continua bordean los acantilados, sobre todo cerca de Leiro y San Ciprián; esto induce á creer sean restos morénicos aunque no tengan interpuesta la arcilla de fondo y sean redondeados, pues no hay que olvidar lo fácilmente que se descompone y desagrega el granito. En esa especie de cordón hemos visto algún canto de cuarcita con estrias bien marcadas.

Los cantos de los canchales son casi todos de cuarcitas paleozoicas y la mayoría parecen silurianas, sin que se pueda concretar nada, y á las que hay que admitir á veces un recorrido largo; en San Ciprián el terreno sedimentario más próximo está á más de 20 kilómetros.

Antes de terminar las formas y colocaciones diferentes de estos manchones hemos de señalar, como muy importante, que algunos depósitos de Burela á Cangas tienen una división horizontal bien marcada de arena y arcilla blanca ó ferruginosa que en ocasiones se reduce á una lámina. Los depósitos inferiores á ella son mayores que los superiores. No solamente las manchas diluviales marcan la acción glaciár, sino que además, aunque pocas, hay algunas rocas como aborregadas y valles glaciares característicos.

Rocas de fondo con ondulaciones suaves se ven cerca de Vivero, en Juances y cerca de San Ciprián y Lago; siempre en el terreno granítico.

Como tipo de valle glaciár se puede citar, entre otros, uno comprendido entre Cangas y Nois; tendrá unos 1.000 metros de recorrido desde la orilla del mar hasta llegar á ganar 200 metros de cota en su principio, además de rápido, está hundido y como colgado; sus laderas abruptas sostienen restos de canchales y su perfil tiende á ser en forma de U. Por estos antiguos valles y glaciares y hoy barrancos corre el agua muy desigualmente, hundida en el cauce que se va profundizando entre los restos morénicos y cantizales.

Con no ser escasos ni poco variados los testimonios de la acción glaciár, no se puede juzgar completamente de ellos para deducir de la intensidad con que actuó, pues teniendo presente la proximidad del mar á todo el frente N. de la cadena de montes y energía de los agentes atmosféricos, se comprende fácilmente que la mayor parte de los detritus habrán ido á parar al Cantábrico empujados primero por los hielos que hasta él entraron y completada la obra por los barridos torrenciales. Por eso, aun teniendo soluciones de continuidad el cordón de restos morénicos, nos inclinamos á considerarlo como verdadero *drift* de la vertiente septentrional de esta parte de la cordillera. Según nuestra idea, un manto de hielo cubrió esta región de un modo semejante á como hoy lo hace en Groenlandia, y como prolongaciones en cinta hacia el S. se encajonarían en los valles los heleros propiamente dichos. Este estado de cosas sería el del primer período; su enérgica erosión, en cierto modo uniforme, debió influir en las líneas suaves de la topografía actual.

La lámina horizontal intermedia en los depósitos de Cangas marca una interrupción, y al reanudarse la acción, con menos intensidad, es cuando imaginamos que se habrán labrado más decididamente los valles característicos por la multitud de heleros en cinta y colgados que substituirían al manto anterior.

Que los hielos bajaron hasta tocar el mar lo enseñan las partes de *drift* y canchales batidos aún por las olas. Sin recurrir á la caída de los grandes hielos en el golfo de Masma para explicar la forma corrida, acantilada y uniforme de los escarpes en el litoral, se comprende pudieron ayudar á iniciar el escalón que ahora ofrecen.

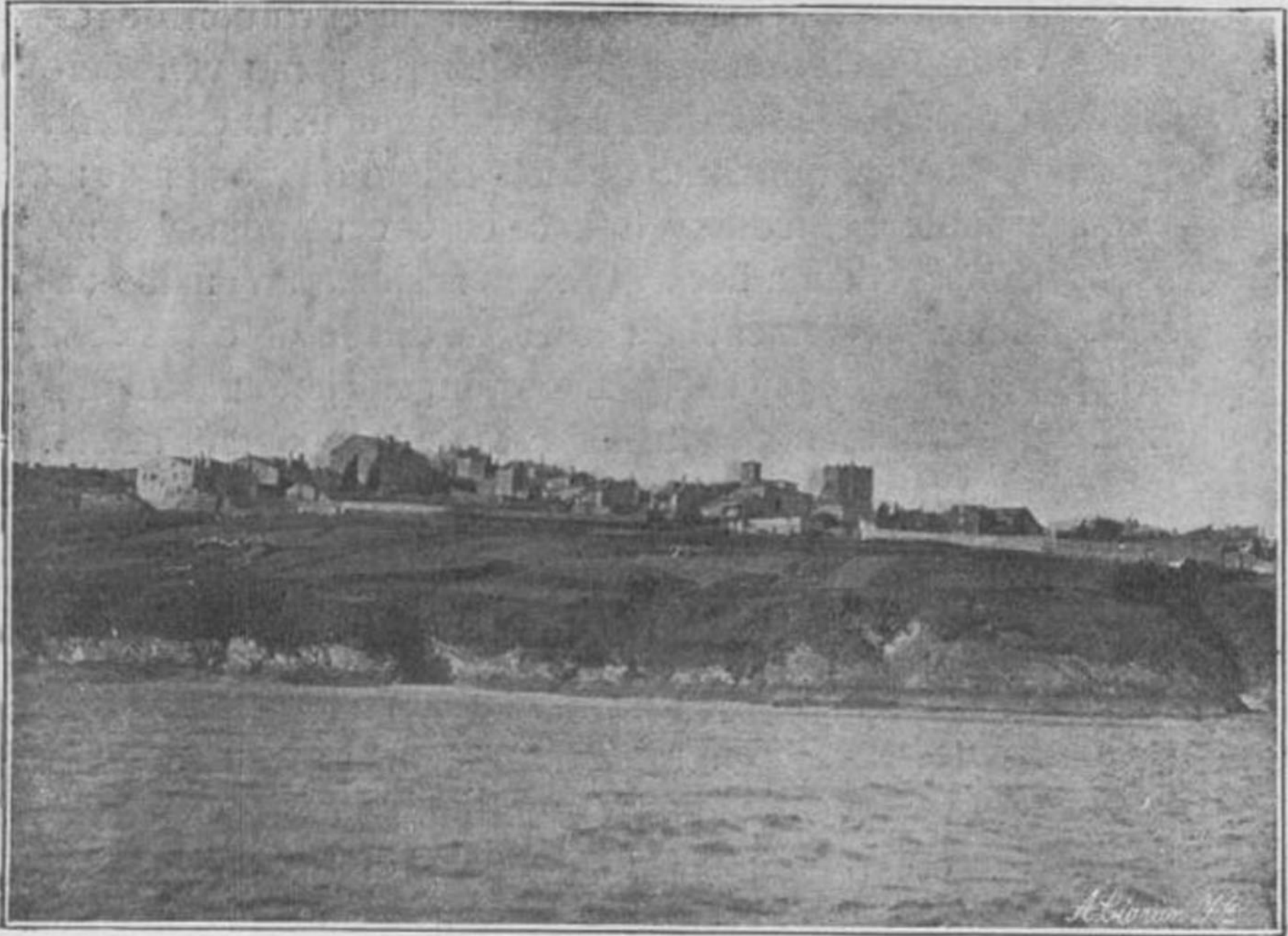
Los heleros clásicos, en su marcha lenta por los valles largos (Eo, Foz, Fazouro, Vivero), rasgarían y harían escarpadas sus orillas; así se presentan hoy con sus márgenes verticales y tan iguales sus acantilados de desembocadura con los del frente de la costa, que sin variación de forma ni solución de continuidad se pasa de unos á otros.

Fuera de nuestra hipótesis hay dos razones para que atribuyamos á grandes glaciares la socavación de estas rías; una es la existencia de manchas diluviales más ó menos interrumpidas á lo largo de su curso, y otra la actual disposición en la salida de algunos heleros del Spitsberg, que enlazados con el casquete

del hielo polar, desembocan entre acantilados de más de cien metros de altura. De este modo, ya señalado por Barrois, entendemos que se socavaron nuestras rías.

El origen de los hielos pleistocenos en esta zona tuvo por origen su elevación en masa por la última emergencia ya indicada anteriormente.

No habiendo encontrado fósiles en estas manchas diluviales



Ribadeo.—Forma de los acantilados en la ría.

no nos aventuramos á determinar por ahora ni la duración de los fenómenos ni su equivalencia con los ya estudiados en otras comarcas.

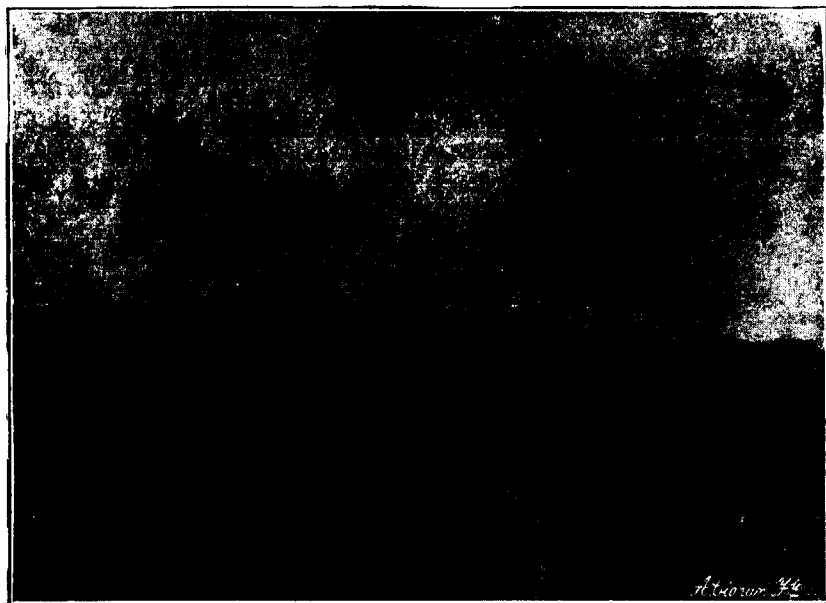
Los restos más antiguos de la presencia del hombre son una Mamoa ó sepulcro celta, en la cima de P. Longa sobre San Miguel, y un ara de sacrificios en los montes de Tronceda (ya conocida esta última), en la que se halló un trócar de un jefe de la misma raza.

De propósito hemos dejado para el final la mancha señalada como siluriana de la Punta d'a Rubia en Asturias. M. Chr. Ba-

del hielo polar, desembocan entre acantilados de más de cien metros de altura. De este modo, ya señalado por Barrois, entendemos que se socavaron nuestras rías.

El origen de los hielos pleistocenos en esta zona tuvo por origen su elevación en masa por la última emergencia ya indicada anteriormente.

No habiendo encontrado fósiles en estas manchas diluviales



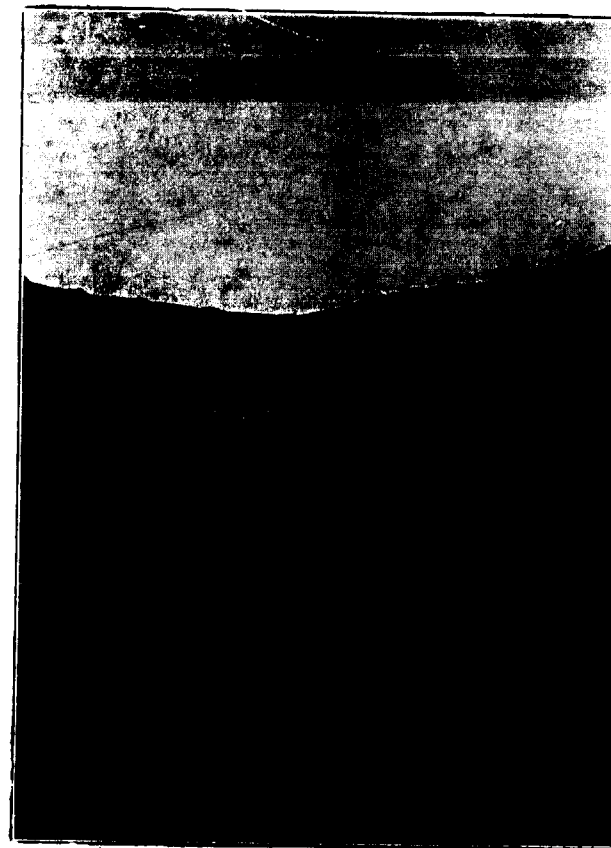
Ribadeo.—Forma de los acantilados en la ría.

no nos aventuramos á determinar por ahora ni la duración de los fenómenos ni su equivalencia con los ya estudiados en otras comarcas.

Los restos más antiguos de la presencia del hombre son una Mamoa ó sepulcro celta, en la cima de P. Longa sobre San Miguel, y un ara de sacrificios en los montes de Tronceda (ya conocida esta última), en la que se halló un trócar de un jefe de la misma raza.

De propósito hemos dejado para el final la mancha señalada como siluriana de la Punta d'a Rubia en Asturias. M. Chr. Ba-

rois la describe como una pudinga dispuesta en bancos rojizos de uno á dos 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 ó formados



Punta d'a Rubia.—Pizarras asomando bajo la capa de cantos.

de psamitas azuladas, cuarcitas verdosas, pardas y de cuarzo; su espesor es de 50 metros. Añade que encima de ella hay pizarras vinosas é insiste en que toda la serie de pizarras se encuentra en estratificación concordante. El nivel geológico que le asigna es superior á la caliza de paradóxides, ya en la entrada del siluriano relevando á las cuarcitas multicolores de língu-

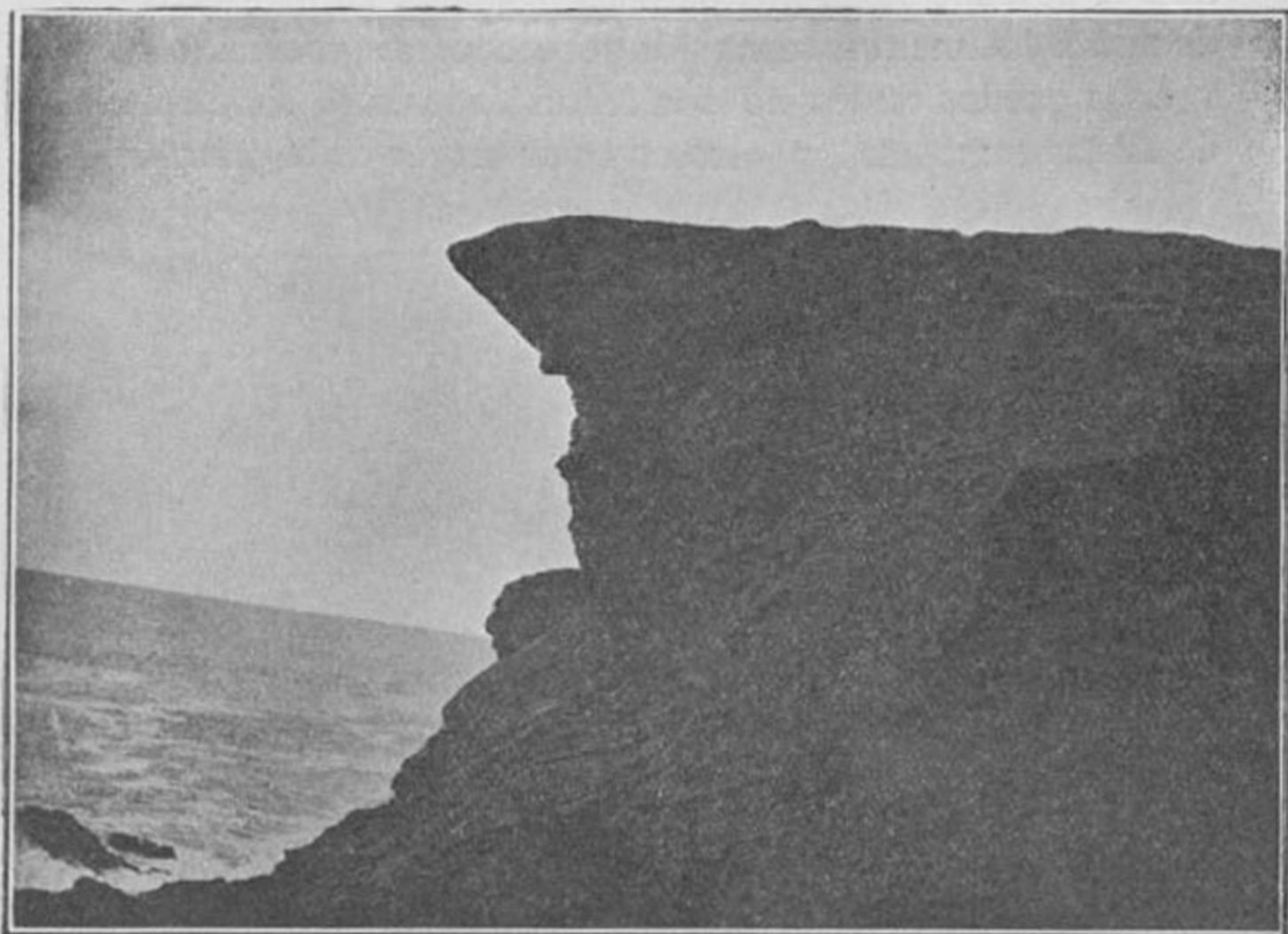


rois la describe como una pudinga dispuesta en bancos rojizos de uno á dos metros, separados por lechos de pizarras verdes, y en la que los cantos no son redondeados sino simplemente de aristas embotadas, pizarrosos en su mayor parte ó formados



Punta d'a Rubia.—Pizarras asomando bajo la capa de cantos.

de psamitas azuladas, cuarcitas verdosas, pardas y de cuarzo; su espesor es de 50 metros. Añade que encima de ella hay pizarras vinosas é insiste en que toda la serie de pizarras se encuentra en estratificación concordante. El nivel geológico que le asigna es superior á la caliza de paradóxides, ya en la entrada del siluriano relevando á las cuarcitas multicolores de língu-



Punta d'a Rubia.

las que con alguna frecuencia se encuentran en el ordovicense 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 cien 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 á las arcillas rosáceas de la fauna primordial se demuestra fácilmente siguiéndola á pasos de la Vega á Vilavedelle, de aquí á los acantilados S. de la ensenada de Castropol, vuelve á 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 á causa de su mayor facilidad de destrucción, la vemos cerca de la carretera y llegamos por fin á los acantilados de Pe-



Punta d'a Rubia.

las que con alguna frecuencia se encuentran en el ordovicense 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 cien 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.

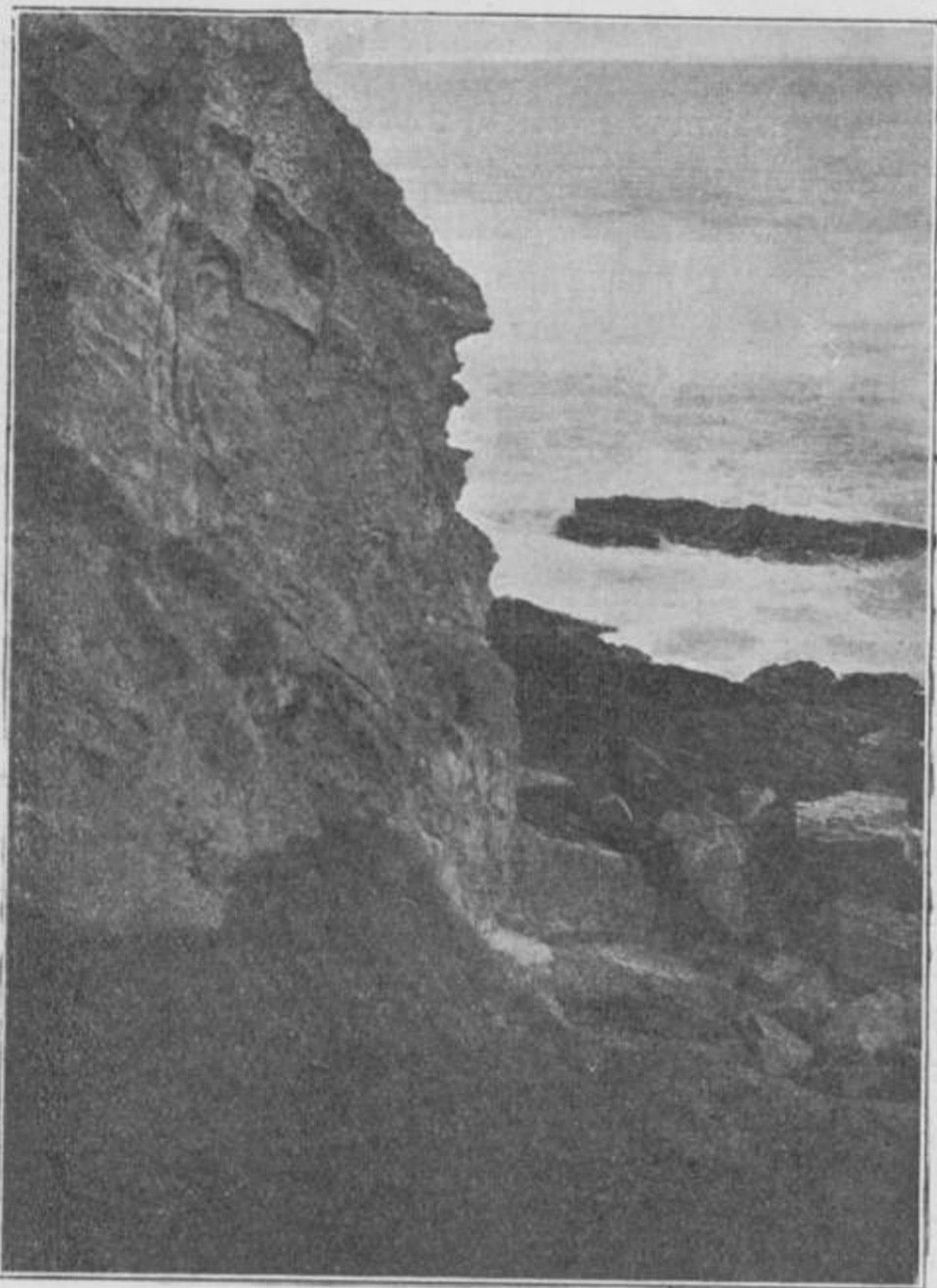
Que es la misma que la unida en Vega de Ribadeo á las arcillas rosáceas de la fauna primordial se demuestra fácilmente siguiéndola á pasos de la Vega á Vilavedelle, de aquí á los acantilados S. de la ensenada de Castropol, vuelve á presentarse al N. de esta pequeña bahía cerca del pueblo de Liñeiras, y siguiendo siempre hacia el N. por la depresión que marca en el terreno á causa de su mayor facilidad de destrucción, la vemos cerca de la carretera y llegamos por fin á los acantilados de Pe-

narronda. Tiene una particularidad que favorece su seguimiento y es que, adosada á ella y constituyendo pintas en su interior, se ven núcleos de hierro oligisto, y este mineral, en forma de cristaltos, impregna también las pizarras superiores á ella; junto á 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 llegá-bamos 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, habria llegado, tal y como está croquizado su corte, á que la pudinga siluriana fuese inferior á las pizarras de Ribadeo que suponía precambrianas. No habria, 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 Punta de Rubia comme un des points les plus interessants á 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 unidos 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 á modo de ventanas. Para cerciorarse de este extremo, basta fijarse separadamente en diferentes capas de brecha ó 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 á relevar una tongada de pudinga á las láminas pizarrosas que llevá-bamos al principio ó inversamente; saliendo de una tongada de los trozos irregulares se van haciendo menos frecuentes en su hilada hasta aparecer en prolongación del lecho seguido otro de pizarras bien estratificadas; no puede haber confusión en pasarse de unas hiladas á otras, porque las líneas de fisibilidad de las pizarras son rectas y están muy bien marcadas.

El caso general es pasar de varias líneas salientes de la estratificación de las pizarras á un escudo de cantos de la pudinga que las oculta, ó al contrario; pero nada de ello con regularidad, y diseminadas sin orden las crestas pequeñas de crucero,



Punta d'a Rubia.—Pizarras asomando bajo la capa de cantos.

los manchones de brecha y las ventanas descubriendo la fisibilidad.

En las fotografías creemos se podrá apreciar bien y comprobar nuestra explicación anterior.

En la parte alta del acantilado se ve esta roca, ni se descubre al hacer el corte de la Vega, ni por el monte.

El caso general es pasar de varias líneas salientes de la estratificación de las pizarras á un escudo de cantos de la pudinga que las oculta, ó al contrario; pero nada de ello con regularidad, y diseminadas sin orden las crestas pequeñas de crucero,



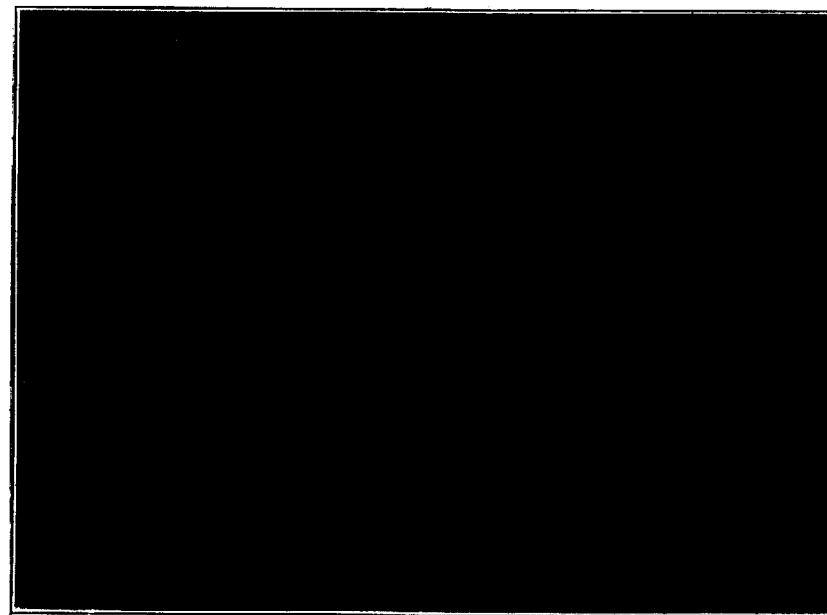
Punta d'a Rubia.—Pizarras asomando bajo la capa de cantos.

los manchones de brecha y las ventanas descubriendo la fisibilidad.

En las fotografías creemos se podrá apreciar bien y comprobar nuestra explicación anterior.

En la parte alta del acantilado 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 prolongada y enérgicamente, pudieron llegar á soldarse en una roca en el único sitio que no tenían movimiento. El hecho de

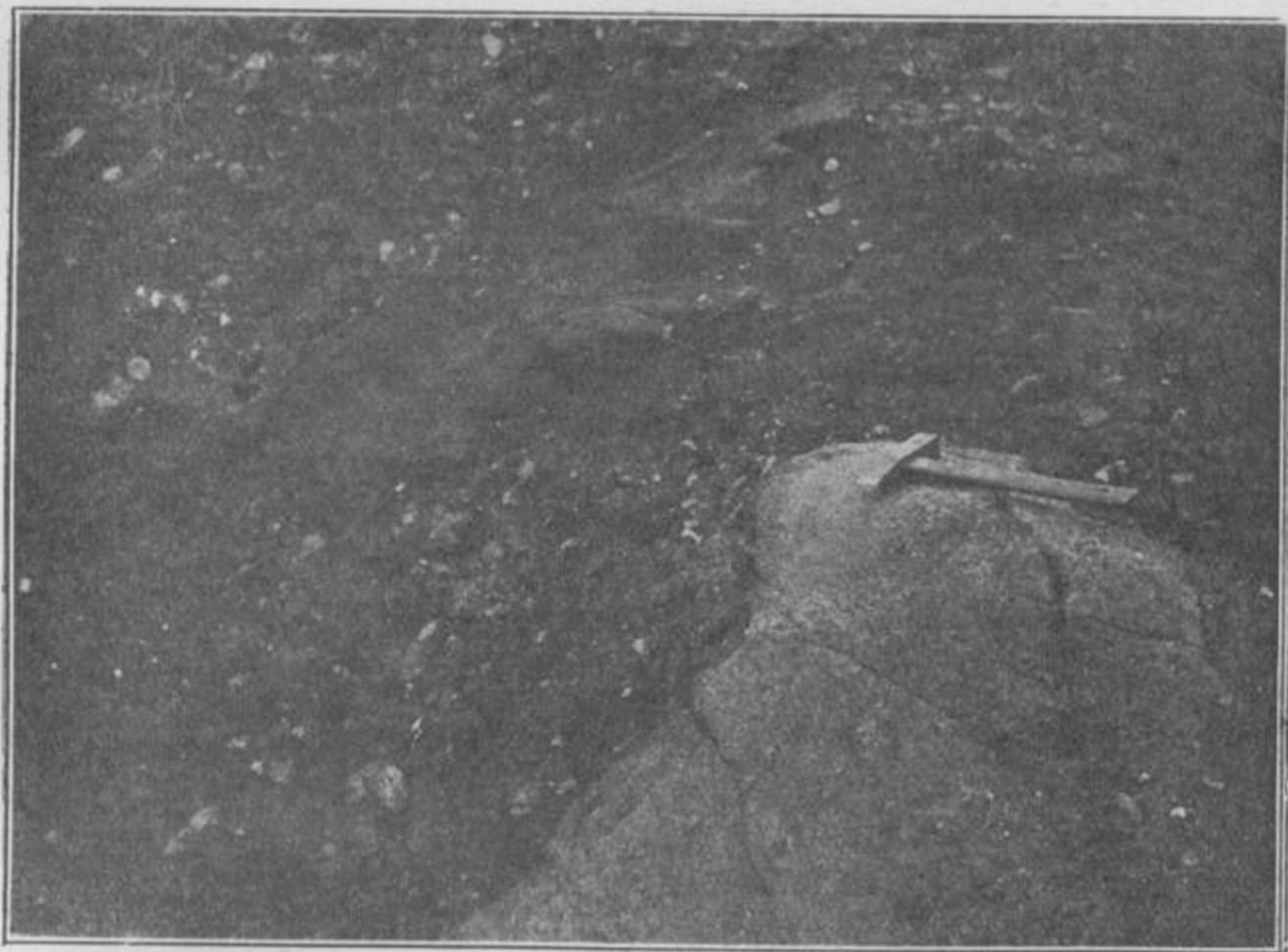


Punta d'a Rubia.—Pizarras asomando bajo la capa de cantos.

estar pegados fuertemente y sin arcilla hace suponerles una mayor edad que á las demás manchas diluviales.

Bajo la cuarcita de Cabo Busto se encuentran algunas veces capas delgadas y repetidas (en nuestra provincia pocas veces coloreadas), alternadas con pizarras muy fisibles, ó 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 á la pudinga, es al que se refiere escribiendo en su corte general del terreno siluriano: "*Grés versico-*

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 prolongada y enérgicamente, pudieron llegar á soldarse en una roca en el único sitio que no tenían movimiento. El hecho de



Punta d'a Rubia.—Pizarras asomando bajo la capa de cantos.

estar pegados fuertemente y sin arcilla hace suponerles una mayor edad que á las demás manchas diluviales.

Bajo la cuarcita de Cabo Busto se encuentran algunas veces capas delgadas y repetidas (en nuestra provincia pocas veces coloreadas), alternadas con pizarras muy fisibles, ó 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 á la pudinga, es al que se refiere escribiendo en su corte general del terreno siluriano: "*Grés versico-*

lores á *Lingulella Heberli poudingues et schistes*,; y como ejemplos añade Punta Rubia, las Tornas, Sierra Barayo, Serroón, Canero, Concha de Artedo, Collada del Palo (1).

En ninguno de estos sitios volvió á 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 situados á continuación del cambriano y no en la separación de su terreno. Sin embargo, el Sr. Barrois, dándola como substitución 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 St. Lo que son las recubiertas en Bretaña por la pudinga. Nosotros no hemos podido encontrar esta roca general en Bretaña y citada en el siluriano de nuestra Península en el corte de las cercanías de Almadén. Su equivalente de cuarcitas y areniscas multicolores, privando de las útiles indicaciones de las língulas, falta también con relativa frecuencia, por lo que en la práctica hay que empezar el siluriano desde la cuarcita de Cabo Busto.

No es raro encontrar en los conglomerados diluviales señales de haber sido removidos anteriormente como aluviones auríferos. Schulz cita 10 lavaderos antiguos en Asturias y en esta clase de manchas. Es creencia muy extendida la de que el oro que se extrajo de Galicia, y al que tantos trabajos le dedicaron los romanos, lo fué de algún filón de cuarzo aurífero; quizá encontrasen alguno con suficiente metal para sufragar los gastos de desmonte y arranque, pero observando que como regla todos los aluviones de los ríos que descienden de los elevados montes silurianos son auríferos y muchos en proporciones remunerables (2, 3 y hasta más de 10 gramos por metro cúbico), y que esta propiedad no es exclusiva de los aluviones húmedos del río, sino también de los secos diluviales colgados en sus orillas, se ocurre que había de ser más sencillo para los antiguos habitantes desviar agua de los ríos hasta los aluviones para los lavados, ó buscar conglomerados próximos á los ríos,

(1) En la edición de 1882 y por el orden en que están citadas, estos sitios son páginas 416, 444, 444, 447, 446, 448, 426.

las arenas y arcillas de los cuales fuesen fácilmente trabajadas por cuadrillas de bateadores indígenas. Y así debió ocurrir realmente, pues todos los antiguos lavaderos están en restos de canchales y aluviones colgados, de anteriores cauces más altos; lo mismo ocurre con las fantásticas excavaciones que se les atribuye en algunos sitios y que casi siempre son removidos, realmente enormes, de los aluviones almacenados antes en aquella depresión. Cantos tan duros como los de los aluviones redondeados ó de aristas limadas no pueden ser nunca ni escoriales ni residuos de sitios próximos.

Poco ó mucho tienen oro casi todos los restos pleistocenos, los cantizales fluvio glaciares y los aluviones modernos, aunque hoy en general no resultarían remunerables más que los últimos de suficiente proporción de metal, pues los aluviones secos exigirían grandes gastos para su lavado ó tratamiento en seco.

La tendencia á buscar el origen de la riqueza en un filón en la roca firme, unida á la codicia que despierta este metal, ha sido causa de muchos fracasos. Es muy interesante el siguiente caso de investigación tomado de Schulz: después de describir unas grandes explotaciones antiguas entre Naraval y Navelgas, añade: "... En 1844, al tiempo de trabajarse en el ensanche y mejora del camino ó vereda de Luarca á Cangas, que pasa por el Poniente de aquella explotación, se halló una pepita de oro del peso de 52 onzas; pocos días después se hallaron otras varias de una á dos onzas de peso y sucesivamente muchas más ó menos chicas, v. g. del valor de cuatro reales á cuatro duros, y siempre después de fuertes lluvias se hallan de las muy pequeñas; todo en terreno aluvial de detritus rojo ó ceniciento que en varios puntos cubre al suelo firme en aquella cuesta, no pasando su espesor de un palmo á dos metros, pero nunca está el oro á la vista sino después de abundantes lluvias... Una primera investigación, que se practicó en 1846 por medio de tres zanjas de Levante á Poniente en aquel paraje, ningún rastro de oro descubrió en el terreno firme que allí es grauwake cuarcitosa; pero esto no quiere decir que dejen de descubrirlo otras investigaciones que se sitúen más hacia arriba., En un caso parecido procedería siempre, antes de una nueva investigación, un ensayo de lavado, y es bien significativa la presencia del oro después de las grandes lluvias.

VISTA DE LA RIA DE VIVERO



M<sup>o</sup> Faro al S 12° O Dist<sup>a</sup> 3 millas

I<sup>a</sup> Gabeira al S. 32° O.

Testa de Castro al S. 37° O.

Acantilados de líneas suaves característicos de la segunda parte. Igualdad en la ría y en la costa.

VISTA DE LA RIA DE RIVADEO



Atalaya de S. Roman al S.

Villa de Rivadeo

Faro de la I<sup>a</sup> Pancha al S. 55° O Dist<sup>a</sup> 2 millas

Tipo de los acantilados de la primera parte. Igualdad en la ría y en la costa.

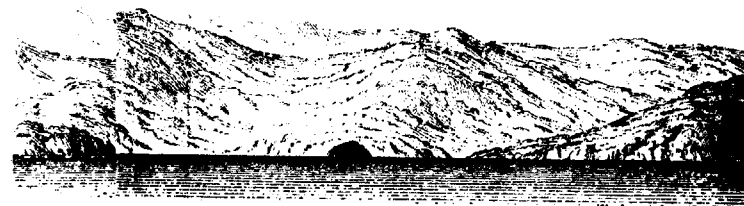


Los trabajos en rocas firmes y estériles no faltan en las labores antiguas auríferas, proseguidas las más de las veces á intervalos bastante largos, por la curiosidad que á los nuevos investigadores les inspiraba la labor anterior.

Lagunas ú otras excavaciones glaciares pudieron quedar rellenas por aluviones que más adelante fueron extraídos para su lavado; las grandes labores de los lagos en Asturias, cerca de Salave, que Schulz atribuye á la explotación de estaño, quizá pudieran obedecer á nuestra idea, sin que nos atrevamos á afirmarlo sin un detenido examen. En la costa que estudiamos, sobre todo en la zona clásica de los heleros, hay algunos nombres locales que recuerdan al oro, como Valle de Oro, Fazouro y Area Aurea.

2.º **Aguas marinas actuales.** — Se pueden considerar actuando en la erosión desde que terminó el último movimiento de la costa que nosotros hemos supuesto de emergencia; retirándose por igual de sus antiguas playas, comenzaría un trabajo sobre rocas de dureza y constitución bastante uniforme, y así había de llegar, como lo ha hecho, á presentar un escalón de pocas variaciones á lo largo de la costa.

Para conocer á qué distancia del borde actual comenzó la labor de erosión, da Barrois un procedimiento sencillo que consiste en hallar el desnivel medio entre la cornisa de la llanura y el pie de los montes, y deducida la pendiente de esta superficie, la prolongación necesaria hasta llegar al plano de comparación será la distancia buscada. Como término medio se podrán suponer 20 metros en el borde y 60 al pie de los antiguos escarpados del monte, y repartiendo los 40 metros en los 3.500 ó 4.000 metros de anchura de la faja llana, tendríamos 10 metros por kilómetro, ó sea una prolongación de 2.000 metros á partir del borde actual; es un dato muy variable para los distintos puntos. La fuerza erosiva de las olas está favorecida especialmente en esta costa por su colocación, que la hace recibir el embate de frente, y por la dirección dominante de los vientos en los dos primeros cuadrantes, con lo que aumentan y chocan contra ella con su máximo de esfuerzo. Si á esto se añade la dirección casi normal á la costa de los pliegues hercynianos, se comprenderá lo igualmente escarpado de sus acanti-



Iª Gabeira al S. 32° O.

Testa de Castro al S. 37° O.

y en la costa.



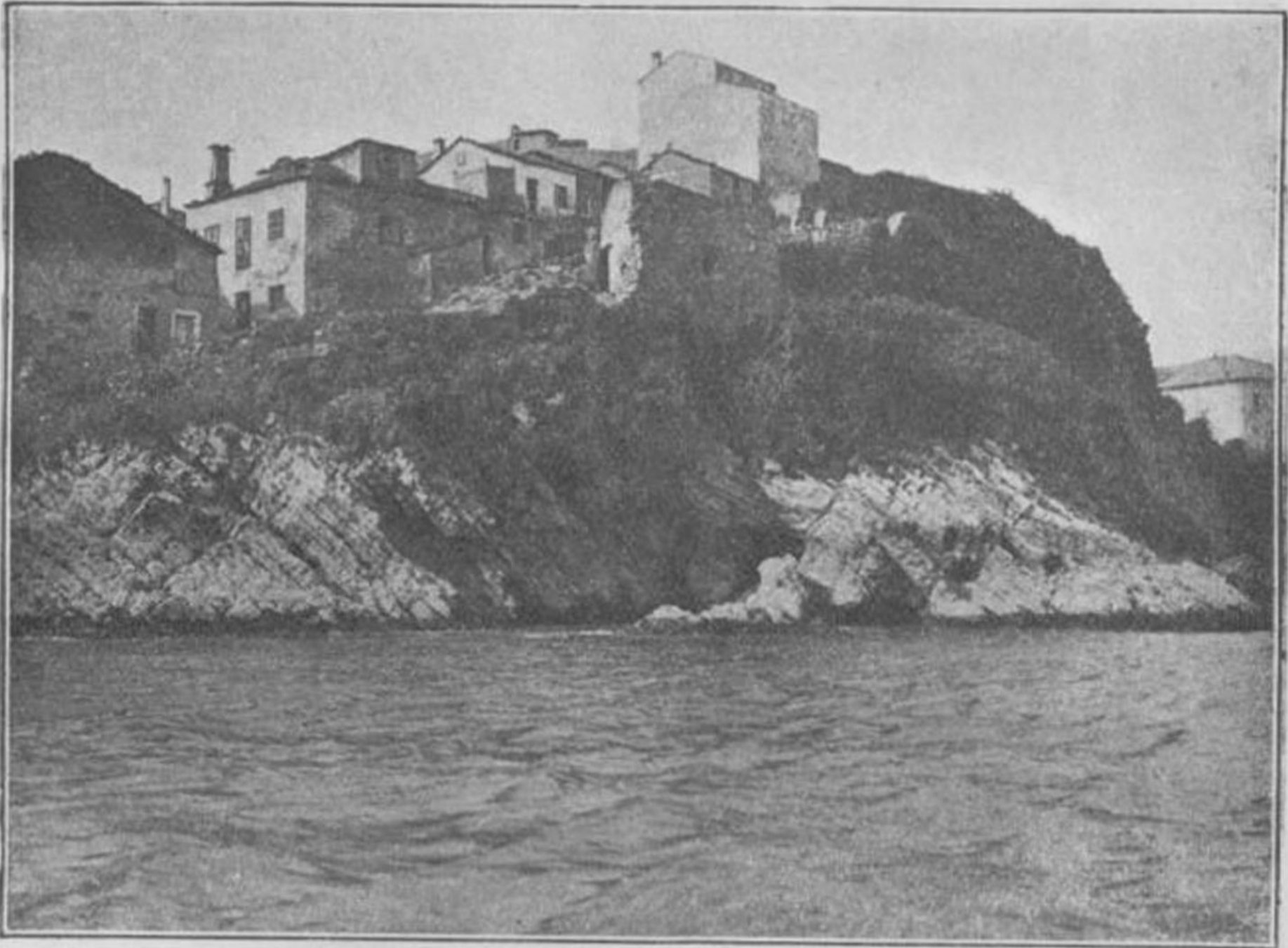
Atalay

Faro de la Iª Pancha al S 55° O Distª 2 millas

ta.

lados y los numerosos recortes iniciados en la dirección de sus estratos.

Sólo cuando la posición de sus capas es bastante sesgada ó paralela á la costa, es cuando el agua abre como un ariete camino por las litoclasas ó fallas desmenuzables, y luego sigue su ataque paralelamente á los estratos, hasta aislar trozos de la costa; antes hemos descrito el mecanismo de esta acción.



Ribadeo.—Estratos cortando la dirección de la Ría.

Las rías de esta costa, que se podrían tomar como caso particular por su posición perpendicular al Cantábrico, no responden á la ley del esfuerzo mínimo á que se ajusta este ataque, pues la estratificación de sus márgenes corta oblicuamente su dirección en vez de coincidir; además no se comprendería la razón de los escarpes de sus orillas, con la forma de los costeros, pero mucho menos castigados que ellos (1).

Cuando el mar llega á batir la base de los acantilados, tien-

(1) Las dos \*vistas, intercaladas pertenecen á la hoja 550 de la Dirección de Hidrografía por el teniente de navío D. Pedro Ruidavets.

lados y los numerosos recortes iniciados en la dirección de sus estratos.

Sólo cuando la posición de sus capas es bastante sesgada ó paralela á la costa, es cuando el agua abre como un ariete camino por las litoclasas ó fallas desmenuzables, y luego sigue su ataque paralelamente á los estratos, hasta aislar trozos de la costa; antes hemos descrito el mecanismo de esta acción.

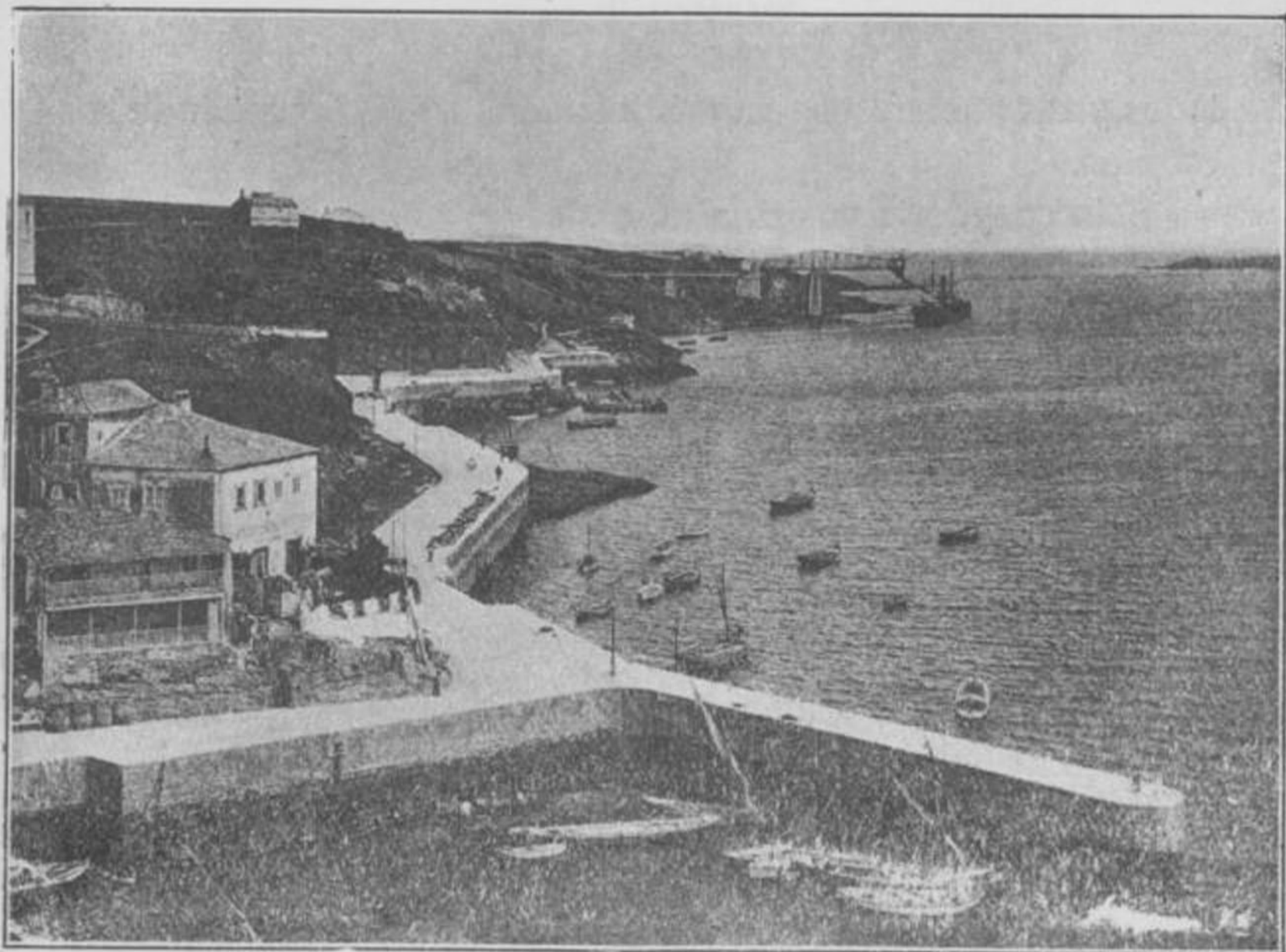


Ribadeo.—Estratos cortando la dirección de la Ría.

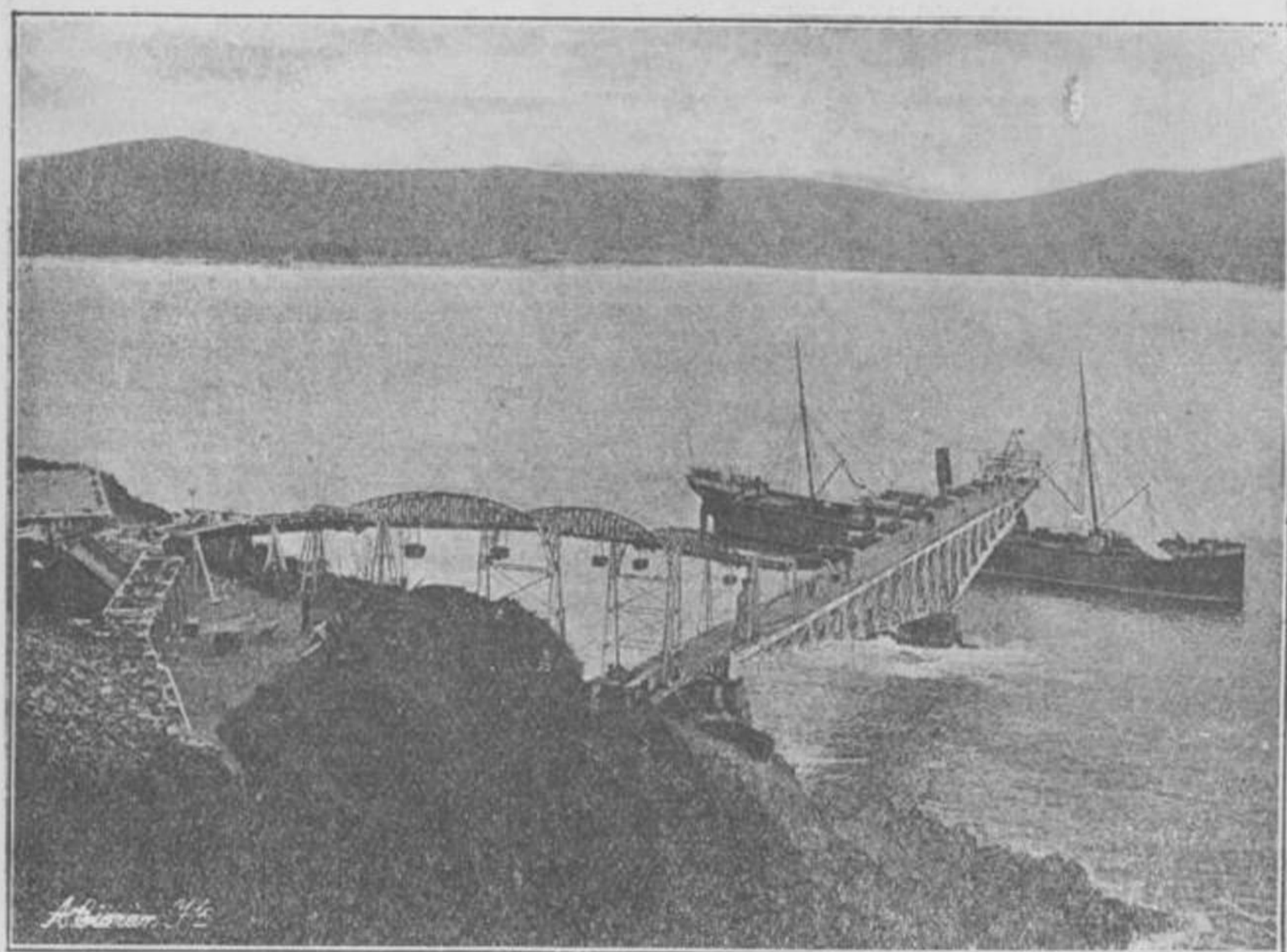
Las rías de esta costa, que se podrían tomar como caso particular por su posición perpendicular al Cantábrico, no responden á la ley del esfuerzo mínimo á que se ajusta este ataque, pues la estratificación de sus márgenes corta oblicuamente su dirección en vez de coincidir; además no se comprendería la razón de los escarpes de sus orillas, con la forma de los costeros, pero mucho menos castigados que ellos (1).

Cuando el mar llega á batir la base de los acantilados, tien-

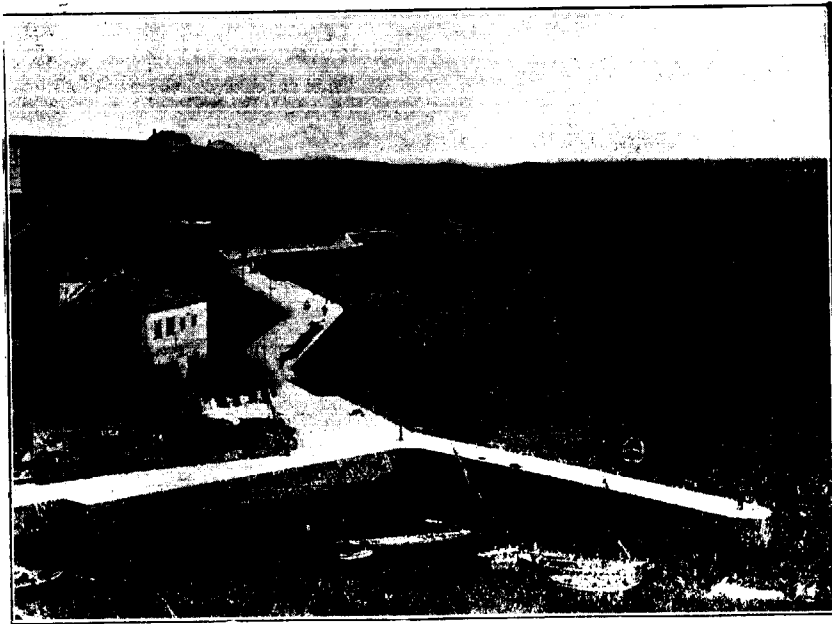
(1) Las dos "vistas, intercaladas pertenecen á la hoja 550 de la Dirección de Hidrografía por el teniente de navío D. Pedro Ruidavets.



Ribadeo.—Muelle y cargadero de mineral.



Viero.—Cargadero de mineral.



Ribadeo.—Muelle y cargadero de mineral.



Viero. Cargadero de mineral.

de á que retrocedan, conservando su forma casi vertical, socavándolas por su pie; si su material es granítico, las formas que toman son más suaves y redondas.

El aparato litoral de defensa á esta erosión es pequeño; se reduce á las plataformas y arenales ya indicados; en marea alta, y prescindiendo de los fondos de las recortaduras y de algunos arenales, el mar llega hasta las capas del terreno continuando su demolición.

Sería superfluo insistir sobre estos puntos ya hecha la descripción y conociendo las condiciones en que se verifica el derrubio marino y el depósito de arenas y lodos.

Las cuatro rías principales, Eo, Landrove, Masma y del Oro, mezclan sus aguas con las del mar bastante tierra adentro (hasta Abres en el Eo), y por esto, y prescindiendo de sus depósitos y condiciones fluviales, comienzan pronto las sedimentaciones de limo y arrastres terríferos, que se verifican en cuanto el movimiento del agua del mar calmada con la del río es sólo superficial. Reciben el nombre de ría en sus partes más anchas hacia la salida, que es donde se aprecian bien los acantilados de sus márgenes. Según lo anterior, se comprende que avancen hasta el estuario los sedimentos de limo, tierra vegetal y arenas, formaciones modernas de capas en el fondo del valle, en las cuales se marca á grandes curvas el lecho estrecho y bien definido del río; posteriormente crecen juncales en estas marismas y quedan consolidadas.

Ya en la ría se depositan bancos de arena de figuras y contornos variables que á la manera de barra van rellenando la desembocadura.

La ría de Ribadeo llega hasta la vega, pero barcos grandes de 1.000 á 5.000 toneladas sólo pueden entrar en marea alta hasta Villa Vieja. Desde algo antes de Porto hasta su unión con el afluente Reme, y exceptuando el estrecho canal del río, está cubierto su fondo con la formación ya señalada de limo humoso y juncales; la importancia de estas extensas y hermosas marismas ha de aumentar rápidamente á poco que lo haga el movimiento de estos puertos.

En su margen izquierda, muy próximo al pasaje marcado con "bajo de las Carrayas,, está el cargadero de la Sociedad Minera de Villaodrid.

Toda la bahía comprendida entre Ainao Ribadeo y Figueras es un buen puerto de refugio y susceptible por sus calados de recibir en los escarpes de sus orillas la instalación de varios cargaderos ó muelles para un movimiento industrial más intenso del que hoy tiene este puerto.

La de Foz es la entrada del río Masma hasta el puente de la Espiñeira; el estuario está casi colmado con el banco de limo y buen desarrollo de juncales; hacia su desembocadura, los arenales de ambas orillas se enlazan con los de la costa; su muelle de madera avanza hacia el mar, sobre la playa, hasta alcanzar calado para vapores de 500 á 600 toneladas.

El río de Oro, aunque de alguna anchura al desembocar en Fazouro, no merece el nombre de ría, pues su ensenada rellena por los depósitos de limo y una fuerte barra arenosa, no es practicable ni para vapores pequeños. En la desembocadura, la formación de pequeñas dunas en el arenal de la barra, la han consolidado y elevado con una muralla entre el estuario y el mar, y la pequeña salida que el río excava trabajosamente en ella, varía de forma y aun de sitio, según el caudal del río y la cantidad de detritus que aportan las olas en el arenal. En resumen, hay una tendencia á modificarse negativamente el perfil de su base, lo que con el tiempo puede originar una laguna en su salida.

La ría de Vivero es el ensanche del río Landrove desde Vivero hasta el mar.

Sus marismas de limo, sobre las que han empezado á edificar, avanzan hasta Cillero y la Misericordia, desde donde se extiende la hermosa playa de San Juan.

Hacia la punta verdosa, en su margen izquierda, está instalado el cargadero de la Sociedad "Vivero Iron Ore C.<sup>a</sup>.", al que atracan vapores hasta de 6.000 toneladas.

Es buen puerto de refugio, y susceptible fácilmente, como el de Ribadeo, de aceptar nuevos cargaderos, si á ello precisa-se un movimiento minero de más importancia.

Damos á continuación los planos de las rías de Vivero y Ribadeo con sus calados, publicados por la Dirección de Hidrografía, y en ellos puede verse que el perfil de estas rías en su desembocadura no es el de valles, pues ni son los calados uniformes desde sus orillas ni aparece marcada la línea de *thalwegs*.







La índole de nuestro trabajo, y el propósito de volver sobre estas rías al hacer el estudio geológico fluvial de esta provincia, creemos nos excuse de más ampliación.

*Acción mecánica.*—Su acción destructora varía considerablemente en sus efectos sobre las rocas, según se la considere respecto á masas grandes ó pequeñas, y aun cuando el resultado final sea siempre su completa demolición. En masas grandes ya hemos indicado su mecanismo, y la facies áspera, vertical y recortada que con ella toma la costa; en pequeñas masas, lo característico es la variación del aspecto exterior de la roca. Aun dentro de la acción en pequeño, cabe la separación de que el mar moje ó no á las masas pétreas.

En las rocas sedimentarias tiende á diferenciar su estratificación; en las eruptivas ó calizas, á redondear sus porciones acusando marcadamente sus numerosas litoclasas; siempre haciendo resaltar sus líneas de división.

Las masas pizarreñas ó cuarcitosas con esta acción acusan las diferencias más ligeras de su composición en relieve; lo que diferencian es su dureza, y así, en los grandes peñascos y acantilados batidos se destacan á veces afiladísimas, numerosas y apretadas crestas. A su vez, las crestas y líneas salientes de este encostillado típico se rompen en partes, interrumpiendo la continuidad de su filo, y unida esa nueva presentación al aspecto obscuro que toman las masas rocosas por la fijación de pequeños organismos y sales marinas, dan por resultado la ocultación de su fisonomía propia, resultando así que un fenómeno que tiende á disecar el relieve de la roca, enmascara su propio modo de ser.

Las tongadas pizarrosas, de más monotonía en su composición y presentación sana, son las más dispuestas á tomar este aspecto, y es lógico que así ocurra, porque el mar va apreciando y señalando con lentitud y sin equivocarse la fisibilidad y dureza de sus láminas.

Las cuarcitas, cuando son uniformes, y como más duras, se marcan en bloques de cantos cuadrados, y siempre con más resaltes que las pizarras; hay haces de láminas de pizarras ó filadíos iguales que tienen idéntica presentación.

Las masas calizas y eruptivas redondean los diferentes bloques irregulares en que sus litoclasas los dividen, y con la

misma aspereza que por meteorismo adquieren, se ofrecen con facies análogas; el color las suele diferenciar. Cuando están en diques ó capas delgadas, se conducen como las pizarras y cuarcitas, y con la variación correspondiente á su distinta dureza. Los bloques graníticos batidos, tienen también sus formas redondas; las fracturas en esta roca son mucho más escasas, y estando en trozo entero no pierden el punteado de sus elementos aunque se caolinicen intensamente.

Los efectos del viento se aprecian por la formación de pequeñas dunas en la parte alta de los arenales, pues aunque su acción de evaporización se pudiera tener en cuenta, queda neutralizada en parte por ser base de nuevas precipitaciones.

Respecto á los seres orgánicos y flora como líneas generales, contando de alto á bajo, las plantas salícolas se fijan en los bordes superiores y arenosos de la costa, en la parte de los acantilados sometida al flujo y reflujo, los balanus, patelas, mitilus y litorinas, si la plataforma es rocosa, y los venus, cardium, solen, etc., si es arenosa ó fangosa; en la base del litoral, y enlazando la parte propiamente marina, viven los lepas pollicipes y anatifera y la cintura de algas sueltas ó en pequeños bosques, dominando las talofitas. La distribución de esta fauna se ajusta bien á las dos primeras zonas de Forbes (litoral y de laminarias) con todas las variaciones que corresponden á una costa tan recortada y abrupta; muchas veces, de las dos la primera litoral, ó sea la sometida al juego de las mareas, no se puede tener en cuenta respecto á la fauna que apenas puede fijar algún individuo en escarpes, los pies de los cuales no se descubren ni en marea baja.

Las rocas rebajadas de la plataforma en la zona litoral se cubren, sobre todo en su parte alta, de verdaderas placas de balanus (pictus) con sus dermaesqueletos unidos entre sí; también ocultan su fisonomía en esta banda los racimos de mitilus y los travertinos rosáceos de que se tapiza el fondo de los pequeños y numerosos charcos; en algunas partes, gran cantidad de individuos de los saxicavas acribillan las rocas con sus conductos, dirigidos casi siempre según la estratificación, y favoreciendo así su demolición.

3.º Meteorismo.—Esta costa, orientada frente á todos los

fuertes temporales del Norte, entre el mar y su próxima paralela cadena de montes, parece cumplir las mejores condiciones para ayudar á la denudación de los meteoros; "lá—dice el insigne Barrois—en effet il y a de températures extrêmes, des pluies abondantes, une mer peu éloigné, toujours grosse; lá, l'eau agit sous toutes ses formes, á l'état d'eaux courants, d'eaux marines, et á l'état de glace.,

De los datos higrométricos de un decenio, y de algunos otros tomados de los últimos años, se deduce que mientras al otro lado de la cordillera cantábrica se tiene una media anual de 250 á 500 milímetros de agua pluvial, en la zona Norte de la cadena, en Asturias y parte de Galicia, varía de 1.000 á 1.900 milímetros; el término medio acusado por el pluviómetro de la isla Pancha (Ribadeo) será de 1.200 á 1.300 milímetros; es decir, que se puede calificar de región seca la de las llanuras al Sur de la cordillera, y de muy lluviosa la nuestra; los vientos dominantes son los del N. E., aunque en los temporales sean más frecuentes los del N. y N. O.; en las grandes depresiones suelen soplar los del S.; los días que aquí se podrían llamar impropia-mente de calma, son contadísimos (de diez á treinta).

Las causas principales de esa capa de lluvia, son desde luego los montes y vientos dominantes, pues obligadas las nubes á dilatarse para escalar la altura de la cadena, se enfrían y resuelven en frecuentes y abundantes precipitaciones; como circunstancias locales favorables, las rías de Foz y Ribadeo son grandes centros de evaporización. Se verifica, pues, en esta zona una de las conclusiones de Mr. Cezanne en su estudio sobre los torrentes: "la tranché pluviale, dans un courant atmosphérique, est d'autant plus épaisse que le courant arrêté par un obstacle est forcé de s'élever plus rapidement.,; todavía más precisa para nuestra zona resulta la siguiente frase de Lapparent: "Los sitios en que cae más agua son aquellos en que los vientos húmedos encuentran una vertiente abrupta que los fuerza á elevarse rápidamente.,

La mayor parte del agua caída corre por la superficie, y en corrientes más ó menos caudalosas van á ingresar en arroyos y pequeños ríos, que á su vez desaguan en el mar ó en las rías. El agua en esta forma lleva á cabo principalmente un trabajo mecánico, la evaluación del cual no se puede ni intentar sin

datos repetidamente comprobados, y más teniendo en cuenta que las ecuaciones geológicas son siempre imprecisas por no poder fijar alguna de sus variables sino por conjeturas verosímiles, que, con variaciones locales, pueden dejar de serlo; por ejemplo, entre los diferentes textos que tenemos á mano, encontramos que la cantidad de agua que corre por la superficie varía de un 30 á un 90 por 100 de la total que marca el pluviómetro, y según el suelo esté en condiciones de sequía ó humedad. Esta advertencia, que hacemos general para todo este capítulo, es consecuencia lógica de que para llegar á números que representen los resultados de las fuerzas naturales, son necesarias concienzudas y numerosas observaciones con suficiente personal adiestrado en cada una de las ramas en que se tendría que realizar la investigación, y disponiendo de laboratorios é instrumental apropiados.

Como las laderas pendientes están próximas á la costa, y no es muy permeable el terreno, apenas caída, baja el agua bariendo los detritus hasta la orilla; este mecanismo, repetido con la frecuencia de las copiosas lluvias, produce un derrubio energético, y sólo contenido en parte por la vegetación que se desarrolla á expensas de la misma lluvia.

La mayor parte de agua caída, prescindiendo de la retenida por las plantas, tiende á resbalar por el suelo, y aun considerada en sus porciones más pequeñas, busca para deslizarse mejor la depresión más próxima, la cual siempre quedará un poco ahondada por el arrastre de alguna partícula de su fondo; reuniéndose varios hilos de esta verdadera red capilar, darán en un conducto más importante, y así, convergiendo y buscando para cauce colector la depresión inclinada más fácil de encontrar, irán las aguas por arroyos y riachuelos cada vez mayores hasta el río en el fondo del valle.

En épocas anteriores, la erosión vertical de estas aguas debió ser rápida é intensa hasta normalizar su marcha más tranquila por cauces más grandes y menos inclinados, quedando establecido el río cuando su ley de depresiones labradas le dió agua suficiente para una corriente constante; este trabajo primero está muy concentrado en su parte más alta, por donde tiende constantemente á crecer su cuenca hidrográfica; cada uno de los afluentes constituye en su arranque á esta misma

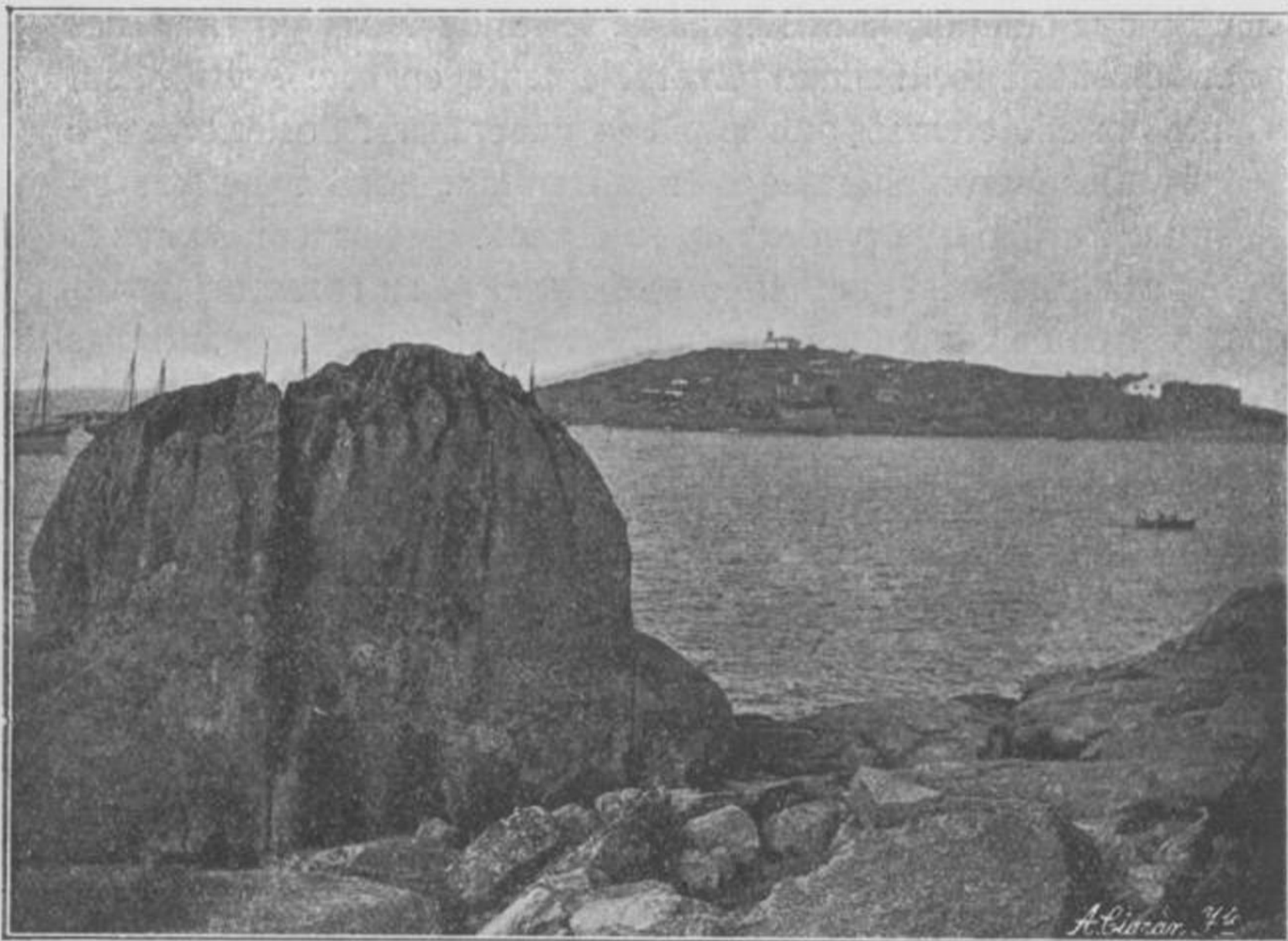
ampliación. De este modo se explica, siguiendo á S. Menuier, el origen anterior de los valles al de los ríos, sin que implique esta teoría contradicción alguna á las ideas de Schulz, para quien la mayor parte de los valles paralelos á la zona siluriana formaron sobre las quebradas de las fallas; apoya esta afirmación en lo encajado de los valles y en la falta de aluviones que representasen la profunda denudación vertical que habrían tenido que cumplir; la existencia de series de fallas en escalones en el siluriano, inclinan favorablemente en este sentido, sin que por ello creamos que se pueda generalizar. Posteriormente los valles fueron ahondados enérgicamente por los heleros en cinta, tendiendo á perder hoy su aspecto glaciario con su actual socavación fluvial que, como testimonio de su constancia y eficacia, ha dejado en las laderas del valle suspendidos cantizales y restos morénicos, los cuales así se explican sencillamente, sin tener que recurrir á la concepción de corrientes enormes.

En la planicie la erosión vertical tampoco se hace disimulada, pues sus pequeños ríos rompen por trincheras la superficie horizontal de las capas terciarias, y llevan su fondo en los levantados estratos paleozoicos.

Las acciones mecánica y química del agua se verifican simultáneamente, aunque la primera tome un avance sobre la segunda respecto á una misma precipitación recibida. Esta especie de avance de fase que permite á favor del orden hacer sus descripciones separadas, es más difícil de establecer tratándose del macizo granítico que de las rocas sedimentarias, porque la mayor homogeneidad en la eruptiva hace que difícilmente le sean arrancadas partículas por el agua corriente si antes no han sido disgregadas por acción química; en las sedimentarias están unidas las de muy diversas características de composición, que es igual que decir cohesión, dureza y penetrabilidad; los embates del mar, el hielo, la lluvia, la acción de seres orgánicos, todas las fuerzas que en la zona de meteorismo pueden quebrantar, tienen más fácil medio para obrar en ellas, preparando partículas sueltas al arrastre del agua.

Se desprende que normalmente las aguas corrientes propenderán á redondear las masas graníticas. Como ejemplo de caso particular citaremos algunas rocas almenadas que se encuentran en la costa; tuvieron una concavidad capsular en su parte su-

perior de bordes casi horizontales; al colmarse de agua, rebozaría ésta por varios sitios algo más bajos del borde, y este mecanismo, muy repetido, fué convirtiendo en aliviaderos cada vez más escotados los sitios de desbordamiento, terminando por darle el aspecto almenado que tienen; los vientos dominantes debieron influir en que el agua resbalase de preferencia ha-

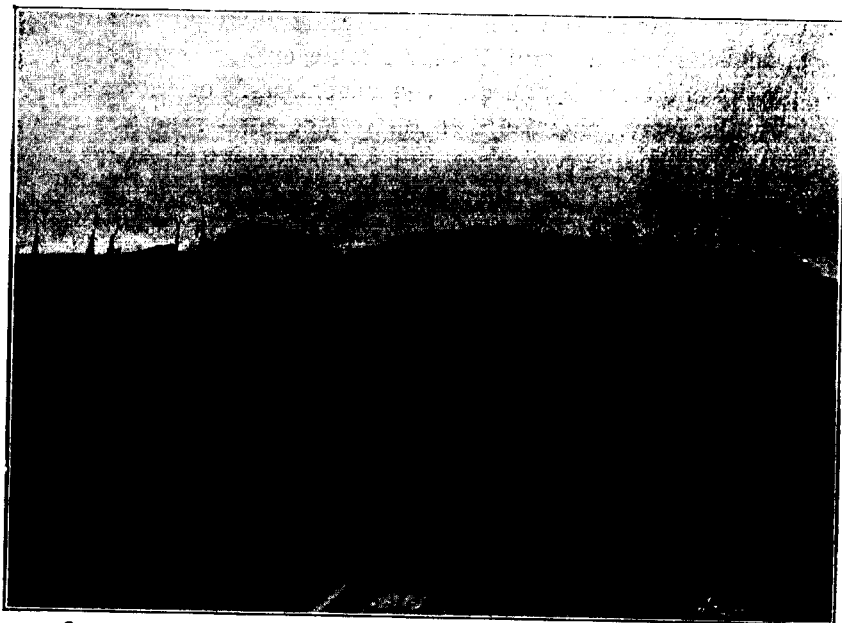


San Ciprián.—Castillete formado sobre un bloque de granito por la acción mecánica del agua meteórica.

cia una parte de la roca, y así se ve que estos castilletes miran casi siempre al Sur.

En todas las rocas de la costa, aunque con diversa intensidad, se manifiesta el metamorfismo, admitiendo esta palabra en el sentido amplio que siempre debe tener. Los sellos ó demostraciones que de él llevan impresos los estratos, pueden agruparse en dos grandes series: la primera, de señales procedentes de los fenómenos que se cumplen actualmente, y la otra, de las que tuvieron por causa fenómenos y agentes ya extinguidos. Dicho de otra manera, á un lado las transformaciones del meteorismo, y al otro las producidas por el calor, acciones quími-

perior de bordes casi horizontales; al colmarse de agua, reboraría ésta por varios sitios algo más bajos del borde, y este mecanismo, muy repetido, fué convirtiéndose en aliviaderos cada vez más escotados los sitios de desbordamiento, terminando por darle el aspecto almenado que tienen; los vientos dominantes debieron influir en que el agua resbalase de preferencia ha-



San Ciprián.--Castillete formado sobre un bloque de granito por la acción mecánica del agua meteórica.

cia una parte de la roca, y así se ve que estos castilletes miran casi siempre al Sur.

En todas las rocas de la costa, aunque con diversa intensidad, se manifiesta el metamorfismo, admitiendo esta palabra en el sentido amplio que siempre debe tener. Los sellos ó demostraciones que de él llevan impresos los estratos, pueden agruparse en dos grandes series: la primera, de señales procedentes de los fenómenos que se cumplen actualmente, y la otra, de las que tuvieron por causa fenómenos y agentes ya extinguidos. Dicho de otra manera, á un lado las transformaciones del meteorismo, y al otro las producidas por el calor, acciones quími-

cas, presión, etc., en una zona inferior (1), y que ahora por levantamiento están en la de meteorismo; por ahora sólo nos ocuparemos de los primeros.

Las transformaciones debidas á los agentes meteóricos, son principalmente oxidaciones, hidrataciones, carbonataciones, silicificaciones; como consecuencias más aparentes, cambio de coloración de los estratos sanos con tendencia á volverse amarillentos ó rojizos, y desagregación de elementos favoreciendo la acción niveladora de la gravedad, finalidad á que tienden todas las fuerzas que intervienen en esta zona de meteorismo, y esto tiene fácil explicación, considerando que sus reacciones propias originan aumento de volumen y disminución de densidad para las nuevas rocas formadas.

El ataque no sólo depende de la composición de la masa pétre a, sino de las circunstancias atmosféricas que las rodean y de su textura particular. Los estados de porosidad y humedad en que se encuentran influyen especialmente, y así resulta que muchas rocas sedimentarias de esta costa, más que destruidas por las acciones del meteorismo, lo son simplemente por la desagregación de sus elementos como principal motivo. De todas las reacciones señaladas como características de esta zona, la más activa es la hidratación, simultánea muchas veces con la carbonatación, y á ella corresponde también el mayor aumento de volumen; como ejemplo pueden citarse el caolín y la clorita, muy frecuentes en el granito y pizarras verdes respectivamente, y entre las sales de hierro, la limonita y la goetita.

Así como por la acción mecánica del mar los peñascos y cortes del escape diferencian en último caso su dureza, el meteorismo acentúa la textura de los estratos y les da diferentes coloraciones según el avance del ataque; rocas y aun láminas de la misma roca, que se confunden sanas, son muy fácilmente separables cuando están marcadas por el exquisito poder de selección del meteorismo. Algunas pizarras cambrianas, que en corte duro y fresco parecían de aspecto unido y macizo, des-

(1) Estas dos zonas son las que Van Hise, del cual seguimos las ideas, llama zona entera de katamorfismo, dividida en zona de meteorismo y de cementación en su obra clásica *A Treatise on Metamorphism*. A este texto referimos al lector para los detalles sobre esta materia, y en su defecto, al pequeño extracto que de él da el ilustre Ingeniero Sr. Adán de Yarza en sus bien hechos apuntes de Geología.

pués de atacadas se presentan finamente fisibles, estriadas de cintas de colores vivos que contrastan con su monotonía anterior; tales son para nosotros las pizarras multicolores del Postdamiense.

La mica poco marcada en muchas psamitas y pizarras se muestra brillantemente después de meteorizadas.

Aunque ésta es la regla general, hay algunas rocas que desde el principio tienden a cambiar la suya por una estructura particular, y esto es más frecuente en las calizas y masas eruptivas.

Por este procedimiento se destacan muchas veces los fósiles en rocas al parecer homogéneas y de grano fino; ejemplos de esta región son las estrophomenas en carbonatos oolíticos, los trilobites de los filadios de Luarca y los graftolites de las ampe-litas gráficas.

Avanzando el ataque, van quedando en las rocas un número pequeño de minerales, y casi siempre los mismos, las partículas disgregan y guardan difícilmente la alineación de las láminas que las contienen, y su fisonomía, antes acentuada, empieza a perderse; sin embargo, la película exterior, como una mascarilla, no acusa en algún tiempo la pérdida de la primitiva textura de la roca, y todos recordamos cómo a un pequeño golpe se hunde el martillo en una masa ya desagregada y de poca diferenciación en sus láminas; el fenómeno no es exclusivo de las pizarras y rocas sedimentarias, hay bloques de granito que pasan a caolín sin perder aparentemente su estructura.

En resumen, este mecanismo que exalta al principio la anatomía de las rocas, termina por destruirla y desvanecerla al final de su acción.

Las variaciones de la esencia de las rocas ante los agentes meteoricos, no son más que la aplicación de la ley natural de defensa contra la fuerza constante y niveladora de la gravedad. Pero estos estados de defensa son tan importantes en Geología para el estudio de los criaderos minerales y para evitar confusiones en las dominaciones y en la misma clasificación, que a nuestro entender obligarán a una verdadera revisión, para organizar el metamorfismo con una gran patología de las rocas que permita seguir paralelamente sus estados sanos y atacados.

Definida esta zona como la superior al nivel hidrostático, hemos de considerar que toda la banda costera que estudiamos está comprendida en ella, pues la mayor parte de las abundantes fuentes que se ven en los acantilados, quedan en pleamar ocultas por la marea.

Las reacciones características de esta parte de la corteza terrestre, se cumplen merced a la facilidad con que se ponen en contacto todas las porciones de las rocas con el oxígeno, anhídrido, carbónico y ácidos orgánicos, que conducidos con otros elementos activos por las aguas de lluvia, penetran por los poros y abundantes litoclasas hasta alcanzar el nivel hidrostático, después de haber cedido parte de su agua y principios en estas operaciones de destrucción. El agua meteórica no cumple, respecto a las rocas, solamente con servir de vehículo a los materiales de ataque, sino que también arrastra mecánicamente o disuelve las porciones y elementos que para ello ya están preparadas por las reacciones anteriores; a esto es debido que a pesar del aumento de volumen que representan las oxidaciones e hidrataciones, quede la zona esquilada y con poca variedad de materiales.

El ataque, siempre considerable en la banda del meteorismo, está acentuado en esta región por las copiosas precipitaciones, vientos dominantes y orientación de la costa.

En las comarcas que como ésta son bastante húmedas, se calcula que cerca del 50 por 100 de las aguas que recibe recorren o verifican su trabajo en la capa de meteorismo.

La circulación, efectuada en su mayoría de casos en cavidades e intersticios capilares, se convierte en una a modo de reptación del líquido, determinada por la gravedad, presión hidrostática, capilaridad y atracción molecular. Dentro de las condiciones del meteorismo, hay que tener también en cuenta la perioricidad a que diariamente y en el año están sometidas, no solamente las precipitaciones, sino la temperatura, presión, vegetación, régimen de vientos y todos los demás factores secundarios que intervienen en el ataque.

La lentitud de la circulación, además de favorecer las reacciones y las precipitaciones, sufre variaciones concéntricas de actividad y velocidad en rocas que sirven de un medio homogéneo por su uniformidad o condiciones de composición. Es-

tos niveles concéntricos oscilan á su vez con las alteraciones diarias, estacionales y anuales, activando, retrasando ó suspendiendo con cierto ritmo sus reacciones peculiares, las cuales, debido á esta constante movilidad, irán cambiando de la periferia al centro, su lugar de cumplirse. A este mecanismo, sobre el que insistiré en otras ocasiones, es al que atribuyo la forma de envoltentes concéntricas, comparables en cierto modo á la capas de liber que suelen presentar algunas rocas (granito, algunos minerales de hierro, etc.).

Para aclarar lo anterior, podemos fijarnos en que, por la abundancia y frecuencia de las lluvias, hay épocas largas en esta región en que las rocas guardan el agua hasta cierto nivel, y, por consiguiente, no reciben la de nuevas lluvias más cargadas de oxígeno, teniendo que paralizar ó disminuir la oxidación que habian comenzado con más intensidad, y que reanudarán más enérgicamente cuando, estando seca por completo, reciba la roca nueva porción de agua meteórica. Ejemplo bien conocido es la llamada agua de cantera, que al evaporarse deposita las sustancias que lleva disueltas, cementando los granos de la superficie y endureciendo la roca.

Como se ve, estas formaciones son muy diferentes, y se suelen distinguir fácilmente de las zoneadas en costras por depósito químico alrededor de un núcleo (silice, minerales de hierro, calizas, etc.).

Dentro de los agentes del meteorismo, también figuran las acciones animales y vegetales que pueden tener su importancia, sobre todo en su forma inferior de algas y bacterias, respecto á las precipitaciones; esto parece confirmarse en las preparaciones microscópicas de algunos minerales de hierro, semejantes á los de esta región, que contienen tubícolas fosilizadas (*Girvanella*) (1).

Según Van Hise, las aguas meteóricas van cargadas de sales y ácidos en su trabajo en esta forma:

Sales de las bases sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro y aluminio. Ácidos carbónicos, clorhídrico, nítrico, hidrógeno sulfurado, sulfúrico, fosfórico y silícico coloide; también están presentes los sulfuroso, nitroso y algunos orgánicos.

(1) L. Cayeux, *Minerais de fer primaires*.

En algunas ocasiones los ácidos orgánicos parecen tener papel más importante que el asignado por Van Hise en la nota anterior, como vehículos del hierro, cobre y manganeso (formación de crenatos, dendritas, etc.).

Con gran diferencia los elementos dominantes y más activos son el ácido carbónico y el oxígeno.

Las siguientes palabras del Sr. Adán de Yarza describen concisa y claramente parte de las acciones químicas generales: "Por la acción del agua meteórica cargada de ácido carbónico que se infiltra en el terreno los silicatos se alteran, dando origen á los silicatos hidratados de alúmina (caolín) y á carbonatos de cal, magnesia, sosa y potasa, que siendo más ó menos solubles, son en gran parte arrastrados por las aguas y van á parar al mar. El carbonato de sosa es el que más fácilmente emigra. Las sales de potasa son retenidas más tiempo en las tierras arcillosas y son absorbidas por las plantas. Los carbonatos de cal y magnesia, mucho menos solubles, subsisten más tiempo en las rocas, pero al fin son también arrastrados al mar ó se infiltran en el terreno. En estas descomposiciones de los silicatos queda una parte de sílice libre ó de ácido silíceo coloidal. La descomposición de los feldespatos origina caolín y carbonato cálcico cuando contiene cal (plagioclasas), además de los carbonatos alcalinos arrastrados por las aguas; pero la transformación del caolín suele verificarse por el intermedio de la mica blanca, muscovita ó sericita, minerales que contienen alguna cantidad de agua y resistiendo á la descomposición, se encuentran en laminillas muy tenues en muchas rocas eruptivas."

El ataque de la mica blanca por aguas con ácido carbónico se ha comprobado experimentalmente por Johnstone, y en nuestra costa tenemos un caso con parte de los caolines de Burela.

Los silicatos que se descomponen con más facilidad son los feldespatos, piroxenos, anfíboles y micas; en su ataque presentan dos grados de alteración: en el primero quedan como derivados estables el caolín, serpentina, clorita, vermiculita, zeolitas, hidrargilita (hidrosilicatos), cuarzo y el grupo del óxido férrico, pero si la descomposición avanza, los compuestos anteriores se desdoblán y al final quedan convertidos en cuarzo,

hidróxidos de hierro y las formas más sencillas de la magnesia; entre tanto, se verifica la emigración de los carbonatos. Las distintas formas del hierro en último caso siempre llegan á convertirse en óxidos hidratados.

Las calizas se disuelven casi completamente por la acción continuada del agua meteórica dejando un residuo arcilloso rojizo; sin embargo, las disoluciones regeneran en nuevos depósitos por precipitación el carbonato arrastrado; Merrill calcula que, á proporción, la mayor pérdida por meteorismo está dada por las sales alcalinas y la caliza.

La precipitación es fenómeno también bastante frecuente en esta zona; se verifica generalmente por reacción entre dos disoluciones ó entre una disolución y una sal sólida, aunque también puede originarse por variaciones de presión ó temperatura en la misma disolución; los casos más frecuentes los dan la caliza y el hierro formando travertinos y exhudaciones.

Después de estas breves ideas generales y para exponer algún caso particular de la región que estudiamos, es necesario al mismo tiempo describir sucintamente y en sus caracteres puramente macroscópicos los tramos principales que integran la costa.

Las rocas y tramos más aparentes en la costa, son: granito, pizarras verdosas, calizas cristalinas y cipolinos, pizarras cambrianas (grano grueso), cuarcitas ordovicenses y filadios silurianos y cambrianos; en este último grupo incluiremos los minerales de hierro y las ampelitas.

**Granito.**—La parte de granito que hemos encontrado en la costa pertenece á una mancha eruptiva que se extiende entre Vivero, Foz, Mondoñedo y el Gistral, los límites de la cual, salvo pequeñas rectificaciones, están bien marcados en el mapa geológico.

Aunque aislada esta mancha entre terrenos paleozoicos y agnostozoicos forma ya parte del gran macizo gallego, al que se atribuye la enorme resistencia encontrada por la ola herciniana y que devuelta en una reacción enérgica de O. E. formó la ley á que obedecen los plegamientos y buzamientos isoclinales de parte de Galicia y Asturias.

La gran denudación que horizontalmente marca el macizo

granítico hace suponer una mayor altura en los montes que cubriesen ese inmenso batholito, pues el derrubio de las alturas sería proporcional á la planta que hoy presenta. Sin embargo, teniendo en cuenta 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 N. O. del macizo; su relieve é hidrografía complicados y laberínticos dan ocasión á una observación atinada por parte del Sr. Hernández Pacheco (1). "Indican estas montañas —dice este geólogo— un origen erosivo, siendo en gran parte resultado del estado de penillanura hacia el cual avanza la región.,"

El límite oriental de esta mancha granítica está dado aproximadamente por la ría de Foz y río Masma hasta Mondoñedo, y es el arranque de la línea que sirve al Sr. Hernández Pacheco para separar su primer región natural "Galaico-Duriense, de la segunda "Astúrico-Leonesa,. Acerca de ella haremos una indicación volviendo más adelante al hacer nuestro corte sobre su trabajo de síntesis, al que consideramos sumamente meritorio dada la escasez en nuestro país de obras que aclaren los grandes problemas geológicos sobre la formación de la Península.

En el detalle sobre las dos regiones Asturiana y Gallega, para separarlas, se vale este geólogo de una línea de división jalonada por depósitos cuaternarios y terciarios; su itinerario es por la ría de Foz hasta alcanzar la marcha diluvial de Mondoñedo que supone enlazada con los depósitos terciarios de Monforte. Esta línea, imaginada en una depresión, sirve realmente para establecer el límite del macizo gallego, pero se descompone naturalmente en dos hondonadas muy desiguales en longitud: la ría de Foz que penetra por el arroyo profundo de Valiña d'Ares hasta el pie del alto de Sardonigas y Cordal de Neda, y la cuenca de depósitos terciarios que llegaron á Monforte y Lugo por los valles que vierten aguas al Miño. Esta separación queda demostrada con sólo recorrer la parte llana de la costa, sembrada de delgados depósitos pliocenos que formaron una lámina sin solución de continuidad con los que tuvieron entrada por la ría de Foz, mientras que bajando desde Monforte por el

(1) *Ensayo de síntesis geológica del Norte de la Península Ibérica.*



Miño se llega á los sedimentos terciarios de la desembocadura de este río, señalados por el mismo Sr. Pacheco.

El tipo de este granito pertenece al llamado común ó normal, y únicamente hacia la Roncadoira, cerca de unas capas del estrato cristalino dispuestas como enclaves sobre el granito, tiene presentación de elementos gruesos. El cuarzo es gris y está dispuesto irregularmente en los espacios que dejan los feldespatos y las micas; siempre tiene poco desarrollo, á no ser en forma de filoncillos que cruzan la roca eruptiva ó acompañando á la turmalina.

Generalmente no lleva más que mica negra que algunas veces en los bordes tiene una coloración verde como de tránsito á clorita. En las proximidades de Lago hemos visto dominar sin embargo la mica potásica dispuesta á veces en pilas de laminillas que por su sección más recordaban á un cristal de Ortosa (1). Tanto la biotita como la mica blanca alcanzan láminas de más de tres centímetros de anchas en el granito de elementos gruesos.

La hialo-turmalina es poco frecuente, llegando á tener más de siete centímetros los agregados cristalinos de este último mineral.

De feldespato no se descubre con seguridad y á simple vista más que el ortosa de un color más ó menos rosado; en el grueso, algún cristal casi entero y contadas maclas de Carsbald. Las superficies de estos elementos de más tamaño tienden en ocasiones como á una exfoliación para alterarse en muscovita. Aunque suponemos derivada la mica potásica en la mayoría de los casos del ortosa por descomposición en cuarzo y mica, no se podría afirmar esto de un modo exclusivo, pues en alguna otra parte del macizo quizá sea un elemento esencial.

Desde los acantilados orientales de la ría hasta cerca de San Miguel corren al hilo de la costa varios dikes de pórfidos cuaríferos que verosíblemente serán apófisis de la masa eruptiva; no se distingue en ellos ninguna porción de elementos gruesos sino pequeñas puntas de cuarzo, y parecen haber sufrido poco la acción meteórica.

En la parte de Rinlo asoman en varios sitios las dioritas,

(1) Greissen.

generalmente bastante caolinizadas, y en la misma zona hay numerosos filoncillos de cuarzo con clorita, al desarrollo de la cual han podido contribuir los elementos ferromagnesíferos.

De numerosos ensayos verificados en los Estados Unidos se deduce que las rocas eruptivas pierden en su meteorización del 60 al 70 por 100 de la potasa, sosa, cal y magnesia que antes



San Miguel.—Dike de pórfido cortando los pliegues.

contenían. La pérdida de sílice llega con frecuencia á cerca del 50 por 100, y hay que suponer que la mayoría de esta sílice será separada en disolución, pues la coloide de los silicatos recién carbonatados es la que mejor se disuelve.

De óxido de hierro pierden las rocas eruptivas cantidades sumamente variables que suelen pasar del 40 por 100; el hierro se disuelve muy irregularmente y de preferencia en la forma ferrosa.

En la descomposición de los feldespatos se produce silicato hidratado de alúmina y carbonatos de potasa ó sosa y cal si son plagioclasas; estos carbonatos, según hemos indicado, terminan

generalmente bastante caolinizadas, y en la misma zona hay numerosos filoncillos de cuarzo con clorita, al desarrollo de la cual han podido contribuir los elementos ferromagnesíferos.

De numerosos ensayos verificados en los Estados Unidos se deduce que las rocas eruptivas pierden en su meteorización del 60 al 70 por 100 de la potasa, sosa, cal y magnesia que antes

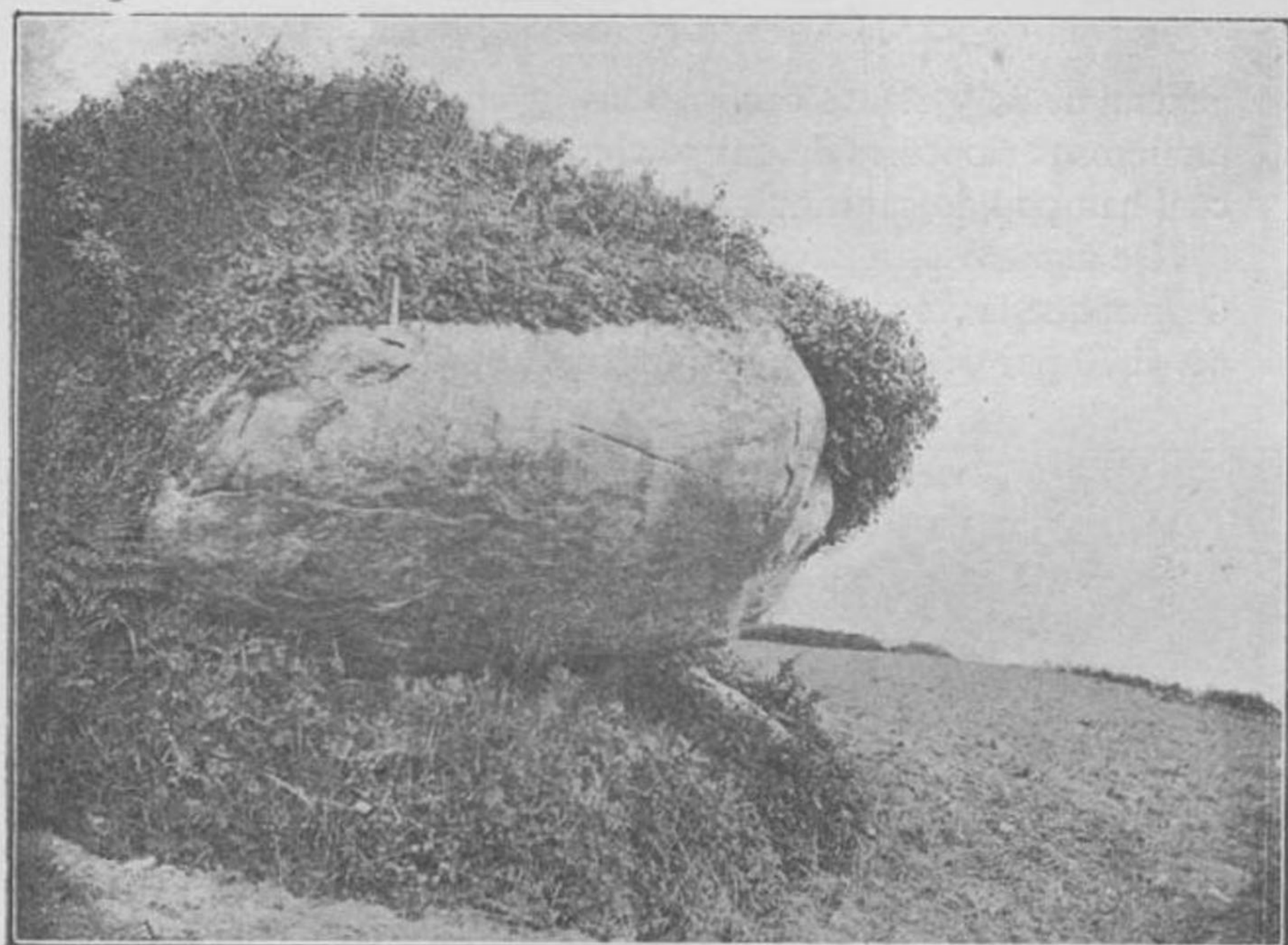


San Miguel.—Dike de pórfido cortando los pliegues.

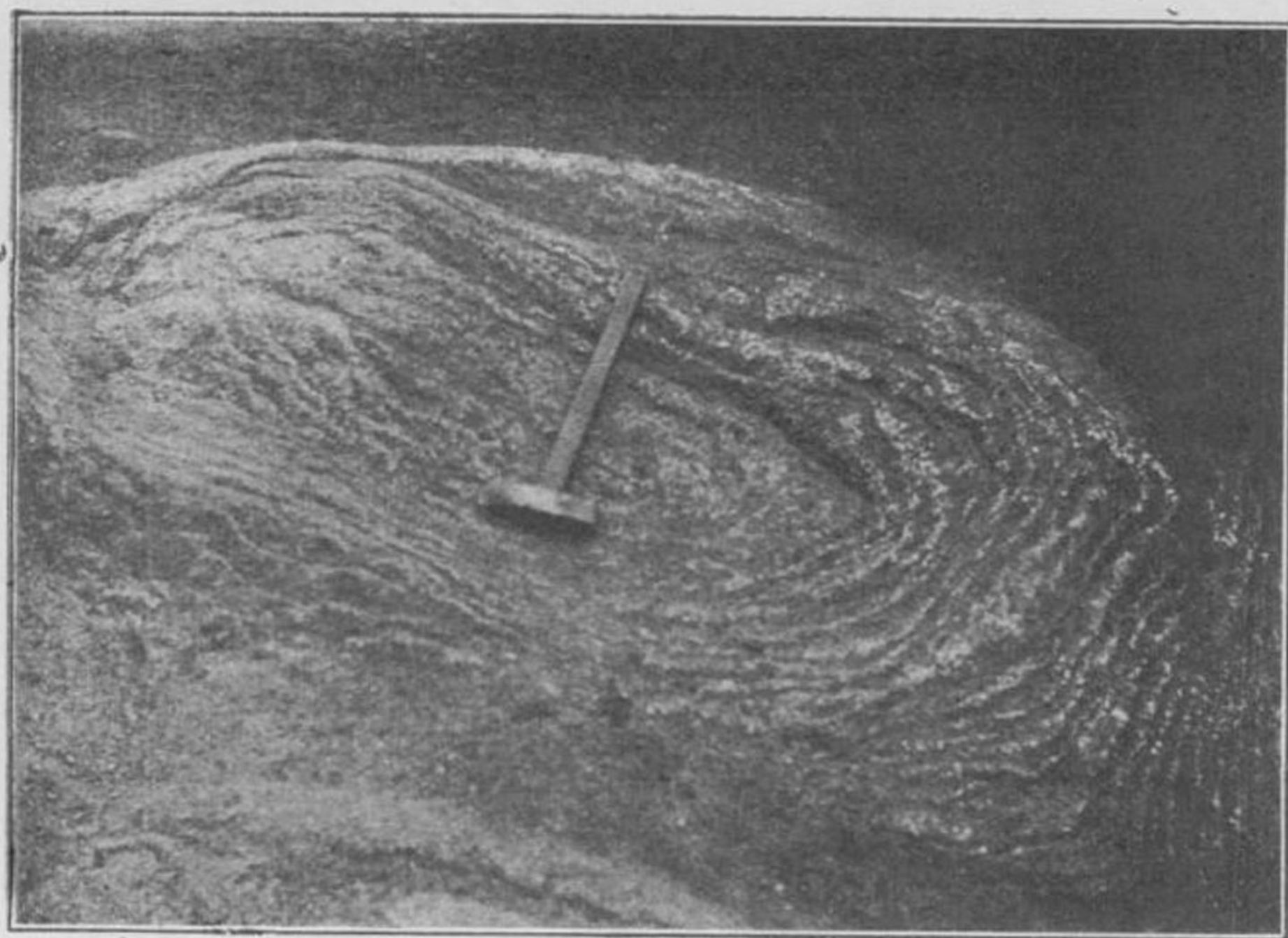
contenían. La pérdida de sílice llega con frecuencia á cerca del 50 por 100, y hay que suponer que la mayoría de esta sílice será separada en disolución, pues la coloide de los silicatos recién carbonatados es la que mejor se disuelve.

De óxido de hierro pierden las rocas eruptivas cantidades sumamente variables que suelen pasar del 40 por 100; el hierro se disuelve muy irregularmente y de preferencia en la forma ferrosa.

En la descomposición de los feldespatos se produce silicato hidratado de alúmina y carbonatos de potasa ó sosa y cal si son plagioclasas; estos carbonatos, según hemos indicado, terminan



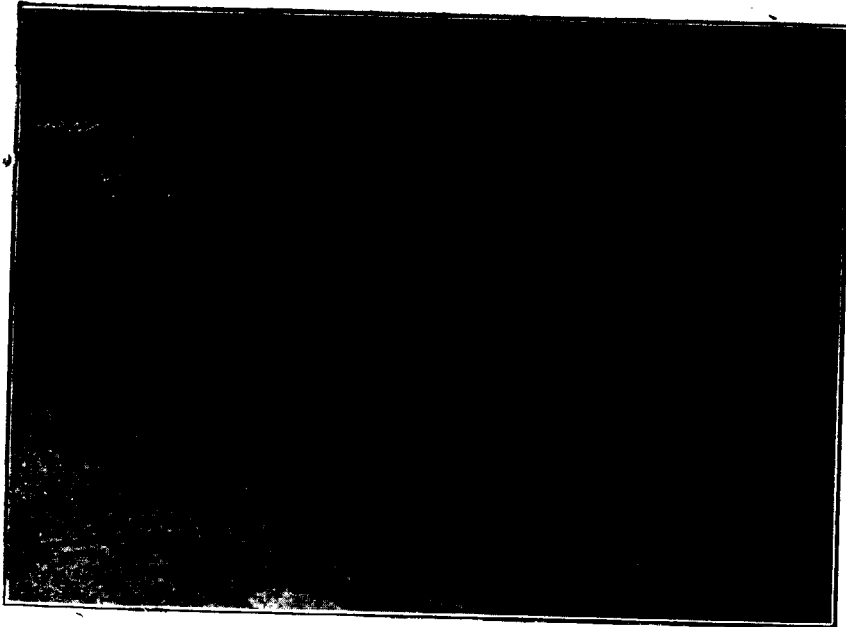
Monte Faro.—Bola de granito.



Portocelo.—Descomposición del granito en capas.

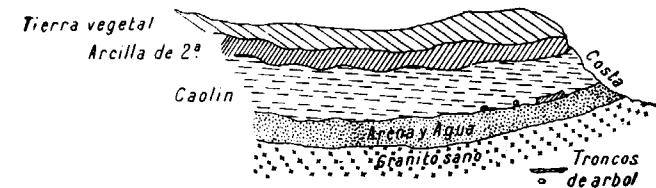


Monte Faro.—Bola de granito.



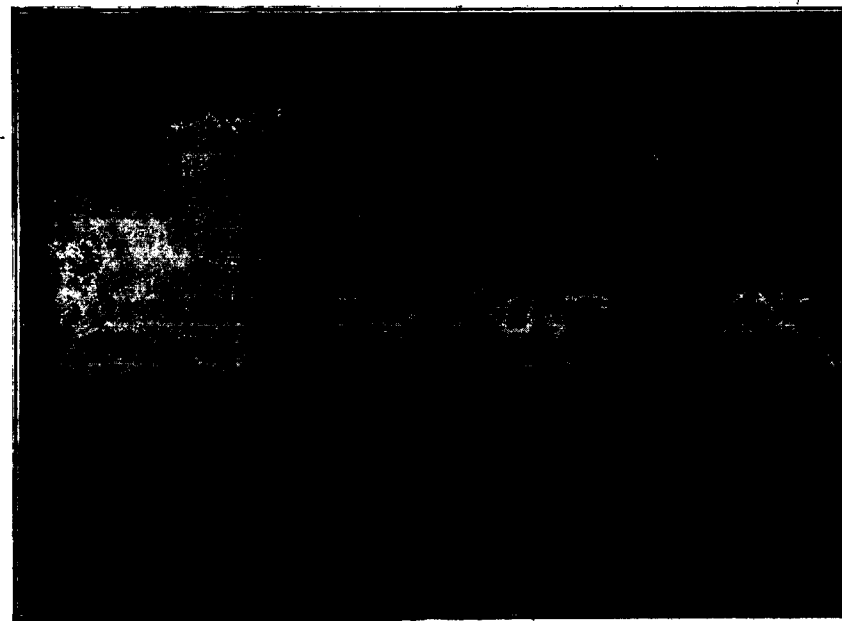
Portocelo.—Descomposición del granito en capas.

por desaparecer y queda concentrado el caolín. Esta reacción, que se verifica en el ataque del granito, tiene maneras bien distintas de manifestarse según que los bloques en que se la considere estén colocados sobre la superficie y sitios de fácil desagüe ó incrustados en la masa en condiciones de retener las aguas. En el primer caso los granos de cuarzo que quedan sueltos son arrastrados mecánicamente, con lo que los bloques se van redondeando, y esto unido á su colocación sobre roca idéntica hacen que no se pueda decidir con facilidad sobre el origen glaciario de estas grandes bolas suspendidas en las laderas con toda la apariencia de cantos erráticos. Cuando las aguas circulando entre las litoclasas que lo dividen en bloques irregulares están en condiciones de infiltrarlos, desagregan sus elementos y concentran los similares formándose envolventes de granos de cuarzo, de mica y de feldespato ya caolinizado. Con interrupción y renovación en la marcha de estas aguas se van produciendo capas bien distintas con sus elementos arreglados de la misma manera, la forma de los cuales se hace cada vez más redondeada, suavizándose y esfumándose la figura exterior y primitiva del bloque, á la que son concéntricas las demás superficies envueltas. Si conseguido el ataque hasta el núcleo continúa el fenómeno, se produce en una segunda y lenta fase la preparación mecánica de los granos de cuarzo, caolín de los feldespatos y pajuelas de mica que más adelante terminarían por dar lugar también al silicato hidratado de alúmina. Puede verse esta formación cerca del cabo Burela, de donde extrae su primera materia una fábrica de ladrillos refractarios; en el croquis indica la disposición de las capas en explotación. Sin duda hubo en dicho sitio una depresión que sirvió de fondo á una laguna, circunstancia favorable á la descomposición y arreglos de los distintos materiales; la vegetación desarrollada en las proximidades pudo ayudar á estas operaciones. Parecen



indicar esta hipótesis la gran cantidad de agua en la capa de arena y los troncos de árbol que se encuentran en ella. La llamada arcilla de 2.<sup>a</sup> es una masa de hojuelas de mica; el caolín recién arrancado es gris y se endurece y pone blanco al secarse.

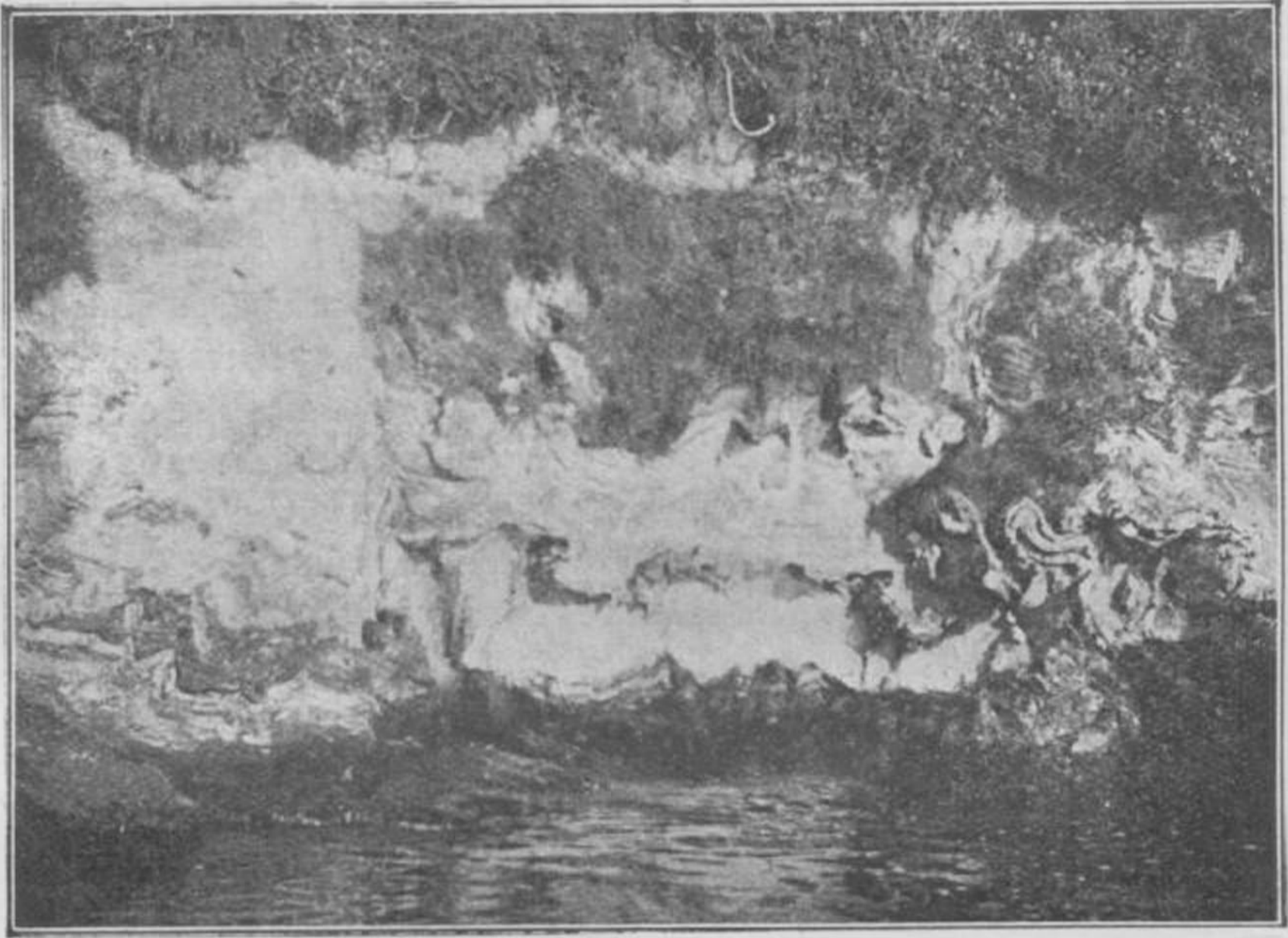
**Pizarras verdosas.**—Estas pizarras son á las que Mr. Chr Barrois asignó la base de las formaciones paleozoicas en Asturias y Galicia, llamándolas pizarras de Ribadeo. Según el cuadro de clasificación del cambriano del mismo geólogo, sobre ellas descansa en Galicia el tramo de la caliza de paradóxides con lechos pequeños é irregulares de mineral de hierro, tramo que á su vez está soportando á unas pizarras verdosas de *grano grueso* que forman su tramo A, ó sea el vértice del cambriano. Como se ve, la repetición de la palabra verdosa se presta á confusiones que son aumentadas al ver que en su parte litológica las únicas pizarras que describe, tomando como ejemplo las de la villa de Ribadeo, son las *Schistes grossiers quarseux (del terreno cambriano)*; denominación que sin ser igual á ninguna de las dos parece más bien ajustarse á las *Schistes verdâtres grossiers* por el factor común de la palabra *grossiers*, ó lo que es igual, las *Schistes grossiers quarseux* serían equiparadas por el nombre á las de la parte alta del cambriano, caso en el cual no se justificaba el clasicismo de la denominación “pizarras de Ribadeo,” dado al tramo inferior del cambriano, cuando en aquella villa se encontraban otras pizarras típicas que por un carácter saliente merecían un adjetivo igual al aplicado á las del tramo superior del cambriano; es superfluo observar que si la descripción de las *Schistes grossiers quarseux* se ajusta á las pizarras inferiores, tendríamos que los dos tramos serían realmente *Schistes verdâtres grossiers*. Estas “pizarras de Ribadeo,” (tramo inferior) que el Sr. Barrois en su corte llama “Cambrianas,” les ha sido también aplicado el nombre de “precambrianas,” para dar á entender que estaban situadas inferiormente al tramo del cambriano medio que es el más generalizado en España. En resumen, las diferentes palabras usadas para nombrar á estas pizarras han dado lugar á una confusión aparente en su nivel que variaba del precambriano al cambriano superior. No se comprende tampoco el por qué de la adopción por el Sr. Barrois del título de “pizarras de Ribadeo,”



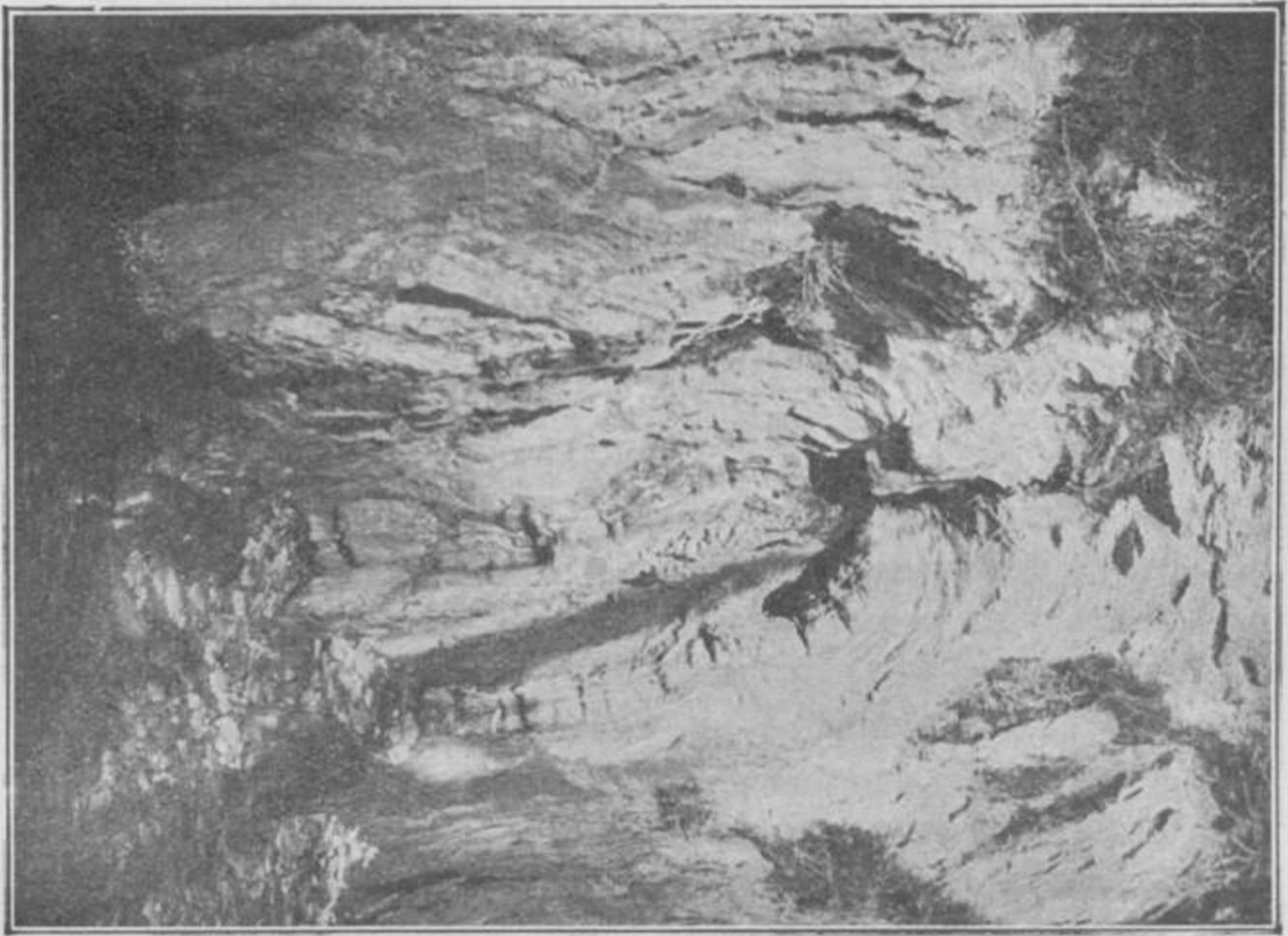
Liñeira.—Pizarras de Castropol (verdosas).



Liñeira.—Pizarras de Castropol (verdosas).



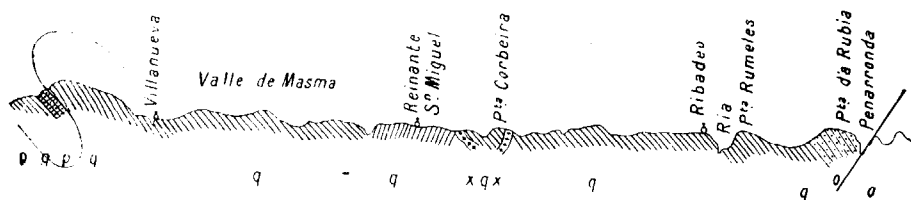
Liñeira.—Pizarras de Castropol (verdosas).



Liñeira.—Pizarras de Castropol (verdosas).

pues al empezar su corte por esta ría reconoce que se ve "un corte importante de la parte superior del sistema cambriano," y en la parte que encuentra mejor caracterizadas las pizarras verdes cambrianas es en la ensenada de Castropol, donde realmente tienen una hermosa presentación en caprichosos pliegues con las calizas de la Vega. En cambio, á las pizarras de la villa de Ribadeo dice que son verde claras con bancos de cuarcita y reconoce que en esta orilla izquierda no se encuentra ni la fauna primordial ni las calizas de la Vega; es decir, los horizontes que categóricamente podían determinar un nivel.

Además el color verde es más bien raro y poco pronunciado en las pizarras de esta villa, y si no fuese porque todo el tramo desde Villanueva á Penarronda lleva en su corte la misma letra *q* con que señaló "á las pizarras de Ribadeo," creería que



CORTE DE LA COSTA DE LUGO, SEGUN BARROIS

- o*, Arenisca de cabo Busto, con scolithus.
- p*, Calizas y pizarras de la Vega, con paradoxides.
- q*, Pizarras de Ribadeo.
- x*, Rocas eruptivas.

se trataba de una confusión de nombre de un pueblo en la libreta de campo y que lo que quiso escribir fué "pizarras de Castropol," denominación con la cual se podrían nombrar justificadamente y sin perder el nombre español estas pizarras del Georgiense.

Ya hemos intentado demostrar en el capítulo de orogenia que las pizarras de la Villa de Ribadeo pertenecían á la parte alta del cambriano, mientras que estas pizarras de que ahora hablamos y que tan bien desarrolladas están en Castropol, son por el contrario de la base del cambriano. No insistiremos en esta cuestión geológica hasta hacer nuestro corte.

En dos sitios se presentan estas pizarras inferiores; desde cerca de San Miguel á Foz y en la ensenada de Liñeiras y Castropol. En los dos sitios tienen un color verde bien marcado y van enlazadas con capas de caliza. Algo más alejado de la costa hay también un sitio clásico en donde las pizarras y las calizas se presentan con grandes espesores; es desde Trabada al Valle de Lorenzana atravesando por el monte.

En la facies de Castropol, las pizarras son más bien arcillosas con brillo en algunos puntos de calíferas, son bastante fisibles y están rizadas en rapidísimos pliegues. Las de San Miguel son placas mucho más duras y silíceas con láminas de clorita, mineral que quizá con la sericita, en algún caso, da casi siempre el color á estas pizarras; en uno y otro con lente fuerte se aprecian los elementos aplastados y unidos que las forman. Algunas de San Miguel miradas en corte transversal parecen psamitas por las laminillas de grano de cuarzo que tienen. Cuando en estas pizarras queda al descubierto en la erosión una de sus delgadas hojas de clorita, como está en forma de hojuelas, va siendo arrancada más que atacada por los agentes meteóricos, y al ir quedando la pizarra limpia de la clorita hay un momento en que la lámina de aquel mineral queda reducida á lengüillas y laminitas estrechas y de muy variadas formas que le dan un aspecto muy marcadamente fosilífero como de pistas ó tallos inferiores; sin embargo, en la superficie del mismo estrato, poco más allá, vuelve la hoja entera de la clorita cristalina.

La posición de este mineral secundario en los estratos está positivamente influenciada por el metamorfismo de los numerosos diques de pórfido cuarcífero que los cortan y quizá por la proximidad de las dioritas. Metamorfismo indudable en algunos estratos por las falsas mazclas que marcan las concentraciones de *pigmentum* carbonoso.

En las de San Miguel y Cabarcos hay sitios en que el color se atenúa y parecen filadidos verdoso-azulados. Con este motivo recordamos una atinadísima observación del Sr. Barrois; dice este eminente autor que no ha encontrado gran relación entre la clasificación litológica de las pizarras y su edad.

El trabajo del meteorismo sobre las pizarras de que nos ocupamos parece tanto de disgregación como de ataque químico.

co; además de las reacciones propias de la zona, se manifiesta con importancia la oxidación de los compuestos de hierro, lo que á más de alterar la coloración y preparar una mayor porosidad, lleva aparejada una serie de precipitaciones en las lito-clasas ó en las caras de la roca de las sales en forma férrica anhidra ó hidratada más frecuentemente. Las disoluciones suelen efectuarse sobre las sales ferrosas que son más dominantes en el interior de estas pizarras. Al final de un ataque avanzado, la disgregación y porosidad es grande, la clorita desaparece y quedan las pizarras ásperas, sueltas y amarillentas (1).

**Calizas.**—Esta roca, dispuesta generalmente en grandes lentejones, constituye diversas corridas que con bastante regularidad fajean el cambriano de Galicia y Asturias.

El nivel que determina es de una gran importancia; primero, por su constancia, y segundo, por ir unida en algunos sitios á la fauna del cambriano medio.

Esta roca tiene presentaciones en lechos delgados, intercaladas entre las pizarras verdes de la base del cambriano en la ensenada de Castropol y en los acantilados de San Miguel y San Cosme; en capas de gran potencia hacia Cabarcos, y en una masa grande sin estratificación marcada en Penarronda, representando este último caso un resultado del meteorismo.

En tiempo y grandes masas de agua es muy soluble, lo que unido á su facilidad en metamorfizarse, la hace singularmente apta para ofrecer innumerables facies como dolomítica, en cipolinos con lechos delgados arenosos en su masa y en grandes romboedros, aspectos todos ellos apreciables en las corridas Penarronda á Vilivedelle, San Miguel, y la Espiñeira á Cabarcos.

Su estructura cristalina es constante, variando únicamente el tamaño y color de los cristales; este hecho se ha explicado por la recristalización posterior á su depósito é influida por la acción de masas eruptivas próximas ó que á través de grandes espesores transmitían su acción metamórfica; los restos orgánicos desaparecían en la nueva textura de la roca. No se com-

(1) Muy frecuentemente quedan descompuestas en forma de escamillas muy sueltas y en las que parece dominar la sericita.

prende sin embargo el por qué de la igualdad en la acción metamórfica cuando el granito está en su proximidad (Mondofredo) ó separado por algunos quilómetros (La Vega) ó en un batholito inferior.

Nosotros pensamos que un fenómeno tan general debía ser explicado también por causas generales, y entre las que de este modo hayan afectado la región, ninguna lo es tanto como el metamorfismo dinámico, grabado de un modo firme y constante en la pizarrosidad de los sedimentos; las experiencias de Adams y Nicolson reproduciendo por enérgicos medios mecánicos y de calor en placas de calizas y mármoles las texturas que tienen en regiones muy metamorizadas, parece confirmar nuestra afirmación.

Sin embargo, no puede negarse que en alguna parte de las corridas hay señales por lo menos de metamorfismo regional y se da este caso cuando en el mismo asomo de caliza (Veiga de Logares, lejos de la costa) van unidos cristales que, como los del grupo scapolitas, requieren un mineralizador que se supone procedente de emanaciones, hierro micáceo (producido experimentalmente por Senarmont, accionando á gran temperatura cloruro férrico y carbonato cálcico) y cristalinos de piritas de hierro y cobre.

Las recristalizaciones posteriores á su depósito pueden provenir también de las constantes disoluciones y precipitaciones por la circulación de aguas; pero aquí que la transformación á cristalina es completa, creemos indudable la intervención de la acción mecánica.

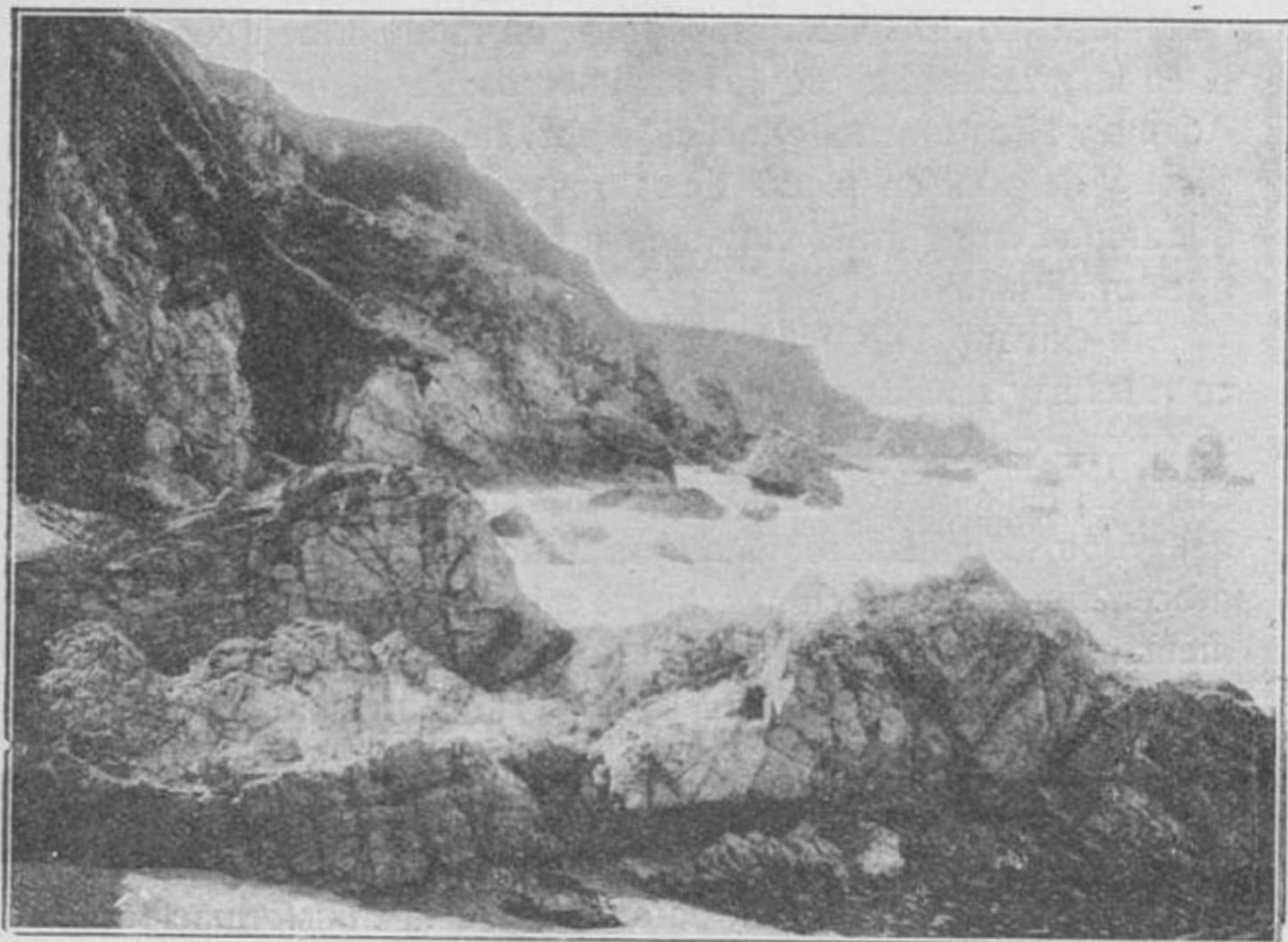
La dolomitización de algunos de estos lentejones de caliza debe originarse por una substitución de magnesia suministrada quizá por la descomposición de los silicatos originales ó secundarios; parece esto más lógico que suponer una concentración de la magnesia originaria por disolución de la caliza, pues además de que podrían resultar caries en la roca (y es unida), habría que investigar cómo tenía primitivamente aquel mineral; la disposición en lentejones de la caliza parece excluir el origen marino de la magnesia.

La presencia de los sulfuros va acompañada en algún caso con pequeñas cantidades de yeso (San Adriano) procedentes de la oxidación de las piritas y un doble cambio.



La exfoliación fácil de los cipolmios en láminas de pocos centímetros es debida á las láminas de mica potásica interpuesta; es un caso localizado de metamorfismo (Mondoñedo)-

Los colores son muy variables: blanco, amarillento, rosa, azul y gris ó gris azulado, que es el más frecuente. Los colores deben proceder de la época de recristalización, y tienen su ori-



Penarronda.—Acantilado O. de caliza en la playa de este nombre.

gen casi siempre en las sales de hierro ó materias carbonosas.

En algunos asomos de esta roca (Meira) se ven lentejones delgados y planos de arcilla roja interpuestos entre sus capas, y nódulos de esta arcilla en su misma masa; en ambos casos representan eliminación de residuos en las disoluciones.

En Penarronda los bancos potentes de caliza han tomado un aspecto particular por los agentes meteóricos. Unidas las acciones mecánica y química del agua del mar y de lluvia, ahondan las numerosas litoclasas de la roca que la dividen en bloques irregulares y redondean las superficies y aristas de éstos; con la disolución van saliendo al aire las puntas de los

La exfoliación fácil de los cipolmios en láminas de pocos centímetros es debida á las láminas de mica potásica interpuesta; es un caso localizado de metamorfismo (Mondoñedo)-

Los colores son muy variables: blanco, amarillento, rosa, azul y gris ó gris azulado, que es el más frecuente. Los colores deben proceder de la época de recristalización, y tienen su ori-



Penarronda.- Acantilado O. de caliza en la playa de este nombre.

gen casi siempre en las sales de hierro ó materias carbonosas.

En algunos asomos de esta roca (Meira) se ven lentejones delgados y planos de arcilla roja interpuestos entre sus capas, y nódulos de esta arcilla en su misma masa; en ambos casos representan eliminación de residuos en las disoluciones.

En Penarronda los bancos potentes de caliza han tomado un aspecto particular por los agentes meteóricos. Unidas las acciones mecánica y química del agua del mar y de lluvia, ahondan las numerosas litoclasas de la roca que la dividen en bloques irregulares y redondean las superficies y aristas de éstos; con la disolución van saliendo al aire las puntas de los

granos y cristalitas de cuarzo, y como las caras de los bloques se defienden más de la erosión con estos obstáculos, resulta todo el asomo de superficie más bien rugosa, lo que unido á su presentación hace que se pueda confundir con alguno de los frecuentes crestones eruptivos, bastante caolinizados y con cristales de cuarzo, que se intercalan entre las capas cambrianas.

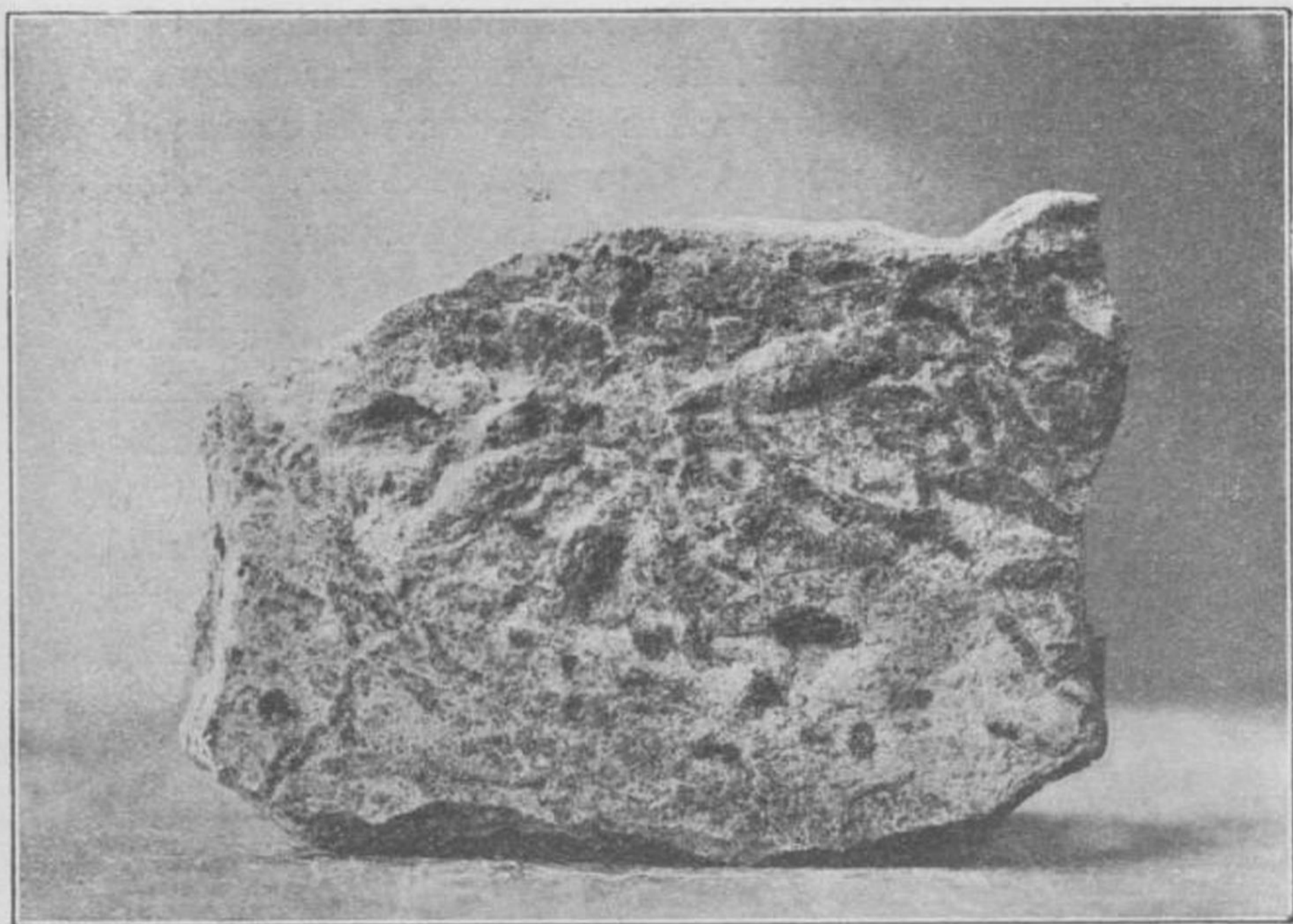
Parte de la caliza disuelta por la circulación de las aguas meteóricas se vuelve á precipitar en forma de travertinos ó en cristallillos relleno de cavidades. Los delgados travertinos rosáceos que tapizan algunos pocillos de las rocas del cordón litoral proceden de la caliza que siempre tiene el mar, cedida por repetidas evaporaciones en estas pequeñas cuencas.

Sobre la caliza, en algunos sitios, como Vega de Ribadeo, encima del carbonato hay una arcilla fina, rosada, amarillenta, verdosa, que es la que encierra la fauna primordial; los restos son muy abundantes, dominando los paradóxides y conocoryfeos. En otros sitios, como Andina, no hemos encontrado los fósiles en esta arcilla superior; en las corridas más occidentales está poco representada aquella arcilla, y sobre la caliza se disponen pizarras calíferas y cuarcitosas con señales de pistas ó algas inferiores (Riocabo).

**Pizarras cuarzosas.**—Designamos con este nombre las *Schistes grossiers quarseux*, de Barrois. Estas pizarras, de las cuales el carácter más marcado es lo grueso y cuarzo de sus elementos, se extienden por buena parte de la costa de Asturias y Galicia, teniendo bastante desarrollo en las dos orillas de la ría de Ribadeo. Están formadas principalmente por granos de cuarzo grueso, discernibles á veces á simple vista y enlazados por pajuelas de mica, especie de cemento, que escaseando ó faltando casi por completo algunas veces, hace pasar la roca á especie de arenisca ó cuarcita.

Estas pizarras, de color amarillento, escasamente verdosas en algún sitio, no tienen caracteres litológicos bien precisos, pues desde lechos delgados bien separables, pasa insensiblemente á psamitas con superficies micáceas ó á cuarcitas de aspecto feldespático en pequeños lisos con varias series paralelas de litoclasas, y que más bien se podrían considerar como areniscas. Alternando en esas diversas presentaciones, forman un

potente macizo que sirve de enlace por sus caracteres entre rocas de sedimentación tranquila, calizas, arcillas y otras de origen detrítico como las cuarcitas. Como carácter genérico á este grupo se puede señalar su aspecto arenoso y de elementos gruesos, que le da una facies muy repetida en ambas orillas de la ría.



*Fucoides graphica* (?).—En una psamita del muelle de Ribadeo.

Las frecuentes cuarcitas, poco potentes y no muy duras de la parte alta de este tramo, son muy utilizadas en toda la comarca para construcción, y en ellas, aunque raramente, se encuentran señales poco precisas de pistas, gusanos ó algas.

En el muelle de Ribadeo he podido recoger un ejemplar que parece de *phucoides graphica*, y otro con señales como de anélidos; en la parte de Seares, al otro lado de la ría, sobre una placa de cuarcita, *foralites*, *pomelli* y *gracilis*.

Los fósiles de las cuarcitas, que quizá no son muy apreciados en las demarcaciones estratigráficas por la poca determinación de su sentido y las grandes discusiones á que han dado

potente macizo que sirve de enlace por sus caracteres entre rocas de sedimentación tranquila, calizas, arcillas y otras de origen detrítico como las cuarcitas. Como carácter genérico á este grupo se puede señalar su aspecto arenoso y de elementos gruesos, que le da una facies muy repetida en ambas orillas de la ría.



*Fucoides graphica* (?).—En una psamita del muelle de Ribadeo.

Las frecuentes cuarcitas, poco potentes y no muy duras de la parte alta de este tramo, son muy utilizadas en toda la comarca para construcción, y en ellas, aunque raramente, se encuentran señales poco precisas de pistas, gusanos ó algas.

En el muelle de Ribadeo he podido recoger un ejemplar que parece de *phucoides graphica*, y otro con señales como de anélidos; en la parte de Seares, al otro lado de la ría, sobre una placa de cuarcita, foralites, *pomelli* y *gracilis*.

Los fósiles de las cuarcitas, que quizá no son muy apreciados en las demarcaciones estratigráficas por la poca determinación de su sentido y las grandes discusiones á que han dado

lugar, los consideramos de importancia en Galicia y Asturias para establecer los límites entre estos primeros sistemas paleozoicos. Hasta ahora, y en esta región, hemos encontrado en el cambriano alto de preferencia los foralites *dubius*, *pomelli*, *gracilis* y *paleochorda*, acompañados rara vez por alguna cruciana



Piñeira.—Filón de cuarzo cortando las pizarras cambrianas.

muy plana (como la *montpeliensis*), mientras que las *furcifera*, *goldfussi*, *prevosti*, *cordieri*, etc., unidas á los *scolithus dufrenoi*, parecen inaugurar los horizontes de la segunda fauna. Sin embargo, estas capas cambrianas son muy poco fosilíferas.

Como las rocas de todo el periodo llevan series de planos

lugar, los consideramos de importancia en Galicia y Asturias para establecer los límites entre estos primeros sistemas paleozoicos. Hasta ahora, y en esta región, hemos encontrado en el cambriano alto de preferencia los foralites *dubius*, *pomelli*, *gracilis* y *paleochorda*, acompañados rara vez por alguna *cruciana*



Piñeira.—Filón de cuarzo cortando las pizarras cambrianas.

muy plana (como la *montpeliensis*), mientras que las *furcifera*, *goldfussi*, *prevosti*, *cordieri*, etc., unidas á los *scolithus dufrenoi*, parecen inaugurar los horizontes de la segunda fauna. Sin embargo, estas capas cambrianas son muy poco fosilíferas.

Como las rocas de todo el período llevan series de planos

de división, lo que, como á los filadios cambrianos superpuestos, da un aspecto rómbico á sus grandes trozos en una cantera; también puede elevarse casi á carácter empírico el gran número de filoncillos de cuarzo que cruzan la estratificación de estas pizarras y cuarcitas.

De Rinlo á Tapia se ven varios diques eruptivos muy atacados por meteorismo, cortando á estas capas ó interestratificando entre ellas.

Estando la intensidad de las acciones meteóricas en relación á la porosidad y al tamaño de los granos de la roca, se comprenderá que la alteración descrita para las pizarras verdes alcance aquí proporciones mayores, y lleguen las pizarras con frecuencia á su facies final de estratos amarillentos, ásperos y con sus granos bien distintos y casi sueltos. El último término es su desgregación más rápida, arrastradas por las aguas.

Esta facies particular, muy repetida en las dos orillas y en la costa, afectando á los dos tramos de rocas, puede ser origen de confusiones si no se conocen la roca sana ó su posición estratigráfica.

Las pizarras amarillentas y arenosas de esta facies también se encuentran algunas veces hacia el interior, pero dominan en la costa por ser, sin duda, más fuertes en ella los agentes meteóricos,

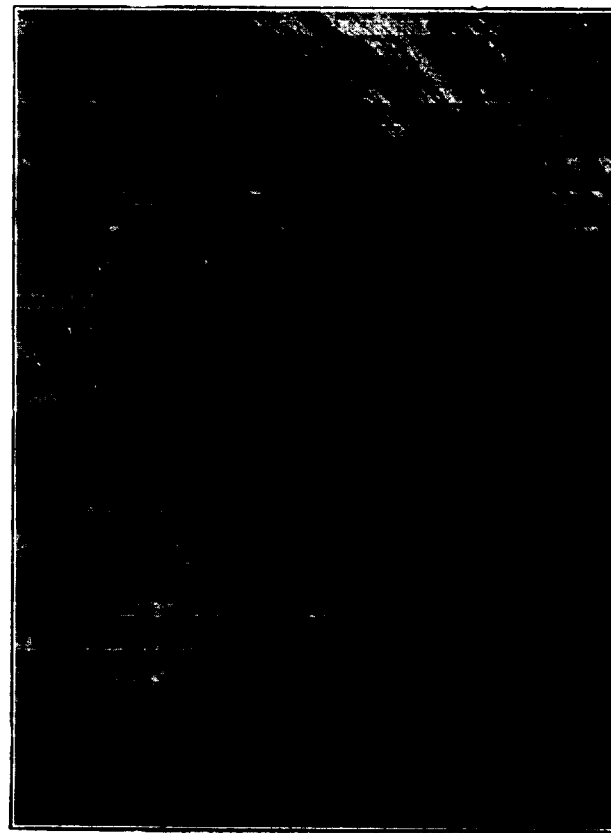
Las granvacas no tienen aquí gran desarrollo, y, por otra parte, la distinción de alguna de ellas requiere el empleo del microscopio y una atención especial fuera del alcance de esta nota.

**Cuarcitas.**—Las cuarcitas silurianas y cambrianas de esta zona se distinguen bien macroscópicamente en grandes masas, no en las pequeñas.

Consideradas en sus yacimientos, las cambrianas tienen en el mismo tramo mayor frecuencia de lisos con menores potencias, son más blandas y más teñidas de óxidos de hierro, y cuando destacan de los demás estratos que las contienen lo hacen en grupos grandes, unidas también á pizarras más ó menos arenosas, que llegan á la misma altura de saliente; ni aun de esta manera logran sobresalir en las crestas ó laderas más de algún metro, y tienden á desmoronarse y cubrirse de vegeta-

ción. Donde se ven más potentes los macizos de cuarcitas y pizarras cambrianas es en los grandes cortes de fallas ó desgajes.

Las silurianas, aunque siempre en grupos más potentes, aisladamente tienen espesores muy variables, mucho más duras en general y casi siempre grises, aunque no es raro verlas también

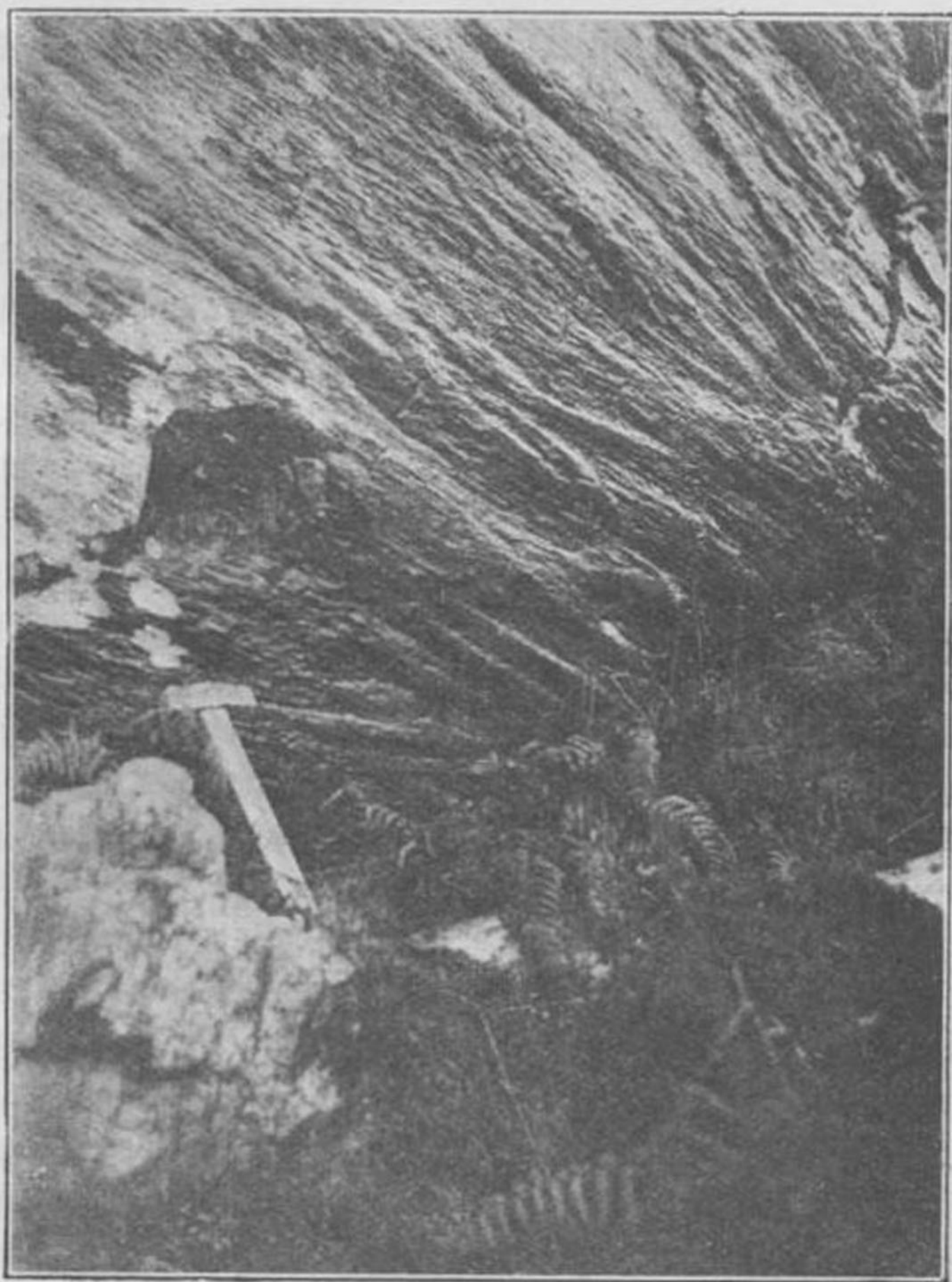


Sierra d'a Cadeira.—Alto de Alvaron. Crucianas en un crestón de cuarcita.

teñidas de hidróxido. Cuando se destacan lo hacen ellas solas, elevándose decididamente, aunque sean bancos de poco espesor, sobre los estratos que las acompañan, que quedan formando la loma que se cubre de vegetación mientras ellas están descarnadas. Son frecuentes en su masa los filoncillos y vetas de cuarzo que á veces con más desarrollo casi relevan á la cuarci-

ción. Donde se ven más potentes los macizos de cuarcitas y pizarras cambrianas es en los grandes cortes de fallas ó desgajes.

Las silurianas, aunque siempre en grupos más potentes, aisladamente tienen espesores muy variables, mucho más duras en general y casi siempre grises, aunque no es raro verlas también



Sierra d'a Cadeira.—Alto de Alvaron. Crucianas en un crestón de cuarcita.

teñidas de hidróxido. Cuando se destacan lo hacen ellas solas, elevándose decididamente, aunque sean bancos de poco espesor, sobre los estratos que las acompañan, que quedan formando la loma que se cubre de vegetación mientras ellas están descarnadas. Son frecuentes en su masa los filoncillos y vetas de cuarzo que á veces con más desarrollo casi relevan á la cuarci-

ta. No insistimos por ser muy conocidas; el eminente Sr. Malleda describe brillantemente los paisajes silurianos clásicos al empezar el estudio de este sistema.

Las cambrianas presentan tránsitos hasta grauvacas y areniscas, de tal modo, que sin microscopio se vacilaría en decidir.

El yacimiento principal de las cambrianas en la costa está en las orillas de la ría de Ribadeo, entre las pizarras cuarzosas, constituyendo las lomas de los montes que hacen escalera á los silurianos de ambas márgenes; el de las silurianas, en Galicia, está en los montes sobre San Cosme, San Miguel, el Mondigo, y en Asturias, formando las crestas de la Grandela, Pousadoiro y prolongación de la Atalaya hacia la Bobia. Van muchas veces en parejas jalonando la dirección de los sinclinales agudos é inclinados al Oeste. Se reconocen dos niveles, la cuarcita de Cabo-Busto y las de Corral, equiparadas á la gres armoricana y á la de May. Las cuarcitas en este sistema tienen un gran valor estratigráfico, no sólo por diferenciarse pronto sirviendo también de guía, sino por sus abundantes crucianas y restos fósiles, muchos de los cuales, por lo menos en esta región, cumplen con las condiciones señaladas por el Sr. Malleda á las especies características, abundancia, gran extensión, distinción fácil y poco repartimiento vertical.

Aún encontramos á favor de las crucianas una circunstancia especial, y es que, colocadas *in situ*, su plexo indica la superficie inferior de la capa que las contiene; así, por ejemplo, en la figura anterior en que las crucianas están en la parte O. del crestón de cuarcitas que corre N. S., indican un sinclinal hacia el E. confirmando el pliegue siluriano descrito.

Todas estas cuarcitas tienen casi igual composición, granos de cuarzo, pajuelas de mica blanca entre ellos y alguna pequeña porción de feldespato; sin embargo, creemos que numerosos y detenidos análisis microscópicos podrán marcar alguna diferencia esencial.

Aun cuando es indudable la circulación de aguas cargadas de sílice (de que son prueba visible los filoncillos de cuarzo, cementando los granos de la roca primitiva), creemos, por razones análogas á las que expusimos sobre la cristalinidad de las calizas, que el metamorfismo dinámico ha tenido una contribu-

ción bastante importante y general en su formación. Las enormes cantidades de agua con disoluciones silíceas, pasando á través de las cuarcitas que reconoce Van Hise, debieron dejar en algunos sitios pegadas entre sí las láminas de pizarras superiores ó inferiores por la separación de la sílice coloide de las disoluciones y, sin embargo, suele ser muy franca la exfoliación de los filadios cambrianos inferiores y la de las pizarras de Luarca. Por otra parte, no hay que olvidar las interesantes experiencias de Pouillot, llegando á soldar láminas de vidrio por simple contacto.

El ataque meteórico de las cuarcitas se verifica por la oxidación de sus sales de hierro y por la alteración de los granos de feldespato y hojuelas de mica que están enlazadas entre los granos. Las disoluciones de sales, probablemente ferrosas, ascienden por capilaridad hasta la superficie, y allí precipitan el hidróxido formando una delgada capita, que aunque se disuelva en parte, como lo hace lentamente, va aumentando por nuevos aportes, y así quedan las superficies ó las litoclasas cubiertas por una película ó lámina de limonita de espesor variable. Este fenómeno, aunque frecuente, no es constante. Otras veces se verifica la exhudación con tanta intensidad, que los óxidos de hierro llegan á cementar los detritus de cuarcita, ya desprendida pero no separada, de la parte alta de los crestones formando una brecha.

La caolinización lenta de los granos de feldespato no se puede considerar como causa normal en el ataque de estas rocas, porque comúnmente están desprovistas de él y solamente algunas cambrianas deben á esta reacción su rápida destrucción; la facies macroscópica final en tal caso es muy parecida á la del tramo cuarzoso de Ribadeo.

En todas las cuarcitas hay que considerar además la meteorización de la mica potásica; las transformaciones principales de este mineral son á vermiculita, serpentina y algunas veces á talco. Cuando la cuarcita dura siluriana ha empezado á sentir el ataque, toma en sus caras un aspecto como de escamación de plaquitas diminutas y gruesas que le dan mucha rudeza; los fósiles y sus aristas, tan constantes cuando sana, se desfiguran, y el agua empieza á labrar surcos y pequeños hoyos y pocillos que detienen el agua de lluvia. La explicación de su aspecto de



escamación contra el granudo general, la creemos encontrar en que al inflarse la mica, relativamente escasa, lo hace viniendo la gran resistencia de los granos de cuarzo embutidos entre sí, y por eso levanta partículas enteras de la roca; este movimiento se continúa debajo de la chapita levantada, tendiendo á formarse los pequeños hoyos y resaltos como botones, que á menudo tienen apariencia de secciones desfiguradas de *Scolithus*. Sin embargo, la meteorización de las cuarcitas duras, debida á su compacidad, es sumamente lenta y casi siempre superficial; en ataque avanzado terminan como areniscas de granos gruesos y bastante porosas.

Su misma dureza es causa á veces de su destrucción en trozos relativamente gruesos, pues el hielo en sus litoclasas bien definidas, y las descargas eléctricas, la hacen saltar en trozos relativamente grandes que se van acumulando al pie de los elevados crestones; si la depresión en que caen es de bastante pendiente, forma las llamadas fanas ó freitas por Schulz, pero si caen sobre alguna planicie ó depresión algo cóncava, labrada anteriormente en los estratos blandos de su base, entonces el agua fluvial y la deslizada por las laderas es retenida en tales sitios donde terminan por formarse los tremas ó tremelades, y algunas veces se inician las turberas (Branajoal, P. Longa).

**Pizarras arcillosas y filadidos.**—La composición de estas pizarras está dada principalmente por la sílice, alúmina ú óxidos de hierro, y completada con pequeñas cantidades de sales alcalinas y alcalino térreas; conocidas además las reacciones generales, sabemos cómo se esquilman por meteorismo estas pizarras. Nos limitaremos á dar sus presentaciones macroscópicas normales y alguna de las atacadas. Su tendencia es á transformarse en arcillas (micas, silicatos hidratados de alúmina, granos de cuarzo, etc.).

Las pizarras y filadidos de estos primeros sistemas forman en esta costa los acantilados desde cerca de Rinlo á San Miguel; en el monte su distribución es desde Vilela á Cabarcos y la Cadeira, en donde se presentan con pizarras verdes; en ambos casos hemos comprendido en estas rocas á las cuarcitas del Cabo-Busto, que separa los dos grupos que hemos señalado.

Las pizarras de ambos tramos son bastante parecidas, aunque en sus condiciones normales se aprecien las siguientes diferencias:

**Cambrianas:** son azules claras, grises ó un poco verdosas; muchas veces, al fraccionarse, de aspecto rómbico; bastante cruzadas por filoncillos de cuarzo por líneas de fractura que apenas desvían y separan los estratos, bien fisibles, pero no siempre se exfolian facilmente en láminas delgadas, influyendo en ello las arrugas, filoncillos y pequeñas fallas de estas pizarras, conjunto que representa un dato empírico. Algunas tienen vibración ligera. Su consistencia es menor que la de los filadidos silurianos. En la parte alta de estas pizarras cambrianas es frecuente un episodio de psamitas y pizarras más silíceas, en las que aparecen como tallos ó pistas.

**Silurianas:** son azul gris ó verdoso oscuras, á veces tirando á negras; fisibles, se exfolian bien próximas á la cuarcita en que descansan, en donde suelen presentar un horizonte de tegulares que, aunque escasa y deficientemente, se explotan en canteras; sus imperfecciones de arrugas, fallas, filoncillos y litoclasas, son siempre menores que en las cambrianas. Son muy frecuentes las manchas ferruginosas, según los planos de pizarrosidad, debidas á las concentraciones moleculares. Su consistencia es mayor que la de las cambrianas. La posición de estas pizarras es ocupando la depresión siluriana circundada por las crestas del Mondigo, montes San Miguel y la Insúa; su horizonte es el de calymene, tristani y la fauna segunda. En varios sitios, entre ellos en el Mondigo y en Penalonga, hemos podido recoger numerosos ejemplares de calimena, ogygia, homalonotus, trinucleos, etc., algas y algunos pteropodos como colunaria anómala, etc. La mayoría de estos fósiles están en piritita ó en hematites como producto de alteración de aquel mineral; en todos se aprecia, aun siendo en su mayoría ejemplares incompletos, el aplastamiento y torsión del metamorfismo dinámico que originó la fisibilidad de sus pizarras.

En Arante y el Pousadoiro hay canteras de losas, la división de las cuales se prolonga por los medios imperfectos del país hasta tres ó seis milímetros, tienen grano muy fino y una sonoridad especial, garantía de su consistencia y buena labra. Vetas de esta clase, en este mismo tramo de pizarras de Luarca,

constituyen importantes yacimientos con grandes explotaciones de tejas en Francia, Bélgica y Alemania.

Además de su importancia desde el punto de vista estratigráfico, es muy interesante su nivel por los yacimientos ferríferos que contiene (1).

Las pizarras de los dos sistemas presentan una inmensa variedad de apariencias como tránsitos de su meteorización. Casi todas se refieren á su coloración más que á la forma de disgregarse, pues en este sentido, á medida que avanza el ataque se van resquebrajando y seccionando en pequeños trozos por series de cruceros paralelos á los planos de división, y que en la pizarra sana no se distinguían.

En los escarpes y laderas en que está horizontal ó con poca inclinación tienen tendencia á cortarse en columnas cuadradas ó especie de castilletes, á los que un pequeño esfuerzo hace derrumbarse y estallar en los trozos antes indicados; si la disposición de las capas es inclinada, entonces es muy frecuente la forma astillosa en ellos. Los trozos pequeños en ambos casos con gran facilidad se reducen á polvo y pasan á formar la tierra vegetal. A igualdad de condiciones, son más desmenuzables por cruceros cuanto más arcillosas, primero las cambrianas, y los últimos, los filadios tegulares silurianos.

En cuanto á su cambio de coloraciones, casi todas debidas á oxidación de sus sales de hierro, son sumamente variados, y únicamente nos referimos á dos ó tres aspectos. Las coloraciones amarillentas y rojizas en toda clase de matices son las que atestiguan que el meteorismo cumple su acción destructora, y en esta facies muy común abundan las exudaciones del hidróxido de hierro, sobre todo en las litoclasas transversales al sentido de la estratificación.

Las pizarras del cambriano, principalmente en su tramo superior, diferencian la oxidación de sus estratos en cintas, unidas y bien marcadas, de colores vivos alternados, siendo los más frecuentes amarillo rosado, azul, negro, y con menos frecuencia el verdoso. El aspecto vinoso creemos haberlo visto mayor número de veces en los estratos inferiores de este tramo cambriano, pero muy hacia el Sur lo hemos comprobado tam-

(1) *Los criaderos de hierro de Galicia*, estudio en preparación por los Ingenieros Marín y Hernández Sampelayo.

bién en pizarras del siluriano superior, próximas á una capa de hierro.

En las pizarras de calimene hemos visto alguna vez, como en los trozos grandes paralelepípedicos, que en primer lugar dan los planos de división, se cumplía hacia el interior el ataque por superficies envolventes ya descrito; en este caso, se iban diferenciando elementos granudos de la pizarra hacia las partes más superficiales del trozo de roca, al mismo tiempo que quedaban de color amarillento y se desmoronaban las aristas, por caídas de pequeños fragmentos, mientras que el núcleo interior era gris y redondeado, conservando bien definida su fisibilidad.

En el monte, sobre San Miguel, vemos un manto de ampelitas gráficas con manchas blanquecinas que hacia el interior tiene más potencia, siendo muy constante, y aunque aquí no hemos encontrado fósiles, en los demás sitios lo hemos visto conteniendo grafitolites de la fauna tercera y nódulos de pirita. Al meteorizarse por oxidación de la pirita, se producen sulfatos de alúmina que hacen estallar estas pizarras. Su ataque da lugar también á formaciones secundarias de mineral de hierro, porque cargándose las aguas meteóricas de óxidos en distinto grado de hidratación por alteración de los núcleos de pirita, los precipitan rápidamente al contacto de los detritus procedentes de las rocas próximas, y quedan cementados en poco tiempo formando una brecha ferruginosa (1).

**Exhudación.**—Como fenómeno general en las rocas, dentro de la zona del meteorismo, se puede citar su rubefacción y exhudación de mineral de hierro.

Expondremos ligeramente alguna de sus manifestaciones: Al mayor ó menor tiempo de exposición al aire, los agentes meteóricos provocan en todas las rocas una afluencia de su hierro contenido hacia la superficie; la facies amarillenta rojiza que adquieren puede llamarse rubefacción.

Sin embargo, este fenómeno normal y constante adopta muy diferentes formas é intensidades que varían principalmente con la porosidad de las rocas y la cantidad de hierro que

(1) En un año próximamente hemos comprobado cementaciones de este género en algunos terraplens.

contienen. Como tipo de roca compacta se puede tomar la cuarcita, y como porosa, la pizarra gris siluriana.

En la fractura de una cuarcita que por prolongada acción meteórica haya adquirido rubefacción, se ve que el interior está blanco, y aquella facies solamente la representa, más que una película, una simple coloración. Cuando el fenómeno empieza en esta forma, sin duda la más frecuente, las sales de hierro continúan acumulándose en la superficie, y la coloración primera pasa á película, y por último, á lámina de hidróxido de espesor dependiente de la cantidad de hierro que tenía la roca. Estas capitas son unas veces terrosas, otras fibrosas y concrecionadas, dependiendo de la mayor ó menor rapidez de formación.

Si las cuarcitas están bien cargadas de hierro, y tienen algunos conductos capilares que faciliten la afluencia de las disoluciones queda la limonita depositada á su salida en forma de botoncillos redondeados que dan á la roca un aspecto variolado, cuando estos granos brotan muy próximos unos de otros se enlazan en placas irregulares de bordes redondeados. Este fenómeno es una verdadera exudación periférica.

En las pizarras, por la menor cohesión de su masa, adopta la rubefacción un aspecto distinto, y no se presenta la forma de exudación.

Las pizarras arcillosas antiguas, por los plegamientos de las capas de que forman parte, tienen varios planos de división; los estratigráficos y otros originados por las presiones secundarias del levantamiento, y como cada serie es de planos sensiblemente paralelos, quedan divididos los lechos de pizarras en paralelepípedos de diferente tamaño. Hacia todas las caras de este sólido, aunque de preferencia á las transversales, van moviéndose las disoluciones, y así se forman zonas, esfumadas y anchas, dispuestas concéntricamente. Su presentación es muy diferente á la de la delgada laminilla de las cuarcitas, pues fracturando un sólido de pizarra por cualquiera de sus planos, se ve que las zonas, especie de aureolas, pasan del rojo ó amarillento exterior á colores amarillos más pálidos ó claros en general, que hacia el centro obscurecen hasta llegar al núcleo gris sin atacar.

Algunas pizarras, bastante cargadas de hierro y de no mu-

cha cohesión, llegan á enlazar sus sólidos de división por las superficies terminales con hematites precipitada, formando al encerrarlos verdaderos panales en que las celdas fuesen paralelepédicas. La hematites de las caras transversales á sus estratos es, como rápidamente formada, casi siempre terrosa y de colores vivos.

En el grupo de rocas compactas se pueden incluir algunas rocas eruptivas, como la diorita y las calizas, que se conducen de un modo parecido á la cuarcita; entre las porosas se pueden citar las pizarras arcillosas, tanto silurianas como cambrianas y algunas areniscas.

Las pizarras de granos gruesos casi siempre se desagregan antes de llegar á estas formaciones, que tan interesantes son para el estudio de las reacciones secundarias de los crestones, y el origen de algunos criaderos de hierro.

PRIMITIVO HERNÁNDEZ SAMPELAYO.

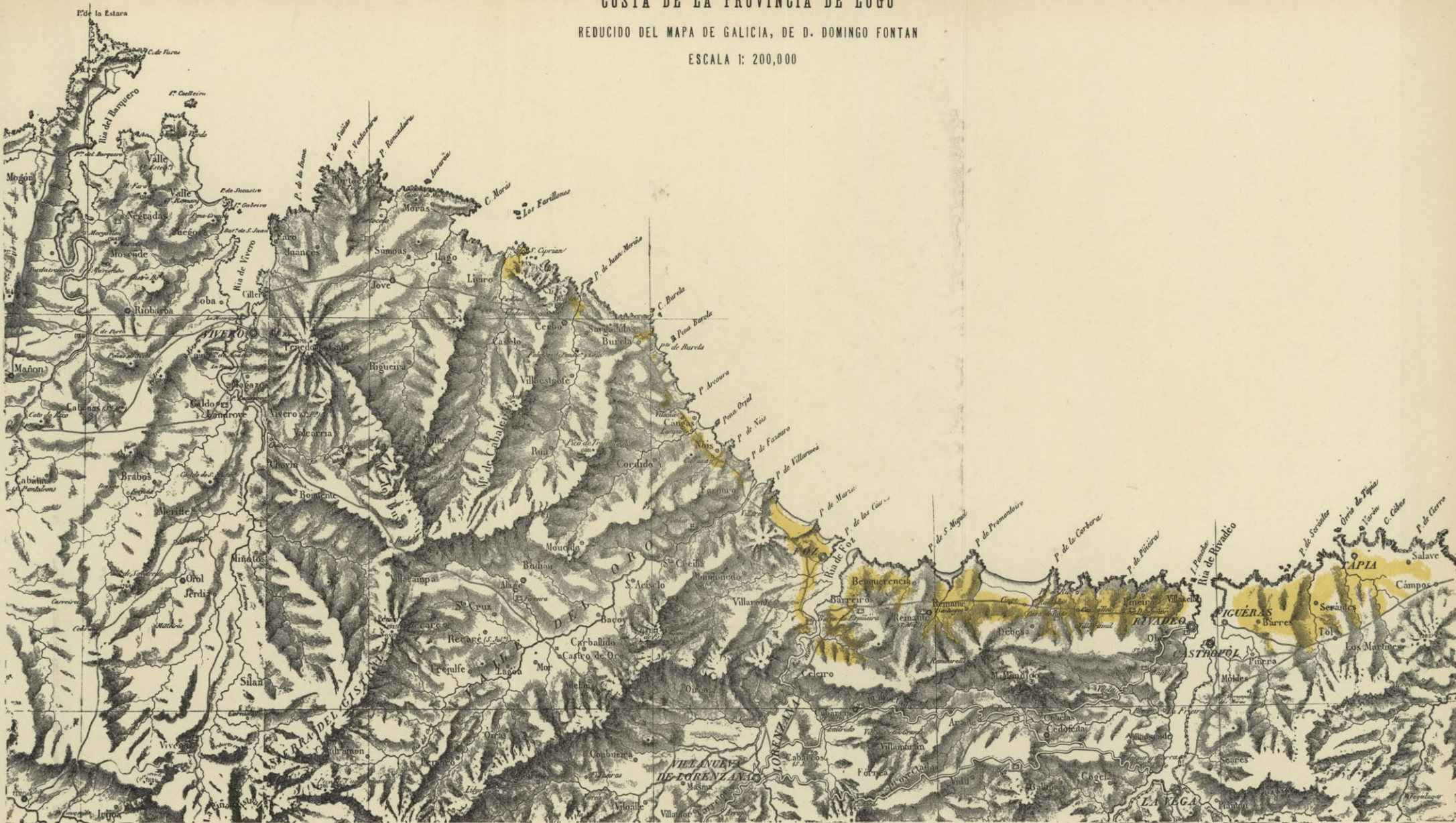
Ingeniero de Minas.

Ribadeo 22 Enero 1914.

# COSTA DE LA PROVINCIA DE LUGO

REDUCIDO DEL MAPA DE GALICIA, DE D. DOMINGO FONTAN

ESCALA 1: 200,000



# SALES POTASICAS

## EN CATALUÑA

---

### **Consideraciones generales.**

Pocas sustancias mineralógicas despiertan, desde el punto de vista industrial, tanto interés como las sales potásicas. Sus aplicaciones cada vez más grandes á la agricultura, y las circunstancias especiales de su mercado, traen consigo que cualquier noticia de la aparición de dichas sustancias sea seguida de preocupación en el mundo de los negocios, y de continuadas visitas de especialistas á las comarcas que se consideran favorecidas con tan señalado privilegio.

No podía, pues, dejar de ocurrir lo propio al saberse que en sitio inmediato al pueblo denominado Suria, al Sur de Cardona, en la provincia de Barcelona, se había cortado, con unos trabajos mineros, un importante yacimiento de sales potásicas, originando, como consecuencia, que Compañías extranjeras importantísimas, juntamente con algunos elementos de Cataluña, hayan solicitado muchos y extensos registros mineros, no solamente en la zona próxima adonde se hizo el descubrimiento, sino también en donde existe algún indicio geológico que dé probabilidades de éxito á futuras exploraciones. Hoy día, no sólo á estas solicitudes se ha limitado la intervención de las Compañías extranjeras, sino que en los actuales momentos hay instalados, ó en vías de instalación, varios trenes de sondeo que arrojarán luz sobre la importancia del criadero.

Las noticias sobre el descubrimiento de Suria motivaron una

investigación científica en el pasado mes de Febrero por parte del Instituto Geológico de España, llevada á cabo por los Ingenieros que suscriben esta Nota. Su principal objeto es orientar á la Superioridad sobre la posibilidad de llegar á poner al descubierto en Cataluña una riqueza que hoy es difícil de determinar por la escasez de labores y datos. La premura que imponía á la excursión la finalidad de la misma, limita el valor que puedan tener los resultados de este estudio; se trata tan sólo de una ojeada geológico-minera de la comarca que parece tener mayor interés, y sin más pretensiones que el sentar las primeras bases para investigaciones científicas más detalladas, cuando los trabajos de prospección ya iniciados lo permitan.

La casualidad ha sido el origen del descubrimiento. Los activos industriales Sres. Macary y Viader solicitaron una mina de sal común en Suria, en sitio donde antiguamente había habido una salina en explotación, y al hacer las labores en busca de esta sal, cortaron el depósito potásico que motiva este trabajo. Sin embargo, un hombre de ciencia, que había estudiado los criaderos de Stassfurt, había llamado la atención al Gobierno sobre lo conveniente que sería hacer investigaciones en Cataluña para buscar sales potásicas, región que cuenta, "entre sus magnificencias naturales, las renombradas salinas de Cardona". Con esta frase se expresaba, en 8 de Abril de 1897, en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, el Ingeniero de Minas D. Silvino Thos y Codina, á quien es justo que rindamos desde aquí el homenaje á que se hizo acreedor, pues por haber dedicado toda su vida al trabajo consiguió lo que siempre se tuvo por un imposible, ser profeta en su patria.

### Cuencas potásicas.

Sólo dos cuencas importantes de sales potásicas se conocen en el mundo, y ambas enclavadas en territorio alemán. La potasa, cuya existencia en la anfigena era conocida desde 1776, y en el feldespató algo después, no se la conoció como substancia de utilidad industrial hasta 1861, que se principiaron á explotar los criaderos de Stassfurt, que han adquirido hoy una excepcional importancia.

En Wittelsheim, en la Alta Alsacia, en el año 1904, haciendo un sondeo en busca de hulla y petróleo, encontraron sales potásicas en dos capas: una á 627 metros de profundidad y otra á 649 metros. En 1906 se comenzaron á explotar, alcanzando hoy una importancia grande.

Otros criaderos se citan, mas de su importancia industrial nada sabemos.

La cuenca de Alsacia corresponde al período oligoceno, y está situada en una depresión limitada al N. por el Jura, al Este por la Selva Negra y al O. por los Vosgos. Ocupa la zona productiva unos 200 quilómetros cuadrados, y tiene la forma de una elipse, con una inflexión al N. La longitud del eje mayor de este elipse es de unos 23 quilómetros, y la del eje menor, de unos 12. Los depósitos salinos están constituidos principalmente por un gran depósito de sal común, de un espesor medio de 241 metros, y de dos capas de silvinita, con espesores medios: la inferior, de 3,50 metros, y la superior, de 1,16 metros. Las capas han sido reconocidas en más de 120 sondeos, que han dado por resultado poder determinar la forma de la cuenca, la estructura del depósito y la riqueza del criadero. Los estratos se encuentran en su fondo, en diversas direcciones y buzamientos, lo que trae consigo que sea muy variable la profundidad á que se han cortado las capas salinas; oscila esta hondura entre 200 y 800 metros.

Los sondeos han atravesado primeramente el pleistoceno, luego el tramo de las margas irisadas del oligoceno con yesos, anhidrita, arcillas y calizas. En la base de este tramo se encuentra sal común abundante. Después han cortado el tramo productivo llamado de margas pizarreñas, que lo dividen en dos zonas: la superior, bituminosa, con margas dolomíticas y depósitos de sal común y silvinita, y la inferior, muy rica en fósiles vegetales y animales, que caracterizan perfectamente el oligoceno. A mayores profundidades prosiguieron algunos sondeos, atravesando los bancos más bajos del oligoceno medio con sal común, las margas verdes del oligoceno inferior, y, por último, llegaron á la formación pisolítica eocena y á la caliza oolítica jurásica.

La cubicación hecha de esta cuenca asciende á 1.472.058 millones de toneladas de menas potásicas. Como estas menas

contienen el 22 por 100 de  $K_2O$ , resulta que en las minas de Alsacia existe una riqueza representada por algo más de 300 millones de toneladas de  $K_2O$  pura, de los cuales 45 millones corresponden sólo á una de las minas del distrito, á la llamada *Amelia*.

El importantísimo yacimiento de sales potásicas de Stassfurt se presenta en un gran anticlinal de las capas del permiano, piso del Zechstein, recubierto por los tres tramos, arenisca roja, muschelkalk y keuper del trias.

Es región minera demasiado conocida para que tenga interés su descripción en esta Nota; tan sólo apuntaremos alguna de sus características:

La zona salina, en conjunto, presenta los siguientes subtramos (de arriba á abajo):

- 1.º Sal reciente.
- 2.º Pizarras bituminosas.
- 3.º Yeso y anhidrita.
- 4.º Zona de carnalita, con kainita y silvinita, 30 metros.
- 5.º Zona de kieserita, 25 metros.
- 6.º Zona de sal impura y polyhalita, 35 metros.
- 7.º Sal inferior antigua.

La polyhalita (sulfato triple de calcio, magnesio y potasio) llega á contener bastante cantidad de álcali, pero su tratamiento difícil restringe mucho su aprovechamiento.

Los principales minerales industriales son la kainita, carnalita y silvinita, cuyas especies, en Stassfurt, alcanzan bastante riqueza. La carnalita oscila alrededor de un 22 por 100 de cloruro potásico, y forma la mena corriente del manto de una de las zonas principales del yacimiento, en la cual la kainita y silvinita no se presenta sino en vetas accesorias.

La explotación se hace á profundidades variables, desde 300 hasta 900 metros, y está dotada de toda clase de perfeccionamientos mineros.

La cubicación que se ha hecho en los yacimientos de Stassfurt y Anhall asciende á cifras enormes, que permiten cubrir el mercado mundial durante un dilatadísimo período.

## Geología de la comarca

La estrecha relación que parecen guardar los estratos terciarios con los criaderos de sales de Suria, y el carácter de cuenca que suelen tener esta clase de depósitos, hacen que tenga gran interés el estudio de la cuenca terciaria de Cataluña, con sus accidentes geológicos; estudio de que nos vamos á ocupar á continuación, dejando para más adelante el examen de las manifestaciones salinas de dicha cuenca y las relaciones que pueden deducirse entre estas manifestaciones y los accidentes geológicos.

La mancha oligocena en donde están enclavadas las salinas de Suria y Cardona es la más importante de Cataluña, y ocupa una gran extensión en las provincias de Barcelona y Lérida. Por el N. se apoyan sus estratos en los terrenos eocenos y secundarios de Berga, Sierra de Montsech, Camarasa, etc., últimas estribaciones de la cordillera pirenaica. Por el E. y por el S. el oligoceno queda limitado por la faja eocena en donde están situados, en puntos próximos á la divisoria, los pueblos de Vich, Centellas, Manresa, Igualada, Santa Coloma de Queralt, etcétera. Esta faja eocena se apoya en los estratos más antiguos, que forman la cordillera del litoral catalán desde Gerona á Tarragona.

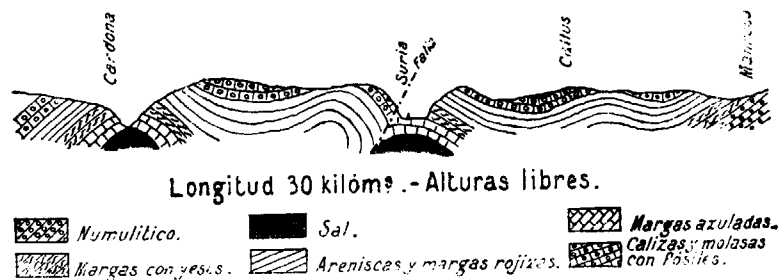
El límite O. no está bien definido, pues aunque los bancos lacustres en que están edificados Lérida, Balaguer y otros pueblos, y que entran en la cuenca del Ebro, han sido clasificados de miocenos, los trabajos de los Sres. Vidal, Deperet y otros han hecho nacer la duda de si corresponderán dichos bancos á los tramos superiores del oligoceno. Mas siempre resultará que la cuenca oligocena entra al O. debajo de los depósitos que forman la gran mancha terciaria del Ebro, de cuya edad puede caber dudas, pero que desde luego son más modernos que los que constituyen el oligoceno ya estudiado.

Esta consideración nos lleva desde luego á una conclusión: la de eliminar de nuestro trabajo el estudio de todos esos depósitos más modernos, puesto que si debajo de los estratos oligo-

cenos bien definidos aparece la sal, para llegar á ésta comenzando los pozos en aquellos bancos más modernos, habría que alcanzar profundidades incompatibles con una económica explotación.

Hemos procurado en el plano adjunto, número 4, representar la mancha oligocena que ocupa todo nuestro interés en el presente estudio; pero sólo como un bosquejo y sin tener bien fijados los límites, teniendo en cuenta los incompletos trabajos de los geólogos que se han ocupado de este asunto y las observaciones que en nuestra corta expedición hemos podido hacer; haciendo constar desde luego la excelente y gran ayuda que nos ha prestado para poder hacer este rápido estudio del oligoceno el interesantísimo folleto de los Sres. Vidal y Deperet titulado *Contribución al estudio del oligoceno de Cataluña*.

Nosotros hemos hecho tres cortes de la cuenca: El primero, que parte de Manresa, pasa por la zona salina de Suria y Cardona, siguiendo la carretera que sigue al río Cardoner. Está representada en el siguiente croquis.



El pueblo de Manresa se encuentra situado en el nummulítico medio; pero siguiendo la carretera que va á Cardona, antes del pueblo de San Juan, se dejan las margas grises fosilíferas correspondientes á dicho terreno, se atraviesan unas capas yesíferas de poco espesor, é inmediatamente se entra en un subtramo bastante potente de areniscas, conglomerados, margas y arcillas rojas.

Todos los autores están conformes en que este tramo es la prolongación de las pudingas de Monserrat, en las que ocurre que, á medida que se separan de las altas montañas, sus elementos disminuyen rápidamente de volumen, y toda la serie de

pudingas se convierte en alternancias de areniscas, margas, arcillas y conglomerados, pero alcanzando éstos muy escaso desarrollo. Hemos procurado observar en el contacto de este tramo, llamado generalmente supranummulítico, con el eoceno, si existía concordancia entre los depósitos de ambos, mas no nos hemos podido dar contestación categórica á nuestra duda; sin embargo, en otros sitios, el Sr. Vidal ha observado discordancias entre dichos terrenos (1). Están los estratos ligeramente inclinados, con buzamiento al N. NO. Se ven en este subtramo, algunas veces, bancos de calizas y algunas margas grises; pero, en general, predominan las rocas antes descritas y el color rojo característico.

Antes de Callús, los estratos se ponen horizontales, y á la salida misma del pueblo se observa un anticlinal poco marcado; la rama más pendiente tendrá 15° de inclinación. A 1 1/2 kilómetros al N. de Callús se observa un subtramo de margas y molasas grises, en donde sólo hemos podido recoger un fósil del género *Helix*, cuya especie es indeterminable.

Este subtramo está bien representado en muchos sitios, y caracteriza perfectamente uno de los del oligoceno, por no ser difícil encontrar fósiles. En la caseta de Cortés se observa un conglomerado enclavado en ese subtramo.

Aparecen estos bancos próximos al fondo de barco de un sinclinal cuyo eje parece pasar por la fábrica de Cortés, situada cuatro kilómetros antes de Suria.

Siguiendo la carretera se cortan otra vez las areniscas, margas y arcillas rojas, y luego, gracias á la fuerte denudación que debió traer consigo una falla que hemos dibujado en el croquis, y que fué tal vez motivo de la existencia del torrente de Torrell, se ha descubierto la sal y se ha visto la sucesión de los estratos desde los depósitos salinos al subtramo de areniscas y margas rojas.

Debajo de este subtramo aparecen unas margas con capas de yeso, observándose en el torrente, y junto al río Cardoner, una capa de alabastrites y yeso entre dos de margas rojas muy características que rodean en anfiteatro el llano en donde se han

(1) En la montaña de San Salvador, y en la sierra de Monsech, y en sitio próximo á Baldoma. Tomo II del *Boletín del Instituto Geológico de España*. Estudios de Luis M. Vidal.



efectuado los sondeos en busca de la sal potásica. Entre estas margas rojas yesíferas aparecen varios bancos de caliza dura, después otros de margas rojas con restos de algas y con yesos, y, por último, unas margas grises azuladas encima completamente del depósito salino, perforadas en el pozo de la mina y que tendrán unos 60 metros de potencia.

Siguiendo el corte se observa en el extremo N. del pueblo de Suria un anticlinal perfectamente marcado en calizas y margas. La dirección de su eje parece ser E. á O. La rama S. es la más abrupta, pasa de 70° su inclinación y tiene tendencia á constituir un pliegue isoclinal. La rama N., aunque también está fuertemente inclinada, lo está menos que la S., y, además, pierde más pronto su pendiente tomando los estratos su buzamiento normal al NO.

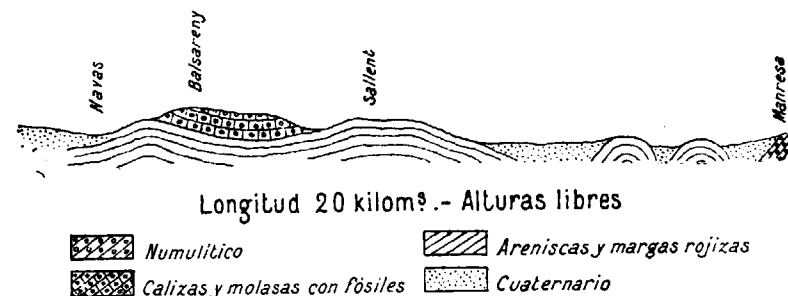
Siguiendo 300 metros la carretera, después de visto en su lado derecho el bien marcado anticlinal, que la gente del país llama, en su idioma natal, Medio del Mundo, se observan unos yesos que deben formar parte de la capa que hemos colocado debajo de las areniscas y margas rojas. Este subtramo, al llegar al pueblo de Palas, pierde su inclinación normal y se colocan sus estratos horizontales, apareciendo allí, y más adelante, en el río Cardoner, el tramo de las molasas, calizas y margas grises. Antes de llegar á Cardona, en un torrente, se observa un anticlinal violento, que tiene su eje denudado, pero apareciendo en sus dos laderas las capas fuertemente inclinadas y con buzamiento contrario. En el centro del anticlinal y eje del barranco asoman los depósitos salinos tan importantes de Cardona. El orden de la sucesión de los estratos es el siguiente: Cubriendo la sal, las margas grises; encima, las margas rojas, con yesos que afloran también en la Cuesta del Castillo, y después viene el subtramo de las areniscas y margas rojas. Este subtramo parece tener aquí menos potencia que en Suria.

El anticlinal parece tener dirección E. 25° N. á O. 25° S.; pero forma como una loma ó vientre, pues el accidente, aunque siga en sus direcciones Levante y Poniente, parece perder en intensidad.

Pasado ya el pueblo de Cardona, asoman las molasas, calizas y margas grises fosilíferas, que aquí parecen tener un gran desarrollo. En sitio próximo á la torre de Artigales, nosotros, en

una caliza gris oscura, muy fétida, y que se presenta en bancos estrechos, hemos recogido algunos fósiles de agua dulce, muy difíciles de clasificar, correspondientes á los géneros *Melania*, *Melanoides*, *Planorbis*, *Limnea*, etc. Sin embargo, entre ellos pudimos determinar el *Melanoides Albigensis*, muy característico del oligoceno inferior, ya encontrado en la misma disposición geológica por otros autores.

Otro corte, representado á continuación, ha sido efectuado siguiendo la carretera que, partiendo de Manresa, pasa por los pueblos de Sallent, Balsareny y Navás.



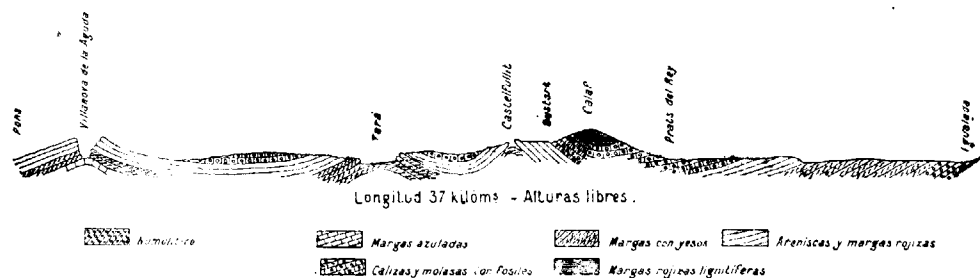
Al abandonar los depósitos eocenos de Manresa sigue la carretera, en unos quilómetros, sobre depósitos modernos, entre los cuales aparecen algunos isleos oligocenos, correspondientes al subtramo de las margas y areniscas rojas. Antes de llegar á Sallent se observa este tramo en toda su potencia, y junto al mismo pueblo se indica un pequeño anticlinal.

Entre Sallent y Balsareny aparecen las molasas y margas grises, y 1 ½ quilómetros al S. de Navás se ve, en el subtramo de las areniscas y margas rojas, un anticlinal bien marcado, aunque de ondulación suave. La rama N. de este anticlinal se ve desaparecer debajo de los depósitos cuaternarios, sobre los que está asentado el pueblo de Navás.

El tercer corte está efectuado desde Igualada á Villanueva la Aguda, pasando por Calaf, desviándose algo de la carretera al E., con objeto de representar accidentes geológicos que, siguiendo aquélla, no se ven.

La parte de este corte comprendida entre Igualada y Calaf está trazada siguiendo el representado por los Sres. Vidal y

Deperet en su obra *Contribución al estudio del oligoceno de Cataluña*; pero siguiendo el criterio establecido en los anteriores, y como no se trata de hacer un trabajo geológico de detalle, hemos agrupado algunos de los subtramos que aparecen en dicho corte. He aquí el corte completo:



A poco de dejar Igualada, asentado sobre las margas azules marinas del eoceno, se entra en las margas rojas yesíferas, que aquí parecen tener bastante desarrollo. Se pasan después las areniscas y margas rojas, se atraviesa luego el subtramo de molasas, calizas y margas, entre las cuales se halla el banco con *Melanoides albigensis*, y, por último, se observa, formando un pequeño sinclinal en el pueblo de Calaf, un subtramo formado por molasas, margas rojas y capas de lignito, que no hemos encontrado en ninguno de los otros dos cortes.

La fauna oligocena de Calaf estudiada está por el Sr. Deperet en el tomo XXVII del *Boletín del Instituto Geológico de España*, pág. 54. Cita varios mamíferos y moluscos.

Siguiendo el corte, entre Sampasalás y Castellfullit, se observa un anticlinal en las areniscas y margas rojas, apareciendo en el centro los yesos y margas yesíferas. Más adelante, los lechos se ponen horizontales, coincidiendo en la carretera con un desarrollo enorme de los yesos, y cerca de Torá, siguiendo su eje el torrente de Sagués, se ve un bien marcado anticlinal en las areniscas y margas rojas, que también dejó al descubierto las margas yesíferas, y aun asoman unas grises que tienen gran semejanza con las que cubren la sal de Suria. Los estratos que forman el anticlinal buzan fuertemente á los dos lados. Entre Torá y Villanueva la Aguda, pueblo desviado dos kilómetros de la carretera que va á Pons, los estratos no parecen sufrir accidente geológico notable; pero al llegar á Villanueva se empi-

nan, buzando al Sur, y forman un anticlinal cuyo eje debe coincidir con el ancho torrente en donde está construido dicho pueblo. Aparecen al descubierto los yesos y las margas grises, y en las dos vertientes del torrente se ven los subtramos de las areniscas rojas y de las molasas, con inclinaciones de unos 30 á 40°.

Es muy digno de observar que, en este corte, el tramo de las areniscas y margas rojas tiene poco desarrollo, comparado con los anteriores, y conviene también tener presente que los caracteres litológicos de estos depósitos lacustres varían mucho de unos sitios á otros.

Atravesada así la cuenca por estos cortes en su parte más esencial, hemos hecho después algunas excursiones en sentido normal á ellos, para relacionar unos con otros y poder sacar una idea somera de lo que es la gran mancha oligocena de Cataluña. A este objeto hemos tenido en cuenta los datos y cortes efectuados por algunos geólogos; de ellos citaremos rápidamente los que afectan más directamente á nuestro estudio.

Los Sres. Vidal y Deperet presentan, en sus varias veces citada obra sobre el oligoceno de Cataluña, tres cortes que se completan: uno trazado desde el *Muschelkalk* del río Gayá, por Pontils á Santa Coloma de Queralt; otro que va desde este pueblo hasta Cervera, y, por fin, un tercero desde Tárrega á Cubells. Resulta de ellos que apoyándose en el triás del río Gayá se encuentra el eoceno que sigue hasta Santa Coloma de Queralt, estando asentada esta población sobre margas marinas pertenecientes á dicho terreno; luego siguen las pudingas, yesos, margas y calizas del oligoceno, con poco espesor en el subtramo rojo, hasta Cervera. Citan también en Talavera un afloramiento de lignito, que parece corresponder á las capas de Calaf. Sobre estas capas de Cervera en unas canteras, que nosotros hemos visitado en los alrededores de Tárrega, se encuentran unos lechos casi horizontales de molasas grises muy duras, sumamente fosilíferas. Los vegetales, moluscos, peces, reptiles y mamíferos fósiles encontrados en esta cantera, enumerados están en la obra de los Sres. Vidal y Deperet. Este último ha publicado, además, sobre este asunto un folleto titulado *Los vertebrados del oligoceno inferior de Tárrega*.

Resulta, según dicha fauna y flora, que las capas de Tárre-

ga, superiores á todas las que llevamos descritas, pertenecen al oligoceno inferior, tramo sannuasense.

En el corte de Tárrega á Cubells se observa un anticlinal en las molasas y margas oligocenas, en la sierra de Almenara. Desaparece el oligoceno en sitio próximo á Cubells.

De Tárrega á Lérida pudimos observar nosotros, aflorando en el cuaternario, los tramos de molasas verdes y margas rojizas que cita Vidal, y que nos parecen, de acuerdo con él, la parte más alta de todos los depósitos lacustres de que nos hemos ocupado.

Los Sres. D. José Maureta y D. Silvino Thos y Codina en su obra *Descripción física, geológica y minera de la provincia de Barcelona*, dan interesantes datos y algunos cortes que conviene tener presentes. Ellos sitúan las pudingas y el tramo de las areniscas y margas rojas en el eoceno superior, y adoptan para los depósitos superiores el término proiceno, entonces aceptado por otros geólogos españoles. Según dichos autores, el contacto del eoceno medio constituido por margas azuladas con *Serpula spiruloea* Leym, con lo que ellos llamaban eoceno superior, pasa aproximadamente por los pueblos de Mayá y Calders, en la plana de Vich, y nosotros lo hemos visto muy bien en el mismo pueblo de Santa Eulalia de Riuprimer. El subtramo de las areniscas y margas parece aquí más arcilloso. Por el N., y según se deduce de los cortes presentados por los Sres. Maureta y Thos, los bancos oligocenos se apoyan sobre los depósitos eocenos y cretáceos de las últimas estribaciones de los Pirineos. Nosotros, en sitio próximo á Rubió, situado unos cinco kilómetros al E. de Artesa, hemos visto estrellarse el oligoceno en los bancos cretáceos, entrando en éstos una lengüeta de aquél. Presentan además los señores Thos y Maureta un corte interesante desde Carraf al límite de la provincia de Barcelona, en el que después de pasado el contacto del eoceno con las areniscas y margas rojas al N. de Castelloní, se observa un anticlinal en Castelltallat muy notable.

Reuniendo todos los datos que en nuestra rápida visita hemos podido recoger con todas las enseñanzas que se desprenden de los estudios de los eminentes geólogos citados en este informe, creemos poder colocar los estratos de la cuenca eocena-oligocena en el orden siguiente de abajo á arriba.

1.º Margas eocenas marinas de Manresa, Vich, Igualada, etc.

2.º Margas grises azuladas de Suria, Cardona, Torá, Villanueva la Aguda, y que en los dos primeros lugares cubren á los depósitos salinos.

3.º Margas rojas yesíferas y yesos.

4.º Areniscas, conglomerados, margas y arcillas rojas.

5.º Molasas, calizas, margas fosilíferas con melanias, planorbis, limneas y un banco con melanoides albigensis.

6.º Margas rojizas lignitíferas con fósiles de Calaf.

7.º Calizas y molasas con osamentas de Tárrega.

8.º Molasas tiernas y margas rojizas y grises de Lérida.

El subtramo de las margas grises azuladas sólo se ve en aquellos sitios donde hay accidentes geológicos violentos; como no hay fósiles es imposible determinar su edad, pudiéndose situar lo mismo en la parte alta que en la base del oligoceno.

Lo mismo puede decirse del subtramo de los yesos, aunque guarda gran analogía por su situación estratigráfica con el ludiense superior ó yesos de París.

La falta de fósiles del siguiente subtramo de conglomerados, areniscas y margas rojas, hace que también sea difícil la determinación de su edad geológica; nosotros lo consideramos como la base del oligoceno.

Sobre la edad de los otros tres subtramos no puede caber duda después de sus caracteres paleontológicos; corresponden al tramo sannuasense ú oligoceno inferior.

Y por último, el subtramo que hemos colocado en la parte alta está falto de determinación; los Sres. Vidal y Deperet se inclinan á referirlo al oligoceno medio ó estampicense. Hasta el presente no tenemos datos para poder juzgar de su edad.

### Accidentes geológicos.

Puede observarse por los datos anteriores la existencia de tres pliegues notables en anticlinal que tienen suma importancia para el objeto de este informe y que hemos procurado representar en el plano.

El situado más al N. es el de Cardona, que se ve en la famosa salina de aquel nombre; se prolonga al E. y le hemos visto siguiendo el torrente que pasa por Villanueva la Aguda, torrente que sigue el eje mismo del anticlinal y que acusa una fuerte denudación que ha ocasionado desprendimientos en masa. Pasa al S. de Pons y debe manifestarse, aunque incompletamente, al S. del cenomanense de Cubells.

El anticlinal de Suria pasa inmediato y al N. del pueblo, sigue al E. y se le observa muy claramente al S. de Navás, aunque la curva de los estratos es mucho más suave. Al O. de Suria se le ve coincidiendo su eje con el río Cardoner. Pasa al S. de Pinós. Este pueblo está edificado en unos pequeños bancos de caliza compacta y cristalina casi verticales que deben pertenecer á la rama N. del anticlinal. El eje de éste sigue al torrente Sagués en toda su longitud, habiendo producido una fuerte denudación y observándose grandes desgajamientos. Pasa al Sur de Torá y debe seguir al O., pasando por la sierra de Almenara, en donde el Sr. Vidal lo indicó en un corte.

Al S. de dicho pliegue se encuentra el anticlinal de Callús, menos marcado que el anterior. Se le ve al E. de dicho pueblo en Sallent, en el lado oriental de la carretera y debe ser el señalado por los Sres. Maureta y Thos en Castelltallat, y el que se observa en Sampasalás. Además de estos pliegues deben existir otros al N. del de Cardona, entre él y los Pirineos. El señor Thos indica un anticlinal pasando por Olban con dirección E. O. y el Sr. Vidal indica otro en el Valle de Oliana, que debe ser el mismo que el anterior en su prolongación al E.

El Sr. Vidal en otro trabajo (1) considera á la Sierra de Cadí formada por un pliegue posterior al movimiento pirenaico.

Es característico de estos accidentes que la rama S. suele ser más abrupta que la N.; que los anticlinales parecen ser más violentos en el cruce con líneas que vienen de N. á S., y, por último, que los pliegues parecen perder intensidad á medida que son más meridionales.

(1) *La tectónica y los ríos principales de Cataluña*. Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona. 3.ª época, 2.º tomo.

### Tectónica de la comarca.

Resulta del estudio geológico que la cuenca eoceno-oligocena y que ocupa parte de las provincias de Barcelona y Lérida forma un gran sinclinal que se apoya al N. en el Pirineo y al S. y E. en la cordillera del litoral catalán. Esta cuenca tiene toda ella un buzamiento al N. NO. ocasionando que su régimen hidrográfico sea contrario al buzamiento de las capas. Por buzamiento al N. la cuenca parecía natural que á medida que estuviera más próxima á la sierra cretácea del N. sus depósitos fueran más modernos, mas no ocurre así porque los pliegues que antes hemos enumerado, más fuertes cuanto más septentrionales, han arrugado y levantado los estratos inferiores.

Por el buzamiento ligeramente al O. que tiene toda la cuenca resulta que á medida que se recorre de E. á O. los depósitos que se van encontrando son más modernos. Puede ser también que influya en que este fenómeno se haga más visible el que el tramo de las areniscas, margas y conglomerados rojos pierde potencia en ese mismo sentido de Levante á Poniente.

Otra consideración que conviene tener también muy en cuenta es que la facies de este terreno varía grandemente de unos sitios á otros como si fueran diferentes las circunstancias en que se efectuó el depósito de sus materiales. Estudiada la cuenca en su naturaleza intrínseca, veamos ahora cómo se formó, qué participación tuvieron en su formación los movimientos pirenaicos y los de la cordillera del litoral y qué relación guardan éstos con los accidentes geológicos antes descritos.

La cordillera del litoral, constituida por un gran anticlinal, cuya rama oriental está hundida y bañada por el Mediterráneo, forma dos grandes cadenas entre las cuales se han depositado materiales post-oligocenos. Está formada por terrenos paleozoicos y secundarios y bordeada al NO. por una faja eocena.

Explicando la formación de esta cordillera Mr. Dollfus cree que (1) después de efectuarse durante el triás grandes depósitos

(1) Tomo XXVII del *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*. Excursiones de la Sociedad geológica de Francia.

que variaron la orografía de aquel entonces y de los que se conservan restos importantes, debió haber un levantamiento general de la comarca, porque el jurásico marino no se encuentra. El mar del cretáceo inferior se extendió y formó sobre la cordillera catalana importantes depósitos, y al final del aptiense debió haber un movimiento general muy importante, que fué el que más contribuyó á dar á la cordillera el relieve que en la actualidad tiene. Los depósitos del cretáceo medio y superior son ya de origen continental. El levantamiento persistió durante todo el eoceno, y entonces los derrubios se vertían al N. O. de la cordillera y corrían los ríos en el mismo sentido en que tiene el buzamiento la cuenca. Por último, durante los periodos aquitaniense y burdigaliense ó sea al final del oligoceno y principios del mioceno, hubo movimientos que dieron lugar al relleno por depósitos modernos del valle comprendido entre las dos cadenas de montañas que forman la cordillera y á las escotaduras por donde vierten al mar sus aguas los ríos Tordera, Besós, Llobregat, que trajo por resultado el antagonismo entre el régimen hidrográfico y el buzamiento de los estratos que forman sus cuencas.

Conocidos son los movimientos que más han influido en dar la forma actual á la cordillera pirenaica. Tuvo como importantes uno antes del depósito de las capas carboníferas, otro herciniano, otro cretáceo, otro, el más importante y el que más ha contribuído á dar el relieve actual á los Pirineos, al final del periodo eoceno, durante los tramos bartoniense y ludiense, y, por último, conviene también tener presente los movimientos ocurridos durante los periodos oligoceno y mioceno.

Resultaría que ya formada desde el cretáceo inferior la cordillera del litoral en época en que sus ríos vertían sus aguas al N. O. de esta cordillera, sobrevinieron durante el final del periodo eoceno movimientos importantes que produjeron el levantamiento principal de los Pirineos.

Trajo consigo este gran levantamiento el nacimiento de varios ríos que desaguaban en el mar numulítico que se había formado entre la cordillera pirenaica y la del litoral catalán, coincidiendo con la retirada del mar en toda Europa. Sobrevino de seguida, por consecuencia de las sacudidas del Pirineo, el aislamiento de este mar numulítico, transformándole en un lago,

aunque en un principio por esos mismos movimientos ó por otras razones que luego analizaremos, el aislamiento no fué absoluto, sino que debieron tener entrada, de un modo intermitente las aguas marinas. En este periodo, que coincide con el final del eoceno ó principios del oligoceno, se debieron depositar las sales de Cardona, Suria, etc.

Pasado ese periodo el régimen lacustre se consolidó, dando lugar á los depósitos del oligoceno inferior que hemos detallado en el lugar correspondiente. Sobrevinieron después al final del oligoceno y principios del mioceno esfuerzos tangenciales que ocasionaron el paso de las aguas al Mediterráneo y los pliegues anticlinales que hemos analizado detenidamente. Estos accidentes tienen la dirección general de Este algunos grados Norte á Oeste algunos grados Sur, pareciendo por consiguiente que es oblicua con la dirección del Pirineo que está orientado de O.-9° N. á E.-9° S. aunque la dirección asignada á los cinco pliegues longitudinales importantes de Roussel (1) se aproxima á la de nuestros anticlinales.

También conviene hacer observar que la línea que une las salinas de Cardona y Suria sigue aproximadamente dirección N. S., casi paralela también á la dirección de los pliegues llamados transversos, y, por consiguiente, bien puede coincidir la línea que une dichas salinas con uno de estos accidentes y ocurrir lo que se observa en los Pirineos: que en el encuentro de unos y otros pliegues se forman unas lomas ó vientres por donde salen á la superficie, sobre todo si la denudación acompaña al fenómeno, los terrenos más antiguos.

En Cardona se le ve formar á la sal una ampolla que caracteriza muy bien el fenómeno observado tan insistentemente por Roussel en los Pirineos.

### Datos locales.

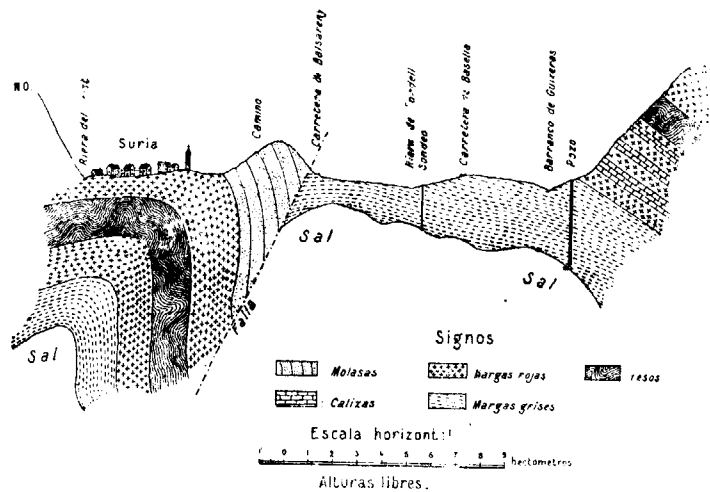
*Suria.* Las características geológicas generales de la región del Suria quedan ya apuntadas en líneas anteriores; no insistiremos en ellas ni en la descripción del anticlinal que

(1) *Etude statigraphique des Pyrenées*, par Joseph Roussel.

atraviesa estas concesiones. Los datos pueden verse en el plano número 5.

El pliegue, casi vertical en su rama meridional, y con tendencia á formar un verdadero isoclinal, tiene en Suria una dirección de E.-10° N. á O.-10-S., y paralelamente á él, unos 800 metros más al Sur, se atestigua una falla, á lo largo de la cual se ha producido un deslizamiento ascendente del yacente de la rotura sobre su pendiente, una verdadera cobijadura, que ha colocado toda la parte meridional de la formación en posición anormal. Este salto no bajará de una amplitud de 100 metros.

La falla, transversal al río Cardoner, corre, aproximadamente, á lo largo del valle del afluente Riera de Tordell, cortándole en ángulo muy agudo, y las manifestaciones y afloramientos de esta rotura parecen perderse hacia el Este, á unos cinco kilómetros del río. En el croquis esquemático representado á continuación se refleja la opinión que hemos formado del resultado de este accidente tectónico, y el plano número 5, con algunos de talles topográficos de la región y concesiones mineras, contribuirá á que se pueda formar una idea clara de la comarca.



En la falla se ponen de manifiesto un potente banco de yesos entre dos de margas que parecen indicar, allí donde se presentan, la existencia del manto de sal. Estas capas han sido

barridas en parte, dando lugar á la hondonada producida por el río; pero se revelan claramente y de un modo muy regular en la falda Sur del Tordell, á un lado y otro del Cardoner, cuyo curso atraviesan á menos de un kilómetro aguas abajo del pozo maestro donde se ha investigado el depósito salino. Es tan regular en la presentación este lecho yesoso, que puede servir de guía fiel para determinar la probable continuación del manto de sal hacia el Sur. En el valle, y en los trabajos mineros ejecutados hasta el día, la salina está recubierta principalmente por las margas, que á veces (en el pozo maestro mismo), adquieren una textura pizarreña. Entre ellas y el yacimiento potásico se interponen depósitos de yeso y sal que forman ya parte de la salina.

En un principio las investigaciones consistieron en tres sondeos, A, B, C, ejecutados desde la superficie, un pozo maestro que alcanzó el criadero, un crucero á través de éste, un taladro horizontal en el frente del crucero y otro sondeo vertical en el fondo del pozo. Del pozo, crucero y taladros interiores acompañamos un plano (número 6) indicando en él nuestras observaciones propias, en lo que al pozo y crucero se refiere, y de referencia en los resultados de los sondeos.

El sondeo A alcanzó la profundidad de 60 metros y tropezó á los 38 metros con las sales potásicas; éstos son los únicos datos que hemos podido adquirir.

El B llegó á 116 metros, empezando á cortar el manto salino á los 55,50 metros, sin que hayamos podido averiguar más detalles sobre las formaciones perforadas.

El C dió resultados negativos, cosa que no debe extrañar, pues está abierto en la zona próxima á la falla, en la cual las formaciones deben estar muy trastornadas, y probablemente buzando rápidamente al N., ó sea en el verdadero corchete que debe buscar por la falla la continuación en profundidad de la otra rama salina, tal cual se indica en el croquis esquemático anteriormente citado.

En una rápida visita que hemos hecho al final del mes de Marzo á las minas de Suria hemos tenido noticia del resultado de tres sondeos ejecutados por los actuales concesionarios de la mina Roumanie. Los hemos designado en el plano con las letras E y F. y G.

El sondeo F está situado á unos 60 metros de la carretera que atraviesa el pueblo de Suria, próximo al arroyo de Guixeras. Cortaron la sal á los 50 metros y á los 170 suspendieron el sondeo en la sal blanca pura. Encontraron varios lechos de carnalita mezclada muy irregularmente con la sal común.

El sondeo G está á unos cien metros al S. del pozo maestro. Encontró la carnalita en bancos pequeños á 130 metros de hondura y se ha suspendido á los 270 metros en la sal blanca.

El pozo E, situado inmediato á la casa de Regnant, se estaba realizando cuando efectuamos nuestra visita. Llevaba perforados 140 metros, en los que había atravesado primeramente margas rojas, luego grises, y últimamente estas últimas tenían vetillas de sal común, lo que indicaba la proximidad al manto salino.

Los sondeos que se están realizando en el Saló y en Boixader tenían en la época de la última visita poca profundidad, así que no habían cortado ningún lecho salino.

El pozo maestro tropezó con la sal á los 68 metros. A los 66 metros se emboquilló el crucero en dirección N.-25-O. Todo el pozo bajó en margas, y aun el crucero atravesó primero un par de metros de esta roca; se interna luego en otros dos metros de sal y anhídrita, seis ú ocho de sal gema impura, muy cargada de anhídrita, y tropieza por fin con las primeras manifestaciones de las sales potásicas. En el plano citado, número 6, se indican con detalle las diversas fajas de carnalita puestas al descubierto; pero conviene advertir desde un principio que estas fajas no son en modo alguno regulares y susceptibles de una medida exacta; vienen unas veces formando bandas; otras, verdaderos chorreones irregulares, y en no pocos puntos cementando trozos y nódulos de sal gema, rellenando así la carnalita las grietas y litoclasas de la sal gema, y acusando zonas de sedimentación secundarias.

La sal gema se presenta en lechos separados por finos depósitos hojosos de anhídrita, los verdaderos y típicos Jahrrings de los alemanes, indicaciones de diferentes cosechas salinas, si así pueden llamarse, asimilando la génesis de estos yacimientos á los depósitos que se efectúan en las salinas artificiales. Estos lechos de anhídrita tienen de cuatro á ocho milímetros, y los de sal gema desde dos á 30 centímetros en general.

Toda esta formación, en el crucero del pozo, tiene un buzamiento al S. muy pronunciado, de acaso 70°. Nos inclinamos, sin embargo, á suponer que se trata en ese sitio de una pendiente anormal debida á una ondulación ó pliegue secundario del manto, análogo á los que con tanta profusión se observan en Cardona, por ejemplo.

El buzamiento general (á juzgar por los datos estratigráficos que se pueden recoger en la superficie) de las formaciones que sirven de pendiente á la salina, no debe pasar de 40°, y aun debe suavizarse rápidamente hacia el S., toda vez que á unos dos quilómetros del pozo maestro se observa en la carretera á Manresa el sinclinal correspondiente.

En el frente del crucero que está en plena carnalita se ha ejecutado un taladro horizontal de investigación; los resultados que nos han sido suministrados por referencia aparecen en el plano núm. 6. En el mismo estampamos los que se obtuvieron, al parecer, en el sondeo vertical abierto en el fondo del pozo. Unos 26 metros en números redondos tiene el taladro horizontal, y 124 aproximadamente el vertical.

En ambos se encuentran varias zonas de carnalita, unas veces en vetas y otras salpicando la sal gema. El silvino, la silvinita, mejor dicho, aparece en el fondo del sondeo vertical en dos fajas en el taladro horizontal del crucero y además aparece dispersa entre las masas de carnalita.

Según estos datos, resulta en el crucero un espesor total de carnalita de unos cuatro metros, á más de otros siete metros de mezcla íntima é irregular de sal gema y sal potásica. Estas zonas de *mezcla* son tan irregulares, sin embargo, que no es prudente asignarlas sino un 30 por 100 de carnalita verdadera.

En el taladro horizontal parece ser que se alcanzó una potencia de 14,90 metros en vetas de carnalita y 11,95 en silvinita, y aun cuando nada se pueda conjeturar respecto á la proporción de sal potásica en las zonas metalizadas, puede prudencialmente asignarse á éstas, denominadas "Carnalita," y "Silvinita," en el plano, una proporción del 50 por 100 en mineral potásico, y tan sólo un 20 por 100 en los que acusan mezcla de ellos y sal gema.

Partiendo de estos datos pueden estimarse, *grosso-modo*,

los espesores investigados de mineral potásico en las cifras siguientes:

## CRUCERO Y TALADRO HORIZONTAL

Visto.	Carnalita rica.....	4,00 metros.
	Mezcla, estimada en carnalita pura...	2,10 »
De referencia.	Estimación en carnalita rica.....	7,45 »
	Silvinita.....	5,97 »

O sea

	Carnalita.....	13,55 »
	Silvinita.....	5,97 »

## TALADRO VERTICAL DE REFERENCIA

	Carnalita, 21,95 metros estimada en mineral rico....	10,97 »
	Mezcla de carnalita y sal gema, 36,90; estimada en rico	9,22 »
	Silvinita, 5,80; mezcla estimada en mineral rico.....	1,45 »

O sea en total

	Carnalita.....	20,19 »
	Silvinita.....	1,45 »

Nos faltan datos para poder asegurar que se haya llegado con los dos taladros á la sal gema pura inferior (geológicamente considerada), donde es fácil que se empobrezca el criadero, ó que no contenga más que ligeros depósitos potásicos de segunda formación.

Si se comparan los resultados obtenidos en los reconocimientos horizontales y verticales, se ve ante todo que los de estos últimos (en cuanto á la carnalita) son más halagüeños que los primeros; no es fácil decidir si ello depende precisamente de la mayor exactitud en los datos de las labores horizontales (gran parte de las cuales son accesibles y comprobables) ó á que en la vertical del pozo hubiera un buzamiento accidental aún más pronunciado. Nos inclinamos, sin embargo, á lo primero, y en todo caso, prudente es para tener en cuenta la irregularidad de las vetas, aceptar como cifras probables los promedios de las ya obtenidas; según esto, resultarían los espesores medios investigados siguientes:

Carnalita.....	unos	17 metros.
Silvinita.....	unos	3,75 á 4 metros.

Estos trabajos son demasiado reducidos aún para poder

aplicar las anteriores cifras á la cubicación del tonelaje investigado; ni se ha reconocido todavía un campo bien limitado, ni poseemos datos de riqueza en otros puntos. Tan sólo como orientación, y sin pretensión alguna de hacer un verdadero cálculo de tonelaje, podemos adelantar algunas cifras.

Hay un campo limitado por los sondeos y el pozo de unos 230.000 metros cuadrados en horizontal, que pueden representar unos 300.000 de capa, á los cuales cabe aplicar las cifras anteriores, descartando un 50 por 100 por esterilidades desconocidas. Esta estimación arrojaría admitiendo una densidad de dos para estas sales:

Carnalita.....	2.550.000 toneladas.
Silvinita.....	1.125.000 »
TOTAL.....	<u>3.675.000 »</u>

Pero á pocas investigaciones que se hagan, bien sea algo más aguas abajo del Cardoner ó en el valle de Tordell, con éxito análogo al obtenido hasta ahora, será fácil elevar este tonelaje á cuatro y seis veces el indicado, aun concretándose á una zona próxima al S. de Suria.

La carnalita de Suria, de color rojizo muy acentuado, tiene una riqueza media aceptable y que en nada desdice á los promedios de Stassfurt. Varias muestras cuyos análisis hemos podido recoger, arrojan los resultados siguientes:

Cl	S O <sup>3</sup>	Mg O	K <sup>2</sup> O
44,70	1,07	10,07	12,50
41,50	0,46	13,06	15,26
41,50	0,82	12,02	12,30
46,70	0,71	9,38	11,52

Muestras recogidas por nosotros y ensayadas rápidamente en el Laboratorio de la Escuela de Minas por el profesor don Enrique Hausser, han acusado:

K <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	Mg Cl <sub>2</sub>
25,79	17,00
25,72	5,50

Posteriormente en el mismo laboratorio se han ensayado detenidamente otras muestras que hemos enviado, y han arrojado los resultados siguientes:



K <sub>2</sub> O	K. Cl	Mg O	Mg <sub>2</sub> Cl	Na <sub>2</sub> O	Na Cl
14,21	24,22	7,15	17,00	19,36	36,40
12,14	20,68	2,33	5,50	21,17	39,80

La pequeña cantidad de magnesia que encierran algunas muestras indican que más bien que de una carnalita pura se trata en ellas de mezclas de esta substancia con silvino.

La carnalita de Suria es, por tanto, un mineral de riqueza corriente en potasio, y lo que interesa estimar es la mayor ó menor regularidad de los depósitos.

De la silvinita encontrada en Suria en los sondeos no nos ha sido posible obtener muestras para su análisis.

Pero en los primeros metros de galería en plena zona de sal y anhidrita recogimos unos cristales de silvinita que tapizaban una geoda, y que analizados por la Escuela de Minas dieron por resultado: 18,52 de cloruro potásico y sólo 1,85 de cloruro de magnesio.

### Cardona.

Las salinas de Cardona fueron repetidas veces estudiadas y en 1898, con motivo de las excursiones de la Sociedad Geológica de Francia, fué visitada por varios geólogos franceses y españoles que manifestaron su opinión sobre la edad de tan famoso criadero.

Como ya hemos indicado, aparece la sal en el eje de un violento anticlinal situado como á unos 200 metros del pueblo de Cardona y en sitio próximo al río Cardoner.

Las capas superiores de sal se encuentran mezcladas, formando fajas, entre otras de yeso y arcilla, y aparecen muy trastornadas, con pliegues y roturas sumamente violentos. Hay algunos de los primeros cuya sección es exactamente una N. Constituyen estas capas lo que los naturales del país llaman la montaña de sal roja, por su color característico, aunque también hay sal blanca y transparente.

Debajo de estas capas se presenta una gran masa compacta de sal blanca, transparente y sumamente pura, que constituye el objeto de la explotación propiamente dicha. Antiguamente se efectuaba á cielo abierto por bancos, pero hoy día se lleva á

cabo por pozo. Este tiene actualmente 50 metros y todo él está perforado en la masa de sal sin intercalación de ninguna otra substancia: reúne por tanto la sal extraída unas condiciones de pureza extraordinarias. La explotación actual está muy limitada á consecuencia de los transportes, y da lugar tan sólo á la de sal serrada en losetas, para la exportación á Africa, donde es muy estimada.

La solubilidad de la sal ocasiona en el terreno oquedades que traen consigo hundimientos de tierras, yesos y arcillas de las capas superiores, constituyendo lo que en la localidad designan con el nombre de bofias. La mayor de ellas, llamada bofia Gran, está situada al O. del criadero, formando un gran hoyo ó embudo, y su superficie está erizada de agujas y láminas cortantes, labradas por las aguas.

Nunca se conoció la sal potásica en los criaderos de Cardona; sin embargo, después del descubrimiento de Suria, se concentró el interés en buscarla allí. El ilustrado ingeniero D. Pedro Garcin nos ha proporcionado unos análisis de silvino encontrado por él en la montaña de sal roja de Cardona.

Nosotros en ese mismo sitio y sólo en una pequeña zona hemos hallado silvino casi puro, unas veces blanco y transparente y otras de color rojizo.

Las muestras han sido ensayadas en el Laboratorio de la Escuela de Minas bajo la dirección de D. Enrique Hauser, arrojando los resultados siguientes:

Muestras	Potasa K <sub>2</sub> O	Cloruro potásico (K <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> )	Magnesia (MgO)
Blanca..	68,20 %	98,90 %	No contiene.
Roja...	62,19 %	97,10 %	indicios.
Idem...	61,97 %	96,56 %	Idem.

Las salinas de Cardona están bañadas por un pequeño arroyo que afluye al río Cardoner y cuyas aguas salen enteramente saturadas de sales. Calcula el administrador de las minas que todos los días pierde por ese concepto la salina más de 15 toneladas de sal. El citado Ingeniero Sr. Garcin ha efectuado un análisis interesantísimo de esas aguas, que demuestra la gran cantidad de potasa que se pierde diariamente.

He aquí el análisis refiriendo las cifras á gramos por litro de agua:

Cl	K <sub>2</sub> O	Mg O	Ca O	SO <sub>3</sub>
161,3	14,5	17,06	3,79	4,29

Lo que corresponde á

K. Cl	Mg Cl <sub>2</sub>	CaO. SO <sub>3</sub>	2H <sub>2</sub> O
21,04	44,59	11,625	»

Nosotros también hemos recogido muestras del agua de ese arroyo, pero lo hemos hecho en dos sitios distintos.

Una de las muestras la hemos tomado al pie mismo de la montaña de sal roja, y el análisis, efectuado también en la Escuela de Minas, dió por resultado que contenía 48 gramos de anhídrido potásico por litro de agua, lo que representa 81,65 gramos de cloruro potásico.

La segunda muestra recogida cerca del río Cardoner, donde se ha unido al agua rica en potasa la procedente de otros venenos más ó menos cargados de cloruro sódico, nos ha dado un contenido en anhídrido potásico de 10,15 gramos por litro de agua, que equivalen á 17,35 de cloruro potásico.

Lo alto de estas cifras da clara idea de la importante cantidad de silvino que existe aún en determinadas regiones de las salinas de Cardona y la notable pérdida que ha traído consigo el lavado constante del criadero.

Análogamente á lo que ocurre en Suria, no se ha atravesado la sal con ninguna labor; es decir, que no se conoce su yacente.

La analogía en el modo de yacer la sal y en la naturaleza de los depósitos que la recubren, nos hace creer que los criaderos de Suria y Cardona pertenecen á una misma edad geológica; pero ¿cuál es esta edad? El Sr. Vidal, en la excursión á Cardona que hizo la Sociedad Geológica de Francia, hizo presente: que fijándose en que el yacimiento de sal está íntimamente ligado á los fenómenos de dislocación de los lechos oligocenos y haciendo resaltar la concordancia que parece existir entre éstos y aquéllos considera que los depósitos de sal y yeso son procedentes de un accidente de aquella época, y por consiguiente al oligoceno atribuye la edad de las salinas de Cardona.

Otros geólogos, considerando que la sal se presenta en di-

versos parajes de los Pirineos asociada á los asomos ofíticos y teniendo en cuenta los grandes pliegues que presentan las capas superiores de sal y yeso, creen que esas famosas salinas pertenecen á la época triásica. Dan también como argumento los sostenedores de esta teoría la discordancia que dicen existe entre las capas de sal y las hiladas oligocenas y la localización de la sal. Esta opinión ha sido sustentada por Mrs. Carez, Deperet y Bergeron. De la primera participan les Sres. Stuar-Menteht y Dollfus (1).

Nosotros, sin embargo, entendemos:

1.º Que los trastornos que pueden observarse en el terreno impiden asegurar la concordancia ó discordancia de la sal con los depósitos oligocenos.

2.º Nos parece extraño que rocas como la dolomia, margas y calizas triásicas, y aun las ofitas, no hayan hecho su aparición, siendo tan violentos los pliegues correspondientes á aquel terreno.

3.º Que no es posible admitir que los anticlinales sean anteriores al período oligoceno, porque en Suria se ve claramente que, por consecuencias de aquel accidente geológico, sus estratos han sido completamente trastornados.

4.º Que los dobleces de las capas superiores de la sal se conciben bien, si se considera que la gran masa de sal pura inferior, al formarse el pliegue, debió obrar como un cuerpo sin ductilidad alguna, rompiendo y encorvando los estratos superiores, más blandos.

5.º Que es extraño, si la sal fuera triásica, que no se observasen los depósitos eocenos marinos que bordean toda la cuenca oligocena.

Una objeción, sin embargo, nos hemos formulado á nuestra opinión ante el hecho de que los criaderos de Cardona y Suria sean oligocenos, y es la ausencia en los bordes de la cuenca de manantiales salinos. Sin embargo, pudiera esta au-

(1) El reputado Ingeniero de Minas y Geólogo D. Luis Mariano Vidal, en una reciente excursión científica, ha tenido ocasión de estudiar nuevamente este interesante criadero; el fruto de esta inspección se publicará en breve; aun cuando, por lo tanto, nos sea desconocido su texto, parece que en él se sienta la teoría de reconocer edades distintas á las capas de sal roja y blanca, colocando la primera en el oligoceno y atribuyendo la segunda á un depósito triásico.

sencia tener su explicación en el hecho de que, á consecuencia de los muchos accidentes geológicos que han conmovido la cuenca, las aguas que han lavado su fondo salino hayan salido por otras grietas; así parece demostrarlo también la realidad.

### Manantiales salinos.

En el anticlinal de Villanueva la Aguda, ya descrito, y que nosotros consideramos sea el mismo de Cardona, á 1,5 quilómetros del pueblo, en el valle denudado denominado Torrente de Ball, brota, en el cuaternario, un manantial muy salado, que ha sido objeto de explotación. El referido torrente tiene bastante anchura, y coincide, como ya se ha dicho, con el eje del anticlinal.

El agua que nosotros recogimos fué analizada en la Escuela de Ingenieros de Minas, dando 4,10 gramos de potasa por litro, dosis sumamente alta. Unido esto á que la temperatura á que sale el agua es la del ambiente exterior, hace suponer que el agua recoge la sal en sitio próximo, ó, por lo menos, que trae un trayecto muy superficial.

En Sampasalás, en el anticlinal que debe ser el mismo de Callús, brota una fuente cuya agua también tiene trazas potásicas.

En el contacto del cretáceo con el oligoceno, entre Rubió y Furadada, se presenta, en unos depósitos modernos, un pozo con bastante cantidad de sal común, que explotaban antiguamente, elevando el agua á la superficie por medio de una bomba y evaporándola después en unas balsas. No pudimos recoger el agua, pero sí obtuvimos una muestra de la sal beneficiada, que hemos analizado, y que no contiene sal potásica, pero pudo tenerla y desaparecer, á causa de su extremada delicuescencia.

Por último, las aguas que hemos recogido en Gort y en Santa Eulalia de Riuprimer, próximos á Vich, nos han dado, respecto á la existencia de sal potásica, resultado negativo.

### Génesis de las sales.

Aun cuando esta clase de investigaciones científicas parezcan salirse del cuadro de este Informe, conviene, sin embargo, abordarla, aunque someramente, con tanto más motivo cuanto que ciertas deducciones racionales que se deriven del proceso genético atribuible á los yacimientos de Suria podrán tal vez servir de orientación á futuros descubrimientos. Para ello, y ante todo, recopilemos los hechos principales que parecen resultar del estudio geológico-minero de la comarca, de Suria especialmente, fijando la atención, sobre todo, en los siguientes:

1.º La sal en Cardona se presenta en pleno anticlinal, con una potencia considerable, ocupando la sal blanca y compacta el centro ó nivel geológico más bajo, y la roja los costados ó hastiales. Igual colocación respectiva parece observarse en Suria, por más que en esta última región no se conozca sino la rama S. del anticlinal salino.

2.º La sal blanca, en Cardona, es muy pura; pero la capa superior salina, la zona de los hastiales, la roca madre donde hasta ahora han aparecido las variedades potásicas, está compuesta generalmente de sal gema en capas delgadas, separadas por hojas interstratificadas, muy finas, de yeso anhidro, los verdaderos Jahrringes clásicos de esta clase de depósitos.

3.º En Suria se han encontrado, como minerales potásicos, la *carnalita*, *silvino* y *silvinita*, más ó menos mezclados entre sí y con cloruro sódico.

En Cardona se pueden recoger ejemplares de silvinita. En ambas localidades faltan (ó por lo menos no han sido observados hasta el presente) los minerales sulfatados Kainita, Kieserita, Tachidrita, Polyhalita, Epsomita, etc., ni las especies boratadas.

4.º La carnalita y silvinita, en Suria, se presentan no aisladas, sino dentro de la sal gema del horizonte geológico superior del depósito de cloruro sódico. Parece como que, en general, se observa cierta tendencia á formar vetas interstratificadas; pero la irregularidad en ellas es lo más corriente; ocupa la

carnalita también todos los intersticios de la sal gema, y aun rellena las litoclasas de ésta en columnas más ó menos metalizadas, y á veces la irregularidad es más acentuada, pudiéndose observar pedazos redondeados de sal gema pura, rodeados y como cementados por carnalita.

5.º Las capitas de yeso, los Jahrringes, son muy visibles y se destacan de un modo perfecto.

6.º Los criaderos parecen estar recubiertos por depósitos oligocenos, inmediatamente por margas y una potente formación de yesos.

7.º Hasta ahora, no tan sólo las salinas propiamente dichas, sino las manifestaciones de su continuación, los manantiales salinos más ó menos potásicos, se presentan en los anticlinales propiamente dichos, enumerados en páginas anteriores, ó en las ramas meridionales de esos pliegues, en las proximidades de las roturas de los mismos accidentes.

8.º De las cuencas potásicas conocidas hasta hoy día, tan sólo la de Alsacia, oligocena también, parece semejarse á Suria, con la circunstancia de faltar en ambas los minerales sulfatados; pero la analogía no pasa de ahí, pues en Alsacia la carnalita y silvinita forman yacimientos ó capas de cierta regularidad, separados por depósitos detríticos, de los mantos de sal gema pura que les sirven de pendiente y yacente; mientras que en Suria las sales potásicas aparecen hasta ahora dentro de la masa general de sal gema roja que recubre el gran depósito de sal purablanca subyacente.

9.º Los anticlinales de la zona catalana, y muy especialmente el de Suria y aun el de Cardona, son disimétricos, muy pendientes en sus ramas meridionales y suaves en las septentrionales; son verdaderos pliegues acostados, indicándose en algunos sitios, en Suria principalmente, una rotura ó desgajamiento en la falda Sur, aproximadamente paralela al anticlinal, y con manifiesto resbalamiento ascendente.

Estas son las características geológico-mineras principales que hasta ahora pueden observarse en la región catalana. Por la edad geológica de los mantos de mineral, clase de éstos y modo de yacer, en bien poco pueden compararse con los famosos de Stassfurt; más bien, y aparte de la importancia industrial, pudieran asemejarse, para su estudio genético, á los de

Alsacia, pero sin que esa comparación pueda alcanzar más que á lo fundamental.

Es cuestión hoy día ya admitida por casi todos los geólogos, el atribuir á toda esta clase de depósitos, y aun á la mayor parte de los de sal gema pura, un origen de sedimentación, de precipitación por desecación de mares interiores ó lagunas de agua salada. Carl Oxenius (1) observa al microscopio la sal de Cardona, descubriendo restos de infusorios, desechando, por tanto, para la génesis de la sal, toda acción de origen interno hidrotermal.

La gran objeción que en un principio se opuso á que esta teoría tan sencilla (y tan en consonancia con lo que actualmente sucede en las salinas artificiales) se abriese paso, fueron esos inmensos espesores de sal, de á veces 200 metros y más, que se observan en Stassfurt y en Cardona. Tales depósitos, dado el reducido contenido de cloruro sódico en el agua de mar (3,0 por 100 á 3,3 por 100 en las actuales del Mediterráneo), implicaba profundidades inadmisibles en los océanos que hubieran dado lugar á ellos, por su evaporación total *in situ*. Estudios más detenidos, ejemplos típicos de este proceso en la actualidad, y muy especialmente en los depósitos en formación del lago Karabogaz, alimentado por el mar Caspio, arrojan mucha luz sobre la marcha que ha podido seguir la génesis de los grandes depositos salinos.

Basta que una cuenca esté en conexión con un mar interior, y que la comunicación entre ellos se verifique por conductos obstruibles, para que desde el mar á la cuenca se hagan aportaciones parciales y periódicas de aguas que sirvan por su evaporación para formar las aguas madres de los depósitos, de un modo análogo á lo que tan frecuentemente tiene lugar en la alimentación de las salinas artificiales, permitiendo así acumular dentro de una cubeta, relativamente poco profunda, enormes cantidades de sal.

Para explicar cómo se puede cortar periódicamente la comunicación entre la cuenca productora de sal y la que le alimenta de líquido, no es necesario, en la mayoría de los casos, recurrir á movimientos del suelo, que, por lo frecuentes que

(1) Formaciones salinas de Douglas y Egalu (1877).

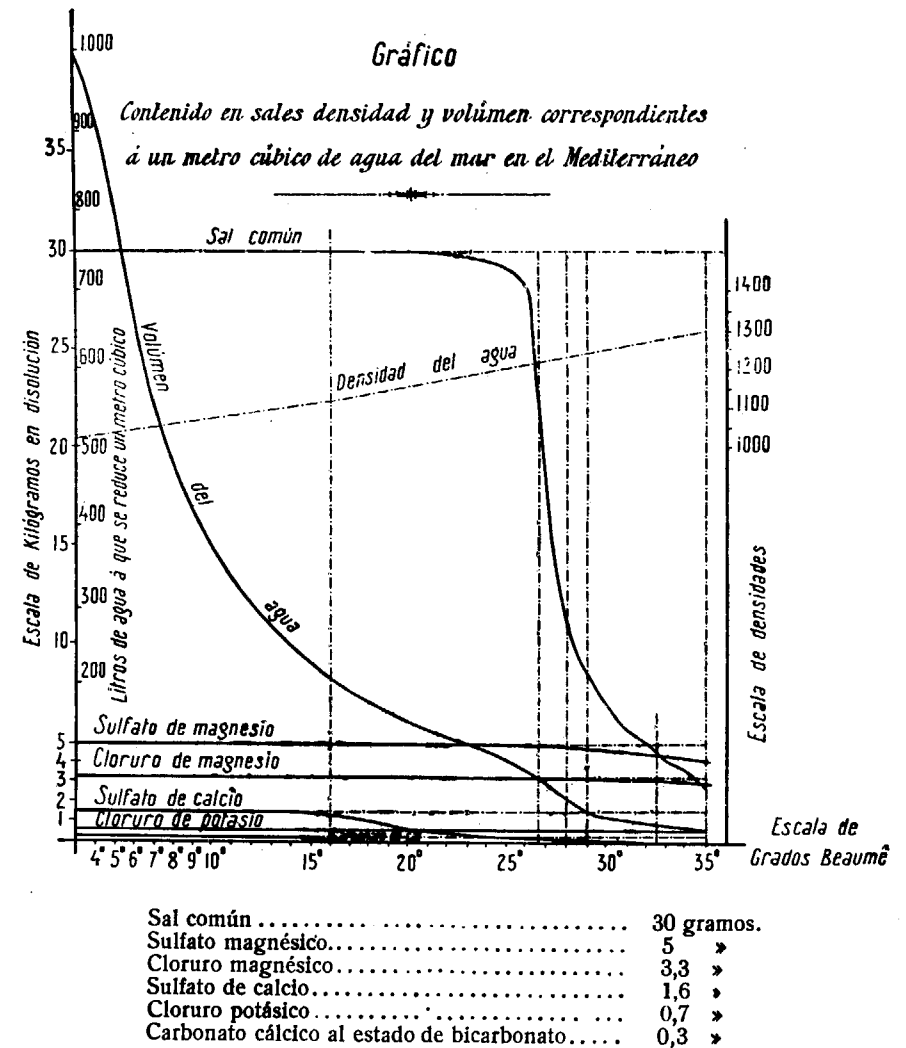
sería forzoso suponerlos, implicarían cierta dificultad para concebirlos. Son muchas y variadas las causas que pueden cegar ó interrumpir la comunicación: en Karabogaz, un largo período de sequía que disminuya la aportación de agua dulce por el Volga, puede ocasionar un descenso del nivel en el mar Caspio y cortar la comunicación con el lago interior, ó bien puede ser la corriente tan débil, y la contrapresión del agua dentro de la laguna tan fuerte, que por sí sola cese la aportación. En sitios en que esa entrada de agua salada no se verifica por canal franco (varias salinas artificiales en España están en ese caso), sino por filtración á través de un cordón de dunas, la misma movilidad de éstas puede cegar periódicamente el flujo que alimiente el caudal de aguas madres.

Embalsada una cantidad de aguas saladas, y sometida á la evaporación natural, la cristalización de las sales debe ser análoga á la que hoy día tiene lugar en las salinas artificiales, por lo menos en su primera etapa, es decir, hasta llegar á una concentración que convierta el líquido en verdaderas aguas madres, como se indica en el diagrama que aparece á continuación.

Las diferencias entre el modo de verificarse los depósitos en otros tiempos geológicos relativamente á los actuales, dependerán tan sólo de la diversa temperatura ó de ligeras variaciones en la composición química de las aguas. Respecto al primer punto, y concretándose al período oligoceno, todos los geólogos están conformes en que durante esa época, precursora de los grandes levantamientos alpinos, la temperatura en la zona templada de Europa fué de 35 á 40°, y algunos la suponen más que tropical; de todos modos, guardaría cierta analogía con el régimen climatológico de la parte meridional del Mediterráneo actual.

En lo que respecta á la composición de las aguas marinas, nada autoriza á suponer que la de los mares oligocenos se apartase notablemente de la del actual Mediterráneo, aun cuando quepa tal vez sospechar que estuvieran aquéllas algo más cargadas de bicarbonato cálcico.

Las aguas medias del Mediterráneo meridional contienen *grosso modo* las siguientes cantidades de los cuerpos que más interesan á nuestro objeto y por metro cúbico de líquido:



Sometidas á la evaporación natural las aguas marinas, y á los 15° Beaumé próximamente, se inicia la precipitación del sulfato cálcico que se deposita casi por completo á los 28° B., y antes, á los 12° ó 13° B., se desprende el carbonato cálcico rápidamente.

La curva especial de solubilidad del cloruro sódico, casi igual en frío que en caliente, permite á las aguas, á pesar de su alto contenido en esta substancia, retenerla hasta más allá

de los 16° B. á una temperatura media de 35 á 40° centígrados; en ese momento se inicia un ligero depósito mezclado aún con sales cálcicas, pero real y prácticamente la cristalización de la sal común pura cuando se opera, y de un modo brusco, es entre los 25° y 26° B. cuando el líquido se ha concentrado en 1/10 á 1/14 de su volumen inicial. El depósito sódico sigue bastante rápido más allá de los 28° B. hasta los 35°, pero ya á los 29° ó 30° se hace sensible el de las sales magnésicas, y las lejías se convierten en las llamadas *aguas madres*, en cuyo seno la cristalización tiene que hacerse en condiciones regidas por leyes algo más complejas que las curvas sencillas de solubilidad.

En efecto, la solubilidad de un cuerpo cualquiera en agua pura ó poco cargada de sales no sigue ni con mucho la misma ley que si el disolvente contiene grandes cantidades de otra sal soluble; á veces, cuando entre las sales tienen lugar intercambios de ácidos, la solubilidad puede aumentar; en la mayor parte de los casos, y principalmente cuando se pueden formar sales dobles ó múltiples, sucede todo lo contrario.

Es más, toda sal compleja tiene á una cierta temperatura dada una solubilidad definida, y generalmente intermedia entre las que tienen las sales simples que las componen; la concentración típica de una disolución (á cierta temperatura) para que cristalice esa sal doble, es la que ha dado en llamarse *punto final de cristalización*.

Las investigaciones de Van t'Hoff sobre estos fenómenos, y muy especialmente sobre las sales de sodio, potasio, magnesio y calcio, arrojan hoy mucha luz sobre la precipitación de las sales potásicas y magnésicas en las aguas madres.

Sin entrar en los detalles de los trabajos de dicho químico y de Meyerhaffer, conviene, sin embargo, recordar algunos resultados salientes.

1.º Caso sencillo de mezcla de dos cloruros: el de sodio y potasio, por ejemplo. A 25° centígrados una disolución saturada de ambos no contiene ni la cantidad de cloruro potásico ni sódico que contendría una lejía saturada de *uno* solo de los cloruros; y esa saturación por *ambas* sales, corresponde á una cierta relación ponderal entre ellas. Si, pues, una disolución se concentra sin variación térmica y reduciéndose de volumen,

llegará un momento en que, si la relación entre ambos cloruros no es la del producto de precipitación crítica final, uno de ellos se irá depositando hasta que sea un hecho la relación debida de ambos componentes, á partir de cuya concentración se precipitará un *cloruro doble*. En este caso lo que cristaliza en el punto crítico es un cloruro doble de potasio, en el cual el primero está con el segundo en la relación de 39 á 89 moléculas.

2.º Las experiencias con mezclas de cloruro potásico y carnalita, y este último mineral y cloruro magnésico, han dado resultados verdaderamente sorprendentes y han sido estudiados en el campo científico por Van t'Hoff hasta el punto de poder determinar *á priori* las condiciones exactas en que puede formarse tal ó cual sal, ó viceversa, "su campo de descomposición".

El hecho de que la solubilidad de un cuerpo siga leyes muy distintas al tratarse de una disolución sencilla ó de lejías complejas, resalta á la vista en estos estudios; así, por ejemplo, y refiriéndonos á los cloruros de potasio y magnesio que son los que más interesaban en nuestro caso, véase el cuadro siguiente donde las cifras representan el número de moléculas, es decir, cocientes de las cantidades ponderables por sus pesos moleculares.

SATURACIÓN	Contiene la disolución por cien moléculas de agua.	
	K <sup>2</sup> Cl <sup>2</sup>	Mg Cl <sup>2</sup>
Cloruro potásico .....	44	»
Cloruro potásico y carnalita .....	5,5	72,5
Cloruro magnésico y carnalita .....	1	105
Cloruro magnésico .....	,	108

Es decir, que en estas circunstancias el mero hecho de contener una lejía *algo* de cloruro potásico disminuye la solubilidad para el magnésico. Una mezcla de cloruro potásico y carnalita (Mg, Cl<sup>2</sup>, K Cl, 6 H<sup>2</sup> O) cede á la disolución principalmente sal magnésica, y tan sólo pequeñas cantidades de cloruro alcalino aislado.

Se entrevé, por lo tanto, y Van t'Hoff llegó á explicarlo con gran claridad, que en las aguas madres se altera notablemente el orden de precipitación de las sales. De no tener en cuenta estas leyes complejas y ateniéndose tan sólo á la curva

de solubilidad del cloruro potásico y magnésico y sus contenidos en las aguas, no se explicaría sino el depósito primero del  $MgCl_2$ , y tan sólo casi al desecarse una cuenca se concebiría la cristalización del  $KCl$ . Los estudios de Van t'Hoff, ponen, por el contrario, en evidencia que el primer precipitado (después del cloruro sódico fundamental, antes de llegar las aguas á constituir lejías madres) es el cloruro potásico; luego, el sulfato magnésico y cloruro potásico; le sigue la carnalita, y, por fin, el cloruro magnésico, el más delicuescente.

Este resultado de laboratorio y analítico parece que concuerda con el orden de los depósitos en Stassfurt.

Otras deducciones importantes pueden sacarse de esta clase de trabajos y que son de interés especial para orientarse en el proceso de los depósitos de origen secundario en las zonas de concentración de los criaderos.

Así, por ejemplo, cuando la verdadera carnalita, el cloruro doble  $KClMgCl_2 \cdot 6H_2O$ , es sometido á la acción del agua á una temperatura alrededor de  $25^\circ$ , lo que principalmente entra en disolución por desdoble de la sal compleja es el cloruro magnésico, separándose algo de cloruro potásico; la disolución contiene un cloruro mucho menos alcalino. Si luego se somete esa lejía á una concentración de volumen (á igual temperatura) al llegar á la saturación deposita carnalita ordinaria, dejando el exceso de sal magnesiana en el líquido para precipitarse tan sólo al final de la disolución.

Si, pues, un criadero de carnalita y silvinita se supone sometido á la acción de aguas disolventes, se explican y pueden augurarse los fenómenos siguientes:

1.º Las aguas disolverán la carnalita con preferencia á la silvinita.

2.º La carnalita disuelta, al llegar á regiones donde pueda concentrarse por evaporación ú otros medios, depositará primero silvinita; las lejías *ipso facto* más magnésicas permitirán la cristalización de nueva carnalita, y las aguas madres sobrantes dejarán en último término las sales magnésicas, si es que en ese momento no tienen salida y se desbordan fuera de la cuenca de cristalización. En una palabra: un criadero *lavado* pierde antes la carnalita que la silvinita, y de todos modos, esas lejías, ese transporte de los minerales *primarios* para

constituir depósitos *secundarios*, es más fácil ó podrá ser más largo para la carnalita que para el silvino.

3.º De este modo se comprende, en los depósitos secundarios, la separación que parece observarse entre las zonas de *silvino* y de *carnalita*.

Todos estos fenómenos pueden revestir gran importancia al estudiar la génesis de los criaderos catalanes, en los cuales gran parte de los enriquecimientos de las zonas de concentración son de origen secundario, de materia transportada.

Claro está que estos fenómenos varían algo con la temperatura y la presión á que tienen lugar; según Van t'Hoff, la temperatura tiene mucha más importancia que la presión, pero ninguna altera la esencia de lo que hemos expuesto y tan sólo favorecen, entorpecen é impiden la formación de otras sales minerales más complejas que hasta ahora parecen faltar en Suria.

En Alsacia y Suria faltan los sulfatos múltiples de potasio, calcio y magnesio; estos componentes de las aguas oligocenas no han dejado huella visible en los depósitos. ¿Esta falta es aparente ó real? ¿Existirán, aun cuando en muy pequeña cantidad, en el criadero general hoy por hoy desconocido?

Pregunta es ésta á la que no puede contestarse. Nos inclinamos, sin embargo, á admitir la existencia de sulfatos. De ser real la ausencia de estos cuerpos (exceptuando el de calcio), cabría sospechar si las aguas oligocenas no hubieran sido enteramente análogas á las actuales: tal vez un exceso de calcio al estado de bicarbonato, reaccionando sobre el sulfato magnésico con producción de sulfato cálcico y carbonato ácido de magnesio, pudiera explicar la ausencia de sulfatos alcalinos; pero en ese caso el carbonato magnésico deberá revelarse ó en el yeso (tal vez algo dolomítico) ó en las rocas que sirven de caja á los criaderos.

Pero en la región catalana, una vez formado el depósito salino, ha debido verificarse una verdadera transmigración de las sales potásicas en los puntos en que, por efecto de las grietas producidas por desgajamientos, fallas ó anticlinales rotos, las aguas hayan podido transportar disueltas la carnalita y la silvinita; la delicuescencia extraordinaria de la primera, y la gran solubilidad de ambas, ha permitido este transporte.

A veces estas leñas posteriores han podido discurrir por la superficie y habrán ocasionado una pérdida de potasa empobreciendo el criadero que han *lavado*. En otras las aguas salinas han podido tomar el camino interno de fallas ó rocas más permeables, y bañar luego partes del criadero en las que por esas mismas roturas haya podido variar la temperatura y presión de las leñas, y podrán haber depositado carnalita y silvinita de nuevo, rellenando intersticios, juntas, etc., dando lugar á depósitos de segunda formación, á concentraciones, á zonas ricas en potasa, aunque irregulares. El recubrimiento de su capa salina por margas impermeables que no permiten la salida de las leñas habrá favorecido este ingreso secundario á través de ellas. Así se puede explicar el caso de Suria, en el que se ha verificado una concentración de sal potásica al Sur de la falla varias veces citada. Es lógico además suponer que se pueden repetir los descubrimientos locales de concentración de potasa, análogos á los de la concesión "Roumanie", de Suria, y algo en ese sentido indican ciertos manantiales, entre ellos los de Sampasalás, Villanueva la Aguda, etc.

Por el contrario, en los grandes sinclinales de la masa general salina, las sales potásicas deben existir con más regularidad, pero constituyendo una capa madre mucho más pobre; guardarían esos sinclinales, y la masa general, respecto á las zonas de concentración en los anticlinales (principalmente en sus ramas desgajadas) la misma relación que existe entre criaderos auríferos y *in situ* los aluviones de concentración á que ellos mismos dan lugar.

Sentadas estas premisas, estas hipótesis, que parecen derivarse lógicamente del estudio estratigráfico somero efectuado, cabe indicar cierta orientación en las futuras investigaciones y prospección de los criaderos catalanes.

Deberán preferirse en general las zonas de los anticlinales, y entre éstos los menos suaves, y sobre todo, las ramas más pendientes de los mismos. Sitios de condiciones más ventajosas serán aquellos próximos á fracturas ocasionadas en el pliegue por una curvatura brusca ó cobijadura. En todos esos puntos será más probable la existencia de zonas de concentración por depósitos secundarios de sal potásica. En cambio, los anticlinales propiamente dichos, en sus partes abiertas y expuestas á

los meteoros, corren mucho riesgo de contener criaderos *lavados*, donde no haya quedado más que la sal gema.

Menos halagüeñas, pero sin dejar de ofrecer probabilidades de éxito, serán las ramas suaves de los anticlinales.

En los verdaderos fondos de cubeta, en los sinclinales, el criadero debe encontrarse sin alteración; es decir, sin depósito secundario de concentración: constituirán una salina madre, más regular, pero más pobre en las sales deseadas. Además la profundidad á que en algunos sinclinales se encuentra la sal, será exagerada, y tal vez incompatible con los medios actuales de explotación.

Dentro de esta orientación, los manantiales salinos actuales pueden también ser un poderoso auxilio para colocar convenientemente los trabajos de prospección; sobre todo, si esos manantiales, á más de ser ricos, son de aguas poco profundas, cuya temperatura y caudal guarde relación de dependencia con la climatología de la superficie.

Con objeto de poder llegar á profundidades compatibles con una explotación remuneradora, deben empezarse los pozos en el tramo de areniscas, conglomerados, margas y arcillas rojas que ya hemos descrito.

En todo caso, el estudio estratigráfico *local* ha de ser la base para el buen emplazamiento de un sondeo; lo contrario es exponerse á serios fracasos.

Por último, los anticlinales de Cardona y Suria parecen ofrecer más alicientes que el de Callús.

De todos modos, estas deducciones no pueden tener otro valor que el de conjeturas más ó menos lógicas; tan sólo una prospección metódica, con datos positivos y negativos, puede en lo futuro ser base de afirmaciones rotundas.

### Importancia del descubrimiento.

El hallazgo de sales potásicas en Cataluña, mientras esté concretado á las que hoy día pueden verse en la concesión "Roumanie", no tiene para el país toda la importancia que cabe esperar para lo futuro, aun cuando represente ya un valor positivo y un gran beneficio para los dueños de estas conce-



siones. El tonelaje descubierto no es hoy lo bastante elevado para influir en el mercado, ni aun para satisfacer las necesidades de la agricultura española. Pero sí ha bastado este descubrimiento á excitar el celo de otros exploradores, y ya están en marcha algunas sondas en busca de la continuación de los mantos salinos. Por los dueños de la concesión Roumanie se están ejecutando diferentes taladros en las proximidades del único pozo hoy existente; por otra entidad distinta se está haciendo un sondeo sobre el mismo anticlinal de Suria, á unos seis kilómetros de la carretera de Cardona, en la cuenca del río Saló, junto al caserío de Semis; y se proyecta inaugurar inmediatamente otros dos, al parecer en Boixader, en la zona meridional de la formación oligocena, sobre el pliegue de Callús. Sin que podamos asegurarlo, se habla también de la ejecución de sondeos en los confines divisorios entre la provincia de Lérida y Barcelona, y muy especialmente en la región de Villanueva de la Aguda, donde realmente hay datos más que halagüeños para alentar á los capitalistas. Los datos que suministren esos taladros serán de valor inestimable.

Insistiremos sobre la elección de los sitios de los sondeos, porque dada la tectónica especial de toda la región y las características del criadero, es fácil ejecutar taladros en parajes donde desde un principio pueda asegurarse con grandes probabilidades de acierto un verdadero fracaso, ó porque se pongan fuera de la cuenca, ó en sitios donde no sea de presumir la existencia de zonas de concentración de sales potásicas, ó en regiones sinclinales en las que el manto salino se encuentra á profundidades inadmisibles para la explotación; en una palabra, donde no haya criadero ó donde esté demasiado profundo, ó tan pobre que pasen inadvertidas las sales que se investiguen. No se trata de una cuenca regular como la de Alsacia ó Stassfurt: se trata de algo más delicado, considerado geológicamente, y en cuya prospección los estudios previos y la prudencia deben ser los guías más apreciados y casi únicos. La colocación de taladros sin estos requisitos ó sin más objeto que el emplazarlos en determinados registros mineros, puede, no tan sólo ocasionar pérdidas financieras á los emprendedores, sino desacreditar indebidamente una cuenca que ofrece verdadero aliciente y probable porvenir.

Esta prospección será costosa, aun sin llegar á las cifras gastadas en algunas regiones alemanas; en Alsacia, por ejemplo, donde se han ejecutado unos 120 sondeos de 200 á 1.000 metros. Las investigaciones necesarias en Cataluña han de representar un capital respetable y que convendrá se emplee con las mejores garantías de éxito.

Pero este plan de prospección se impone, porque hay grandes probabilidades para que, con su auxilio, el descubrimiento de Suria pase de su categoría puramente local actual á la de nacional, y á que esos yacimientos alcancen la importancia necesaria para redimir á la agricultura actual y futura española de la servidumbre impuesta á todos los países por el monopolio alemán que rige el mercado. La redimiría no sólo en concepto de baratura considerable del producto para los abonos minerales, sino por la creación de industrias derivadas que forzosamente se habían de establecer. Y no sería inconveniente para ello el que el coste de producción en las salinas españolas no llegase nunca á poderse rebajar á las cifras análogas alemanas (por la mayor riqueza en potasa de los criaderos de Stassfurt y Alsacia), pues es tal el margen de beneficios que el monopolio alemán se ve forzado á establecer entre el gasto de producción y precio de venta, que no es dudoso admitir la facilidad de poder ceder á la agricultura esa primera materia, que le es indispensable, á precios muy inferiores á los actuales, por pocas que sean las zonas que se encuentren y exploten, análogas á las de Suria. Sobre este punto insistiremos más adelante.

Esta importancia nacional que conseguirían los criaderos catalanes si el éxito coronase la prospección metódica, se patentiza con sólo considerar algunas cifras globales del mercado y producción de sales potásicas. Sin entrar en detalles que no serían pertinentes al carácter científico de esta nota, basta para el objeto con examinar algunos resultados de las estadísticas.

El monopolio alemán limita su producción á la venta, que aumenta de un modo rapidísimo. Así, por ejemplo, y valuado en toneladas de óxido potásico anhidro, el consumo fué, en 1910, 600.000 toneladas de  $K_2O$  números redondos, y en 1911, 900.000.

El valor medio global de los productos vendidos parec e

que ascendió en 1910 á 110 millones de marcos, y en 1911 á 120.

Se supone que desde hace treinta años la venta ha aumentado en 80 veces su primitivo consumo; esta cifra, unida al incremento observado en 1908, 1909, 1910 y 1911, son elocuentes.

Alemania consume ella misma una gran parte de su producción; verdad es que rigen para su consumo nacional precios mucho más favorables que los que fija al mercado mundial, estableciendo así un privilegio patriótico, base en gran parte del desarrollo enorme de su agricultura. Entre las naciones extranjeras tributarias, la que más importa es la de los Estados Unidos de América. El monopolio hace una distinción perfecta en precios y clases entre las sales potásicas pobres consumidas por la agricultura directamente, las de elevada riqueza y las destinadas á la industria; y entre éstas, las destinadas á la fabricación del cloruro potásico puro ó de gran riqueza.

Así, por ejemplo, la estadística de 1908 arroja las siguientes cifras globales:

#### CONSUMO DE ALEMANIA

Para la agricultura.....	1.850.000 toneladas de sales.
Para la industria.....	115.000 » »

#### CONSUMO DE LOS PAISES EXTRANJEROS

Para la agricultura.....	1.135.000 toneladas de sales.
Para la industria.....	54.000 » »

Cifras que representan en óxido potásico anhidro:

Alemania.....	{	Agricultura.....	273.000 toneladas.
		Industria.....	55.200 »
Extranjero.....	{	Agricultura.....	236.000 »
		Industria.....	27.000 »

En 1909 la proporción de consumo, estimada siempre en toneladas de óxido anhidro, parece ser que fué de:

Alemania.....	305.960 toneladas K <sup>2</sup> O.
Estados Unidos.....	148.477 »
Otros países.....	135.589 »
	<u>590.026</u>

De toda esta inmensa producción creciente de sales, la mayor parte, las pobres, se destinan á la fabricación de abonos, así como la parte de sal bruta de Alsacia, extraordinariamente rica (20 á 22 por 100 de K<sup>2</sup> O). Las marcas más corrientes son la carnalita, de un 9 por 100, la kainita, de un 12 por 100, y la silvinita, de 13 á 20 por 100 de K<sup>2</sup> O. Las sales más ricas son destinadas principalmente á la exportación y á la fabricación de productos puros ó de alta ley.

La producción en Alemania, siempre adaptada al consumo mundial, sigue creciendo fabulosamente, apareciendo esta nación como el primer consumidor y siguiéndole los Estados Unidos del Norte de América por cifras incomparablemente superiores á las de los demás Estados.

En 1911, según el *Annuaire Statistique des Engrais et produits chimiques destiné à l'Agricultures* (G. M. Lambert), aparecen las cifras siguientes:

#### CONSUMO TOTAL EN 1911 EN TONELADAS

Kieserita calcinada.....	{	Alemania.....	390	}	715
		Extranjero.....	325		
Kieserita en bloques...	{	Extranjero.....	30.177	}	30.177
		Alemania.....	2.132.126		
Kainita y silvinita.....	{	Extranjero.....	1.080.506	}	3.212.632
		Alemania.....	2.132.126		
Carnalita y Kieserita...	{	Alemania.....	79.799	}	80.660
		Extranjero.....	861		
					<u>3.324.184</u>

España entra en este concierto de consumo por una cantidad muy pequeña; pero justo es reconocer que, aunque es reducido el empleo de sales potásicas en nuestro país para la fabricación de abonos, ha tomado en estos últimos años ciertos vuelos. Se puede decir que el interés de los agricultores en asunto de tanta vitalidad ha empezado á despertarse en el año 1905. Las estadísticas españolas no permiten pulsarlo con la debida exactitud, pues en las de Aduanas aparecen englobadas las sales potásicas con otra clase de abono y falta su valoración en potasa pura anhidra. A falta de datos en nuestras estadísticas de Aduanas y agronómicas, nos atenemos á los de Lambert, sacados de las estadísticas de exportación del Sindicato

alemán, y tomamos los años 1900, 1905 y 1911 para que pueda apreciarse debidamente el incremento.

#### CONSUMO DE ESPAÑA

	1900	1905	1911
	T. mét.	T. mét.	T. mét.
Cloruro del 80 % .....	2.419	3.795	12.888
Sulfatos del 90 % .....	1.750	1.794	4.83
Sales del 20 al 40 % K <sup>2</sup> O....	287	317	770
	<u>4.456</u>	<u>5.906</u>	<u>18.341</u>

Estimando estos productos en potasa anhidra pura, resulta el consumo siguiente (toneladas):

1900	1905	1911
2.427	5.185	9.845

No cabe, por lo tanto, dudar que de cuatro ó cinco años á esta parte es cuando en nuestro país se ha despertado entre los agricultores el interés por la aplicación de los abonos potásicos; pero, á pesar de ello, el consumo es insignificante comparado con el de otras naciones y con la superficie de terreno cultivable. Para hacer más patente esta comparación estampamos á continuación la cantidad de abonos potásicos empleados en diversos países, en relación con sus superficies de cultivo, tomando á Alemania y Estados Unidos de América como ejemplo de grandes consumidores, á Francia como cifras medias y á Italia como país muy semejante al nuestro. La mayor parte de las naciones del Norte (Inglaterra, Holanda y Bélgica) son consumidoras de mayores cantidades que Francia, y lo mismo sucede con Austria y Rusia. Los datos que hemos tomado de la estadística de Lambert son los referentes á los años 1900, 1905 y 1911 para hacer patente la progresión.

#### CANTIDADES DE POTASA CONSUMIDA POR LA AGRICULTURA, CALCULADA EN KILOGRAMOS DE ÓXIDO ANHIDRO PURO, POR QUILOMETRO CUADRADO DE TIERRA CULTIVABLE.

	Superficie cultivable. quilómetro cuadrado.	Consumo por kilómetros cuadrado en		
		1900	1905	1911
Alemania .....	350.554	334,4	566,5	1.204,8
Estados Unidos..	16.733.356	38,8	78,8	141,4
Francia .....	328.190	25,1	34,1	80,6
Italia .....	161.450	8,5	14,3	37,5
España .....	220.167	1,2	2,0	13,2

Es patente el incremento en España, como lo es en las demás naciones; pero, ¡cuán lejos estamos aún de las cifras, no ya alemanas, sino de Francia y aun de Italia! Para llegar al grado de intensidad de abono de tierras en Alemania, tendríamos que *centuplicar* nuestro consumo; para alcanzar las cifras actuales de Francia, *sextuplicarlo*, y no hay que olvidar que Francia está casi duplicando sus cifras en el año presente.

Claro está que el gran gasto de abonos potásicos en Alemania es debido, no sólo al gran grado de cultura á que ha llegado la Agronomía y la nación en general, y al régimen favorable de lluvias en todas las regiones del Norte, sino muy *principalmente* á la baratura de los abonos, debido al hecho de encontrarse en aquella nación los yacimientos de sales potásicas que alimentan al mundo entero, y al trato de favor, de privilegio, que les concede el monopolio alemán (Kalisyndikat), del cual hablaremos someramente más adelante.

Y tampoco esta cifra alemana, ni aun la que actualmente ostentan otras naciones como Holanda (de más de 2.000 kilogramos de K<sup>2</sup> O por kilómetro cuadrado de cultivo), cabe tomarlas como límite, ni mucho menos de aquellas á que se llegará con el tiempo, y que los técnicos en Agronomía fijan como las necesarias á un buen cultivo; estas cifras, á las que tiende la Agricultura bien entendida, triplican y aún más las que actualmente ostentan los países más adelantados, y á ellas se llegaría con rapidez si los precios y organización del monopolio alemán no les opusieran cierto freno.

Para convencerse de ello, y refiriéndonos á lo que más nos interesa, á España, es curioso el dato de consumo que arroja-

rían las diversas zonas de cultivo principales de hoy día, si se abonasen con las cifras mínimas de anhídrido potásico que aconseja la ciencia agronómica.

En efecto: aun prescindiendo de las grandes regiones que en la Península existen por roturar; ateniéndose sencillamente al estado actual de cosas; prescindiendo de cultivos como las praderas naturales y artificiales, y sujetándose tan sólo á aquellos más importantes, bastará para adquirir el pleno convencimiento de aquel aserto echar una ojeada sobre el cuadro que á continuación estampamos, cuyos datos de superficie están tomados de la *Estadística Agronómica de 1910*, completándolo con el abono mínimo que la práctica aconseja.

Clases de cultivo.	Hectáreas en cultivo.	Abono indicado por hectárea. — Kilogramo de K <sup>2</sup> O	T. de K <sup>2</sup> O.
Viñedo.....	1.296.846	100	129.684
Olivares.....	1.394.858	75	209.228
Trigo.....	3.809.464	50	190.473
Cebada.....	1.348.912	40	33.956
Avena.....	508.232	20	10.164
Centeno.....	821.418	30	24.645
Maíz.....	453.924	50	22.696
Garbanzos.....	178.086	50	8.904
Habas.....	179.358	75	13.451
Guisantes.....	29.089	75	2.181
Judías.....	263.634	75	19.772
Remolacha.....	43.075	100	4.307
Patatas y nabos.....	103.841	50	5.192
<b>TOTALES.....</b>	<b>10.430.737</b>		<b>684.653</b>

Resulta, por lo tanto, un abono medio y mínimo necesario, de unos 65,64 kilogramos de K<sup>2</sup> O por hectárea, ó sean 6.564 por quilómetro cuadrado. Como se ve, no es de extrañar que, aun países que han llegado á la cifra de 2.000 y más, sigan con tendencia rápida á duplicarla.

Claro está que la agricultura en España, que en la actualidad apenas si ha despertado de su letargo económico, no podría fácilmente alcanzar un consumo que se acercara á esas 684.653 toneladas anuales, ni será dado aproximarse á ellas, mientras el monopolio no permita importar las sales pobres, tan gravadas con los transportes, que hacen imposible su empleo. Pero cabe, sí, esperar que aun en las circunstancias actuales, se

alcance un consumo en España de 100.000 toneladas de anhídrido potásico, y si se pudieran desarrollar las industrias productoras de esas sales en España, y ser factible el empleo de las clases pobres á precios análogos á los que rigen para la industria agrícola alemana (7 á 8 pesetas, en vez de 28 y 30), no es dudoso que el consumo podría tomar un vuelo rapidísimo y llegar á 250.000 y 300.000 toneladas de K<sup>2</sup> O, sin soñar con las cifras que la ciencia aconseje ni contar con nuevas zonas de cultivo.

Los precios elevados de las sales, de los cuales se tratará más adelante, serán por lo tanto una rémora para el desarrollo de nuestra agricultura, pues la gravan más que en cualquier otra nación, no sólo por tratarse de un país relativamente pobre, en el cual el agricultor culto es una excepción, sino donde el régimen de lluvias, escaso é irregular, y los riegos exiguos, mantienen el temor de emplear inútilmente los abonos con esplendidez, por la eventualidad de que las sequías los hagan poco menos que inútiles ó disminuyan considerablemente su eficacia.

Difícil es precisar el valor de venta en España de las sales potásicas que hoy se consumen, pues el precio por unidad depende de la riqueza de la sal empleada. De un modo global, sin embargo, puede admitirse que en 1911 dicho valor fué:

12.888 toneladas cloruro á 200 pesetas.....	2.577.600 pesetas.
4.683 toneladas sulfatos ricos á 230 pesetas.....	1.077.090 »
770 toneladas sales de 30 % á 40 % á 100.....	77.000 »
<b>TOTAL.....</b>	<b>3.731.750 »</b>

que repartidas entre 9.845 toneladas de potasa anhidra que representa toda esa importación, acusa un precio medio para la tonelada de óxido anhidro de 379 pesetas; este precio en Alemania, para el consumo nacional, oscila alrededor de 170 marcos, es decir, de unas 229 pesetas, á pesar de las ganancias del Sindicato. La comparación de estas cifras con las de España es bien elocuente.

Resulta, por lo tanto, que, aun sin variar el estado actual del mercado de sales, España consumirá muy probablemente, antes de cinco años, cantidades por valor, en cifras redondas, de unos 38 millones de pesetas, que podrán fácilmente llegar

muy en breve á la cifra de 90 millones; este gasto, por el solo concepto de sales potásicas contenidas en los abonos, grava de tal modo la Agricultura que merece se le preste el debido interés por las clases directoras.

Porque si llegase un día en que España pudiera alimentar su mercado por sí misma, á un precio siquiera de 250 pesetas la tonelada de potasa, seguramente el consumo llegaría, por lo menos, á 200.000 toneladas, que, al precio actual, valdrían unos 76 millones de pesetas, y que, con el precio indicado, se rebajaría á 50 millones, produciendo un ahorro de 30 millones á la Agricultura, después de los beneficios que aportasen á los explotadores y productores de esas sales, y el que reportaría al desarrollo industrial del país.

No es ciertamente un hecho esta hermosa perspectiva; pero sirvan estas cifras siquiera para patentizar el interés que debe inspirar el hallazgo de las sales catalanas, cuya prospección se ha inaugurado con éxito tan feliz.

### Precios de venta y costo. Monopolio alemán.

El precio de venta lo regula en absoluto el monopolio ó Sindicato alemán. En cuanto al precio de costo, difícil, si no imposible, es averiguarlo con exactitud, por tratarse de asunto complejo y que cuidadosamente se tiene en el mayor secreto. Acerca del precio de costo que pudiera obtenerse en la explotación de los criaderos españoles, nada debe afirmarse, y sólo conjeturas más ó menos aproximadas pueden hacerse, basándose en lo poco que puede verse en Suria. Es, sin embargo, de interés tratar este punto, aun cuando tengan que darse las cifras con las reservas que imponen todas estas circunstancias.

El precio de costo oscila mucho en Alemania, según se trate de unas minas ú otras. Estas diferencias se observan ya en el mismo Stassfurt, y se hacen más patentes si se compara este gran centro productor con el de Alsacia (parte integrante del Sindicato), donde la carnalita, y especialmente la silvinita, no sólo son de alta ley y se presentan en criaderos separados que permiten una explotación y tratamiento más económico, sino has-

ta la aplicación directa á la Agricultura de gran parte de los productos.

En 1910 podrían admitirse como promedios en Stassfurt las siguientes cifras representativas del precio de costo:

Sales del 12,40 por 100, de  $K^2O$ , de 0,65 á 0,80 marcos los 200 kilogramos.  
Cloruros del 80 por 100, 5 á 7,50 » »

Equivalen estas cifras, *grosso modo*, á un promedio de

Sales del 12,40 por 100 = 4,90 pesetas la tonelada.  
Cloruros del 80 por 100 = 42,18 » »

En la actualidad parecen haber variado ligeramente estas cifras, pudiendo admitirse como más probables las siguientes:

Carnalita del 9 por 100  $K^2O$ ..... 4,50 pesetas.  
Kainita y silvinita de 12 al 13 por 100  $K^2O$ .... 6,00 »  
Cloruro del 80 al 85 por 100, procedente de carnalita..... 68,00 »  
» » » silvinita..... 48,00 »

Los precios de venta en Alemania eran, en 1910, aproximadamente:

Carnalita del 9 por 100..... 6,07 pesetas.  
Kainita del 12,40 por 100..... 10,12 »  
Cloruro del 85 al 88 por 100..... 193,72 »

En las clases bajas se hace, á favor del consumidor alemán, las rebajas siguientes, estimadas en pesetas y tonelada:

Carnalita del 9 por 100..... 2,00 pesetas.  
Kainita y silvinita del 12,4 por 100.... 2,56 »

resultando, por lo tanto, para el mercado nacional alemán, un precio probable de

Carnalita..... 4,07 pesetas.  
Kainita..... 7,56 »

contra 6,07 y 10,12, respectivamente, para el extranjero.

De ser esto así (es difícil poder aquilatar estas cifras), la industria de las sales alemanas suministraría la clase más pobre á su agricultura, casi á precio de costo, realizando sus beneficios en el mercado del resto de los productos y en el tratamiento de los subproductos. Bien es verdad que la cifra que puede repre-

sentar la venta directa de la carnalita del 9 por 100 es pequeñísima, comparada con el resto, pues, aun para la Agricultura, la kainita del 12,40 por 100 suele ser la substancia más pobre de las empleadas. Además, en la confección de los abonos son principalmente las clases ricas las que intervienen. Ya en la kainita, aun para el mercado indígena, queda un margen amplio, y, en los cloruros y sulfatos ricos, la diferencia entre el costo y venta asciende á cantidades tales, que el beneficio representa el 30 y el 40 por 100 del valor de la sal para el consumo nacional y extranjero, respectivamente, y á más del 60 por 100 en los productos más ricos.

Concuerda sensiblemente con estas cifras la que como beneficio medio presenta el Dr. Stange para la industria de sales potásicas alemanas. Estima la ganancia en un 40 á 60 por 100 del valor de los productos, y explica así la fiebre de especulación en esta gran rama industrial, reflejada en los dividendos que en esta última etapa han repartido las diversas Sociedades que integran el gran Sindicato. En efecto, tomando 21 de las grandes Compañías, casi todas las que están en marcha normal, y aun teniendo en cuenta que cinco y aun seis de ellas han dejado de repartir dividendos en 1908 por causas accidentales (aumento de instalaciones, etc.), resulta un dividendo medio al capital empleado:

En 1906, de 13,50 por 100.

En 1908, de 9,26.

Claro está que estas cifras se refieren tan sólo á centros fabriles en marcha normal. Los resultados económicos para los incipientes, para los nuevos, son muy distintos, pues la organización del monopolio les impone tales cargas hasta poder ser acreedores á que el Sindicato les otorgue *capacidad de producción*, y poder entrar en el mercado mundial, que para ellos el calvario de instalación, de gastos sin poder realizar ganancias, dura muchos años. Algo más concreto, aunque someramente, indicaremos más adelante sobre este particular.

Al lado de estos precios de venta de las sales en Alemania, véase los que alcanzan en España los productos más necesarios, y justo será consignar que las Compañías españolas que adquieren esas sales en Stassfurt, la revenden con una ganancia relativamente pequeña, pues, en general, buscan su beneficio

en los demás fertilizantes (nitro, superfosfatos, etc.) y en la venta de grandes cantidades de abono.

Como término medio (sin más diferencias que la que ocasione el transporte desde los puertos de entrada á los principales sitios de consumo) se venden las sales potásicas al por mayor en la Península, según tarifas de la Sociedad General de Industria y Comercio, á los siguientes precios:

Kainita y silvinita del 12,40 por 100.....	55 pesetas tonelada.
Cloruro potásico del 85 por 100... ..	220 » »

Las sales más pobres del 12,40 por 100, así como las intermedias (del 20 al 40 por 100 de  $K^2O$ ) no tienen en España mercado. ó éste es insignificante: las más pobres, porque no pueden soportar los transportes, y las intermedias, porque más bien son materia prima para fabricación de las ricas. De todos modos, como el transporte grava casi por igual á la kainita y los cloruros ricos, el consumo de la primera, como base de abonos baratos, se dificulta enormemente, y el privilegio á favor de los agricultores alemanes es marcadísimo, pues mientras que la tonelada de esta substancia, para el mercado interior de Alemania, oscila entre 7 y 7,5 pesetas, en España se convierte esta cifra en 55 como mínimo.

Es, pues, patente no sólo la elevación forzada de los precios de venta, sino la desnivelación ó privilegio á favor de la agricultura alemana, sostenida por el Sindicato de Stassfurt. Pero claro es que ese régimen de violencia es necesario á la industria salina germana, y algunas ligeras consideraciones bastarán á patentizarlo.

Desde el año 1862, en que por primera vez se realizó, aunque con pérdida, una extracción de unas 40.000 toneladas de materia prima en Stassfurt, hasta el día de hoy, en que merced á la unión de más de 50 centros de explotación germanos, se alcanzan producciones de cerca de cuatro millones de toneladas, que representan 160 millones de pesetas y beneficios muy elevado, ¡qué enorme adelanto y desenvolvimiento no habrá adquirido esta industria puramente alemana! A su sombra se han establecido numerosas industrias tributarias, de productos químicos, abonos y otras muy variadas; se ha elevado la Agricultura á un alto grado de prosperidad, se ha poblado la región

de asombroso número de centros docentes de todo género; en fin, para todo y para todos ha dado la explotación de esos yacimientos mineros. Y, sin embargo, esa misma riqueza, esos mismos beneficios han dado lugar á grandes trastornos económicos, de tal modo, que desde los primeros tiempos de su desarrollo ha estado expuesta la Industria al desequilibrio, á las grandes crisis, lo bastante agudas para haber provocado la intervención del Estado germano y Estados federados.

El verdadero monopolio de que goza esta industria, no son los Estados, sino la pródiga Naturaleza quien lo ha otorgado, puesto que tan sólo en Alemania se conocían y conocen (salvo el descubrimiento reciente en Cataluña) yacimientos de estas sales que sean explotables.

Ninguna competencia sería podían hacerles los intentos de fabricación de análogos productos por el tratamiento de las aguas madres de las salinas artificiales, pues los gastos colocan á estos productos en inferioridad notoria con los de Stassfurt. Por otra parte, la fabricación de abonos potásicos, extrayéndolos de algunos subproductos de industrias agrícolas, como, por ejemplo, de la remolacha, aun cuando ya en Francia, Bélgica y Holanda sea una realidad, su producción es reducida.

Otra facilidad, otro acicate para ejercer el monopolio, es la circunstancia de tratarse de un elemento indispensable para el desarrollo de la Agricultura, merced al cual, ésta podía tomar rápido incremento. Disponía Alemania, por lo tanto, de un *stock* minero enorme, único ahora, y de un consumo creciente mundial, forzosamente tributario.

Pero esto mismo produjo la fiebre, la especulación y más de una crisis; la sindicación se imponía, y esto se intentó y aun llevó á cabo varias veces. Primero, en 1885; luego, en 1889; en 1899, en 1902-1904, en 1908, y por último, en 1910 hasta 1914, al amparo de medidas legislativas, y especialmente de la ley imperial de Mayo de 1910.

Esta disposición legislativa, que dadas nuestras costumbres de libertad ó licencia económica, sería *inconcebible por lo draconiana*, ha sido la que ha hecho alcanzar á la industria potásica el extraordinario desarrollo que hoy tiene y que aumentará en lo sucesivo. La duración de la aplicación de la ley se ha fijado hasta el año 1930.

No es pertinente á este informe analizar esta ley en detalle; sirvan, sin embargo, algunos datos para juzgar su alcance.

La ley interviene la producción, venta y aplicación de las sales potásicas en bruto, es decir, las que se extraigan de las minas, bien sea al estado sólido ó disueltas, así como la fabricación con las materias primas de las minas, sean éstas cloruros, sulfatos sencillos ó dobles, así como las demás sales potásicas ó subproductos de fabricación; no exceptúa más que los desechos con menos del 2 por 100 de potasa y los sulfatos de magnesia propiamente dichos.

También reglamenta la ley la producción y venta. Respecto al primer punto, interviene hasta en las fábricas que en el extranjero pudieran establecerse para tratar los productos alemanes sin que éstos se hubieran sometido antes á las cargas de la ley; no permite la instalación de nuevos centros fabriles, sino como anejos á las minas, y aun á los ya creados antes de promulgarse la ley, les limita su capacidad productora á la que actualmente gozan, é imposibilita á las fábricas de efectuar libremente la venta de los productos, cuya operación se hace á la sombra de la mina que los proporciona, y que á su vez está sometida al monopolio.

Un Comité del Sindicato, de siete miembros, regula toda la organización; cuatro de ellos representan á las minas; los otros tres (y entre éstos el Presidente), más ó menos, al Estado, y para que éste no se vea atropellado por los intereses particulares de los dueños de las minas asociadas, el Presidente tiene la facultad de ir enalzada al Parlamento. Para las minas, los acuerdos del Comité son obligatorios.

Fija el Comité la cantidad total que ha de producir y vender cada mina, y no tan sólo la cifra global, sino las relativas á cada clase de sales y las proporciones en que se ha de vender al mercado alemán y al extranjero. Esta condición es dura, pero equitativa, pues siendo el beneficio obtenido en la venta extranjera mayor que el correspondiente al mercado nacional, y reduciéndose considerablemente el margen en las clases pobres, la tendencia sería siempre á servir al extranjero y en clases ricas. A toda disminución por parte de una mina, en su producción para el mercado indígena, se le impone igual reducción para la venta al extranjero.

El Comité asigna por un corto periodo á cada mina su "cifra de capacidad", es decir, el tanto por mil de la producción total del Sindicato que ella puede explotar, y no sólo la cifra, sino la proporción de diferentes clases. Esta cifra, dado el sinnúmero de centros, y á pesar del creciente consumo mundial, es pequeña, y en modo alguno armónica con la cubicación que arroja el yacimiento minero.

Mas para que los centros de explotación lleguen á ponerse en condiciones de *darse de alta*, digámoslo así, en el Sindicato, y puedan entrar en producción, ¡qué serie de requisitos no se imponen! En primer lugar, tienen que hacer antes una investigación completa de su criadero, con tal lujo de trabajos, que permitan, no sólo cubicar el tonelaje del yacimiento, sino la proporción en que las diversas clases entren á integrarlo, y tienen que instalarse y prepararse para una explotación intensiva, y tan sólo entonces, y cuando todo esto se compruebe, estudie, revise por el Estado y por el Sindicato (deseoso de entorpecer el desarrollo de nuevos Centros asociados, que reduzcan las cifras de capacidad de que gozan los que actualmente funcionan) es cuando se da de alta al nuevo Centro, y se le otorga una cifra de capacidad relativamente insignificante. Si se tiene en cuenta que esos yacimientos están á grandes profundidades, que su investigación es penosa, que los pozos de extracción á través de niveles acuíferos y sales delicuescentes exigen la aplicación de la más costosa técnica minera, no es de sorprender que un Centro nuevo necesite millones y varios años antes de que se le permita entrar en producción.

La ley impide la subida de precios de venta más allá de ciertos límites, y establece el precio privilegiado en las clases pobres para el mercado alemán.

Con semejante organización, el Sindicato no tiene más remedio que sostener el alza en los precios, único modo de conservar los beneficios y hacer posible la vida de los Centros nuevos que se le van integrando, de los que muchos de ellos han gastado enormes capitales y poseen los minerales más complicados.

Hasta tal punto llega esta limitación, que se supone que un Centro minero necesita, como promedio, emplear 10 millones de francos para que se le conceda capacidad de producción por

valor anual de 2.250.000; aun prescindiendo, por lo tanto, de la pérdida de intereses de cuatro y más años, que representa el periodo de investigación y preparación, y partiendo de la cifra media de 9 por 100 de beneficio al capital que figura en las estadísticas, ese beneficio representa unos 900.000 francos sobre un valor bruto de 2.250.000; quedan, por lo tanto, 1.160.000 como cifra representativa de todo género de gastos; es decir, que en cifras globales, el beneficio tiene que ascender por lo menos á un 40 por 100 del valor en venta de la mercancía; queda apuntado que, según Stengel, esa cifra llega á veces á 60 por 100.

Y como la ley previene ya y trata de evitar el que se busque compensaciones de margen y ganancia en lo que se relaciona con jornales, jornada de obreros ni nada que se oponga al bienestar de éstos, no queda más camino que el de sostener á todo trance el precio alto; después de todo, pensaron los legisladores, no hay perjuicio para Alemania, puesto que el llamado á pagarlo en su mayor parte es el extranjero.

Respecto al precio de costo probable en Cataluña no es posible aventurar las cifras, porque las investigaciones efectuadas han sido muy escasas, pues hasta el presente sólo se conoce el criadero en Suria, y aun allí, los trabajos se concretan á una zona muy reducida, toda vez que en la misma concesión "Roumanie", el yacimiento no está ni preparado, y tan sólo se le ha reconocido por un crucero y varios sondeos.

No es posible, por lo tanto, formar juicio exacto sobre los espesores de los depósitos de carnalita y silvinita, aunque desde luego se puede apreciar la poca regularidad de éstos dentro de la roca madre de sal gema.

La desventaja esencial que ha de ofrecer la explotación en Suria, al compararla con las de Stassfurt y Alsacia, consistirá en la circunstancia de presentarse en la mina catalana las sales potásicas dentro mismo de la sal gema, y en condiciones tales, que será necesario para el disfrute arrancar casi siempre la masa total (sal gema y sales de potasa), produciendo una zafra relativamente pobre, cuya concentración habrá de encarecer forzosamente el precio de costo.

Pero, en cambio, se presentan en Suria las sales más fáciles para la concentración metalúrgica; además, no es aventurado



esperar que gran parte de las zonas de concentración de los criaderos se puedan explotar á pequeña profundidad; por último, están enclavadas las minas en una región llamada á poseer grandes elementos industriales por sus especiales circunstancias, como lo son: las importantísimas instalaciones hidráulicas que se están llevando á cabo en toda esa región del Pirineo para conducir á los llanos la energía eléctrica en vastísima escala; la existencia de las cuencas ligníferas de Berga y Calaf, próximas á las minas; las varias vías férreas que surcan la comarca, y el estar la región dotada del ambiente necesario para un amplio desarrollo industrial.

Sin asegurar, por lo tanto, que los precios de costo en Cataluña puedan en el porvenir reducirse á las mismas cifras que rigen en Alemania, cabe esperar que no sean muy superiores. De todos modos, aun cuando sean notablemente más altos, de 8 á 10 pesetas para la tonelada de carnalita y silvinita pobre, y aun de 70 á 80 pesetas para el cloruro concentrado seco, siempre quedará entre este precio de costo y el de venta (26 pesetas y 215, respectivamente) un margen enorme de beneficio, aun rebajando mucho el precio para el consumo nacional.

El problema fundamental no es, por tanto, económico en el sentido estrecho de la palabra, sino geológico: el determinar si la zona de concentración de Suria tiene sus similares en la región y si lógicamente cabe esperar en lo futuro la repetición de descubrimientos análogos.

Y en este sentido, entendemos que no sólo cabe esperar esa repetición, sino que todo induce á sospechar que una prospección metódica basada en el estudio detenido de los accidentes estratigráficos, y principalmente en los situados más al Norte, cuenta hoy día con grandes probabilidades de éxito. En esta prospección debe intervenir y aun contribuir el Estado, para beneficio del país.

## Conclusiones.

De todo cuanto queda expuesto, llegamos á las siguientes conclusiones:

1.<sup>a</sup> El criadero madre de sales potásicas en Cataluña debió formarse al final del período eoceno y principios del oligoceno. Deben existir varias zonas de enriquecimiento en conexión con los anticlinales de la región, y muy principalmente con sus ramas meridionales, cuando estén afectadas de alguna falla.

2.<sup>a</sup> Una de estas zonas de concentración es la de Suria, en la cual abundan las sales potásicas de segunda formación.

3.<sup>a</sup> La salina de Cardona ha sido, sin duda alguna, un criadero análogo, y aun hoy mismo acusan sus aguas grandes cantidades de potasa y se encuentran en la región de la sal roja algunos trozos de silvinita. Es, pues, un criadero potásico sometido á un lavado constante que le empobrece en la parte visible.

4.<sup>a</sup> Se debe investigar, por sondeos y con grandes probabilidades de éxito los anticlinales de Cardona, Suria y Callús. Estos accidentes geológicos se siguen en muchos quilómetros, siendo, por tanto, amplio el campo de prospección. Los manantiales potásicos pueden ser guías inmejorables.

5.<sup>a</sup> La preparación minera en Suria es aún demasiado reducida para poder formar juicio exacto de la riqueza de aquella zona. Hoy por hoy, no pasa esa riqueza de la categoría de "local," ó privada; pero una prospección ordenada es casi seguro podrá elevarla á la categoría de una "riqueza nacional."

6.<sup>a</sup> La importancia que en ese caso habría de revestir el asunto sería enorme, si pudiese al menos hacer frente al consumo creciente de abonos en la Península. Se podrían ceder al mercado estos productos á precios muy inferiores á los que impone el Sindicato alemán y facilitar así el incremento del consumo, que entonces tomaría seguramente un desarrollo inusitado.

7.<sup>a</sup> Aparte del beneficio enorme de que gozaría la Agricultura, la industria salina de la potasa propiamente dicha podría realizar ganancias muy importantes en Cataluña por las circunstancias especiales de aquella región.

Como resumen de todas estas consideraciones, el Estado no debe demorar su intervención en los trabajos de investigación y reconocimiento, pues de tener estos éxito, los beneficios que alcanzaría la nación serían incalculables.

Madrid, Marzo 1914.

VA

iei

5°3

seru

seru

seru

seru

seru

seru

seru

seru

seru

seru

seru

seru

seru

seru

seru

seru

seru

seru

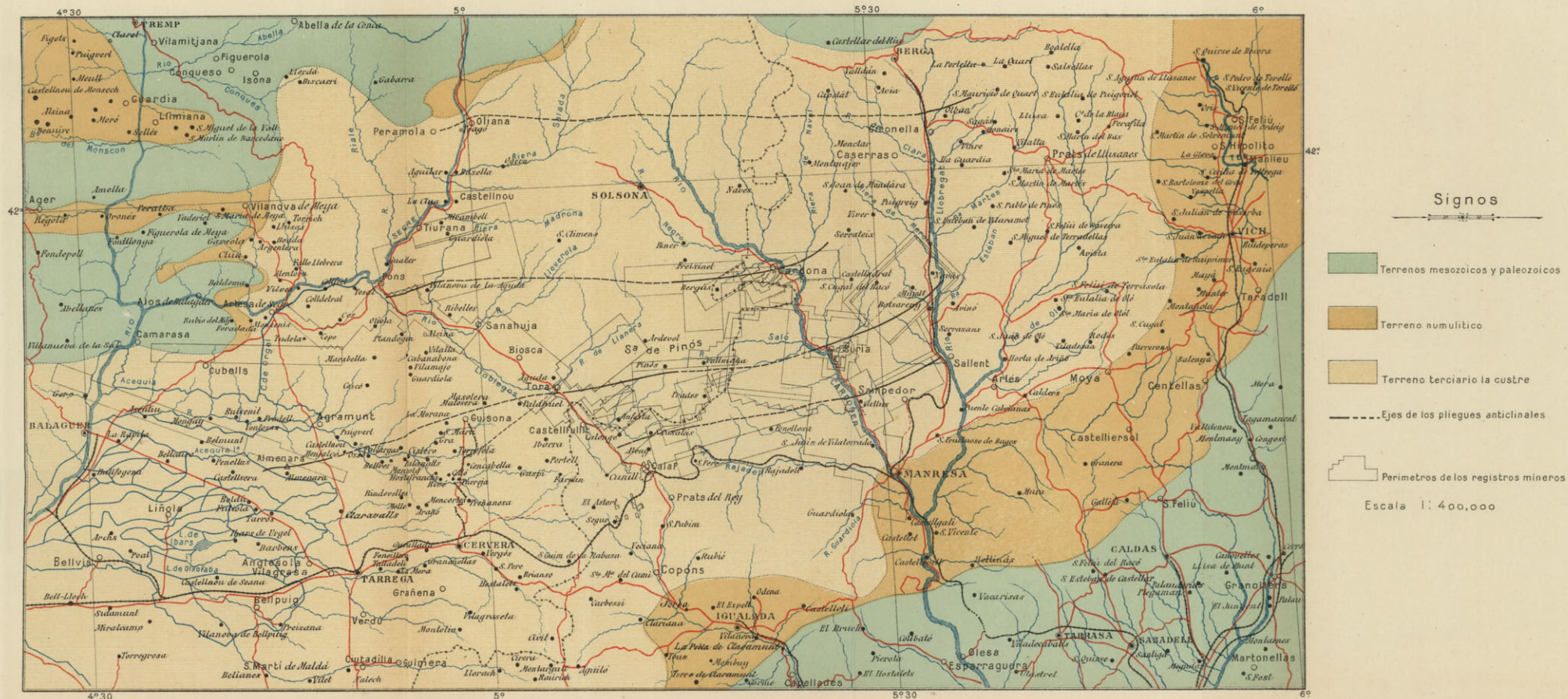
seru

seru

# SALES POTÁSICAS EN CATALUÑA

Bosquejo Geológico de la comarca trazado por los Ingenieros de Minas

D. CÉSAR RUBIO Y D. AGUSTIN MARIN



Trabajo formado con los datos del Mapa de 1:200,000 publicado por el

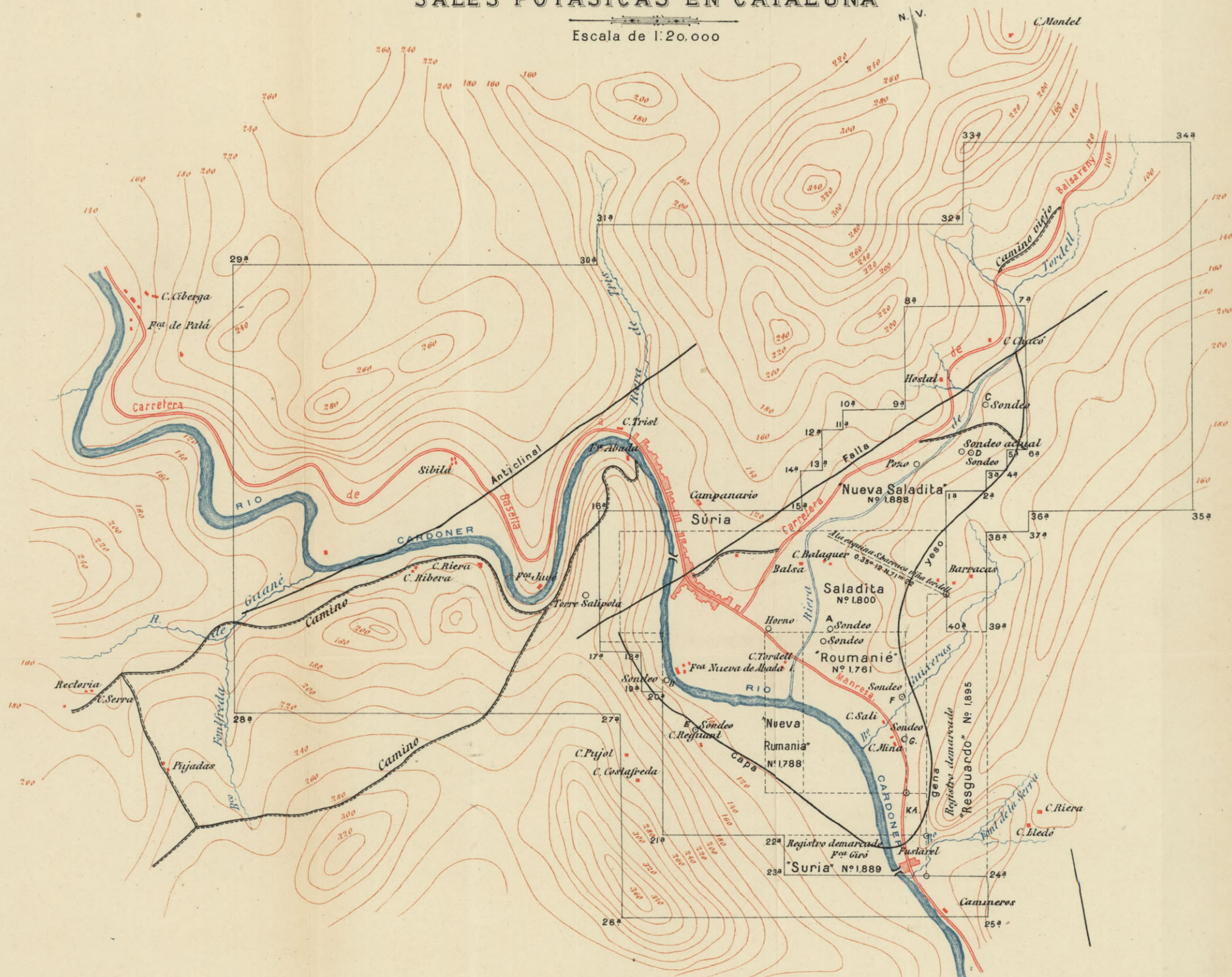
MINISTERIO DE LA GUERRA.

LIT. J. MENDEZ, PLAZA DE LOS MOSTENSES, 2. MADRID

# REGIÓN DE SURIA

## SALES POTÁSICAS EN CATALUÑA

Escala de 1:20.000

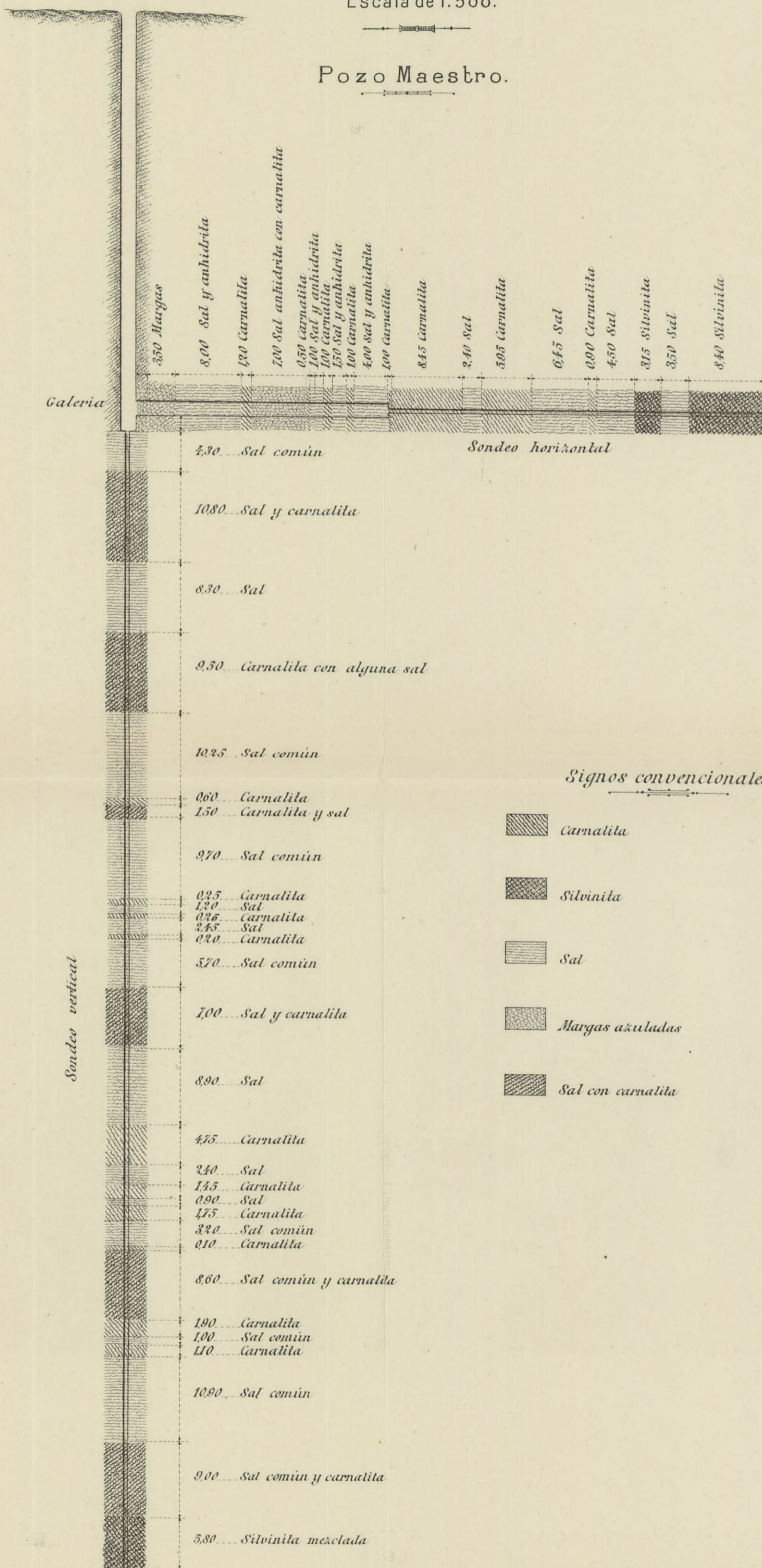


# SALES POTÁSICAS EN CATALUÑA

## Trabajos mineros de la concesión "ROUMANIE"

Escala de 1:500.

Pozo Maestro.



RESEÑA GEOLÓGICA  
DE LA  
CUENCA HULLERA DEL GUDALBARBO  
POR LOS INGENIEROS DE MINAS  
L. MALLADA Y A. CARBONELL

---

Desde hace más de cuarenta años se sabía que la cuenca hullera de Bélmez, enclavada en la hidrográfica del Guadiato, se prolonga á través de la del Guadalbarbo hasta la margen derecha del Guadalquivir, cruzando de NO. á SE., al S. de Villaharta, Ovejo y Adamuz. Varias concesiones mineras y diferentes labores de investigación se fijaron en diversos parajes de esos tres términos, en los comienzos del último tercio del siglo anterior. Pero los resultados no fueron bastante satisfactorios para que las labores se hubiesen continuado indefinidamente, sino más bien cesaron por largo espacio de tiempo, al cabo del cual, en estos dos años últimos, se principiaron nuevos trabajos de exploración, con la esperanza de encontrar algunas zonas ó algunas capas que sean aprovechables.

Estos trabajos son todavía muy someros y muy poco extensos para poder formarse una idea aproximada del valor de la cuenca, y mientras las exploraciones no adquieran mucho mayor desarrollo, no sería prudente aventurar una opinión del todo pesimista ó enteramente favorable. Es un problema bastante dudoso, á cuya resolución se tardará algún tiempo en llegar.

Seguramente, si los trabajos de investigación continúan, tal vez antes de un año, se estará en el caso de formar un juicio más exacto del que por ahora se podría alcanzar.

Aunque en breves palabras podríamos expresar nuestras impresiones y el gran número de datos que hemos anotado nos inducen á exponerlas de una manera quizás demasiado extensa.

### Terrenos que limitan la faja hullera.

La prolongación meridional de la cuenca de Bélmez, comprendida entre Villaharta y Adamuz, encaja entre dos manchas cambrianas, acompañadas de fajitas muy estrechas é interrumpidas de cuarcitas silurianas y de pizarras anfibólicas cruzadas de cuarzo blanco, cloríticas y talcosas de la parte superior del estrato cristalino, asomando también, en ciertos sitios, algunos islotes de sienito.

Por la mayor dureza de casi todas las rocas de tales terrenos anteriores al carbonífero, sobresalen en montes de 200 á 300 metros más elevados, y como en la composición de la faja hullera predomina una pizarrilla arcillosa y arcillo-carbonosa, sumamente blanda, fácil de ser demolida y derrubada, ajustándose á la alineación general de los estratos, aquélla se marca por una depresión mucho más honda.

Las manchas cambrianas se componen principal y casi exclusivamente de pizarras lustrosas de fondo gris verdoso ó gris azulado, con manchas parduzcas y rojizas, generalmente duras y atravesadas en varios sitios por vetas irregulares de cuarzo blanco lechoso. Entre ellas, apenas se muestran señales de las grauwacas, que abundan intercaladas en diferentes términos de la provincia.

De las inmediaciones de Villaharta, la mancha septentrional penetra en la bajada al Guadalbarbo, á un quilómetro á P. del molino de Pedrique, cerca del cual asoma en sus capas un filón cuarzoso un poco impregnado de mineral de cobre. Al S. de la Solana del Conjuero, el arroyo Calderón cruza las pizarras del sistema en capas muy tendidas, que cambian su buzamiento del NE. al del SO. con un ancho de dos quilómetros, á los que siguen las talcitas y pizarras cloríticas estrato-cristalinas.

Las mismas capas azoicas son cortadas por el Guadalbarbo en la garganta, arqueada hacia el N., comprendida entre Cabeza Gorda y el Castillo de Lara, y en la revuelta del río, desde

éste á los Cuchillares, manteniéndose el buzamiento meridional con pequeñas inclinaciones. Así las corta también el Cuzna, completamente discordante con el carbonífero más arriba del vado del Peñoncillo, al pie del Morrión del Francés.

Una rama destacada de la mancha principal se intercala entre el carbonífero por ambos lados de las vertientes del Varas, al N. del Morrión del Francés. Tiene más caracteres del estrato-cristalino que del cambriano, pues está formada principalmente de anfibolitas verdosas, acribilladas en todos sentidos de vetarrones y venas de cuarzo blanco, según se ve entre el arroyo de la Viuda, donde buzan suavemente al N.-NE., al pie de Peña Halcón y en la cuesta de la Hacienda, en que, á trechos, se levantan sus capas hasta cerca de la vertical, para tenderse de nuevo con dicho buzamiento. De los bancos calizos del Morrión del Francés, las separa una falla que se prolonga al otro lado del Varas, por el molino del Capricho, donde se tuercen de E. á O., con 75° de inclinación al N., 15 O., y de aquí pasan al Collado del Lobo. Con buzamiento septentrional, apoyadas sobre una faja de anfibolitas, las pizarras cambrianas continúan á los cortijos y molino de Navajuelos, al S. de los cerros de Quirba; de allí, con dos quilómetros de ancho, cruzan entre Cabrerizas Altas y Adamuz, y á otros dos al N. de esta población se desarrollan ampliamente, con muchos pliegues y fracturas por ambos lados de la carretera de Villanueva de Córdoba.

La mancha cambriana del S. se despliega por los redondeados montes de la Sierra de los Puntales, buzando constantemente al SO., en discordancia con las capas de la cuenca, sus filadios ó pizarras duras desde las márgenes del Guadalbarbo al pie del castillo de Peñafior, hasta las cumbres que se prolongan con suave declive en dirección á la vía férrea de Bélmez, entre las estaciones del cerro Muriano y del Vacar. La marcha regular de los estratos se interrumpe en las márgenes del Guadalmellato, donde asoma, en la presa del pantano, un islote de sienito, cuya aparición causó muchos desarreglos en aquéllos. Desde la presa, la carretera dirigida al puente de Alcolea, los cruza muy ondulados en todos sentidos, desgarrados á trechos, con diversas inclinaciones, en un principio muy tendidos al N., y, después, con diferentes buzamientos al SE.;

pero siguiendo hacia Levante, se normaliza más su marcha al pie de Peña Rubia y al Sur de Peñón Blanco y San Francisco del Monte, de donde continúan al término de Villafranca.

Mucho menor desarrollo que el cambriano tiene por ambos costados de la cuenca el sistema siluriano, pues se reduce á dos fajitas interrumpidas de pocos metros de anchura, formadas exclusivamente de cuarcitas. Como prolongación al SE. de las manchas más extensas de los términos de Espiel y Villaharta, la faja del Norte se sobrepone al cambriano en unas crestas riscosas que se muestran por encima del molino de Pedrique; sobresale en bancos verticales en la Solana del Conjuro, al S. de Ovejo; se prolonga más al E., inclinada 70° al S.-SO., junto á las calizas de Cabeza Gorda y la Serrezuela; reaparece también junto á las calizas, al otro lado del Varas, en la casa del Arriero y el Collado del Lobo, reducida á seis metros de ancho con 35° de inclinación al N., y se descubre al S. de los cerros de Quirba, en el molino de Luque, retorcida del buzamiento meridional al opuesto. La carretera de Villanueva de Córdoba cruza su prolongación oriental á poco más de dos quilómetros al N. de Adamuz, sobre el molino de Santa Cruz, donde sus bancos, limitados por una falla, yacen discordantes con el carbonífero, tendidos con la inclinación de 20° al NE.

Por el costado meridional de la cuenca, las cuarcitas silurianas, sobrepuestas al cambriano, forman otro cordoncito de 20 á 25 metros de anchura, que se destaca entre las pizarras en los peñones del castillo de Peñaflor, á corta distancia de la casa de la Candelera. De aquí siguen al arroyo de Valdeflores, en cuyas márgenes se desgarran sus bancos: unos, casi verticales, en erizados crestones sobre su izquierda; otros, tendidos con 30 grados de inclinación al SO., en la fuente que nace en el fondo del barranco. Más al E., los grandes arrastres de los tres ríos que concurren á formar el Guadalmellato, debajo de su junta, descubren ampliamente los bancos de cuarcita, que fueron muy dislocados por la aparición del islote de sienito allí inmediato. Junto á la fuente de la Sortija, en el mismo cauce del río, yacen muy discordantes con la pizarra hullera, inclinados de 50 á 60° al SO., y más adelante, á 200 metros antes de llegar á la presa del pantano, se levantan casi verticales, conservando su buzamiento meridional en sus 40 metros de anchura. En su

prolongación oriental por el término de Adamuz, disminuye el ancho de esta faja, mostrándose menos sus afloramientos, que se pueden seguir al E.-SE. del Peñón Blanco, junto á la mina *El Conejo*, y de aquí por las vertientes al Tamujoso, donde se divide en fajitas estrechas, la más septentrional de las cuales se descubre en el cerro Gallinero, con 40° de inclinación al S., 15° E.

### Caracteres petrológicos y estratigráficos de la cuenca.

Por la mayor blandura y elasticidad de las pizarras arcillosas que principalmente la constituyen, las capas hulleras presentan mayor número de dislocaciones estratigráficas que las otras más antiguas entre las cuales encajan. En cualquier sentido en que se marche sobre ellas, apenas se darían cien pasos sin encontrar repetidos cambios de dirección, de inclinación ó de buzamiento, y de un modo general se observará que por todas partes se hallan excesivamente arrugadas. Sin duda, á los mismos desarreglos están sujetas las capas de carbón y de la pizarrilla carbonosa que las encierran, de lo cual deducimos la advertencia siguiente: Si algún día se descubre una capa, con una zona ó fracción bastante rica en carbón, para ser provechosamente explotada, tengamos en cuenta que ni en longitud ni en profundidad se presentará con una marcha regular y uniforme, obligando á efectuar labores muy tortuosas en todos sentidos.

Prescindiendo de los plieguecillos y arrugas secundarios, predomina en esta cuenca el buzamiento septentrional de sus capas, que fueron dobladas en un sinclinal oblicuo, ó sea con arreglo á un plano de simetría que, pasando por un eje de plegamiento, no es vertical, sino inclinado unos cuantos grados al N.-NE. Así se explica la repetición simétrica de los diferentes estratos de la cuenca. Aunque á lo largo varían mucho los espesores de sus diversos elementos petrológicos (según las diversas secciones transversales que en ella se examinen), á partir de cada uno de sus bordes, hacia el centro, se repiten las mismas clases de rocas. Si nos fuera posible desdoblar el sin-



clinal oblicuo y extender sus estratos sobre un plano horizontal, aparte de las muchas variaciones de espesor de cada zona y hasta de cada capa, veremos que se suceden de abajo para arriba los mismos elementos que encontramos desde cada uno de los bordes al eje, y que hoy vemos repetidos con el orden siguiente:

- 1.<sup>a</sup> Zona inferior de las calizas.
- 2.<sup>a</sup> Zona en que sobresalen las areniscas cuarzosas muy duras, y las pudingas con pizarrillas arcillo-carbonosas que encierran las capas, vetas y costras de carbón.
- 3.<sup>a</sup> Zona de pizarra arcillosa en lechos delgados, repetidas veces alternante con otra pizarra compacta más saliente y con samitas gris verdosas, en gran parte derrubias, formando una banda estéril en el centro de la cuenca.

La primera zona adquiere creciente desarrollo hacia la parte oriental y por su costado N., en que la caliza se subdivide ó ramifica á lo largo en varias filas de crestos, separadas por fajitas de pizarra arcillosa, albergadas en las depresiones intermedias, y en las cuales se marcan los primeros afloramientos carbonosos.

En ellas son muy notables las concreciones redondas, ó bolos, que abundan principalmente junto al Guadalbarbo, al pie del castillo de Lara, y en la margen izquierda del arroyo de la Viuda, á una veintena de metros antes de su unión con el río Varas, tocando á un asomo de carbón. En este último paraje, se ve muy bien la naturaleza de estos bolos, que son en gran parte piritosos, pues se descubre en su interior el sulfuro de hierro sin descomponer, fosilizando moldes de *Orthoceras* pequeños y de braquiópodos que en ellos se encierran. En parte, son también calizos, y los que hay al pie del castillo de Lara, contienen, además de los *Orthoceras*, moldes de corales y crinoides. El diámetro de esas concreciones, elipsoidales y muy duras, varía entre ocho y 30 centímetros.

La segunda zona, en que sobresalen las areniscas cuarzosas muy duras y las pudingas, es la más interesante para nuestro objeto, y la tercera carece de importancia industrial; pero antes de pasar al examen de las capas de carbón, explicaremos (tal vez con demasiados detalles) los caracteres petrológicos de las rocas que entran en la composición de la cuenca.

Por cualquier parte que se cruce, se observará que la faja hullera presenta un relieve doblemente ondulado; es decir, en el sentido de su longitud y en el de su anchura. El primer sistema de ondulaciones longitudinales se debe á la incesante demolición y sucesivo arrastre de sus rocas por los arroyos que la cruzan transversal y diagonalmente. El segundo sistema es motivado por los arroyos y cañadas longitudinales producidos por la interposición de las rocas más duras, ó sean de las areniscas, entre las pizarrillas arcillosas y carbonosas, de mucha menor resistencia á la desagregación.

En los dos bordes de la cuenca sobresalen dos fajas de caliza carbonífera, que por su mayor compacidad y resistencia á los arrastres, con su pintoresco y variado relieve, marcan los límites de la formación. Las dos fajas están en contacto inmediato ó muy próximas á las pizarras cambrianas, con la diferencia que la del lado del N. es más continua, y se subdivide en dos, tres y hasta cuatro filas de crestos; mientras que la del lado S. se muestra con menos desarrollo y desaparece en largos trayectos de su parte occidental.

No es enteramente uniforme la composición petrológica de esta caliza. En su mayor parte es compacta y muy pura, casi marmórea, de color gris azulado claro, con muchas vetas blancas espáticas; pero en algunos bancos es algo arcillosa y ferruginosa, ó algo silíceo y dolomítico, de color parduzco; y en otros, se incluyen en ella granillos y guijo menudo de cuarzo, con tendencias á formar una gonfolita de pequeños elementos. En varias capas abundan los restos fósiles, en particular los artejos de crinoides y ciertas especies de corales de los géneros *Cyathophyllum*, *Favosites*, etc.

La faja del N., procedente de las inmediaciones de Villaharta, se muestra á un quilómetro del E. del molino de Pedrique, reducida á dos cordones de tres á cuatro metros de grueso, distantes entre sí unos 50; con buzamiento septentrional y mayor amplitud, sobresale á la izquierda del Guadalbarbo, junto á las labores de la mina *Las Traviesas*, de la cual se prolonga á los cerros de la Caleruela.

Entre la Solana del Conjuero y la casa de Maichico, asoma en el cerro de la Campiñuela, con ocho metros de espesor, inclinadas sus capas 70° al NE. Más al E. se oculta ó interrumpe

en Cabeza Chica, y sobresale en Cabeza Gorda, al pie de la cual la rodea el Guadalbarbo con una vuelta en arco de círculo que abarca también la prolongación oriental de esas crestas salientes en la Serrezuela.

Por esta parte, la banda de calizas se desdobra en tres filas de crestones entre otras rocas. La septentrional cruza al N. del castillo de Lara, y sigue á las faldas meridionales del cerro de la Perdiz; la del medio se destaca en el castillo de Lara con peñones de aspecto sombrío parecido al de las cuarcitas, talvez por la influencia de algún islote de sienito, y se prolonga más al E., al cerro del Calderín, con una anchura media de 40 metros, erguidos sus bancos verticales, ó con fuerte inclinación al SO., y la meridional cruza al S. del Guadalbarbo por las erizadas crestas de Cabeza Gorda y la Serrezuela, donde mide entre 15 y 20 metros de anchura, inclinando también sus bancos 80° al SO.

Esta última, que es la de relieve más acentuado, desciende á las vertientes del Cuzna por las crestas de los Costillares, y queda comprendida como un islote entre ese río y el Varas en las recortadas peñas del Morrión del Francés, inclinando sus capas entre 80° al S. y la vertical, junto al vado del Peñoncillo. A partir de la garganta del Boquerón, desde la izquierda del Varas, con unos 40 metros de anchura, sobresalen aquéllas en la Solana de las Mestas de Trivilla, al S. de los Arrieros y del cortijo del Capricho y en el collado del Lobo. En las márgenes del Arriero Bajo, se dislocan en un salto de cerca de 80 metros, aflorando más al N. las de la parte oriental, que continúan á las lomas de Quirba. En éstas hay unas en que abundan los granillos salientes de cuarzo, y otras que pasan á una brecha con restos de corales, crinoides y braquiópodos. De las lomas peñascosas de Quirba, se prolongan á los cerros de la Hoya de Cardeal, y de éstos continúan hasta dos quilómetros al N. de Adamuz, donde las corta la carretera de Villanueva con 20 metros de anchura, desgajadas por una falla en contacto con una fajita de pizarras. Sus caras de contacto con éstas últimas se hallan arrugadas y corroídas en todos sentidos; pero, en junto, su inclinación es de 75° al SO.

La fila de calizas que sigue más al N., se prolonga desde el castillo de Lara á las Peñas del Halcón, y pasado el Varas, á

las Piedras del Aire, cerro de la Galápaga y lomas de Valsequillo, más bajas y menos salientes que las de Quirba, de las que están separadas por una banda de pizarras de 50 metros de anchura. A otros 60 metros más al N., cruza la tercera fila por las quebradas márgenes del Varas, limitada por la gran mancha cambriana de los Pedroches.

La faja meridional de caliza carbonífera, se muestra con muy pequeños asomos hacia mitad de camino de la Fuente Agria al molino de Pedrique; desaparece ó se oculta bajo las areniscas y pizarras hulleras por toda la falda septentrional de la sierra de los Puntales, y más abajo de la junta de los tres ríos (Guadalbarbo, Cuzna y Varas), precisamente en el paraje donde se construye la presa del Guadalmellato, reaparece en contacto con un islote alargado de sienito.

Este islote eruptivo es uno de los rasgos geológicos más notables de la cuenca hullera del Guadalbarbo, y sobre el cual, muy acertadamente, se fijó el emplazamiento de la presa. En ese sitio, la roca es muy dura y compacta, de grano grueso y casi porfiróide, compuesta de anfíbol negruzco y feldespato blanco, que la dan un color gris azulado y contiene muy poco cuarzo. Mide allí unos 60 metros de anchura, y en longitud se prolonga más al E., próximo á los crestones de Peña Rubia, Peñón Blanco y San Francisco del Monte, en general muy descompuesto y casi terroso.

Al E. del Guadalmellato sobresale la faja caliza meridional en los erizados riscos de Peña Rubia, á partir de la cual parece bifurcarse en dos filas: una, que pasa á los montes de Garciméndez, Peñón de la Cuesta y Millante, y otra, que sobresale en el Peñón Blanco y los erizados riscos del Alto de Jesús y loma de las Ermitas, á corta distancia, al O. del derruido convento de San Francisco, á 200 metros, al E. del cual hay otro isotillo de sienito terroso. Por la acción metamórfica de éste, la caliza de tales riscos se hizo dolomítica, de colores oscuros, y se impregnó de óxidos de hierro, con un aspecto más sombrío, levantados sus bancos casi verticales en erizadas puntas. La faja mide allí un centenar de metros de anchura, prolongán-

dose más al E. por el cerro de los Aviones, de los cuales continúa hasta las inmediaciones de Villafranca, en que termina.

Dijimos anteriormente que la segunda zona, en que sobresalen las areniscas y las pudingas, es la que ofrece mayor interés. El manantial de la Fuente Agria de Villaharta brota en una faja de conglomerados de cantos gruesos y medianos, con algún banco de guijos y granos cuarzosos muy menudos, y entre ellos se intercalan lechitos irregulares á modo de nódulos alargados é interrumpidos de pizarra carbonosa. Entre los conglomerados abundan los restos de *Calamites*, alineándose los bancos, casi verticales, al O. 35° N. Esta faja se prolonga por todo lo largo de la cuenca, formando un relieve saliente en su mitad meridional. Sus gruesos varían entre dos y seis metros, y por bajo de ella yace otra de arenisca cuarzosa muy dura, parecida á la cuarcita siluriana. En las pudingas hay zonas en que la roca pasa lateralmente á arenisca, por la desaparición de muchos de sus cantos; así como, á la inversa, hay trayectos en la arenisca en que ésta pasa á pudinga por la inclusión de piedras y guijo cuarzoso. Esta es una consecuencia muy natural de la comunidad de su origen.

Tal faja de pudingas y areniscas duras sigue al S. del arroyo de Pedrique, desciende al Guadalbarbo, y más adelante, en la mina *Las Traviesas*, sobresale en una cresta alineada al E.-SE., casi vertical y ondulada en el sentido del buzamiento. De allí pasa junto á las labores de la mina *Villarejo*, con fuerte inclinación al E.-NE.; se reduce á tres metros de ancho en el cortijo Maichico, al E. del cual se marca en otra cresta hasta el Guadalbarbo. Sobre la orilla opuesta de este río, reaparece en los confines de las minas *Santa Ana 1.<sup>a</sup>* y *Santa Ana 2.<sup>a</sup>*, á corta distancia al S. del pozo abierto recientemente en ese sitio, y de allí cruza al N. de los crestones de cuarcita de Valdeflores y al S. de la casa de las Mestas de Ovejo, junto á las labores de la capa de carbón que allí yace. Su prolongación oriental se marca en los cerros de la Hoya de Bautista y de Fuente Cabrera, en los cuales aumenta su grueso hasta los 30 metros, pasando de allí al término de Villafranca.

En medio del laberinto de pliegucillos y arrugas en todos

sentidos, que se ven en las pizarras y samitas del centro de la cuenca, se comprende que todos sus estratos fueron sometidos al sinclinal oblicuo que digimos, no sólo por la repetición de las calizas que la limitan por ambos costados, sino por la reaparición en el septentrional de los mismos bancos de pudinga y arenisca dura, cuarzosa, cuya marcha en el meridional acabo de reseñar. Si sus afloramientos no sobresalen tanto en el costado septentrional, es á causa del mayor desarrollo de las fajas de caliza, y por no haber sido allí tan enérgicas las corrientes de los arrastres, al amparo de los crestones que se levantan inmediatos aguas arriba.

Junto á las márgenes del Guadalbarbo, al S. de Cabeza Gorda, asoman dos fajas de arenisca: una, hasta de 20 metros de grueso, acompañada de la pudinga, y otra, más al S., reducida á cuatro de espesor. No debe de extrañar que en el espacio de un quilómetro próximamente á la faja de arenisca, que en el borde meridional sólo mide cuatro á seis metros, corresponda en ciertos puntos de la septentrional otra de 20, ni que se desdoble en dos ramas, pues no se debe olvidar el origen y modo de sedimentación de cuenca tan irregular como la de Bélmez. Tanto el carbón como las rocas estériles, se depositaron en fondos muy sinuosos con hoyas y salientes de diversas profundidades y alturas, ó sean de contornos arrugados en todos sentidos.

Continuando más al E., apoyada sobre una faja de caliza, y entre dos bandas de pizarra, asoman la pudinga de cantos menudos y la arenisca de grano grueso, con el espesor de cinco metros, en las márgenes del Cuzna, al pie del Morrión del Francés, de donde siguen á la Solana de las Mestas de Trivilla y al Collado del Lobo, pasando por la casa de Pedraco, separadas ambas rocas por la fajita de pizarras.

En la prolongación oriental de la cuenca, ésta va ensanchando hasta pasar de dos quilómetros en el término de Adamuz, y, por tal motivo, entre la zona de las pizarras carbonosas de la mina *Santa Margarita* y la faja de anfibolitas azoicas y pizarras cambrianas de Navajuelo, en el espacio de unos 100 metros, afloran cuatro bancos de pudingas con areniscas, por hallarse más tendidas que en las vertientes al Guadalbarbo. Aparte de estos bancos, también asoman capas delgadas de pu-

dinga de guiño menudo, inclinadas  $40^\circ$  tan sólo al N., junto á las areniscas, con vegetales que se extienden más al S. de los anteriores, cerca de la Casa de Navazoguero, al NE. de Cabrerizas Altas. Las capas de areniscas contienen con abundancia restos de *Calamites*, además de los de un *Lepidodeudron* parecido, aunque de rombos más pequeños, al *L. aculeatum*.

No es fácil marcar la línea de separación entre la zona segunda y la siguiente, que artificiosamente apuntamos por sus caracteres negativos de la falta de carbón, de las pudingas y de las areniscas cuarzosas duras. Esa línea había que buscarse cerca de unas capas más micáceas que las de la segunda zona, y en las cuales hemos encontrado restos de *Calamites* delgados, de *Productus semireticulatus*, moldes de artejos de crinoides y varias especies de *Spirifer*, *Rhynchonella*, etc. Las pizarras que contienen esos restos son nodulosas, con tendencias á formar núcleos aplastados, y así se ve por la banda N., entre la casa de los Collados y las labores de la Cebollera, y en la banda S., al pie de las Mestas de Ovejo.

El nivel más alto del hullero de esta cuenca se distingue por la abundancia ó predominio de las samitas gris verdosas y muy micáceas en lechos delgados, y en las cuales se ve un reflejo del pliegue anticlinal oblicuo con que se doblan todas las capas, según se dijo anteriormente, y, por lo tanto, aunque no muy claramente, se marca entre centenares de arrugas, una huella borrosa, ó una sombra, del eje de ese pliegue general. Tales samitas, sobrepuestas á las pizarrillas, yacen suavemente plegadas por las márgenes del río Varas, entre las Mestas de Trivilla y las de Ovejo, y con  $30$  á  $35^\circ$  de inclinación al N.-NE. en los cerros de Cabrerizas Altas, descubriéndose más al S., inferiores á ellas, dichas pizarrillas en las márgenes del arroyo del Valle y del Tamujoso.

Por ambos costados de la cuenca, principalmente en el septentrional, entre los terrenos más antiguos, se incluyen, á modo de golfitos ó isotillos, pequeñas manchitas anejas. Por el costado meridional, tocando al Guadalbarbo, desde la casa de la Candelera al castillo de Peñafior, entre cuarcitas silurianas y

pizarras cambrianas, hay un avance hacia el S. de las hulleras; unas, duras, tabulares y calcáreas; otras, convertidas en cayuela deleznable. Se abren casi verticales, en forma de abanico, con varios rizos.

Entre las calizas del castillo de Lara y las pizarras azoicas que por bajo de éste encauzan al Guadalbarbo, más aislada, yace otra manchita de pizarras arcillo-carbonosas, con los bolos calcáreo-piritosos de que se trató anteriormente.

Por las márgenes del Cuzna, entre las fajas de calizas y del azoico, ya descritas, se intercalan otras tres de pizarra carbonífera, como destacadas de la mancha general. La primera se aísla por la interposición de un cordoncito de caliza, de cinco metros de anchura, que asoma por abajo y al S. del más saliente del Morrión del Francés; la segunda está comprendida entre esta última y el estrato-cristalino, y la tercera, situada más al N., yace aislada entre la faja de caliza septentrional y las pizarras cambrianas. Esta última se muestra en la conclusión del arroyo de la Viuda con lechos carbonosos y los nódulos piritosos ya explicados.

Las tres bandas de pizarras hulleras se prolongan, en el término de Adamuz, desde las márgenes del Varas hasta la carretera de Villanueva, cerca de la cual se van extinguiendo entre el cambriano.

Para completar el examen estratigráfico de esta cuenca, aunque se repita algún concepto de los anteriormente expresados, anotaremos á continuación el orden y disposición de las capas que sucesivamente se encuentran, atravesando aquélla de N. á S. en los itinerarios siguientes:

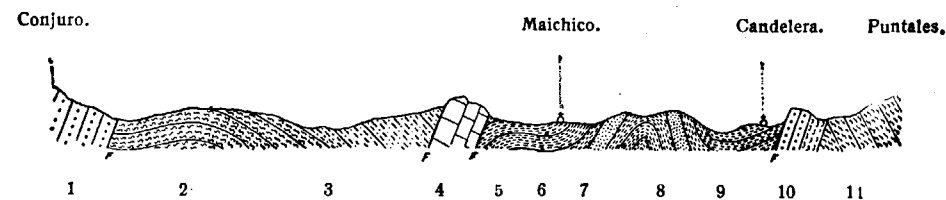


Fig. 1.ª—Corte del Conjuero á la casa de los Puntales.

A.—*De la Solana del Conjuero á la casa de los Puntales:* (figura 1.<sup>a</sup>).

1. Cuarcitas silurianas de la Solana del Conjuero, al S. de Ovejo, fuertemente inclinadas al N.-NE.
2. Faja de pizarras cambrianas, de dos quilómetros de anchura, cruzadas por el arroyo Calderón, en capas repetidas veces plegadas, predominando el buzamiento meridional con pequeñas inclinaciones.
3. Fajitas de pizarras cloríticas y anfibólicas y de talcitas, en capas onduladas, tendidas suavemente y desgajadas por una falla en su contacto con la caliza.
4. Caliza carbonífera inclinada 70 á 75° al N.-NE., con un espesor de ocho metros.
5. Areniscas y pizarras hulleras, con dos cambios generales de buzamiento, hasta la casa de Maichico, en el ancho de 500 á 600 metros.
6. Arenisca dura y pudinga de la Casa de Maichico, inclinadas 45° al N.-NE.
7. Zona de la pizarra hullera con arenisca blanda.
8. Segunda faja de arenisca dura con pudinga, en crestos salientes, casi verticales, dirigidos á las labores de la mina *Santa Ana*.
9. Banda de pizarrilla hullera que cruza al otro lado del Guadalbarbo, hasta la casa de la Candelera.
10. Cuarcitas silurianas que sobresale en el castillo de Peñafior.
11. Pizarras lustrosas cambrianas, recortadas en peñascos puntiagudos frente al castillo de Peñafior. A orillas del Guadalbarbo, comienzan en capas erizadas y muy inclinadas al E.-NE.; pero á 300 metros al S. de la casa de la Candelera, el camino de la estación de Ovejo las cruza muy tendidas al SO., conservándose uniforme este buzamiento hasta la cumbre de la casa de los Puntales, de 340 á 350 más alta que el Guadalbarbo.

B.—*Del castillo de Lara á las labores de Santa Ana:*

1. Caliza fuertemente inclinada al SO. entre pizarra arcillo-carbonosa con nódulos fosilíferos, inclinada de 15 á 20° al N.-NE., como despegada.
2. Pizarra verdosa cambriana, cruzada en su revuelta al

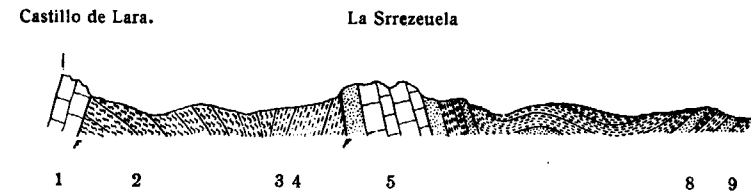


Fig. 2.<sup>a</sup>.—Castillo de Lara á Santa Ana.

N. por el Guadalbarbo, en un ancho de cerca de dos quilómetros, y con bancos generalmente muy tendidos al S.

3. Filadíos cloríticos y silíceos lustrosos, con talcitas y pizarras anfibólicas de la parte superior del estrato-cristalino, en capas fuertemente levantadas y desgarradas.

4. Cuarcita siluriana, ferruginosa, inclinada 70° al S.-SO., en crestos de seis metros de grueso.

5. Faja de caliza de Cabeza Gorda y la Serzeuela, apoyada en estratificación concordante sobre la anterior.

6. Pizarras y areniscas hulleras de las labores de la Ceboflera. Comienzan con buzamiento meridional; á 35 metros al S. del pozo, se retuercen con inclinación opuesta, doblándose de nuevo, con caída meridional, hasta cerca de la casa de los Collados. Antes de llegar á ésta, en todo el espacio que media hasta las labores de la Candelera, predomina, como es la regla, el buzamiento septentrional; pero con innumerables plieguecillos secundarios, arrugas y fracturas en todos sentidos, que imposibilitan calcular aproximadamente el espesor de esta serie, la cual termina junto á dichas labores con una faja de arenisca de grano fino de seis metros de grueso. En la base de la formación se suceden en orden descendente un conglomerado cuarzoso de seis á ocho metros de grueso, una pizarrilla arcillosa, la arenisca cuarzosa dura con *Calamites* y la pizarra.

8. Cuarcita siluriana.

9. Pizarras cambrianas de la sierra de los Puntales.

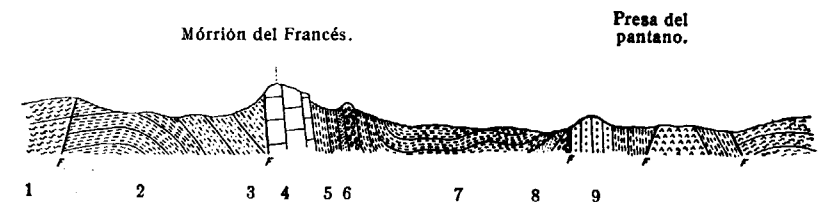


Fig. 3.<sup>a</sup>.—De Peña de Halcón á las Mestas.

C.—*De Peña de Halcón á las labores de las Mestas de Ovejo y la presa del Guadalmeñato.*

1. Pizarras cambrianas suavemente inclinadas al N. en las orillas del arroyo de la Viuda.
  2. Pizarrilla arcillo-carbonosa, con los nódulos fosilíferos antes explicados, entre la cual sobresale más al E. la faja de caliza carbonífera con fósiles de los crestones de las Piedras del Aire y Peña del Halcón.
  3. Pizarras cloríticas y anfibólicas, en capas gradualmente más levantadas, tendidas de nuevo, conservando su buzamiento meridional.
  4. Segunda faja de caliza, de 35 á 40 metros de grueso, en bancos casi verticales, ó muy inclinados al SO. en las erizadas crestas del Morrión del Francés.
  5. Pizarrilla hullera con intercalaciones de lechos delgados é interrumpidos de caliza.
  6. Faja de pudinga de guijarrillos menudos, de arenisca de grano grueso, de pizarrilla con lechos muy delgados é interrumpidos de caliza y de arenisca con pizarras, hasta la cual conservan los estratos el buzamiento meridional.
  7. Pizarras arcillosas y arcillo-carbonosas, plegadas y arrugadas en todos sentidos, predominando el buzamiento septentrional. En algunos puntos se retuercen de N. á S., con diversas inclinaciones y buzamientos, hasta la casa de las Mestas de Ovejo, donde inclinan 65° al N., 20° E., alternando con samitas pizarreñas, que se hacen más abundantes en el nivel superior.
  8. Conglomerado ó pudinga cuarzoza de guijo menudo en bancos fuertemente inclinados al NE., al que siguen las pizarras y areniscas alternantes, con cambios de buzamiento al SO.
  9. Cuarzitas silurianas.
  10. Pizarras cambrianas de la sierra de los Puntales.
- Si en vez de trazar este corte desde Peña Halcón y el Morrión del Francés, se hubiera desviado más al E. á la junta de los tres ríos, y por las orillas del Guadalmeñato, se encontraría la faja de cuarcitas más ensanchada, á causa de los desarreglos estratigráficos que existen en ellas y que ocultan las pizarras cambrianas, resultando la continuación de la serie de este modo.

11. Lechos de pizarra hullera con calizas, buzando al SO. en 100 metros de anchura.
12. Sienito de la presa del pantano, entre la misma pizarra hullera.
13. Pizarras cambrianas, que comienzan muy tendidas al NE., y después se arrugan en todos sentidos, predominando más al S. el buzamiento meridional.

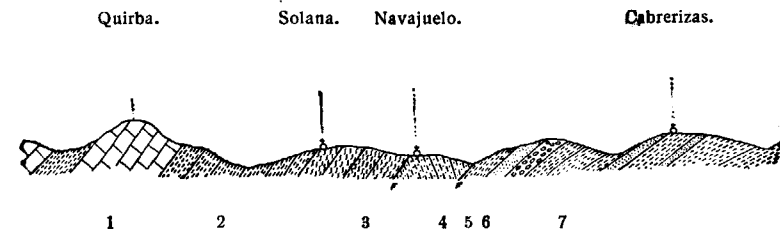


Fig. 4.ª.—De las lomas de Quirba al Tamujoso.

D.—*De las lomas de Quirba al Tamujoso.*

1. Caliza que sobresale en los crestones de la loma de Quirba, sobre la cual se apoyan sucesivamente una fajita de pizarra carbonífera, á la que siguen más al N. las dos fajas de caliza de las lomas de Valsequillo, hasta su contacto, por falla, con las pizarras cambrianas de la mancha de los Pedroches.
2. Pizarra hullera en que se halla la casa de la Solana de Quirba.
3. Faja interpuesta de pizarras cambrianas, con buzamiento septentrional como las anteriores.
4. Anfibolitas y pizarras del estrato-cristalino, que asoman con buzamiento opuesto en la casa de Navajuelo.
5. Cuarzita reducida á cinco metros de grueso.
6. Faja de pudingas y areniscas con pizarras y calizas, en capas delgadas interpuestas.
7. Pizarras y areniscas con restos vegetales, y entre las cuales se comprenden las vetas de carbón de las minas *Santa Margarita* y *Los Angeles*.
8. Pizarras arcillosas y samitas, suavemente inclinadas al N.-NE., entre las Cabrerizas Altas y el río Tamujoso, por ambos lados del Arroyo del Valle. Se despliegan ampliamente, con más de dos kilómetros de anchura, y se doblan en un anticli-

nal, con buzamiento al SO., hasta su contacto con las tres fajas de cuarcita del cerro Gallino.

Después de estos bancos se suceden los siguientes:

9. Cuarcitas inclinadas 40° al S., 15 E.
10. Pizarrilla arcillosa que en el fondo de la Nava Grande buza 30° al SO., pero en capas más levantadas en las lomas, que por N. y S. limitan esta depresión.
11. Islotillo de sienito descompuesto y terroso del cerro de las Ermitas.
12. Faja de calizas de los crestones de San Francisco del Monte.

En las inmediaciones de Adamuz, muy reducida la anchura de la cuenca, á las pizarras cambrianas, cortadas por la carretera de Villanueva, siguen las cuarcitas silurianas comprendidas entre dos fallas, en un ancho de 60 metros, inclinadas al SE., y después unas pizarras metamorfoseadas azoicas, mucho más levantadas, también comprendidas entre dos fallas. Junto á la del S. se alza escarpado un cordón de caliza carbonífera de 25 metros de potencia, y sobre él se extienden las pizarras y areniscas hulleras, dobladas en su conjunto en un anticlinal. Junto á la población, se oculta la cuenca debajo de unas capas de caliza tosca miocena, y más al O. de Adamúz, entre esta última y las formaciones antiguas, se intercala, en bancos poco inclinados, la arenisca roja triásica.

### Edad geológica de la cuenca.

Si bien la cuenca del Guadalbarbo es la prolongación meridional de la de Bélmez, sus capas corresponden á una edad más antigua, esto es, al hullero inferior, ó la base del hullero medio. Faltan, casi por completo, las capas de éste último, pues no se encuentran señales en la del Guadalbarbo de las especies, muy numerosas, de helechos y de sigilarias, tan abundantes desde Peñarroya á la Ballesta, por todas las minas de los términos de Espiel y de Bélmez.

### Examen de las capas de carbón.

No son suficientes los afloramientos carbonosos que se observan en esta cuenca, ni mucho menos las labores de investigación practicadas hasta la fecha, para deducir si en ella se contienen una ó dos capas que se repiten hacia sus dos costados. Esto, en el supuesto de que todos los bancos carboníferos se hayan doblado en el sinclinal oblicuo, ó sea, con arreglo á un plano de simetría que cruce inclinado con la vertical hacia el N.-NE., pasando por el eje de la cuenca. Pero las roturas, dislocaciones é interrupciones de los estratos en las profundidades inmediatas al eje de plegamiento, aun en tal supuesto, obligarían á admitir industrialmente la existencia de cuatro capas, si bien correspondan á dos ramas de dos únicas, que por dicho pliegue no bien definido, ó por una falla general, se manifiestan separadas. Fundamos esta sospecha en la identidad de caracteres de las calizas carboníferas, así como las demás rocas de la segunda zona inmediata á ambos costados, pues la tercera zona que ocupa el centro de la cuenca, ya hemos dicho que parece estéril enteramente.

Aunque hay motivos para admitir la existencia de dos capas repetidas, en rigor sólo se puede asegurar claramente la presencia de una apoyada sobre cada una de las dos zonas de caliza de los costados meridional y septentrional, y que respectivamente señalaremos con los nombres del S. y del N.

*Capa del Sur.*—Es la más importante de las dos ramas carbonosas, en la cual se practicaron trabajos de investigación hace más de cuarenta años; y es fácil seguir sus huellas á lo largo de la cuenca, pues á pocos metros más al S., acentuándose el relieve orográfico, sobresalen las fajas de arenisca dura cuarzoza y de pudinga anteriormente reseñadas.

Procedente de las inmediaciones de la Fuente Agría de Villaharta, se descubre á la izquierda del Guadalbarbo, donde se situó la antigua mina *Las Traviesas*, en la que se efectuaron varias labores, hoy casi todas hundidas, sobre la faja carbonosa de más de ocho metros de grueso. En un pozo inclinado, junto

á lo alto de los crestones de arenisca, las pizarras con lechos muy delgados de carbón interpuesto, inclinan  $65^\circ$  al N.-NE.; pero en pocos metros más á P., se retuercen con buzamiento opuesto, y las dislocaciones estratigráficas se encuentran á cada paso por toda la concesión. En otros pocillos situados más á L., encaja en dicha faja la capa de carbón, con un espesor de 40 centímetros, uno de los mayores que en ella hemos visto; pero en otras labores, que sólo distan de la casa de Las Traviesas 140 metros, el carbón se disemina en vetillas irregulares de pocos centímetros entre las pizarrillas muy hojosas. Entre éstas, inclinadas  $75^\circ$  al NE., se abrió antiguamente más al N. un socavón, hoy en ruinas.

Siguiendo más al E., también sobre la izquierda del Guadalbarbo, en la vertiente meridional del cerro del Tío Luque, donde confina dicha mina *Las Traviesas* con la *San Claudio*, se abrió hace tiempo otro socavón, hoy derruido, en que se cortó la zona carbonosa inclinada al N.-NE. Las vetillas de carbón, diseminadas entre las pizarrillas hojosas de su entrada, presentan los caracteres generales de las hullas antracitosas, es decir, muy hojosas y brillantes, desmenuzables en láminas delgadas.

En el extremo occidental de la mina *Villarejo* (antes *Santa Teresa*), á 30 metros antes de la unión del arroyo de aquel nombre con el Guadalbarbo, se abrió en la misma época que las anteriores labores una galería de 60 metros de largo sobre la misma faja de pizarra, con vetillas de carbón que allí tiene 10 metros de anchura. Sus capas yacen casi verticales, en forma de abanico, apoyadas al S. sobre la faja continua de las areniscas duras y la pudinga de guijo menudo que constantemente las acompañan.

Hace siete años, según nos informaron, se sacaron de dicha galería dos vagones de carbón.

Continuando más al E., á poco más de un quilómetro al N. del caserío de la Candelera, frente al cerro Villarejo, sobre la izquierda del arroyo de la Parrilla ó del Hinojar, hace unos cuarenta años se abrieron sobre la misma faja tres pozos, hoy en ruinas.

A dos quilómetros al E. del mismo caserío, sobre la derecha del Guadalbarbo, y al S. de Cabeza Gorda, en los confines

de las concesiones *Santa Ana 1.<sup>a</sup>* y *Santa Ana 2.<sup>a</sup>*, se empezó á abrir en Marzo de 1913 un pozo que hoy tiene 25,50 metros de profundidad. A medio metro de altura sobre su fondo, se empezaron dos galerías: una, dirigida al S.-SO., y otra, al N.-NE., que respectivamente tienen 16 y 37,20 de largo (14 Septiembre último). Casi verticales, ó fuertemente inclinados al N.-NE., con cinco metros de grueso, á corta distancia al S. de este pozo, sobresalen los mencionados bancos de pudinga, de cantos esquinados en este sitio, con guijo menudo, sobrepuestos á una fajita de pizarra silícea y á otros bancos de arenisca muy dura, que pasan de 20 metros de espesor. Por sus caracteres exteriores, esta arenisca, muy cuarzosita, es análoga á las cuarcitas silurianas, pero en ella se encierran restos de *Calamites*, que atestiguan su verdadera edad carbonífera.

La faja carbonosa que se está investigando con las citadas labores, es en su mayor parte estéril, y de escasa importancia las costras combustibles incluidas entre sus pizarras oscuras. Más abundan en éstas los nódulos ó vetillas de caliza blanca compacta y semiespática, circunstancia notable que también se repite en varios sitios de la capa del N. Pero así como esta última se halla muy próxima á los crestones de caliza, éstos faltan por completo en el paraje de que se trata y hasta la junta de los tres ríos; lo cual nos demuestra que, desde un principio, los lodos arcillosos y carbonosos que dieron origen á las pizarras hulleras, eran también calcáreos, como si hubieran influido en su formación las mismas aguas cargadas de carbonato de cal que produjeron las calizas. Así, no es de extrañar que en algunas capas de la pizarrilla arcillosa se encuentren moldes de braqueópodos de concha caliza, como el *Productus semireticulatus*, varias especies de *Spirifer*, *Rhynchonella*, etc., y también moldes de artejos de crinoides, corales, etc., según se ve en los sitios antes citados.

Algunos quilómetros más al E. de la Candelera, á 400 metros al O.-SO. de la casa de las Mestas de Ovejo, se han encontrado las mejores indicaciones hulleras de esta capa, por lo cual hace años se practicaron algunas labores que recientemente se han continuado y prosiguen. Hoy existen dos socavones, un pozo y varias galerías que arrancan de este último.

El socavón número 1 tiene 47 metros de longitud, de los



cuales, 39 fueron abiertos hace años. Comenzó en una pizarri-lla arcillosa muy blanda, tendida al NE., con vetillas de carbón ramificadas, cuyos espesores estaban comprendidos entre dos y cinco centímetros. Recientemente, á los 43 metros de su entrada, se cortó una faja de borrasco de 60 centímetros de espesor, en la cual domina la pizarra estéril, si bien una tercera ó cuarta parte es de combustible.

A los 10 metros de la boca de este socavón, por el lado de la derecha, se abrió un pozo de 16,50 de profundidad, cortando la pizarra carbonosa en los tres primeros y la arenisca en capas inclinadas 45° al N.-NE. en las restantes. A partir del fondo de este pozo, hay dos galerías. La del S. sólo tiene un metro de larga, y cruza la arenisca, muy dura, en que se incluye una veta de borrasco de 15 centímetros.

La galería del N. es la labor más importante de la mina; tenía en dicha fecha 24,50 de largo, y sucesivamente se han cortado en ella las capas siguientes:

En los dos primeros metros, se atravesó la arenisca dura, á la que siguió una veta de carbón de 10 centímetros; después de otra faja de arenisca, se encontró otra de borrasco, de 0,50 á un metro de ancho; continuando á través de la arenisca, entre los nueve y los 13 metros de la entrada, hay otra faja de borrasco que encierra dos vetas de carbón, que si bien con mucha pizarra, alcanzan, en suma, un metro de potencia, con tendencias á unirse en profundidad. A los 14 metros hay otra vetilla de borrasco, de 15 centímetros de grueso, y á los 15,70, otra de 40; sigue á éstas otro metro de arenisca, y los 7,50 restantes cortan la pizarra arcillosa, gris oscura.

En vista de las indicaciones favorables que se manifiestan en la faja de borrasco con capas de carbón que hay entre los nueve y 13 metros, se abrió sobre ella una galería de dirección que hoy mide 14, comprobándose que el combustible se aísla en venas comprendidas entre 10 y 60 centímetros.

El socavón número 2 está 16 metros más bajo que el número 1, de cuyo avance, en vertical, distaba á su galería, el día de nuestra visita, unos 15 metros próximamente, que se espera sean cortados en el corriente mes. Le precede una zanja ó trinchera de 52,70 metros de largo, abierta en las pizarras arcillosas muy blandas, repetidas veces alternantes con otra pizarra dura

y compacta, que hace saliente en la superficie. Comienzan fuertemente levantadas, y su inclinación va disminuyendo gradualmente, hasta bajar á los 50° al NE. en la galería que hoy mide 32 metros.

Muestras escogidas del carbón de estas labores, recientemente ensayadas en el Laboratorio de la Escuela de Minas, han dado los resultados siguientes:

Carbono fijo.....	76,20
Humedad y materias volátiles.....	16,50
Cenizas.....	7,30
TOTAL.....	<u>100,00</u>
Calorías Mahler.....	<u>8.107</u>

El carbón, por lo tanto, puede calificarse de hulla seca ó antracitosa, de excelente calidad.

Hasta pasados unos cuatro quilómetros más al E., al otro lado del Guadalmellato, no se ven labores ni señales manifiestas de esta capa, llegándose en esa distancia á los trabajos de exploración de la mina *El Conejo*. Se halla situada al E.-SE. del Peñón Blanco, junto á la caliza del cual se abrió hace años una galería hoy en ruinas. A 100 metros más al E., hay otra galería, en la cual se investigaron tres vetas carbonosas, separadas por capas de arenisca y encajadas en una zona de pizarri-lla micáfera que en sitios pasa á una samita gris verdosa. La caja de las vetas mide dos metros de anchura; una es de 30 centímetros de espesor; la otra se reduce á 10, pero en más de su mitad son de pizarra estéril; sin duda, no son indicaciones de mucha riqueza carbonífera.

Más al E. de la mina *El Conejo*, siguiendo las capas hulle- ras al N. de los crestones de San Francisco del Monte, no hemos visto indicaciones ni labores en vetas de carbón. Tal vez algún día se descubran por ahí, ó en la prolongación oriental de esos crestones, por los Aviones ú otros parajes del término de Villafranca.

En rigor, sólo hay los afloramientos y la traza bien continuados de una sola capa por la mitad meridional de esta cuenca; pero se debe advertir que más cerca de su borde hay los in-

dicios de otra que se exploró inútilmente con algunas labores, á corta distancia de las orillas del Guadalbarbo, próximas y al S. de las que se mencionaron de la mina *Las Traviesas*.

*Capa Norte.*—En la mina *Mengana*, al N. de *Las Traviesas*, junto al arroyo de Cándido Cruz, se abrió el año pasado una galería de 10 metros de larga, siguiendo una faja carbonosa con borrasco, comprendida entre otras dos de caliza. Al final de la galería se abrió una transversal al N., de cinco metros, y en medio de ella, un pozo de 10 de profundidad, siguiendo dicha faja, en la que se distinguieron tres vetas de carbón de ocho á 12 centímetros de grueso.

Un afloramiento de pizarra carbonosa, que debajo de las calizas hay á poca distancia más al E. de estas labores, y que fué muy poco explorado, haría sopechar la presencia de una segunda capa en el costado N., pero no se ha investigado el terreno para confirmar ó rechazar plenamente esta suposición. Si llegara á confirmarse, resultaría que la capa de la mina *Mengana* se prolonga al S. del castillo de Lara, al pie del mismo cerro, y al arroyo de la Viuda, junto al río Varas, y que la situada más al S. es la descubierta por las labores de la Cebollera.

A 120 metros al S. de la faja de caliza de la Serrezuela y los Cuchillares, sobre la derecha del Guadalbarbo, paraje nombrado la Cebollera, se abrió en el grupo de *Santa Ana* un pozo de 25 metros, con una traviesa al N. de 19 y otra al S. de 53, con objeto de reconocer una faja carbonosa, que contiene tres vetillas de carbón. Esa pizarrilla negra encierra, además, nódulos aplastados, á modo de lentejones interrumpidos de caliza blanca; y como á 35 metros al S. del pozo, asoman unas capas de arenisca que buzan al N. y no se han cortado por la galería del S.; es de suponer que los estratos en que aquélla se abre se doblan á pequeña profundidad, con buzamiento opuesto.

En la suposición de que haya dos capas de carbón en la banda del N., asoma la más septentrional á la izquierda del arroyo de la Viuda, á 20 metros, antes de su unión con el río Varas, según ya se ha dicho. La faja carbonosa, en la cual se incluyen los nódulos piritosos, motivó hace treinta y cinco años algunas labores pequeñas de investigación, hoy en ruínas. Los lechitos de carbón que se descubrieron encajan en las pizarras arcillosas de esa faja, que tiene cinco metros de grueso, inclina-

da tan sólo 30° al NE. por bajo de la caliza de los crestones de las Piedras del Aire.

Después de una ocultación ó desaparición de unos cuantos quilómetros de largo, en que no hemos visto afloramientos carbonosos, reaparece la capa del N. entre los caseríos de Navajuelos y Cabrerizas Altas, al S. de las lomas de Quirba, en los parajes donde radican las minas *Santa Margarita* y *Los Angeles*.

En la mina *Santa Margarita*, situada en el valle ó barranco del Manco, empezaron las labores de investigación en el verano del año anterior; se interrumpieron en el invierno próximo pasado y continuaron desde esta última primavera. Se abrió un pozo de 22 metros de profundidad, con una galería á los 10 metros y otra cerca de su fondo. Se observa en el pozo que la capa buza al N. en los 12 primeros metros, y se retuerce con caída al S. de 75° en los siguientes, alineada de E. á O. La faja carbonosa, comprendida entre bancos de arenisca, mide cuatro metros de ancha á 10 metros de la boca; se reduce considerablemente más abajo y vuelve á ensanchar en el fondo del pozo, con 50 centímetros de grueso de borrasco, en el que se incluyen lechos de hulla seca y brillante, de 6 á 8 centímetros. Estas vetillas están cruzadas por hojas lustrosas y estrujadas entre la pizarrilla negra, la cual, á su vez, se halla penetrada de venas blancas de cuarzo, de tres á cuatro milímetros de espesor. En la galería, la capa carbonosa se tuerce, casi vertical, al O. 20° N.

La prolongación oriental de esta capa se descubrió hace tiempo en un punto situado á 25 metros al NE. de la Casa de Navazoguero, y en el cual se abrió un pozo de 12 metros de profundidad entre la pizarra negra y la arenisca con vetillas y costras lustrosas de carbón que continúa más al E., en otra labor antigua, hoy abandonada, donde radica la mina de *Los Angeles*.

Aunque con largas interrupciones, siguen las señales carbonosas hasta dos quilómetros al NE. de Adamuz, donde fueron observadas hace años, motivando varias labores, hoy en ruínas ó medio abandonadas, en los cerros de la Partera y de la Cas-

tellana. Entre los escombros de pizarra negra, inmediatos á las bocas de los pozos, se ven trocitos de carbón lustroso, de idénticos caracteres que los extraídos en la mina *Santa Margarita*.

### Conclusiones.

Del examen geológico de esta cuenca se deduce, como primera consecuencia, que las capas carbonosas se presentan en fajas de mucha anchura, en proporción de la cantidad de hulla que en ellas se contienen. En una masa de pizarras arcillosas se disemina el combustible en proporción demasiado exigua, pues rara es la veta que llega á 40 centímetros de grueso, y, por regla general, yace subdividido en venillas y costras inaprovechables.

Pero no olvidando que esta cuenca del Guadalbarbo es la prolongación meridional de la de Bélmez, donde las capas de carbón son de extrema irregularidad, con diferentes espesores en todos sentidos, y recordando también que allí se explotan lentejones á modo de bolsadas, de extraordinaria riqueza, con espesores de varios metros, aunque no es muy probable, tampoco es imposible que algo parecido se llegue á descubrir en el grupo de minas de que se trata, si bien su nivel geológico es inferior á los de Bélmez.

## RECONOCIMIENTO Y DETERMINACION DE LOS GASES COMBUSTIBLES EN LAS AGUAS MINERALES

POR

ENRIQUE HAUSER

INGENIERO DEL CUERPO DE MINAS

### Consideraciones generales.

Antes de entrar en este estudio (1) debo decir que los gases combustibles á que se refiere son especialmente los hidrocarburos, cuyo carácter biológico, casi indiferente, ha hecho llamar poco la atención hasta ahora sobre su reconocimiento, no comprendiendo en este trabajo lo referente al hidrógeno sulfurado como gas combustible, pues su reconocimiento y determinación, fundados en propiedades químicas, son ya harto conocidos.

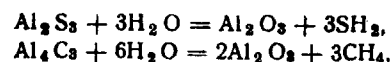
Poca literatura existe en España sobre este punto, pues aparte de la determinación de los gases combustibles que se desprenden de las aguas de San Andrés de Tona (cerca de Vich), hechos por el Excmo. Sr. D. José Casares, aunque sin referirse á los gases disueltos, y el análisis de las aguas de Onteniente (Valencia) practicado por los Dres. Peset, Fúster y Alapont, que señalan, junto con el hidrógeno sulfurado, indicios fugaces de

(1) La primera parte de este trabajo fué presentada en el IX Congreso Internacional de Hidrología, Climatología y Geología, el 18 de Octubre de 1913.

hidrocarburos en el manantial, no tengo noticia de otros trabajos hechos en España sobre el particular.

Es evidente que si hay aguas que desprenden gases inflamables, ó lugares, como en las minas de carbón, en los que se desprende el metano, constituyendo el grisú, al atravesar este gas las capas de agua se disuelva parcialmente en ella y pueda reconocerse entre los gases disueltos en las mismas. Este hecho me hizo pensar en el asunto, y después de comprobar por el método que en breve explicaré, la presencia del metano disuelto en varias aguas examinadas por mí, he podido ver, recorriendo el Deutsches Baderbuch, que en Alemania ha sido reconocido el metano en varias aguas, principalmente en compañía del ácido sulfhídrico, entre otras, en algunas fuentes de Aachen, Neundorf y Eilsen. También ha sido determinado en Francia en las de Bagnères de Luchon y Beaucens (Hautes Pyrenées).

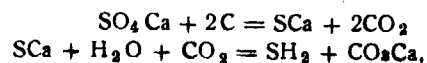
La presencia simultánea de ambos gases ( $\text{SH}_2$  y  $\text{CH}_4$ ) no debe extrañarnos, pues los dos parecen tener un mismo origen ya inorgánico por la acción del agua en el seno de la tierra sobre carburos y sulfuros, los que, como sabemos, por ejemplo los de aluminio, pueden dar lugar á las reacciones necesarias á dicha producción



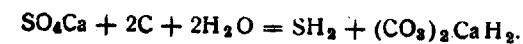
ó bien orgánico, por la acción de la materia orgánica sobre las aguas.

Esta última acción puede tener lugar por reducción de las sales en disolución, ó como consecuencia de una fermentación aneróbica de dicha materia orgánica, y según predomine una ú otra circunstancia y la composición de la materia orgánica, será más ó menos abundante en uno de dichos gases.

En el caso del hidrógeno sulfurado, si representamos la materia orgánica por su carbono, para estudiar su acción sobre los sulfatos disueltos en el agua tendremos:

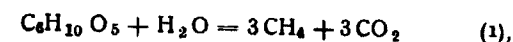


ó en conjunto,



También se produce el hidrógeno sulfurado por la llamada fermentación sulfhídrica, bajo la acción de un bacilo especial á expensas de las materias albuminoideas.

El metano proviene principalmente de la fermentación de la celulosa por la acción del bacilo *Amilobacter*, con arreglo á la siguiente ecuación esquemática:



y aunque en realidad la reacción sea más complicada con producción de ácidos butírico y acético, así como en ciertas condiciones algo de hidrógeno, considero innecesario extenderme aquí sobre el particular, sin apartarme del objeto de este trabajo.

### Métodos de investigación.

El reconocimiento y la determinación cuantitativa de los gases inflamables en las aguas comprende dos operaciones principales:

- A) La extracción de los gases (total ó parcial).
- B) Su análisis (cualitativo ó cuantitativo).

La extracción de los gases de las aguas puede hacerse provocando su desprendimiento, aparte de otros medios no utilizados en el análisis, por los siguientes:

- 1.º Por ebullición del agua.
- 2.º Por medio del vacío.
- 3.º Por ambos medios combinados.

El análisis de los gases extraídos comprende una absorción de los ácidos carbónico y sulfhídrico, y en su caso del oxígeno antes del examen del residuo que junto al nitrógeno contiene los gases combustibles.

La investigación de los gases combustibles requiere proce-

(1) Probablemente deben hallarse ambos gases con los fosfuros de hidrógeno en los llamados fuegos fatuos.

der á su combustión, para lo cual hay que añadir oxígeno ó aire al residuo de la operación anterior.

La determinación de dichos gases puede hacerse:

- 1.º Gravimétricamente.
- 2.º Volumétricamente.

La determinación gravimétrica requiere el montaje de un horno de combustión y el empleo de grandes volúmenes de gas, del que no siempre puede disponerse, en el caso que nos ocupa, y como, por otra parte, el volumen de los gases combustibles es con frecuencia muy pequeño, resulta necesario utilizar como método general el volumétrico.

### Reconocimiento cualitativo.

Por lo expuesto anteriormente se comprende que la determinación del contenido en gases combustibles de un agua no tenga considerada en general otra dificultad que la de manipulación de esos gases; pero como los métodos generales, antes referidos, son bastante largos, sobre todo si luego ha de resultar que el agua no tenga disueltos gases inflamables, he pensado en la conveniencia de estudiar un método que permita reconocer con rapidez si un agua contiene ó no gases inflamables, utilizando después este método para la determinación cuantitativa de los mismos.

Para ello he pensado que no hay método más rápido para extraer los gases de un agua que el vacío acompañado de la agitación del líquido, y como un gas que no contiene gases inflamables es para el agua que contenga éstos, si está colocada en el mismo recipiente que aquél, como una cámara de vacío, bastará que dejemos en contacto cierto tiempo gas y agua para que se desprendan *la mayor parte* de los gases combustibles en ella disueltos, y si el gas que hemos escogido para colocar sobre el agua fuese aire, habríamos producido además la mezcla necesaria para la combustión de aquéllos. Por otra parte, si el agua tuviese en disolución ácidos carbónico y sulfhídrico, parte de estos gases, que hay que absorber antes de reconocer los combustibles, vendría mezclada con éstos. Esta absorción puede hacerse de dos maneras: ó bien de la atmósfera que hemos

formado sobre el agua que examinamos, ó evitando que esos gases se desprendan del agua, fijándolos en la misma por la adición de algunos centímetros de lejía de potasa cáustica (cuyo volumen habrá luego que descontar en una determinación cuantitativa) y unas gotas de una papilla acuosa de fenol-pta-leína (1), para asegurarse que el álcali se halla en suficiente exceso.

Explicado el método de extracción de gas, operación que puede practicarse en unos quince minutos, pasemos á explicar el método de combustión.

Ante todo, debo decir que, por lo general, en la Naturaleza, los gases combustibles que algunas veces acompañan al metano, tales como el hidrógeno y el etano, sólo se encuentran en cantidades que no exceden de algunas centésimas de aquél, y como el metano sólo se encuentra en pequeña proporción en las aguas, se puede, por lo general, estimar como metano el gas combustible que aquéllas contengan. Teniendo en cuenta esta circunstancia, mi experiencia en el análisis de gases combustibles me ha hecho ver que para la determinación de pequeñas cantidades de estos gases, diluidos en el aire, es el método grisumétrico el más apropiado, por lo cual me he inclinado desde luego á utilizar este procedimiento de combustión para su análisis. Por lo demás, como un ensayo grisumétrico bien hecho no dura más de quince minutos, resulta que, operando como vamos á indicar, puede hacerse fácilmente en poco más de media hora el reconocimiento de los gases combustibles en una muestra de agua.

Veamos ahora la manera de proceder. Para ello basta disponer de un tubo de toma de muestra de gases, graduado, de unos 500 c. c. de capacidad (fig. 1.<sup>a</sup>). *Vv*, que va conectado por medio de un tubo de goma á un tubo de nivel *N*, montados en un soporte apropiado. Lleno de aire puro del exterior el tubo *Vv*, se pone éste en conexión con el tubo *N*, que debe contener el agua que se va á ensayar, fuertemente alcalinizada y recién vertida, y con la que se llena antes el tubo de goma que ha de conectarlos; hecho esto, se desaloja parte del aire del tubo *Vv* por

(1) No se puede emplear disolución alcohólica, que desprendería gases inflamables.

medio del agua contenida en el tubo *N*, que debe ocupar, al menos, la mitad ó los dos tercios del tubo *Vv*. Cerrada oportunamente la llave superior de este tubo, se iguala al nivel del líquido en ambos, cerrando entonces la llave inferior del tubo *Vv* y haciendo á continuación la lectura de los volúmenes de líquido y de aire.

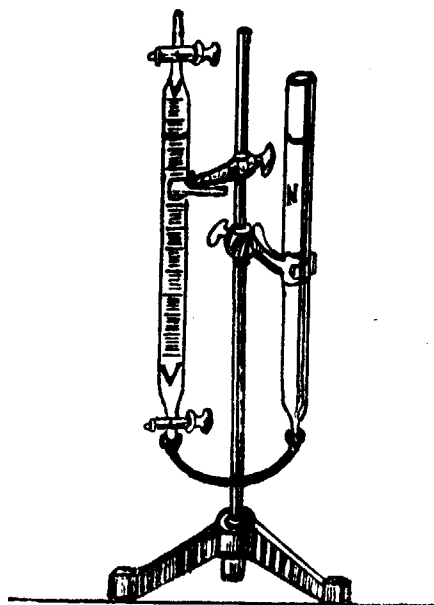


Fig. 1.ª

Hecho esto, se separa del soporte el tubo de dos llaves y se agita fuertemente por espacio de cinco á quince minutos, para poner en buen contacto el agua y el aire, y llegar fácilmente á un estado de equilibrio entre la tensión del gas combustible desprendido y la del que queda todavía disuelto en el agua.

Ahora bien, como la relación de volumen de agua al de aire empleado puede ser tan grande como se quiera, y por contener generalmente las aguas minerales nitrógeno y faltarles oxígeno no tiende á diluirse el aire en otro gas que el combustible y sólo experimenta disminución de volumen por disolverse en el agua el oxígeno que le falta á ésta, resulta este método un buen pro-

cedimiento de concentración de gas combustible. De manera que si después de dejar reposar un momento el tubo que hemos agitado, hacemos pasar la mezcla gaseosa al grisúmetro, y observamos en éste una contracción como consecuencia de la incandescencia del hilo de platino, deduciremos que esta atmósfera contiene un gas combustible y, por lo tanto, el agua de donde procede.

Para verificar este análisis por combustión puede emplearse cualquiera de los grisúmetros conocidos; pero creo que no estará demás decir que los resultados que más adelante se indican los he obtenido con el grisúmetro ideado por mí y que fué descrito en *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* (1), el cual ha sido modificado para quitarle su fragilidad y facilitar su manejo, haciéndole desmontable, substituyendo las llaves de cristal por llaves metálicas que sirven ahora de terminales para la toma de corriente, y proveyéndole de un tubo adicional para poder medir con él, además de la contracción producida por la combustión, el volumen de ácido carbónico formado. En un apéndice á este trabajo va la descripción detallada de este nuevo modelo de grisúmetro y el modo de manejarlo.

### Determinación cuantitativa.

Este procedimiento, que no requiere para su ejecución ninguna práctica especial, permite, no sólo el reconocimiento cualitativo de un gas inflamable, sino su determinación cuantitativa, que puede darnos un valor más ó menos aproximado, según se ejecuten unos ú otros detalles del procedimiento general de manipulación que voy á indicar.

Ante todo, voy á exponer los fundamentos científicos del método cuantitativo, para luego explicar los detalles de su ejecución.

Sabemos, en efecto, que si se conoce el volumen de agua empleado y el de aire utilizado, como el gas combustible di-

(1) Número de Julio, de 1909, pág. 304.

suelto, se reparte entre ambos con relación á la presión que en la cámara de aire alcanza el gas combustible con arreglo á la ley de Henry; se comprende en seguida que será fácil, partiendo de esta base, deducir del volumen de gas desprendido el que queda todavía disuelto en el agua, cuya suma representa el que el agua contenía en un principio.

Si llamamos  $V$  al volumen de agua;

- $v$  al — de aire;
- $w$  al — de gas combustible que se desprende por la agitación;
- $s$  al — de gas combustible que se disuelve en el agua que se examina por unidad de volumen á la temperatura de ensayo;

y si para evitar complicación en los cálculos suponemos reducidos los volúmenes gaseosos á la presión  $P = H - f$  y la temperatura constante, podremos deducir los datos que buscamos por el siguiente orden de consideraciones:

En efecto, si por la agitación ó reposo prolongado se desprende del agua un volumen de gas combustible  $w$  (estimado á la presión inicial del ambiente exterior), la presión relativa de este gas sobre el líquido será de  $\frac{w}{w+v}$ . Pero como el volumen total de gas no ha aumentado y continúa siendo  $v$  la presión total del recinto, habrá aumentado en la relación de  $\frac{w+v}{v}$  y, por lo tanto, la presión relativa efectiva del gas sobre el agua será:

$$\frac{w}{w+v} \times \frac{w+v}{v} = \frac{w}{v}$$

Por igual razonamiento deduciremos que si al gas combustible desprendido viniera á añadirse otro gas, por ejemplo  $N$ , y al disolverse  $O$ , la presión relativa sería la misma

$$\frac{w}{(v+w+N-O)} \times \frac{(v+w+N-O)}{v} = \frac{w}{v}$$

Por otra parte, siendo  $s$  el volumen de gas combustible que

á la temperatura de la experiencia se disuelve en la unidad de volumen del agua que se examina bajo la presión  $P$ , y reducido á la misma presión (que es igual, como sabemos, al que se disuelve á 760 mm., pero reducido á dicha presión de 760 milímetros), es evidente que el volumen de gas disuelto á la presión  $p = \frac{w}{v} < P$ , pero reducido á la presión  $P$ , será  $\frac{p}{P} \cdot s$ , ó simplemente  $p \cdot s$  si tomamos á  $P$  por unidad, y como el volumen total de gas combustible contenido en un volumen  $V$  de agua es igual á la suma del desprendido por agitación, y el que conserva disuelto el agua, tendremos, considerando que ese volumen total es  $Vs$  si el gas se ha disuelto á la presión  $P = 1$ , y que el disuelto á la presión parcial  $p$ , referido á la presión  $P$ , será  $Vsp$

$$Vs = Vsp + w,$$

de donde

$$Vs = \frac{w}{1-p},$$

y como

$$p = \frac{w}{v},$$

resultará

$$Vs = \frac{w}{1 - \frac{w}{v}} = \left( \frac{v}{v-w} \right) w$$

para el volumen de gas disuelto en el volumen  $V$ , y, por lo tanto, para el disuelto en la unidad de volumen á la temperatura  $t$ , será

$$s = \frac{v}{V} \cdot \frac{w}{v-w}.$$

Si hubiésemos añadido un volumen  $a$  de solución alcalina (1), tendríamos

$$s = \frac{v}{V-a} \cdot \frac{v-w}{w}.$$

El volumen  $w$  se deduce del ensayo grisumétrico, que lo da

(1) Conviene que este volumen sea lo menor posible, empleando, al efecto, una disolución concentrada de potasa ó bien un trocito de hidróxido alcalino.

en centésimas de volumen; pero como el gas encerrado estaba á una presión  $\frac{w + v + N - O}{v}$ , que no es igual á  $P$ , y puede ser mayor ó menor, debemos reducirlo á ésta, y será necesario, antes de hacer el ensayo grisumétrico, medir bien ese volumen en el tubo  $Vv$ , igualando el nivel del liquido con el de  $N$  ó transvasándole. En todo caso tendremos

$$w = \frac{CH_4}{100} (w + v + N - O) \text{ á la temperatura } t;$$

á este volumen  $(w + v + N - O)$  lo designaremos por  $v_1$ .

Un ejemplo nos hará comprender mejor la marcha de una operación.

Supongamos

$$\begin{array}{ll} v = 298 & CH_4 = 2,33 \text{ g/}^\circ \\ v_1 = 300 & t = 24^\circ \text{ C.} \\ V = 331 & H_o = 709,1 \text{ mm.} \\ & f_{24} = 22,1 \end{array} \quad P = H - f = 687 \text{ mm.}$$

tendremos

$$w = \frac{2,33}{100} \times 300 = 7,$$

de donde

$$V_s = \frac{298}{298 - 7} \times 7 = 1,022 \times 7 = 7,154 \text{ c. c. en } 331 \text{ c. c.}$$

ó sea, por litro,

$$\frac{7,154}{0,331} = 21,6 \text{ c. c. á } 24^\circ \text{ y } 687 \text{ mm.,}$$

y disuelto á dicha presión, ó  $21,6 \times 0,92 = 19,9$  c. c. á  $0^\circ$ , medido y disuelto á igual presión, ó sean  $21,6 \times 0,83 = 17,95$  c. c. reducido á  $0^\circ$  y 760 mm. y disuelto en el agua á la presión del manantial ó de la botella.

### Determinación cuantitativa.—Caso general.

En las líneas que anteceden hemos supuesto, para facilitar la descripción de la marcha de una operación, que el gas combustible se hallaba disuelto en el agua á una presión  $P$  que tomamos por unidad, poco diferente de la atmosférica, con lo cual la ecuación

$$V_s = V_{sp} + w \quad [a]$$

era exacta, y así pudimos aplicarlo con relativo éxito al ejemplo presentado, que se refería á una disolución de grisú al 70 % de metano en agua destilada; pero si, como ocurre en las aguas minerales, el metano se halla muy diluído en otros gases, sería necesario conocer el tanto por ciento relativo de ese gas al total de los gases en el agua, ó sea la presión de disolución, para poder utilizar con resultado esa fórmula, que, en el caso general, sería llamando  $p'$  á la presión de disolución del gas combustible en el agua mineral, suponiendo  $P = 1$

$$V_{sp''} = V_{sp} + w. \quad [b]$$

Ahora bien, en esta ecuación tenemos dos incógnitas,  $s$  y  $p''$ , pues  $s$ , á igualdad de otras condiciones, depende de las sales disueltas en el agua mineral y su proporción, y si hubiésemos de determinar  $p''$  directamente, valdría tanto como hacer la determinación total de gases disueltos en el agua que se examina. Por lo tanto, si queremos evitarnos esta determinación, habremos de contar con una segunda ecuación, que puede ser la que se utilice para el contraensayo del primer análisis, y que puede plantearse de la siguiente manera:

Supongamos que hacemos otro ensayo con valores de  $V'$  y  $v'$ , cuya relación sea diferente que entre  $V$  y  $v$ ; en cuyo caso tendremos

$$V'sp'' = V'sp' + w',$$

que combinada con la ecuación anterior (b), dividiendo cada una de ellas por  $V$  y  $V'$ , respectivamente, resulta



$$sp + \frac{w}{V} = sp' + \frac{w'}{V'}$$

de donde

$$s = \frac{w'V - wV'}{VV'(p - p')}$$

y substituyendo en la primera ecuación, tendremos:

$$Vsp'' = \frac{w'V - wV'}{V'(p - p')}p + w = \frac{w'Vp - wV'p'}{V'(p - p')}$$

que resuelve el problema en el caso general. Si nos hubiésemos arreglado por el empleo de tubos distintos, para que, variando sólo  $v$ , fuese igual el volumen del líquido en ambas determinaciones, ó sea  $V = V'$ , tendríamos entonces

$$Vsp'' = \frac{w' - w}{p - p'}p + w = \frac{w'p - wp'}{p - p'}$$

cuyos valores habría que dividir por  $V$  ó  $V - a$ , para tener el volumen de gas combustible disuelto en un litro de agua mineral.

Podemos, sin embargo, recurrir á otro medio más sencillo para deducir el valor de  $p''$  en función de  $p$  y de  $p'$ , haciendo dos determinaciones consecutivas, una con el agua que se examina y la otra de la manera que luego indicaremos con el agua procedente de la primera extracción de gases, manteniendo los mismos valores para  $V$  y  $v$  (ó igual relación), en cuyo caso tendremos las dos siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} Vsp'' &= Vsp + w \\ Vsp &= Vsp' + w' \end{aligned}$$

Si en estas ecuaciones ponemos, en vez de  $w$  su valor  $vp$ , y en vez de  $w'$  su valor  $vp'$ , resultará

$$\begin{aligned} Vsp'' &= Vsp + vp = p(Vs + v) \\ Vsp &= Vsp' + vp' = p'(Vs + v) \end{aligned}$$

de donde

$$\frac{p''}{p} = \frac{p'}{p'}$$

ó, lo que es lo mismo,

$$p'' = \frac{p^2}{p'}$$

y como los valores de  $p$  y  $p'$  se deducen del contenido en metano determinado en cada ensayo, podremos deducir el valor de  $p''$ . Pero antes de deducir las fórmulas que hemos de aplicar directamente á las determinaciones que estudiamos, voy á hacer extensión del método que acabo de explicar para determinar el valor de  $p''$  por medio de dos ensayos para hallar con aproximación por medio de uno solo ese mismo valor, que aplicado ahora á la ecuación (a) nos dará por exceso el volumen de los gases disueltos en el agua, sirviendo de contraste al que dimos en el caso de suponer  $p'' = 1$ , que nos daba un valor por defecto (1).

En efecto, si tratándose de aguas con pocos gases combustibles en las cuales no sería práctico hacer dos extracciones con el mismo volumen de agua, hacemos de manera que  $V$  sea bastante mayor que  $v$ , de modo que la ley en metano del aire que cubre al agua en el tubo sea bastante grande para que aquélla resulte comparable á la del metano referido al total de gases disueltos en el agua, podríamos sentar las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} VsP &= Vsp'' + w \\ Vsp'' &= Vsp + w' \end{aligned}$$

y entonces tendríamos, como antes,

$$\frac{P}{p''} = \frac{p''}{p}$$

de donde

$$p'' = \sqrt{pP}$$

y como

$$P = 1,$$

resulta

$$p'' = \sqrt{p}$$

Resumiendo lo que acabo de exponer, vemos que por la ecuación general

$$Vsp'' = Vsp + w$$

(1) No puede suponerse  $p'' = p$ , pues entonces  $w$  sería nulo de no ser  $V = \infty$ , es decir, que siempre será  $p'' > p$ .

se deduce para el volumen de los gases combustibles disueltos en el de agua que se examina el siguiente valor:

$$V_{sp''} = \frac{w}{1 - \frac{p}{p''}} \quad [B]$$

Si en esta ecuación suponemos  $p'' = 1$ , tendremos un valor mínimo (1) para  $V_{sp''}$ , que nos viene dado por la ecuación que primero indicamos,

$$V_s = \frac{w}{1 - p} = w \frac{v}{v - w} \quad [A]$$

Si, por el contrario, asignamos a  $p''$  el valor  $\sqrt{p}$ , entonces tendremos

$$V_{sp''} = \frac{w}{1 - \sqrt{p}} = w \frac{w}{v - \sqrt{vw}} \quad [C]$$

que nos dará un valor máximo para el volumen de los gases disueltos en el agua y obtenidos en una sola determinación.

En el caso general, cuando se hacen dos extracciones del mismo líquido poniendo en la fórmula (B) el valor de  $p''$  en función de  $p$  y  $p'$  ( $p'' = p^2 : p'$ ), y substituyendo luego en vez de  $p$  y  $p'$  sus valores en función de  $w$  y  $v$ , tendremos

$$V_{sp''} = \frac{w}{1 - \frac{p'}{p}} = \frac{w}{1 - \frac{w}{w'}} = \frac{w^2}{w - w'} = w + w' + \frac{w^2}{w - w'}$$

### Detalles de manipulación.—Medida del volumen de gas seco.

En lo que precede no hemos hablado de los detalles de manipulación necesarios para una determinación cuantitativa, siendo el de más importancia mantener casi constante la temperatura de líquido y gas, para lo cual basta hacer las agitaciones de unos cinco minutos de duración y sumergir por igual espacio de tiempo, en una gran vasija con agua, cuya tempera-

(1) Este valor no sería mínimo si fuese  $p'' > 1$ .

tura se mantiene constante, al tubo de dos llaves, volviendo a agitar durante otros cinco minutos, y así, unas tres ó cuatro veces, en cuyo tiempo puede decirse que se llega prácticamente al equilibrio de disolución entre gas y líquido.

Otro punto de importancia es el conocimiento exacto del grado de humedad del gas que se examina, para lo cual lo más práctico es trasvasarle á una campana graduada colocada sobre la cuba de mercurio ú otro líquido de tensión de vapor conocida. Sin embargo, si la cantidad de sales en disolución en el agua que se examina es relativamente pequeña, inferior á 1 %, entonces el error producido por igualar la tensión del vapor de esta solución á la del agua es despreciable, pues aun á la temperatura de 15° C., y con una presión media de 709 mm. (1) para una disolución de sal común de dicho contenido (1 %), la disminución de tensión sería de  $12,7 \times 0,006 = 0,762$  mm., y el error relativo

$$\frac{0,762}{709 - 12,7} = \frac{0,762}{696,3} = \frac{0,914}{1.000}$$

es decir, menos de una milésima, lo cual es despreciable en este caso, como veremos luego, de donde se deduce que sin peligro de error apreciable, y ganando tiempo, podremos hacer la medida del volumen de gas en el mismo tubo de dos llaves.

Por otra parte, aunque entre las aguas que contienen metano se encuentran algunas de gran salinidad, si la cantidad de metano es pequeña, podremos igualmente hacer la medida del volumen de gas en el tubo de dos llaves, siempre que por el conocimiento de las cantidades de sales disueltas en el agua mineral que se ensaya y la ley en potasa de la lejía alcalina, que por esta causa sólo debe añadirse el ligero exceso, podamos deducir siquiera, sea con grosera aproximación, por la fórmula de Raoult-Van't Hoff, la tensión de vapor de la disolución en cuestión. En efecto, si medidos un volumen de gas á la presión de 709 milímetros sobre agua á 15° C., la presión á que se encuentra el gas seco será de  $709 - 12,7 = 696,3$  mm.; en cambio, si la medida se hubiere hecho sobre agua salada saturada (2), en cuyo caso la disminución de la tensión del vapor

(1) En Madrid.

(2)  $p_e = 1,20$  para 36 gr. de  $Cl Na$  en 100 de agua, ó 26,5 gr. en 100 de solución.

de agua sería de  $12,7 \times 0,22 = 2,8$  mm., el error relativo entre ambas medidas, si en este último caso hubiésemos hecho caso omiso de la disminución de la tensión del vapor de la disolución salina, resultaría ser de  $2,8 : 696,3 = 4 : 1.000$ . Bastará, por lo tanto, que conozcamos con una aproximación de 50 % de la verdadera, la tensión de vapor del líquido, para que los errores que la falta de conocimiento exacto de su valor ocasiona, no traduzcan en el volumen del gas en una diferencia superior á dos milésimas del valor real.

A este fin puede sernos de utilidad recordar la referida fórmula de Raoult-Van't Hoff,

$$\frac{f-f'}{f} = \frac{n}{N+n} \cdot K,$$

en la cual  $f$  es la tensión del disolvente y  $f'$  la de la disolución á la misma temperatura, siendo  $N$  y  $n$  el número de moléculas del disolvente y del cuerpo disuelto, respectivamente;  $K$  es una constante cuyo valor medio importa conocer. Esta fórmula, en el caso de ser varios los cuerpos disueltos, puede tomar la siguiente forma, siendo el agua el disolvente:

$$\frac{f-f'}{f} = \frac{1}{1 + \frac{5,55}{\frac{M'}{q'} + \frac{q''}{M''} + \frac{q'''}{M'''} + \dots}} \cdot K.$$

en la cual  $q'$ ,  $q''$ ,  $q'''$ , ..., son los pesos de las distintas sustancias disueltas en 100 partes de agua, y  $M'$ ,  $M''$ ,  $M'''$ , ..., sus respectivos pesos moleculares (1).

(1) En efecto, la primera fórmula citada puede tomar la siguiente forma:

$$\frac{f-f'}{f} = \frac{1}{1 + \frac{N}{n}} \cdot K,$$

y si ponemos  $N$  y  $n$  en función de los pesos moleculares, y llamando  $M_0$  y  $M$  á los del cuerpo disolvente y disuelto, respectivamente, y  $Q$  y  $q$  los pesos correspondientes, tendremos que

$$N = \frac{Q}{M_0}, \quad n = \frac{q}{M},$$

de donde

$$\frac{f-f'}{f} = \frac{1}{1 + \frac{Q}{M_0} \cdot \frac{M}{q}} \cdot K,$$

Es cierto que esta fórmula sólo es de aplicación general para soluciones diluidas; pero aun en este caso presenta algunas anomalías, siendo necesario conocer, para utilizarla con seguridad, el valor de la constante, que está lejos de ser igual á la unidad (1). Pero para el caso que nos ocupa, en que no buscamos sino un valor aproximado que nos permita no exceder de cierto límite, el error de cálculo del volumen de gas seco, podremos utilizar dicha fórmula si asignamos á la constante un valor medio deducido del que resulta de comparar el valor de la reducción relativa de tensión  $\frac{f-f'}{f}$  por dicha fórmula y el deducido por la experiencia.

Desde luego, debemos decir que esa constante crece con el grado de concentración, y relativamente más con la temperatura; pero como en los casos de menor valor de la constante (sulfatos) la reducción relativa de tensión para una concentración de 10 % es de poco más de 2 % de la tensión de vapor de agua, los errores resultantes serían de todo despreciables, aun doblando el valor de la constante, de manera que estando comprendi-

y si nos referimos á 100 partes de agua, como  $Q = 100$  y  $M_0 = 18$ , tendremos

$$\frac{f-f'}{f} = \frac{1}{1 + 5,55 \frac{M}{q}} \cdot K,$$

Por otra parte, como  $n$  representa la suma de moléculas de los distintos cuerpos disueltos, ó sea  $n = (n' + n'' + n''' + \dots)$ , en el caso general tendremos

$$\frac{f-f'}{f} = \frac{1}{1 + \frac{N}{n' + n'' + n''' + \dots}} \cdot K,$$

y substituyendo, en vez de  $N$ ,  $n'$ ,  $n''$ ,  $n'''$ , sus valores tendremos

$$\frac{f-f'}{f} = \frac{1}{1 + \frac{5,55}{\frac{q'}{M'} + \frac{q''}{M''} + \frac{q'''}{M'''}}} \cdot K,$$

(1) Véase Le Chatelier, *Lecons sur Le Carbone*, pág. 413.

do el valor de dicha constante (1) entre 1,10 para las disoluciones de sulfato magnésico (de 10 á 22 % á 45° C.) y 3,1 para el cloruro magnésico (al 24,3 % á 27,9° C.), si tomamos 2 como el valor medio de esta constante, resultará doble que el verdadero para las disoluciones de menor disminución de tensión y 33 % inferior al real para las de mayor reducción de tensión. Con ese valor para la constante, el error para el caso de una disolución de cloruro sódico sería prácticamente nulo; en una disolución de sulfato magnésico al 10,55 %, con una reducción efectiva de tensión de 1,8 %, en vez de 3,12 % que daría el cálculo para ese valor de la constante (véase tabla), nos daría para una disolución á 45° C. un error probable de

$$\frac{3,12 - 1,8}{100} \times 71,4 = 1,32 \times 0,714 = 0,94 \text{ mm. de mercurio,}$$

y el error relativo sería

(1) El siguiente cuadro da una idea de los valores de la constante, deducidos para algunas disoluciones relativamente concentradas:

	M.	q.	5,55 $\frac{M}{q}$	t	$\frac{f-f'}{f}$		K.
					Calculado K=1.	Experimental.	
Cl Na .....	58,6	10,00	32,6	"	0,0298	0,0600 *	2,01
SO <sub>4</sub> Na <sub>2</sub> .....	141,8	10,00	76,2	"	0,0130	0,0236 *	1,82
— .....	"	13,31	59,2	41,8	0,0166	0,0282	1,70
— .....	"	20,22	35,8	"	0,0252	0,0530	2,10
SO <sub>4</sub> Mg .....	119,8	10,55	63,1	45,2	0,0156	0,0180	1,15
— .....	"	22,17	30,0	"	0,0323	0,0346	1,07
Cl <sub>2</sub> Mg .....	94,7	24,30	21,6	27,9	0,0443	0,1430	3,10
CO <sub>2</sub> K <sub>2</sub> .....	138,8	24,44	31,4	20,7	0,0308	0,0720	2,32
CO <sub>2</sub> Na <sub>2</sub> .....	106,1	10,16	58,4	28,8	0,0168	0,0475	2,82
Na OH .....	40,0	5,42	41,0	0	0,0238	0,0413	1,75
— .....	"	7,00	31,8	15,0	0,0314	0,0945 **	3,00
— .....	"	11,78	18,8	0	0,0505	0,1030	2,04
KOH .....	56,4	5,57	54,80	0	0,0179	0,3212	1,74
— .....	"	10,86	38,9	0	0,0261	0,0573	2,44
ClK .....	74,4	7,45	55,5	0	0,0177	0,0320	1,80
— .....	"	14,90	27,75	0	0,0343	0,0638	1,81
SO <sub>4</sub> K <sub>2</sub> .....	173,9	11,92	81,2	64,6	0,0133	0,0191	1,43
— .....	"	14,68	61,0	"	0,0161	0,0213	1,37
Cl <sub>2</sub> Ca .....	109,7	4,43	137,5	0	0,0078	0,0156	1,98
— .....	"	8,73	69,8	36,5	0,0142	0,0556	3,92
— .....	"	11,08	55,0	0	0,0179	0,0443	2,47
— .....	"	18,16	32,8	0	0,0296	0,0957	3,20

\* Según Wullner.

\*\* Según Bunsen, *Gasometrische Methoden*, 1877.

Los demás datos, de varios experimentadores, según las tablas de Landolt y Bornstein, tercera edición.

$$\frac{0,94}{709 - 71,4} - \frac{0,94}{637,6} = 1,48 \text{ ‰,}$$

es decir, casi despreciable en este caso y enteramente despreciable á la temperatura de 15°. En el caso del cloruro magnésico, el error cometido sería para una disolución al 24,30 % de cloruro anhidro, y á la temperatura de 27,9°, tomando 2 para el valor de la constante en vez de 3,1, de

$$\frac{14,3 - 8,86}{100} = 0,054,$$

y la diferencia absoluta de  $0,054 \times 28,1 = 1,53$ , siendo el error relativo de

$$\frac{1,53}{681 - 28} = \frac{1,53}{681} = 2,25 \text{ ‰.}$$

es decir, que hay que llegar á concentraciones tan elevadas como la que hemos supuesto al cloruro magnésico, y á la temperatura de 30° C., para exceder de un error relativo de 2 milésimas. Vemos, por lo tanto, que mediante el empleo de esa fórmula el error probable es menor de 2 milésimas, y como el metano se determina con un error de lectura y operación de 0,05 % en total, referido al volumen de mezcla gaseosa que se introduce en el grisúmetro, lo que representa 0,025 % de diferencia entre los valores del volumen obtenido para el metano (en tantos por ciento del volumen total de mezcla), y como este tanto por ciento no excede generalmente de 5, el error relativo del valor del metano será de  $0,025 \times 20 = 0,5 \text{ ‰}$ , es decir, unas 5 milésimas, mayor por lo tanto que el máximo probable del error de la medida del volumen gaseoso, por desconocimiento del valor exacto de la tensión del vapor de agua de la disolución salina.

Es evidente que podemos evitar todos estos cálculos haciendo el trasvase, sobre el mercurio, del volumen de gas recogido; pero si en esta operación no se evita el acceso de alguna gota de la disolución al recipiente donde se mide el gas, el error puede ser igual al que se trataba de evitar. Ahora bien, como ya hemos dicho, este error es despreciable para concentraciones inferiores á 10 gr. por litro, y en todo caso, como una vez hecho el análisis de un agua se deduce en seguida el peso

molecular de sales disueltas, de ahí que, á trueque de parecer demasiado extenso en este punto, he creído necesario llamar la atención sobre el modo de tener en cuenta esta causa de error y de evitarla (1).

### Caso de inobservancia de la ley de Henry .

Otro punto de interés que hay que considerar es el caso de incumplimiento de la ley de Henry, que vendría á falsear la aplicación de las fórmulas antes indicadas, por lo cual creo conveniente explicar el modo de prevenirlo ó contrarrestarlo.

Desde luego, como la adición de una lejía alcalina á las aguas minerales para retener los ácidos carbónicos y sulfhídrico suele producir un precipitado coposo de óxidos térreos ó de carbonatos alcalinos térreos, á más de la posible disolución de la materia orgánica que llevan en suspensión dichas aguas, habría que temer una modificación de la ley de solubilidad de los gases combustibles. Sin embargo, acerca de este punto, los trabajos de Findlay y Shen (2) parecen no dejar lugar á dudas, pues si bien la solubilidad del  $\text{CO}_2$  en varias soluciones coloidales crece con la concentración y disminuye con presiones crecientes, en cambio, para el hidrógeno, tomado como tipo de los gases poco solubles, se observa que, á excepción de la solución de gelatina que presenta un mínimo de solubilidad, en las de almidón, dextrina, hidróxido férrico y de plata metálica en suspensión, sigue la ley de Henry.

Por esta circunstancia he considerado posible admitir que la solubilidad del metano sigue la ley de Henry; sin embargo, la presencia de materias coloides ó en suspensión puede, si no alterar, por lo menos aumentar el tiempo necesario para llegar al equilibrio de solubilidad correspondiente á la presión del gas desprendido, y esto me hizo pensar en el medio de perfeccionar el método que acabo de describir, haciéndole independiente de la ley de solubilidad del gas, con lo cual resulta aplicable,

(1) No hay que olvidar de tener en cuenta el volumen de lejía de sosa ó potasa cáustica añadido para calcular el peso del hidrato correspondiente.

(2) Véase extracto de E. Moles sobre dicho trabajo en los *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, número de Octubre de 1912, página 372.

no sólo ya al fin indicado en el principio de este trabajo, sino á determinar por la inversa el coeficiente de solubilidad de un gas combustible.

La modificación del procedimiento se reduce á operar dos veces seguidas con el mismo líquido, del cual, si extraemos de la primera vez, por ejemplo, el 95 por 100 del gas disuelto y en la segunda vez igual proporción del gas restante, habremos extraído en dos veces  $0,95 + 0,95 \times 0,05 = 0,9975$ , resultando entonces que el error cometido al calcular por la ley de Henry el gas que queda por desprender en el líquido del segundo tratamiento es enteramente despreciable.

En este caso debemos tener presente que como la ecuación general resultante de las dos ecuaciones conocidas para dos extracciones con un mismo líquido es

$$V_{sp''} = V_{sp'} + w + w',$$

tenemos

$$V_{sp''} = \frac{w + w'}{1 - \frac{p'}{p''}},$$

y como la relación  $p' : p''$  es muy pequeña, si la despreciásemos cuando el gas no sigue estrictamente la ley de Henry, podríamos admitir con gran aproximación

$$V_{sp''} = w + w'.$$

El error resultante, equivalente al volumen de gas que queda disuelto en el agua después de la segunda extracción, sería calculado por la ley de Henry

$$V_{sp'} = \frac{w'}{\frac{p}{p'} - 1} = \frac{w'^2}{w - w'}.$$

Veamos ahora la manera de operar.

Después de haber agitado convenientemente el tubo de dos llaves hasta llegar á un equilibrio aproximado, se transporta este tubo, libre de la conexión con el tubo de nivel, á una cuba profunda con mercurio, en la que, una vez sumergido el tubo por

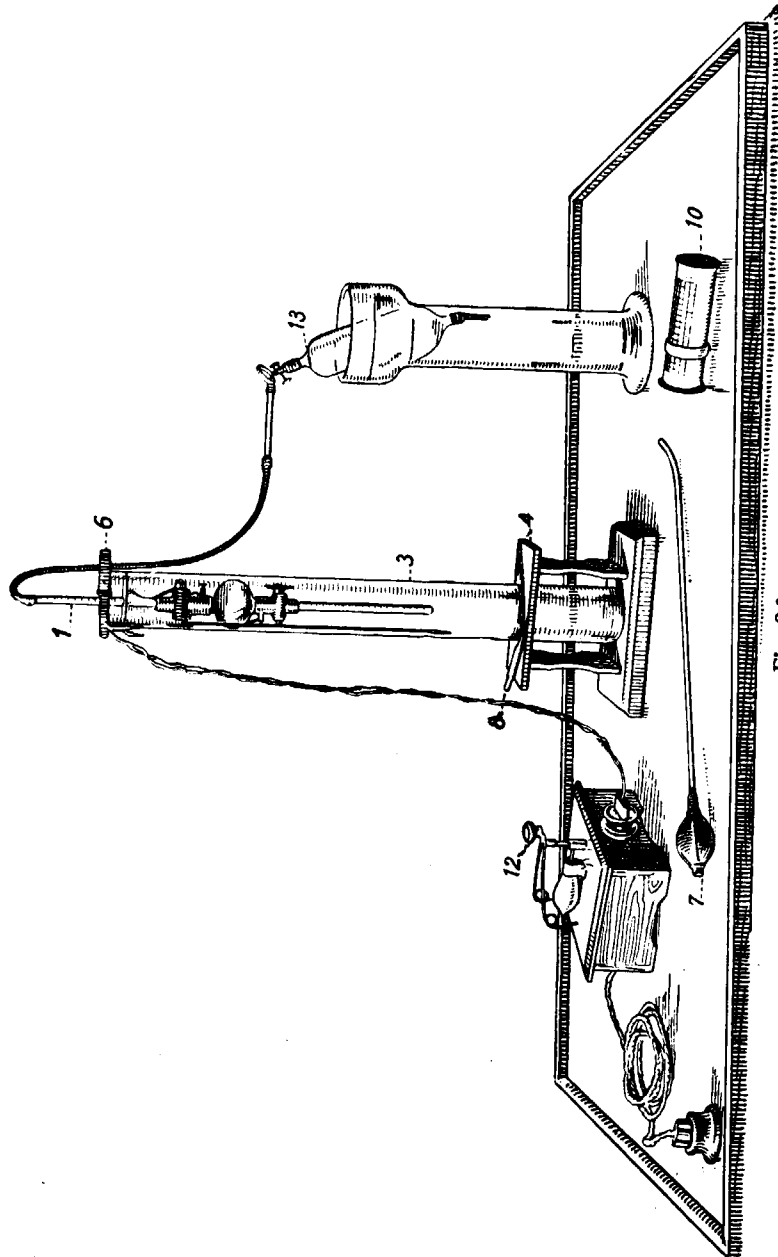


Fig. 2.

uno de sus extremos, después de llenar este extremo de mercurio para que quede libre de aire (1), se abre la llave correspondiente, y bien trasvasándolo á otra campana colocada sobre la cuba de mercurio, ó directamente al grisúmetro para practicar el análisis de la mezcla gaseosa, se hace salir ésta hasta que el agua, cuyo contenido en gases combustibles se determina, llegue al orificio de la llave superior del tubo *Vv*.

Hecho esto, se gira la llave superior para poner este tubo en comunicación con la atmósfera exterior, y elevándole lentamente hasta que el líquido llegue á asomar al orificio de la llave inferior, se cierra ésta, y un momento después, cuando la atmósfera del tubo se halla en equilibrio con la presión exterior, se cierra la llave superior, con lo cual habremos creado, sobre el agua que examinamos, una nueva atmósfera que servirá para realizar la segunda extracción del gas combustible disuelto. Esta operación puede practicarse empleando menor cantidad de mercurio, si en vez de manipular sobre la cuba de este líquido reemplazamos por mercurio el agua del tubo *N* y la del de conexión, hasta junto á la llave inferior del tubo *Vv*, procediendo para los demás detalles de manipulación como acaba de indicarse.

Sólo nos queda, después de practicar la operación descrita, agitar nuevamente el recipiente, en el cual los volúmenes de agua y aire estarán en la misma relación que durante la primera extracción, sumando luego los resultados obtenidos para el aire de la primera extracción con los de aire y del agua de la segunda.

### Determinación del coeficiente de solubilidad de los gases.

He dicho antes que este procedimiento podía permitirnos determinar el coeficiente de solubilidad de los gases combustibles. Para ello se debe operar del siguiente modo:

Lleno de agua destilada el tubo *Vv* y parte del *N*, se introduce el gas, cuyo coeficiente de solubilidad se desea determi-

(1) La figura 2.<sup>a</sup>, que representa el conjunto de una instalación de grisúmetría, da idea de esta manipulación, aunque en ella se figura una cuba con agua y recipiente 13 con cierre por tubos de goma y pinzas.

nar, por la llave superior del tubo  $Vv$ , desplazándose así un cierto volumen de agua y procurando que el volumen que ocupe al final el agua en el tubo  $Vv$  sea de la mitad al tercio del volumen de éste, según que el gas que se examina sea más ó menos soluble. Hecho esto y cerrada la llave inferior, se agita la mezcla, abriendo momentos después la llave citada para que, igualando los niveles de los tubos, entre un volumen de agua correspondiente al de gas disuelto, repitiendo esta operación varias veces hasta llegar á un equilibrio, en cuyo momento se toman los datos necesarios de temperatura y presión. (1). Entonces se procede, bien sea substituyendo por mercurio el agua del tubo  $N$  y su conexión al tubo  $Vv$ , ó bien separando éste y llevándole á la cuba de mercurio, como se indicó antes, para trasvasar el gas que quedó por disolver, y analizarle, substituyéndole después por aire en el tubo  $Vv$ , por dos veces, de la manera expuesta antes para verificar la extracción del gas disuelto en el caso en que no quiere hacerse depender esa determinación de que su solubilidad se ajuste exactamente á la ley de Henry.

Este procedimiento no exige emplear agua hervida, pues como se analiza el gas que queda por disolver, sabemos cuál es la presión á que se ha verificado la disolución, aunque el agua haya introducido un poco de aire. Por este medio he calculado la solubilidad del metano, encontrando números intermedios entre los de Bunsen y Winckler.

(1) Para evitar errores conviene emplear en las llaves una grasa que no se emulsione fácilmente con el agua, tal como las que son á base de caucho utilizadas al mismo fin en las máquinas neumáticas.

### Resultados obtenidos.

En el cuadro que sigue se reúnen algunos de los resultados obtenidos con varias aguas minerales.

Los resultados en él consignados son bastante concordantes con otros varios obtenidos con aguas de la misma procedencia, pero de distinta botella. (1).

También se han hecho investigaciones con las aguas de Santa Agueda (Fuente de los Baños), Zaldívar y Paracuellos (Aguas de Serrano), con una relación aproximada de volúmenes  $V : v = 5$ , no observándose contracción alguna en los gases extraídos de las de Santa Agueda y Paracuellos; la contracción observada en las de Zaldívar, cerca ya de los límites de apreciación del grisúmetro, acusa indicios de metano en cantidad inferior á 0,03 centímetros cúbicos por litro.

(1) Estas botellas fueron adquiridas en la Real Farmacia de la Reina Madre, Mayor, 73, Madrid.

DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO	
Fecha del ensayo.....	
Volumen de agua tomado de la botella.....	
Idem de disolución de KOH añadido.....	
Residuo del agua en gramos por litro.....	
Densidad del agua.....	
Peso del residuo en mol.-grs. por 100 grs. de H <sub>2</sub> O.....	
Idem en mol.-grs. del KOH añadido.....	
Mol.-grs. por 100 grs. H <sub>2</sub> O en la mezcla resultante.....	
Volumen del agua al empezar.....	
Idem del aire al empezar.....	
Temperatura inicial.....	
Tensión inicial del vapor de agua.....	
Presión barométrica inicial.....	
Volumen del agua al terminar.....	
Idem del aire al terminar.....	
Temperatura final.....	
Tensión final del vapor de agua.....	
Presión barométrica final.....	
Duración de la agitación en minutos.....	
En centésimas.....	$\left. \begin{array}{l} \text{Constracción.....} \\ \text{CO}_2 \dots\dots\dots \\ \text{CH}_4 = \frac{Q + \text{CO}_2}{3} \times 0,708 (1) = p_1 \times 100 \end{array} \right\}$
Volumen de metano en el volumen $v$ á la presión $P' = H_0' - f$ .....	
Volumen de metano en el volumen $v$ á la presión $P = H_0 -$ .....	
Volumen de metano disuelto en $V$ .....	V
Idem de lejía contenido en $V$ .....	V
Idem de metano disuelto por litro de agua á la presión $P$ ó de la botella y temperatura $t$ ( $p'' =$ presión parcial).....	V
Volumen de metano reducido á 0° y 760 mm. por litro de agua.....	

(1) Constante del grisúmetro.

(2)  $w + w' = 1,43 \frac{w^2}{w - w'} = 1,431$ .

(3) Calculado por las fórmulas (A) y (C), respectivamente.

NOMBRE DE LAS AGUAS			
TONA ROQUETA		ARECHAVELETA	CHICLANA (Fuente Amarga.)
Primera extracción. 8 Enero 1914.	Segunda extracción.	31 Diciembre 1913.	3 Enero 1914.
284 c. c.	>	945 c. c.	942
10 c. c.	>	15	15
65,205	>	2,84	6,955
1,041	>	1,0022	1,0061
0,110	>	>	>
0,030	>	0,045	0,045
0,117	>	ca. 0,011	ca. 0,020
95,5	>	395	466
103,7	>	159,5	88,5
6°,4	>	6°,9	5,1
6,80	>	7,38	6,56
712,7	712,5	204,4	709,4
95,5	95,5	395	470
103,7	103,7	159,5	84,5
6°,4	6°,7	7°	5°,1
6,80	7,04	7,43	6,56
712,5	712,0	704,4	709
22'	21'	20'	20',30"
3,75	0,15	1,30	1,3
1,85	"	0,70	0,7
1,325	0,053	0,472	0,472
705,7	704,9	697,0	702,8
1,375 c. c.	0,055 c. c.	0,752 c. c.	0,399 c. c.
705,9	705,9	697,0	702,4
1,375 c. c.	0,055 c. c.	0,752 c. c.	0,400 c. c.
"	1,431 c. c. (2)	0,755 (3) á 0,806 c. c.	0,41 (3) á 0,428 c. c.
3,24	>	6,17	7,23
	15,52 c. c.	1,94 á 2,035 c. c.	0,875 á 0,933 c. c.
"	14,30 c. c.	1,74 á 1,85 (3) c. c.	0,791 á 0,845 (3) c. c.



### Determinación aproximada del metano disuelto en las aguas, partiendo del conocimiento de su coeficiente de solubilidad.

En las líneas que preceden he indicado dos fórmulas (A) y (C) para calcular aproximadamente el volumen de metano disuelto en el agua, partiendo de los resultados de una sola operación y asignando á la presión de disolución  $p''$  valores determinados, con lo cual evitábamos tener que conocer el coeficiente de solubilidad del metano en la disolución salina constituida por el agua mineral. Pero es el caso que mientras el valor de  $p''$  puede variar entre límites muy extensos, el del coeficiente de solubilidad  $s$  del metano varía entre límites relativamente estrechos, como ahora veremos, por lo cual la aproximación alcanzada puede ser mayor, partiendo de la conocida ecuación (b), si suponemos á  $s$  conocido en vez de serlo  $p''$ , en cuyo caso tendremos, poniendo en vez de  $p$  su valor  $\frac{w}{v}$

$$Vsp'' = w + Vsp = w + \frac{V}{v} sw = w \left(1 + \frac{v}{v} s\right), \quad [D]$$

por la que podemos calcular el volumen de los gases disueltos por una sola extracción, si asignamos á  $s$  un valor determinado que se aproxime á la realidad.

Para saber el grado de aproximación que podremos alcanzar por el empleo de esta fórmula, habremos de conocer los límites de variación de  $s$ , según el grado de salinidad de las aguas minerales.

En el caso de las aguas de Tona Roqueta, examinadas por mí, que contienen aproximadamente 1,1 mols-grs. por litro, el valor de  $s$  se deduce del resultado  $sp'' = 15,52$  c. c. á  $6,4^\circ$  y á la presión de 705,9 mm. =  $H_0 - f$ , cuyo volumen reducido á  $0^\circ$ , sería de 15,18 c. c., y como

$$p'' = \frac{p^2}{p'} = \frac{(0,01325)^2}{0,00053} = 0,33,$$

resulta que

$$s = \frac{0,01518}{0,33} = 0,046,$$

y, como según Bunsen, la solubilidad del metano es á  $6,4^\circ$  de 0,04737, se ve que la disminución debida á la presencia de las sales disueltas en el agua es sólo de 0,00137.

En una disolución con 0,2 de mols-grs. de ClNa por litro, el coeficiente obtenido por mí, haciendo una determinación directa de la solubilidad del metano, ha sido á  $14^\circ,4$  de 0,03980, en vez del valor 0,0396 dado por Bunsen.

Como se ve, las diferencias encontradas entre la solubilidad del metano en agua destilada y en las disoluciones salinas indicadas, resulta ser bastante pequeña; pero, en todo caso, el error derivado del desconocimiento del valor exacto del coeficiente de solubilidad del metano, al calcular el volumen de dicho gas disuelto en un agua mineral por la fórmula (D) es relativamente menor que el de dicho coeficiente, pues si, por ejemplo, sólo conociésemos el valor de éste con un error del 10 %, como comprendido entre 0,040 y 0,044, y si la relación de los volúmenes  $V$  y  $v$  en la extracción de gases la suponemos igual á 5, los valores obtenidos para  $Vsp''$  oscilarán entre  $w(1 + 5 \times 0,040)$  y  $w(1 + 5 \times 0,044)$ , ó sea entre  $1,20 w$  y  $1,22 w$ , y el error relativo será de 2 : 120, es decir, menos del 2 por 100, lo cual es despreciable para una determinación aproximada en agua con pocos gases combustibles, es decir, con menos de 2 c. c. por litro.

Con referencia á las aguas de Arechavaleta y Chiclana, consignadas en el cuadro de resultados, tendríamos, asignando á  $s$  los valores 0,0467 y 0,0487, calculados para el agua destilada, según la fórmula de Bunsen, á las temperaturas respectivas de  $7^\circ$  C. y  $5,1^\circ$

*Aguas de Arechavaleta.* —  $Vsp'' = 0,752(1 + 2,48 \times 0,0467) = 0,874$  c. c.

*Aguas de Chiclana.*—  $Vsp'' = 0,400 (1 + 5,27 \times 0,0487) = 0,5024$  c. c.

O sea por litro, respectivamente,  $0,874 : 0,3888 = 2,242$  c. c. y  $0,5024 : 0,4588 = 1,094$  c. c. á las indicadas temperaturas, que reducidos á  $0^\circ$  y 760 mm. representan disueltos á la presión de la botella los volúmenes de 2 c. c. y 0,990 centímetros cúbicos en cada una de dichas aguas.

Estos resultados, comparados á los indicados en el cuadro, 1,850 c. c. y 0,845 c. c., respectivamente, nos hacen ver que el supuesto valor  $p'' = \sqrt{p}$  no nos ha dado un valor máximo por ser, sin duda,  $p'' < \sqrt{p}$ .

En efecto, en las referidas aguas, el valor resultante para  $p$  es, respectivamente, de  $0,752 : 159,5 = 0,00472$  y  $0,400 : 88,5 = 0,00452$  para las de Arechavaleta y Chiclana. Los valores correspondientes de  $\sqrt{p}$  serán, respectivamente, 0,0687 y 0,0672 en ambos casos, mientras que el valor de  $p''$ , deducido de referir el volumen del gas disuelto en el agua al que podría haber disuelto á la presión  $P$ , sería respectivamente,  $2,242 : 46,7 = 0,048$  y  $1,094 : 48,7 = 0,0224$ , que como se ve son marcadamente inferiores á los calculados por la relación  $p'' = \sqrt{p}$ , y de cuyo efecto es fácil darse cuenta substituyendo estos valores de  $p''$  en la fórmula (B).

Para acabar de contrastar el grado de aproximación de este método, me ocupo actualmente de hacer nuevas determinaciones de solubilidad del metano en soluciones salinas.

Expuestos ya algunos de los resultados obtenidos por este procedimiento, que me ha permitido señalar la existencia, no sospechada, del metano entre los gases disueltos en las aguas minerales indicadas, sólo me queda describir el grisúmetro con que se han verificado estas determinaciones, y explicar su manejo.

### Descripción del grisúmetro.

Ya he dicho en la primera parte de este trabajo que los diferentes análisis en él referidos han sido ejecutados con el grisúmetro ideado por mí.

Consiste este aparato, en su forma actual, (fig. 3.<sup>a</sup>), en un depósito esférico  $D$ , terminado por dos llaves metálicas bien ajustadas, 1 y 2. Este depósito se prolonga en cada extremo de las llaves por un tubo graduado en milímetros que, mediante una guarnición metálica, va roscado á dichas llaves. La graduación del tubo inferior  $t$  sirve para medir el volumen de la contracción y para fijar la altura de la carga de agua en combinación con la graduación del tubo superior  $T$ , que sólo sirve para este último fin. La llave 2 tiene su cabeza en forma de rueda dentada, para poderla girar bajo el agua por medio de una varilla. Una espiral de alambre delgado de platino va soldada á dos alambres gruesos de otro metal, que se unen á cada extremo de la llave; unas bornas  $B$  sirven para fijar los conductores y hacer pasar la corriente á través del aparato.

Para operar con este grisúmetro (figuras 2.<sup>a</sup> y 4.<sup>a</sup>) se empieza por llenarlo de agua, que se hace salir después por medio del gas que se va á ensayar, tan completamente como sea posible, hasta cerca del trazo inferior de la graduación; esta operación debe hacerse sobre la cuba de agua (destilada), que la sirve de envolvente (número 3). Hecho esto se cierra la llave 1. El grisúmetro se sumerge en la cuba hasta que el nivel del agua de la misma alcance en el tubo superior del mismo un punto de su graduación igual al que el gas marca en la del tubo inferior, y se fija en esta posición (1) por medio de una pinza (núm. 6). En este momento se hace la lectura, después de haberse asegurado, por ligeras sacudidas verticales del grisúmetro, que no queda ninguna gota de agua en el orificio de la llave 2, lo cual falsearía los resultados. Hecho esto, y una vez que la temperatura del agua de la cuba sea uniforme, por insuflación de aire, y anotada aquélla en décimas de grado (ó medias décimas), se

(1) Se opera así bajo una carga de agua constante.

sujeta bien el tubo superior con la mano izquierda, por encima de la pinza, mientras se cierra la llave 2 por medio de un tubo largo de vidrio ó de celuloide (núm. 7) para evitar todo cambio de nivel.

En estas condiciones, se hace la combustión por medio de una corriente eléctrica á 10 ó á 12 voltios. (1).

Para obtener buenos resultados es necesario poner el platino al blanco por medio de contactos sucesivos, lo cual es bien conocido. Bastan unos 30 contactos de un segundo de duración para obtener la combustión de las mezclas pobres en metano (por bajo de 1 %); pero es necesario un número de contactos más de dos veces mayor para mezclas próximamente de 4 %. Durante la combustión debe observarse si se producen fugas de gas en el aparato; por otra parte, es muy fácil hacer esta observación con el grisúmetro que se describe; en primer lugar, porque las dos llaves están bajo el agua, y en segundo término, porque toda fuga por la llave 2 se traduce en un aumento del volumen del gas en el tubo inferior, y una fuga por la llave 1 se observa fácilmente si se ha tomado la precaución de inyectar un poco de agua en el tubo superior, antes de hacer la combustión por medio de una pipeta afilada (núm. 8).

Una vez enfriado el gas (bastan cinco minutos), se abre la llave 2 de la misma manera que antes se cerró, se sacude ligeramente el grisúmetro y se sumerge gradualmente en el agua hasta que, después de la contracción del gas, marque la misma

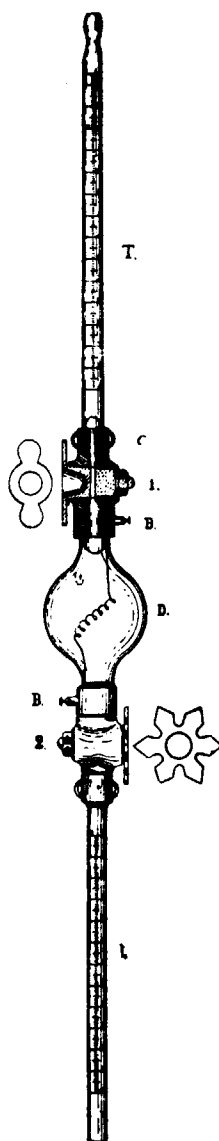


Fig. 3.ª

(1) La corriente eléctrica puede tomarse, bien de una batería de acumuladores, bien de instalación de alumbrado. En los dos casos es necesario in-

división en el tubo inferior que el nivel del agua en el superior, lo cual permite leer el volumen del gas á la misma presión que antes de la combustión.

Para tener cuenta de la variación de temperatura del agua, temperatura que se hace uniforme por insuflación de aire, se calcula la variación de tensión correspondiente para el gas y el vapor de agua (cerca de 5 mm. de agua por décimo de grado á

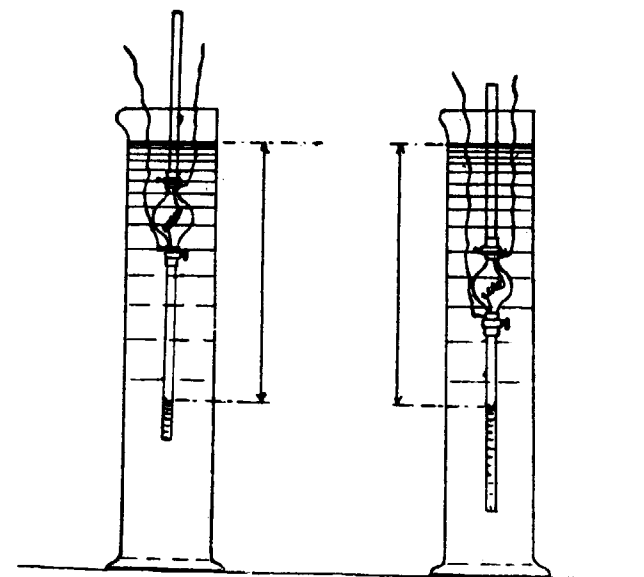


Fig. 4.ª

20° C.), y se sumerge otro tanto el grisúmetro en el agua, teniendo también en cuenta, de igual manera, si hay lugar á la variación de la presión barométrica. Estas correcciones de presión se miden sobre la escala del tubo superior, que es un poco más larga que la del tubo inferior, para el caso en que la contracción ocupe todo el largo de la escala de este último.

Con este aparato se pueden hacer determinaciones tan exactas como con los grisúmetros más complicados, y en menos tiempo del que hace falta para describirlo; además si se dispone

tercalar una resistencia apropiada, para evitar la fusión del platino, siendo preferible el empleo de interruptores con resistencia en carbón, graduable por la presión.

de dos tubos inferiores de diferente diámetro, se puede tener entonces un grisúmetro con dos sensibilidades.

Ahora bien, como este grisúmetro, en la forma descrita, no permite medir la cantidad de anhídrido carbónico formado, y esto era necesario para deducir la composición del hidrocarburo existente, he ideado substituir el tubo superior *T* por otro acoda-

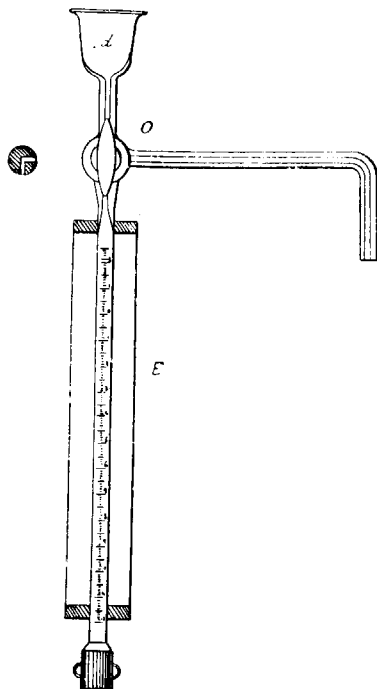


Fig. 5.ª

do (fig. 5.ª), que permite poner en comunicación el depósito del grisúmetro, después de la combustión, con un tubo de potasa (fig. 6.ª), y, después de absorber el ácido carbónico, medir la nueva contracción, que habrá que relacionar con la primera.

Veamos ahora la manera de operar á dicho fin. Provisto el grisúmetro de este tubo (fig. 6.ª), y lleno de agua el tubo envolvente *E* que le rodea (fig. 5.ª), se introduce la mezcla gaseosa por el extremo del tubo acodado, cerrando después la llave de ángulo *O*, que se deja en posición de unir el depósito *d* con el pequeño tubo acodado, y dejando abiertas las llaves 1 y 2, se

igualan los niveles como se indicó antes; se cierra después la llave 2, estando el grisúmetro bajo el agua, y elevando éste se cierra la llave número 1, directamente á mano, volviendo luego el grisúmetro á su posición primitiva, para proceder entonces á la combustión. Hecha ésta, se saca un momento el grisúmetro del agua, lo suficiente para poder abrir la llave núm. 1, y sin descubrir el tubo inferior se le vuelve luego á sumergir, igualando la

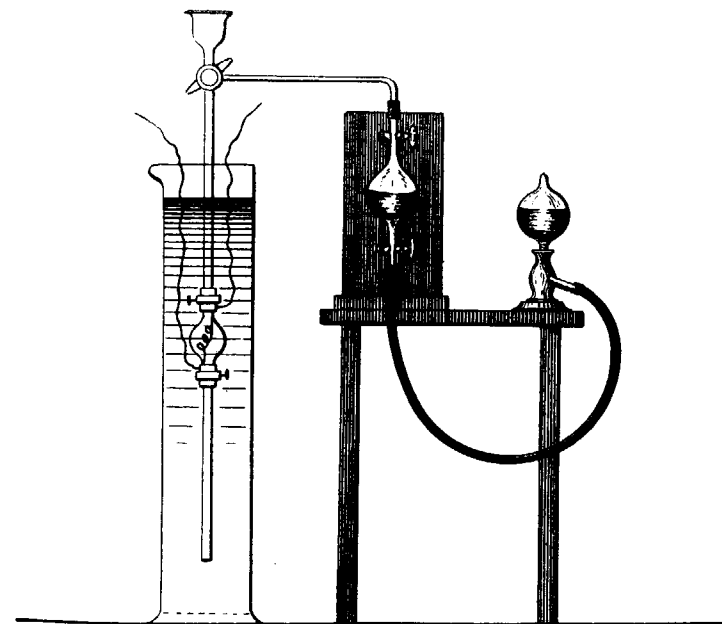


Fig. 6.ª

temperatura para abrir en seguida la llave núm. 2. Hecha esta combustión, y medida la contracción, se conecta el tubo acodado con el de potasa, haciendo después llegar la lejía alcalina (1) hasta el pequeño depósito *d*, y girando la llave hacia la izquierda en sentido contrario á las agujas de un reloj, se hace comunicar el interior del grisúmetro con el tubo de potasa, adonde se hace pasar la mezcla gaseosa que se agita.

(1) Esta lejía no debe contener más de 10 % de KOH, para evitar una disminución excesiva de la tensión del vapor de agua y errores por exceso de la determinación del  $\text{CO}_2$ .

Terminada la absorción, se hace volver el gas al grisúmetro, evitando la entrada de potasa en el tubo superior de éste y deteniéndola en la misma salida del orificio de la llave *O*, que se hace girar en sentido inverso que antes en el momento preciso, igualando entonces las lecturas en los dos tubos; la temperatura después, y haciendo entonces la corrección de volumen referida á la temperatura primitiva, se lee en el tubo inferior la nueva contracción, que corresponde al anhídrido carbónico formado en la combustión. El siguiente ejemplo de un análisis de metano da idea de una de esas operaciones:

	Volumen.	Temperatura.
Lectura antes de la combustión en ambos tubos.....	7,7	25°,25
Idem después de la combustión en ambos tubos, y antes de la corrección de temperatura.....	3,35	25°,55
Idem en el tubo inferior, después de dar al superior la sobrecarga correspondiente á la elevación de temperatura de 25°,55-25°,25 = 0°,3.....	3,1	
Contracción = 7,7 - 3,1 = .....	4,6	
Idem en ambos tubos, después de absorber al CO <sub>2</sub> por la potasa .....	1,10	25°,75
Idem en el tubo inferior, después de dar en el superior la sobrecarga correspondiente á la elevación total de temperatura 25°,75-25°,25 = 0°,5.....	0,80	
CO <sub>2</sub> absorbido = 3,1 - 0,8 = .....	2,3	

$$\text{Contracción} = 4,6 = 2 \times 2,3 = 2\text{CO}_2.$$

Esta determinación del ácido carbónico sólo es necesario hacerla para reconocer la naturaleza del gas combustible; pero, una vez conseguido este objeto es inútil para las determinaciones y comprobaciones sucesivas de la cantidad de gas combustible disuelto en el agua medir nuevamente la cantidad de ácido carbónico formado.

He dicho antes que, para tener en cuenta la variación de temperatura del gas, se calcula la variación de tensión correspondiente, para deducir lo que hay que sumergir de más el grisúmetro en el agua. Esta corrección se calcula por el método uti-

lizado ya por el profesor Schondorff en su grisúmetro; partiendo del hecho que, siendo necesarios 273° C. para doblar el volumen de un gas, supuesto á 0° C., la presión atmosférica equivale á esa variación de temperatura, y por lo tanto, en Madrid cada grado de variación de temperatura equivale á una variación de presión de 710 : 273, ó sean 2,60 milímetros de mercurio. Si á esa variación de presión añadimos el aumento de tensión del vapor de agua correspondiente á cada temperatura por aumen-

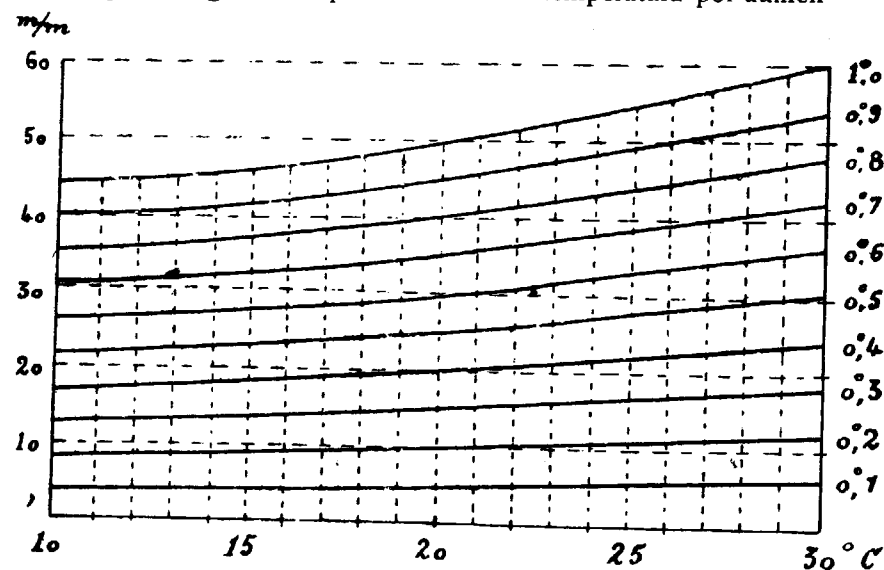


Fig. 7.ª

to de un grado, y reducimos la presión á milímetros de agua, podremos construir unas curvas como las representadas en la figura 7.ª, y en la que se supone constante, en el intervalo de cada grado de temperatura, la variación correspondiente de presión.

Con objeto de facilitar estas correcciones, he ideado un ábaco (fig. 8.ª) que permite hacerlas de una vez sin anotaciones intermedias. Consiste el ábaco en un cilindro transparente, dentro del cual va arrollado el gráfico representado en la figura 7.ª, y sobre el que va ajustada una regla curvada con graduación de 120 milímetros de longitud (como la escala del grisúmetro), la cual, á manera de anillo, puede deslizar á lo largo del cilindro.

Si hacemos coincidir con la línea 10-30° el número indicado en el anillo ó escala circular igual al que marcan los tubos del grisúmetro al terminar la combustión ó absorción, y de manera que el borde del anillo ocupe la ordenada de temperatura correspondiente á la inicial del ensayo, no habrá más que restarle en su escala el aumento de temperatura ocurrido en la operación para leer sobre dicha escala, en el anillo, el punto de la graduación á que habrá que sumergir el tubo superior del grisúmetro para hacer lectura en el inferior.

Otro aparato auxiliar que he ideado para dispensarse del

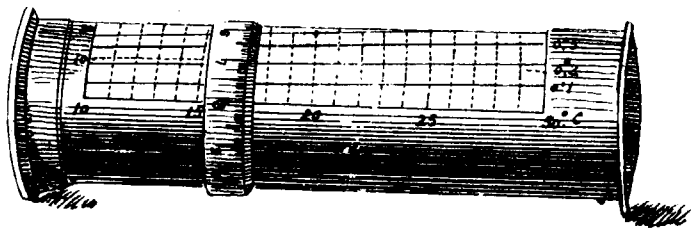


Fig. 8.ª

empleo de acumuladores, cuyo entretenimiento es siempre delicado y su coste puede ser mayor que el del grisúmetro, es un interruptor regulable por la presión y con varias resistencias en paralelo para poder operar conectándolo directamente á la red de alumbrado. En este interruptor, del que da idea el núm. 12 de la figura 2.ª, pueden trabajar en paralelo cuatro, cinco ó seis resistencias para utilizarle entre voltajes de 100 á 150 voltios; además, lleva una cápsula conteniendo carbón de retorta ó de arco granulado, para variar por la presión entre ciertos límites la intensidad de la corriente, evitando así que pueda fundirse el platino. Por último, entre los bornes del enchufe en donde se conecta el grisúmetro, va una lámpara eléctrica que, en caso de existir en aquél alguna conexión interrumpida, brillará la lámpara, dándonos aviso de esa interrupción, quedando apagada dicha lámpara en caso contrario.

Como ya he dicho antes, cualquier grisúmetro puede emplearse para las determinaciones antes indicadas. Sin embargo, debo añadir que, aun disponiendo de otros, he considerado más práctico para repeticiones rápidas y comprobaciones el que acabo de describir.

(Laboratorio de Investigaciones científicas de la Escuela de Minas.)

## LA TECTONICA GENERAL

EN SUS RELACIONES CON

### LAS AGUAS MINERO-MÉDICINALES <sup>1</sup>

POR EL INGENIERO DE MINAS

RAFAEL SANCHEZ LOZANO

La península ibérica, situada en el extremo occidental de la zona del Sur de Europa, donde de una manera manifiesta se acusan los últimos efectos de la acción geodinámica interna, ofrece al geólogo y al especialista en investigaciones de hidrología subterránea amplio horizonte para el exámen y estudio de ejemplos repetidos de manantiales minero-medicinales en relación indiscutible unas veces con la tectónica de la comarca en que se encuentran, ó independientes de ella otras, ó por lo menos en condiciones de nacimiento completamente análogas á las de los manantiales ordinarios de aguas potables.

Si se examina el mapa de las aguas minerales de España formado por el Instituto Geológico, que figura en la actual Exposición de Hidrología, se observará, fijándose atentamente en la situación relativa de los manantiales termo-minerales, que en repetidos casos pueden agruparse éstos, según ciertas líneas que corresponden á los grandes accidentes geológicos producidos en época relativamente moderna, accidentes que, por lo general, se acusan en el mapa por la forma estrecha y prolongada de los terrenos geológicos, principalmente los secundarios y terciarios.

(1) Trabajo leído en el Congreso Internacional de Hidrología, Climatología y Geología celebrado en Octubre de 1913.

rios, y también en ocasiones por la presencia de rocas eruptivas modernas.

El objeto del presente trabajo es ofrecer algunos ejemplos de fuentes minero-medicinales españolas donde aparezca en relieve, y perfectamente comprobada por el examen geológico, la relación entre la tectónica regional y los referidos manantiales, contribuyendo así, al propio tiempo, á aportar algunos datos para la realización de estudio apenas iniciado en nuestra patria: el de poner de manifiesto las conexiones mutuas entre los manantiales de aguas minerales que en ella brotan á lo largo de determinadas líneas de fractura de la corteza terrestre.

Interesante, sin duda alguna, sería ocuparnos en este trabajo en el estudio de la cordillera pirenaica y prolongación occidental hasta Galicia, donde entre otros manantiales se presentan frecuentemente los de aguas termales sulfurado-sódicas, formando filas casi continuas allí donde asoman los terrenos primarios cuya presencia parece ser necesaria á su producción, manantiales que brotan con especial abundancia en los puntos de menor presión de la cordillera, es decir, en las regiones más inmediatas á las costas cantábrica y mediterránea. La elevada temperatura de estas fuentes, y sus caudales abundantes, demuestran evidentemente su relación con importantes fracturas de los montes Pirineos, y el estudio de las fuentes, en lo que concierne al origen de su mineralización y condiciones geológicas de nacimiento, es de importancia manifiesta, y si en este momento no me es posible tratar del asunto, por carecer de los datos necesarios en lo referente á las vertientes españolas, he de aprovechar no obstante la ocasión presente, y con tal propósito he aludido al caso, para llamar la atención de los sabios especialistas acerca de la conveniencia de llevar á efecto el indicado trabajo, mediante un estudio de conjunto sobre el terreno, que comprenda todo lo relativo á las dos vertientes de la cordillera pirenaica.

Y entrando ya en materia consignaré que, para dar cumplimiento á mis propósitos, he escogido y me propongo describir lo referente á tres líneas de fractura españolas, situadas una al N., otra en el interior, y otra al S. de la península, á lo largo de las cuales nacen diversos manantiales termo-minerales, varios de ellos de merecido renombre por sus excelentes efectos terapéuticos, comprobados por largos años de experiencia.

La primera de estas líneas de fractura se encuentra en la provincia de Santander, cruzándola por completo en dirección al O. 5° S., á unos 16 quilómetros de distancia media de la costa, y paralelamente á la misma, acusándose en el mapa geológico por una estrecha faja de terreno triásico, que sin solución de continuidad corre en 80 quilómetros de longitud desde el término de Hermosa hasta el límite de la provincia, pasando por Trevinso, en los picos de Europa, é internándose luego en la de Oviedo.

Forma esta faja una cordillera cortada en profundas hoces por los ríos Pas, Besaya, Saja, Nansa y Deva; en su parte oriental es donde las areniscas triásicas alcanzan mayor altitud, en un monte denominado Dobra, donde con toda claridad puede apreciarse, merced á los trabajos realizados para el arreglo del establecimiento balneario, que las aguas termales nacen en el contacto de la caliza carbonífera con las arcillas y areniscas rojas triásicas dentro de un grueso filón relleno de caliza espática en grandes romboedros que separan las dos formaciones geológicas.

El carácter filoniano de la línea de fractura de que estoy tratando se manifiesta igualmente en Las Caldas de Besaya, donde se encuentran grandes cristales tabulares de baritina, y también en Puente Viesgo, en cuya localidad se presentan hermosos ejemplares de piromorfita ó plomo verde, producto seguramente de la alteración de la galena.

La existencia de estos minerales de origen filoniano viene á comprobar la persistencia de la circulación hidro-termal á lo largo de la fractura en épocas geológicas antiguas, como testimonio de la continuación del mismo fenómeno al través de diferentes períodos geológicos.

Por otra parte, por la simple observación del filón en la superficie, puede también comprobarse el descenso sucesivo de los caños de salida de las aguas termales con el transcurso del tiempo, descenso relacionado, sin duda alguna, con el derrumbio y excavación de los valles respectivos.

Todas las aguas termales que brotan á lo largo de la falla de que se trata, son clorurado sódicas, y su mineralización procede esencialmente de las sales solubles contenidas en las capas inmediatas del Keuper, observándose que allí donde se ha

comprobado, merced á trabajos de sondeo, los estratos triásicos son muy salíferos; es decir, hacia la región de las Caldas de Besaya es donde los manantiales termales, con temperatura de 37 á 35° c., se presentan más mineralizados, llegando á tener hasta cerca de tres gramos de cloruro sódico por litro, mientras que los de Puente Viesgo, que manan también á 35°, sólo tienen ocho decigramos, y los de La Hermida, donde el terreno triásico es de muy poca amplitud, y que manan á temperatura hasta de 62,5, escasamente alcanzan á cinco decigramos.

Atendiendo á que los tres yacimientos termales que nos ocupan nacen en la caliza carbonífera, con caudales abundantes de 944 litros por segundo en Puente Viesgo, 960 en las Caldas y 7.000 en La Hermida, y considerando además la analogía de su composición química, hay fundamento para suponer que proceden de la penetración de las aguas meteóricas al través de las grietas de las calizas referidas y del afloramiento del filón, y que es probable que á estas aguas se mezclen subterráneamente otras que, pasando al través de los estratos permeables triásicos, y disolviendo sus sales, vayan á verter al plano de la falla, aumentando su temperatura á medida que alcanzan mayor profundidad dentro de la fractura terrestre, circulando por ella, no sólo por efecto de la presión hidrotrímica, sino también de la diferencia de densidades entre las aguas calientes profundas y las frías, que llegan desde la superficie, de manera análoga á la circulación que se establecería en un depósito calentado artificialmente por su fondo, y al cual se hiciera llegar un chorro continuo de agua fría, dándole salida por la parte alta.

Relacionados con la línea de fractura santanderina que nos ocupa, se presentan varios asomos ofíticos, principalmente por la parte oriental de su región del Sur, es decir, en la zona de descenso donde ha sido mayor el salto, y con altas rocas hipogénicas vienen relacionadas á su vez algunas fuentes sulfurosas, entre las que merecen consignarse la de Puente Nansa, por estar próxima á la línea de fractura y ser sus aguas algo termales: 26, 25° c.

De otros sistemas de fracturas terrestres voy á tratar ahora, que dan origen también á fuentes termales, si bien en condiciones algo distintas de las de Santander, que se han descrito. Sa-

bido es que las aguas calientes abundan especialmente en las fallas periféricas que determinan el límite de los relieves montañosos, recortando sus bordes en forma escalonada, y un ejemplo de ello se nos ofrece en las vertientes al Ebro de la cordillera Ibérica, dentro de la región riojana.

Los elevados macizos montañosos de las sierras de San Lorenzo, de Urbión, Cebollera y de Cameros, se hallan limitados por dos sistemas de fallas perpendiculares entre sí, con dirección N. E. á S. O. y N. O. á S. E., respectivamente, las cuales determinan los principales rasgos orográficos de la provincia de Logroño, señalando además el límite del terreno terciario lacustre en aquella parte de la cuenca del Ebro.

En las inmediaciones de las fracturas terrestres orientadas del N. O. al S. E. se observan los estratos terciarios muy dislocados, mientras que en las perpendiculares á ella permanecen las capas de la misma edad en posición horizontal ó muy poco movidas. En nuestra Memoria geológica de la provincia de Logroño se consignan ya estas circunstancias, y ellas demuestran que las dislocaciones ocasionadas por las fallas que se dirigen de N. O. á S. E. continuaron después de la época terciaria, y aun probablemente en nuestros días, ya que en la región inmediata á estas líneas de fractura es donde con más frecuencia se producen los temblores de tierra.

En una de estas fallas, ó por mejor decir, conjunto de líneas de fractura, que en la región riojana se extiende desde Clavijo al S. E., para rebasar el límite logroñés y entrar en Navarra, después de un recorrido de 54 kilómetros, se encuentran dos renombrados establecimientos de aguas termales, el de Arnedillo y el de Fitero, distantes entre sí 30 kilómetros. La situación del primero coincide con el encuentro del río Cidacos con la falla de que se ha hablado, y el de Fitero se encuentra análogamente en la del Alhama con la misma falla; es decir, que ambos manantiales termales se hallan precisamente en la intersección de una fractura geológica profunda con ciertas líneas de depresión topográfica que determinan en el plano de la falla los puntos de menor presión hidrostática, brotando en consecuencia el agua á la superficie en los lugares más bajos del perfil topográfico de la línea de fractura.

Por consecuencia del importante salto producido por el sis-



tema de fallas que nos ocupa, se ha formado en su región meridional una cordillera cuyo punto culminante es la Peña Isasa, quedando al descubierto los terrenos secundarios y una faja hullera, que aparecen infrapuestos al vealdense de las sierras de Cameros, y relacionadas con la misma dislocación geológica, aparecen las ofitas hacia el extremo oriental, cerca de Grávalos, en Logroño, y no lejos de Fitero, en Navarra, acusándose también la existencia probable de estas rocas en profundidad cerca de Arnedillo y Leza, por el metamorfismo de las margas del triás superior y por la presencia de yesos epigenéticos, resultado de la transformación de las carniolas del mismo horizonte geológico.

La dislocación del terreno, los plegamientos y las fallas se observan de una manera muy manifiesta en Arnedillo, debiéndose la termalidad de las famosas aguas minerales que brotan á un quilómetro próximamente al S. O. del pueblo, en la orilla derecha del río, como también la de otras varias que nacen en su cauce, al fácil camino que encuentran para penetrar á gran profundidad por efecto de estas fallas y agrietamientos consiguientes, y elevándose merced á esto su temperatura, salen á la superficie con la de 52,5° c. que hoy tienen.

El manantial que se utiliza en el establecimiento nace en una pudinga jurásica, su caudal es de 120 litros por minuto, y sus aguas se clasifican entre las cloruradosódicas de elevada temperatura y considerable mineralización, debiendo admitirse que las sales que contienen proceden de las margas del Keuper, que como es sabido suelen contener cloruro sódico y otras sales solubles.

En condiciones semejantes, pero menos calientes y con caudales mucho mayores, nacen las aguas termales de Fitero, donde se utilizan varios manantiales con temperatura máxima de 47,5° c., y arrojando entre todos 11.895 litros de agua por minuto. Brotan también en la pudinga jurásica, y son cloruradosódicas, como los de Arnedillo, pero menos mineralizadas.

El considerable caudal de los manantiales de Fitero se explica teniendo presente que las fisuras por donde se remontan las aguas han de ser de grandes dimensiones, por no haberse rellenado todavía por las concreciones que con el transcurso

del tiempo han debido depositarse; se trata, además, del punto más bajo del perfil topográfico de la falla, y por lo que concierne á la penetración de las aguas desde la superficie, hay que contar también con la red de fisuras y grado de permeabilidad de los estratos que vierten al plano de la falla.

Se ha indicado anteriormente que, en relación con la línea de fractura que nos ocupa, se presentan diversos asomos é indicios de rocas ofíticas, las que á su vez deben estarlo, probablemente, con algunos manantiales de aguas frías sulfuradas cálcicas, entre las cuales merecen consignarse las de grávalos que nacen en unas calizas negras de la formación vealdense.

En dirección normal á la gran línea de fractura de que acabamos de hablar, y limitando el terreno terciario del Ebro por la vertiente derecha del río Iregua, se presenta otra fractura que encuentra á la primera en el cerro famoso de Clavijo, y en ella nace, cerca de Torrecilla de Cameros, el manantial termal de aguas sulfatadas de Riva, los baños con temperatura de 22° centígrados y caudal de 303 litros por minuto.

La temperatura poco elevada de estas aguas, y su escaso caudal, inducen á suponer que no circulan fácilmente por el interior de la tierra, y ello pudiera ser debido á que se trata de una fractura más antigua que la de Arnedillo y Fitero, ya que junto á esta última, según se ha indicado anteriormente, los conglomerados de la base del terciario lacustre aparecen levantados hasta la vertical, mientras que por la parte de Torrecilla de Cameros las dislocaciones de los bancos terciarios apenas ofrecen importancia.

La tercera y más meridional de las dislocaciones terrestres en relación con fuentes termo-minerales, última de que voy á tratar, reproduciendo en parte un trabajo que he publicado recientemente (1), es una importante línea de menor resistencia, con múltiples fracturas alineadas en dirección media E. 10° N. O. 10° S., que acusándose manifiestamente en la provincia de Granada desde el O. de Orgiva, cruza la Alpujarra, penetra en la región almeriense, determinando el cauce del Andarax en la parte alta de su curso, y continúa por el N. de Sierra Alhambilla, donde debió dar origen á la depresión en que luego

(1) *Bol. Inst. Geol. T. XXIII. Hidrología subterránea del río de Almería.*

se depositó la zona de terreno terciario comprendido entre esta sierra y la de los Filabres.

A lo largo de tal línea de fracturas se presentan gran número de fuentes minerales, con la circunstancia, muy natural por cierto, de que se repite en este caso el hecho antes consignado de que las fuentes termales corresponden á las menores altitudes del perfil topográfico de la dislocación geológica.

Otra gran falla transversal, comprobada años ha por los geólogos franceses Sres. Barrois y Offret (1), cruza el territorio en dirección al E., 30° S., desde Guadix al cabo de Gata, y es de notar que en la zona correspondiente á su intersección con la línea de fractura antes consignada, brotan las aguas termales de Alhama la Seca y Sierra Alhamilla, y es probable, además, que la misma falla diera origen al estrecho de Gádor, relleno luego por sedimentos terciarios.

Los manantiales de Sierra Alhamilla y Alhama la Seca se hallan situados en la vertiente izquierda el primero y en la derecha el segundo del río de Almería, ambos á considerable altura sobre su cauce; es decir, que no brotan junto al río, ó sea el punto más bajo del perfil topográfico, y esto se explica atendiendo á que el terreno terciario, formado por rocas poco permeables, cubre la parte baja de la cuenca y cierra la salida del agua termal, que circula al través de las grietas de la caliza triásica, no pudiendo salir al exterior más que en los puntos donde estas calizas quedan al descubierto, cerca ya del contacto con el terciario. En comprobación de lo expuesto, consignaré el hecho de que en las galerías subalveas, abiertas en el río de Almería, entre los dos balnearios mencionados, para el alumbramiento de aguas, se han encontrado algunas grietecillas en los conglomerados terciarios, por donde manaba el agua termal.

El manantial de Sierra Alhamilla, que se utiliza en el establecimiento de su nombre, brota á 57° de temperatura con caudal de 630 litros por minuto en el contacto de unas pizarras blandas que en el país denominan láguenas con las dolomias triásicas, resultado del metamorfismo de la caliza. Próximos al manantial termal se encuentran otros que nacen también en el contacto de las calizas con las pizarras, pero á temperatura más

(1) *Bol. Com. del Mapa Geol.* T. XVII, pág. 276.

baja, siendo probable que se trate de aguas frías cuya temperatura se ha elevado por la proximidad del manantial termal.

Inmediato á éste, se presenta un importante criadero de hierro en explotación ya muy avanzada, y también travertinos y tobas calizas, pareciendo indicar por su situación la existencia anterior de otros manantiales distintos de los actuales.

Las fuentes de Alhama la Seca ofrecen manifiesta analogía con las de Sierra Alhamilla; son en número de dos, y nacen en un cerro donde las capas de caliza triásica, metamorfoseada en parte en dolomia, forman una amplia bóveda por debajo de la cual asoman las pizarras ó láguenas; brotan á 46° c. de temperatura, y en conjunto arrojan un caudal de 2.700 litros por minuto, y su mineralización en materias fijas es tan escasa (0,5.247 por litro), que se utilizan como aguas potables, lo mismo que las de Sierra Alhamilla.

Una extensa meseta de travertinos y tobas, procedentes de la precipitación de la cal de las aguas termales, se encuentra inmediata al pueblo de Alhama, y demuestra, al igual que en Sierra Alhamilla, que los manantiales debieron en remotos tiempos surgir en otros parajes y ser probablemente en mayor número y más abundantes que en la actualidad.

Teniendo en cuenta lo consignado, puede explicarse con probabilidades de acierto el origen de los manantiales termales de que se trata; las aguas procedentes de las lluvias y de la fusión de las nieves en las alturas de las sierras, dentro de la zona de las líneas de fractura, encuentran múltiples grietas por donde penetran en el interior de la tierra hasta grandes profundidades, donde adquieren temperatura elevada, ascienden luego, por consecuencia de la presión hidrostática y su menor densidad, y salen á la superficie, después de un proceso de circulación subterránea más ó menos complicada, en los parajes bajos de las líneas de fractura.

La línea de fractura de que venimos tratando se acusa en a superficie por una estrecha faja de terreno terciario que sigue el curso de la parte alta del río Andarax, y penetra luego en la provincia de Granada por Ugijar, para terminar al Sur de Cádiar. Manifiestanse también por frente á Ferreirola, en la Alpujarra, desviando el curso del río de Trevélez, junto al cerro del Conjuero, donde aparece un importante criadero de hierro en la

base de las calizas triásicas, y ya en el extremo occidental de la dislocación geológica, á unos 90 quilómetros de los baños de Sierra Alhambilla, se encuentran las renombradas aguas también termales de Lanjarón, en la provincia de Granada; dentro del largo recorrido que separa á estas dos termas, se presentan multitud de manantiales fríos bicarbonatado-ferruginosos, que nacen en las pizarras del estrato cristalino de la Alpujarra, y además otros sulfurosos en las calizas triásicas, debidos estos últimos, en apariencia, á la reducción de los yesos por productos hidro-carburados, y todo ello, probablemente, como resultado y manifestación última del vulcanismo producido por la aparición de las traquitas de la costa oriental almeriense.

Las aguas minerales de Lanjarón, aun cuando termales como las almerienses, ofrecen, sin embargo, algunos caracteres que las diferencian de estas últimas; existen allí varios manantiales que nacen próximos al contacto de las calizas triásicas con las pizarras que en Almería hemos dicho que se denominan láguenas, y que en Granada llaman launas, rocas que geólogos de merecido renombre refieren al cambriano, y que otros, quizás con más probabilidades de acierto, consideran como de la base del triásico; de estos manantiales, el que tiene más elevada temperatura nace á 30° centígrados, siendo además el más caudaloso, 80 litros por minuto; todos contienen ácido carbónico en disolución, alcanzando el denominado de San Antonio á 654 centímetros cúbicos por litro, y por lo que concierne á las sustancias fijas, llegan en el de la Capuchina, que es el más mineralizado, hasta algo más de 11 gramos por litro, de los que cerca de siete son de cloruro sódico.

Vemos, pues, que las aguas del extremo occidental ó granadino de la fractura terrestre, son menos termales que las de la parte oriental ó almeriense, y también que es distinta su mineralización; lo primero puede ser efecto de que llegan á menor profundidad en las grietas ó á que se mezclan con otras frías, y en cuanto á la mineralización, puede atribuirse el ácido carbónico que llevan en disolución á una manifestación del vulcanismo, y las sales que contienen deben proceder de las capas triásicas.

Con esto doy por terminado el trabajo que me había propuesto realizar; defectuoso é incompleto, como emprendido á

última hora y terminado á plazo fijo, es, no obstante, suficiente, á mi entender, para poner de manifiesto la importancia de los estudios de tectónica regional en sus relaciones con las aguas minero-medicinales, estudios que para cada caso han de llevarnos á conclusiones de positivo valor práctico en lo que concierne á cuestiones tan arduas é importantes como lo son, entre otras, la de la investigación del origen de la mineralización de las fuentes medicinales, la determinación de la forma y dimensiones de los ámbitos de protección de las mismas, los procedimientos más adecuados para su captación, lo referente al alumbramiento de nuevos manantiales y tantas otras, en suma, que no es preciso consignar aquí, y cuya solución estriba esencialmente en la meditada aplicación de los conocimientos geológicos, contribuyendo así á descifrar y poner de manifiesto los arcanos misteriosos encerrados en el profundo seno de la tierra.

# LIGNITO

---

## CUENCA CRETACEA DE BERGA

POR EL INGENIERO DE MINAS

LUIS SUAREZ DEL VILLAR

---

### **Situación.**

Está situada esta cuenca casi por completo en la provincia de Barcelona, partido judicial de Berga, y ocupa una región muy accidentada comprendida entre los ríos Saldes y Llobregat, al N.; sierra de Figuerassa y río Mandarsol, al S.; sierra de En Cija y rasos de Peguera, al O., y río de Vilada y torrente de Junyent al E.

### **Orografía.**

La sierra de En Cija (2.200 á 2.350 metros) y los rasos de Peguera (1.800 á 2.070 metros) están separados por el puerto (coll) de Farrús (1.600 metros), y forman parte de la sierra que, desprendiéndose de la del Cadí, corre al S. unos 20 kilómetros y separa las cuencas del Llobregat y Cardoner.

La sierra de En Cija se prolonga al E. formando dos potentes crestos de caliza lacustre, que se reúnen cerca del Llobregat, formando el grandioso circo de Vallcebre (Cingleres de Vallcebre), cortado á pico exteriormente, excepto en tres ó cuatro sitios que dan entrada á los torrentes de Esdavella y del

Forat Negrer, y salida al torrente de Vallcebre, con unos 12 kilómetros de perímetro y alturas variables de 1.000 á 1.600 metros.

Entre En Cija y los rasos de Peguera nace la sierra de Fumanya y Figols (1.700 metros), que corre de O. á E. hasta el Llobregat, entre el torrente de la Creu de Fumanya y río Sargantaner al N. y el río de Peguera al S.

Por último, los rasos de Peguera se prolongan al E. con la sierra de Figuerassa (Vilosiu) (1.600 metros), separada de ellos por el coll del Oreller (1.435 metros).

Al E. del Llobregat hay dos macizos montañosos, el del Catllarás (1.750 metros), al N., y el de Picamill (1.700 metros), al S., unidos por el coll de la Plana. Desde el primero corre al O. el Serrat Negrer (1.450 metros) y al S. O. las Cingleras (acantilados) de Malanyeu (1.650 metros). La sierra de Picamill corre de S. E. á N. E., entre La Nou y el río de Vilada.

### Extensión.

Forma la cuenca un gran trapecio, cuyos lados paralelos N. y S. tienen, respectivamente, 21 y 13 kilómetros de longitud, y distan entre sí unos 11 kilómetros, resultando un área total de 187 kilómetros cuadrados, aproximadamente.

### Descripción geológica.

La zona de capas de lignito, intercalada con calizas y margas, descansa sobre un banco de cemento natural, que forma la base del danés inferior, y llevan encima una zona de margas, seguida de bancos de arenisca, que coronan á su vez potentes bancos de caliza lacustre; formando el conjunto, según unos, el danés inferior ó mas bien garumense inferior—pues presenta aquí facies lacustre—, mientras que otros refieren la zona de margas al danés medio, y las areniscas y calizas superiores á la base del danés superior.

Comprende la cuenca varios manchones que puede asegurarse formaron uno solo en otro tiempo.

El más importante es, sin duda, el de Figol-Vallcebre, que ocupa el ángulo N. O. de la cuenca, á la derecha del Llobregat. Está formado por un sinclinal que, penetrando en la provincia de Barcelona por el coll de la Trapa, al N. de En Cija, corre al E. y se ensancha considerablemente al S., antes de llegar al Llobregat, formando el gran fondo de barco de Vallcebre. Sus afloramientos tienen cotas variables de 700 á 1.500 metros, y es casi seguro descienda bajo Vallcebre á 600 metros y aun á menos.

Prescindiendo del pequeño trozo de la provincia de Lérida, poco conocido, y que pasa por Aspa, el área de este manchón es de unos 37 kilómetros cuadrados, por lo menos.

Sigue en importancia el manchón La Nou-Malanyeu-La Pobra, que ocupa toda la parte de la cuenca situada al E. de Llobregat. Está formado por un sinclinal, cuyo eje pasa por La Nou y Malanyeu, en dirección casi N. y buzando suavemente en el mismo sentido. En Malanyeu toma la dirección N. E., y, recubierto á poco por el eoceno discordante, aflora de nuevo en el Catllarás, al E. y muy cerca de la Pobra de Lillet. El área de este manchón es de unos 16,50 kilómetros cuadrados.

Entre el Serrat Negre y el torrente de Llavallol hay unos afloramientos que buzan al Norte y que es probable se unieran en otro tiempo con el borde N. del gran sinclinal anterior, formando con él un anticlinal dirigido de E. á O. y representados ahora por el Serrat Negre (1.400 metros).

De un modo análogo se observa entre los dos macizos de la sierra de Picamill un pequeño sinclinal, de dirección N. S., cuyo borde O. debe haber formado con el E. del gran sinclinal La Nou-Malanyeu un anticlinal, representado hoy día por el macizo N. O. de dicha sierra.

Es probable que lo que queda de estos dos anticlinales acompañe al gran sinclinal bajo el eoceno, pues en la zona de afloramientos del Catllarás aparecen, además de un sinclinal, uno ó dos anticlinales, todo con buzamiento casi vertical, un ancho de 500 á 1.000 metros como máximun y cotas de 1.400 á 1.500 metros en su parte central y extremo S. O.

El manchón Serchs-Peguera está formado por una estrecha faja de ocho kilómetros de longitud, con un ancho medio de unos 300 metros y un área de 2,40 kilómetros cuadrados. Debe

ser un trozo desprendido del borde S. del fondo de barco de Vallcebre por una gran falla de dirección E. O. y cuyo eje de giro pasa por Peguera. Actualmente, el borde E. de la faja queda á unos 700 á 800 metros por bajo de su primitiva posición, habiendo desaparecido, desgraciadamente, por denudación los 15 á 20 quilómetros cuadrados de capas que cubrían la sierra de Fumanya y Figols.

Los bordes E. del manchón de Figols-Vallcebre y O. del La Nou-Malanyeu-La Pobla formaban en otro tiempo un anticlinal de dirección N. S. y de unos siete quilómetros de longitud, que buzaba ligeramente al Norte, y por cuyo eje corre actualmente el Llobregat, desde el molino de Guardiola á Serchs.

Deben citarse, aunque no tienen importancia, una manchita situada al S. del coll del Oreller y no lejos del mismo, y otra de más extensión, situada al N. del río de Peguera, sobre el Llobregat, que es prolongación del manchón Serchs-Peguera y parece marcar el enlace con el extremo S. del manchón de La Nou. En la vertiente N. de la sierra de Figuerassa hay una zona danesa que pasa por el castillo de Blancafort y la roca Musso-lera, con dirección aproximada de E. á O., y debe contener capas de lignito.

Por último, existen hacia San Jaume de Fontanyá unos afloramientos que han sido objeto de demarcaciones y que no he incluido en la cuenca por ignorar si son cretáceos ó terciarios.

### Capas de carbón.

Aunque el número total de capas es considerable, los grupos de vetas que forman un conjunto explotable se reducen, por ahora á cuatro, que se conocen en las minas de Figols de la Sociedad Anónima "Carbones de Berga", con los nombres de capa 0, capa 1.<sup>a</sup>, capa 2.<sup>a</sup> y capa Porvenir.

La capa 0 se ha explotado muy poco y ya hace años. Sólo he podido observarla en el nuevo socavón San Cornelio. Descansa allí inmediatamente sobre el banco de cemento, y consta de abajo á arriba de tres capas de carbón de 15,35 y 5 centímetros, respectivamente, separadas por un banco de caliza de 40 centímetros las dos primeras y una marga de 5 las dos

últimas; lleva como techo un banco de marga de 2 metros.

La distancia normal del grupo 0 á la capa 1.<sup>a</sup> es de unos seis á siete metros en dicho socavón San Cornelio, y la composición de esta capa, sumamente variable en detalle. En líneas generales, tiene por muro un banco fuerte de caliza, sobre el que apoya la veta del *Repié*, dividida generalmente en dos por una veta estéril de caliza ó marga y seguida de un banco de caliza que lleva casi siempre en medio una pequeña veta de carbón. La parte superior de la capa está formada por un grupo de dos á cinco vetas de carbón, separadas por lechos de marga ó caliza, que llevan encima un banco de marga. Puede tomarse como potencia media 35 centímetros para las vetas inferiores de carbón y 45 para las superiores, y 1,20 metros para la suma de vetas estériles, lo que da una potencia media total de dos metros, excluyendo siempre la marga superior, que suele servir de techo para la explotación de la capa y cuya potencia varía de 0 á 5 metros, siendo raro falte por completo.

La capa 2.<sup>a</sup> descansa unas veces sobre la marga anterior y otras sobre un banco de caliza que la sigue. Su disposición general es idéntica á la de la primera, presentando, como ella, una veta inferior de carbón, dividida ó no por lechos de caliza ó marga, á la que sigue un fuerte banco de caliza (marga á veces), generalmente dividido por una pequeña veta de carbón y terminando por un grupo de una á cuatro vetas de carbón, separadas por lechos de marga y alguna vez caliza. La sirve de techo una marga de potencia variable. Puede calcularse la potencia media de carbón en 0,60 metros, la de estéril en 1,30 metros y la total en 1,90 metros.

La capa Porvenir dista de 40 á 50 metros de la capa 2.<sup>a</sup>, y, según referencias, su disposición es análoga á la de las dos anteriores, acentuándose en ella la tendencia de las calizas á convertirse en margas, iniciada ya en la 2.<sup>a</sup> capa. Su potencia total de carbón parece haber sido de unos 60 centímetros. Hace años que no se explota nada en ella, pero fué la primera explotada seriamente en la cuenca.

### Calidad del carbón.

La calidad del carbón desmerece á medida que se asciende geológicamente; de ahí que la Sociedad Anónima "Carbones de Berga", tenga concentradas sus explotaciones en las capas 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup> (80 por 100 en la 1.<sup>a</sup> y 20 por 100 en la 2.<sup>a</sup>). También se nota que mejora el carbón con la profundidad.

En general, el carbón explotado podría calificarse de hulla seca de llama larga, pues apenas colorea el ácido nítrico, ni la lejía potásica, y permite obtener en gasógeno coke algo compacto, siendo su característica de 55 por 100, aproximadamente. (No me atrevo á llamarla hulla semigrasa de llama larga.) Arde muy fácilmente, con llama clara y larga, dejando cenizas claras; su densidad es de 1,41, y, aunque escaso en pirita, tiene generalmente un 2 por 100 de azufre.

Su riqueza en materias volátiles es de un 35 por 100, y la de materias fijas, de un 65, figurando en las primeras un 6 por 100 de agua combinada y un 4 á 6 por 100 de agua higroscópica, y en las segundas, un 10 por 100 de cenizas.

$$\text{Característica } \frac{35-5}{65-10} \frac{30}{55} = 54,6 \%$$

Respecto al poder calorífico pueden contarse como seguras 6.000 calorías, pero se han llegado á obtener 7.000 en la bomba calorimétrica de Mahler. Como dato práctico puede citarse que la Catalana de Electricidad de Barcelona, que consume hace años lignitos de Berga, vaporiza corrientemente 7 kilogramos de agua por kilogramo de galleta, y 6,75 kilogramos de granza trabajando á 12 atmósferas de presión, con calderas Babcock de hogar mecánico.

Parece muy rico en subproductos de destilación, efectuándose actualmente en Figols por la casa Montania, para su utilización en motores de gas ó calderas, con aprovechamiento de subproductos, ensayos en los que se fundan grandes esperanzas.

Todos los datos que anteceden de capas y calidad del carbón se refieren á las explotaciones de la Sociedad Anónima "Carbones de Berga", en el manchón Figols-Vallcebre y en el de La Nou-Malanyeu-La Pobla (115.186 y 3.968 toneladas brutas, respectivamente, en 1912).

El carbón explotado por la Compañía General de Asfaltos y Portland "Asland", en sus minas de Catllarás (de 3 á 4.000 toneladas brutas en 1912) es de peor calidad y deja cenizas rojas.

### Cantidad de carbón segura y probable.

Aunque el carbón es más denso en la capa Porvenir que en la 2.<sup>a</sup>, y en ésta que en las 1.<sup>a</sup> y 0, admitiremos como densidad la media actual de 1,41.

En el manchón Figols-Vallcebre están explotadas ó reconocidas las capas 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup> en más de 90 hectáreas, por lo que admitiremos como potencia media segura.

$$\frac{0,80 + 0,60}{2} = 0,70$$

y como potencia media probable

$$\frac{3}{4} (0,80 + 0,60) = 1,05$$

La capa Porvenir se ha explotado bastante en sus afloramientos, y la 0, casi nada, por lo que tomaremos como potencia media segura 0,40, y como probable, 0,60, que vienen á ser  $\frac{1}{3}$  y un  $\frac{1}{2}$  de la suma de las potencias medias observadas en ellas (0,60 y 0,55).

Por lo tanto, tendremos para dicho manchón

$$(0,70 + 0,40) 1,41 \times 37.000.000 = 57.400.000$$

toneladas seguras,

$$(1,05 + 0,60) 1,41 \times 37.000.000 = 86.000.000$$

toneladas brutas probables.

En el manchón de La Nou-Malanyeu-La Pobla, prescindiendo de las explotaciones del Catllarás, que apenas han pasado de los afloramientos y corresponden a una zona muy trastornada, sólo queda la explotación del Far de la Sociedad Anónima "Carbones de Berga", que está limitada a la capa 1.<sup>a</sup>, habiéndose explotado ya unas 2,50 hectáreas. La potencia media ha sido hasta ahora de unos 0,50 metros, pues la veta del repié no es utilizable. Las demás capas sólo se conocen por sus afloramientos y algún reconocimiento efectuado en las explotaciones. Como, además, he admitido la prolongación de la cuenca hasta el Catllarás, bajo el eoceno, lo que, si bien muy probable, no es seguro, reduciremos a  $\frac{2}{3}$  el área del manchón, para el cálculo de las toneladas seguras, y, admitiendo una potencia media segura de 0,75 y probable de 1,20, tendremos

$$0,75 \times 1,41 \times \frac{2}{3} 16.500.000 = 11.640.000$$

de toneladas seguras y

$$1,20 \times 1,41 \times 16.500.000 = 27.900.000$$

de toneladas brutas probables.

En el manchón Serchs-Peguera puede admitirse como segura una potencia media de 0,50 y una media probable de 1 metro, lo que nos da

$$0,50 \times 1,41 \times 2.400.000 = 1.680.000$$

de toneladas brutas seguras y

$$1,00 \times 1,41 \times 2.400.000 = 2.360.000$$

de toneladas brutas probables.

Si damos, para redondear cifras, 280.000 toneladas seguras y 740.000 toneladas brutas probables a las diversas manchitas sueltas, tendremos:

	T. seguras.	T. probables.
Figols-Vallcebre.....	37.400.000	86.000.000
La Nou-Malanyeu-La Pobla.....	11.640.000	27.900.000
Serchs-Peguera.....	1.680.000	2.360.000
Varios.....	280.000	740.000
	<u>71.000.000</u>	<u>117.000.000</u>

### Probabilidad de la prolongación de la cuenca.

Puede buscarse la prolongación de la cuenca con probabilidades de éxito al E. del Catllarás, hacia San Jaume de Fontayá, y en la provincia de Lérida, en la que penetra hasta Aspa el manchón Figols-Vallcebre, no siendo difícil se encuentre también en ella la prolongación del de Sech-Peguera, perfectamente reconocido hasta el límite de la provincia de Barcelona, a un kilómetro próximamente al O. del coll de Farrús. Al S. no creo deba hacerse otra cosa que reconocer mejor las pequeñas manchas descritas buscando sus enlaces posibles, y al N. únicamente podría encontrarse algo al N. del torrente de Llavallo, hacia San Juliá de Serdañola.

### Descripción somera de la actual explotación.

Las explotaciones más importantes son las de la Sociedad Anónima "Carbones de Berga", y aun podría decirse que son las únicas. Tiene esta Sociedad en el manchón Figols-Vallcebre cuatro socavones situados en las inmediaciones de San Cornelio, sobre el Llobregat, cuyas longitudes y cotas sobre el nivel del mar son, aproximadamente, las siguientes: San Cornelio, 206 y 948 metros; Alfonso, 155 y 927 metros; Esteve, 315 y 861 metros; San José, 765 y 804 metros, y sobre el manchón La Nou-Malanyeu-La Pobla, el socavón de Sadurní, de 584 metros de longitud, y situado a la cota de unos 741 metros cerca del Far y a la orilla izquierda del torrente de Malanyeu y del Llobregat.

La longitud de las galerías de arrastre era en 31 de Diciembre de 1912: San Cornelio, izquierda, 312 metros; Alfonso, izquierda, 157; Esteve, derecha, 1.599; Esteve, izquierda, 1.555; San José, derecha, 1.535; San José, izquierda, 1.049; Sadurní, derecha, 456, y Sadurní, izquierda, 163.

En San Cornelio, el buzamiento medio de las capas es, a



izquierda, de unos 15°, y de 30 á 35, la derecha, y en San Sadurní, de unos 32°, explotándose las capas por grandes tajos ascendentes, según la inclinación, servidos por planos centrales, cuando la pendiente lo permite, y cuando no, por coladeros. El ancho de los tajos es de 50 metros. El arranque se hace á mano; pero donde la solidez de los bancos lo permite se hace el descalce con regadoras de percusión Temple-Ingersoll, de las que posee cuatro la Sociedad. Para los avances se emplean tres perforadoras Siemens-Halske.

La producción en 1912 fué de 119.154 toneladas brutas, distribuidas como sigue:

Cribado (mayor de 50 milímetros) . . .	23,54 por 100.
Galleta (15 á 50 milímetros) . . . . .	25,06 por 100.
Granza (5 á 15 milímetros) . . . . .	21,24 por 100.
Menudo (0 á 5 milímetros) . . . . .	12,49 por 100.
Pérdidas en el escogido y lavado . . . . .	17,67 por 100.

100,00.

El término medio diario de jornales de interior fué de 563, con un efecto útil de 706 kilogramos y un jornal medio de 4,43 pesetas. El término medio de jornales de exterior fué de 179, y un jornal medio, de 3,43 pesetas.

La Sociedad posee un salto de agua de 600 caballos en Guardiola, sobre el río Llobregat. La energía se conduce á las minas bajo la forma de corriente trifásica de 50 períodos y 5.000 voltios, que se transforma en ellas en corriente continua de 300 voltios.

Para el alumbrado se emplean en el interior lámparas desnudas de acetileno.

La Compañía General de Asfaltos y Portland "Asland", ha parado este año sus explotaciones del Catllarás, donde produjo en 1912 de 3 á 4.000 toneladas, habiendo llegado anteriormente algún año á 6 ó 7.000.

Sobre el manchón Serchs-Peguera, y cerca de este último pueblo, efectúan trabajos de preparación los Sres. Castellar y Compañía, y el Sr. D. Manuel Oromí. También hay trabajos de preparación en la pequeña mancha situada á la derecha del Llobregat, debajo de Serchs, y proyecto de labores en el borde E. del manchón de La Nou, no lejos de este pueblo. Dudo que

entre todos los trabajos indicados hayan llegado en 1912 á 1.000 toneladas.

### Arrastres hasta el puerto.

La Compañía del ferrocarril de Manresa á Berga, que cruza la cuenca de N. S., con su vía de un metro, posee en ella las estaciones de Guardiola-Bagá, Figols-Las Minas y Serchs, que distan de la estación del Norte, en Manresa, 70,10, 63,50 y 59,30 quilómetros, respectivamente, costando el transporte, por tonelada, según la tarifa especial de pequeña velocidad número 107, combinada con el Norte, 5,88 pesetas de Figols-Las Minas á Manresa (Norte), y desde allí, 3 á Tarrasa y 3,25 á Barcelona.

Figols-Las Minas, 9 de Julio de 1913.

**Índice de los trabajos contenidos en el tomo XXXIV del Boletín.**

	<u>Págs.</u>
Emplazamiento de sondeos para investigar la probable prolongación de los senos hulleros por bajo de los terrenos mesozoicos, por D. Luis de Adaro . . . . .	9
Estudio Geológico de la costa de la provincia de Lugo, por D. Primitivo Hernández Sampelayo . . . . .	81
Sales potásicas en Cataluña, por D. César Rublo y don Agustín Marín . . . . .	173
Reseña geológica de la cuenca hullera del Guadalbarbo, por D. L. Mallada y D. A. Carbonell . . . . .	231
Reconocimiento y determinación de los gases combustibles en las aguas minerales, por D. Enrique Hauser . . . . .	257
La tectónica general en sus relaciones con las aguas mineralo-medicinales, por D. Rafael Sánchez Lozano . . . . .	295
Lignito.—Cuenca cretácea de Berga, por D. Luis Suárez del Villar . . . . .	307

**Índice de láminas.**

Corte horizontal estratigráfico de la cuenca carbonífera central de Asturias . . . . .	80
Cortes verticales del plegamiento figurado en la lámina I, según las líneas trazadas en la misma . . . . .	80
Plano topográfico, geológico y minero de la zona comprendida entre Gijón, Siero, Infesto y Colunga . . . . .	80
Ría de Rivadeo . . . . .	134
Ría de Vivero . . . . .	134
Costa de la provincia de Lugo, reducido del mapa de Galicia de D. Domingo Fontán (en sobre) . . . . .	172
Sales potásicas en Cataluña, bosquejo geológico de la comarca . . . . .	230
Región del Suria . . . . .	280
Trabajos mineros de la concesión «Roumanie» . . . . .	230

### FE DE ERRATAS

<u>Página.</u>	<u>Renglón</u>	<u>Dice.</u>	<u>Debe decir.</u>
30	6	esgún	según
34	23 y 24	huesvos	huevos
34	26	lo-	los
39	21	persiguen	persigue
47	26	N E.	N S.
50	34	cuenca	Cuenca
73	1	prática	práctica
76	6	únicamente	económicamente
93	36	tierra	sierra
106	14	52	152
115	21	diloviom	diluvium
132	2	Viero	Vivero