

MEMORIAS

DE

HISTORIA NATURAL.

BREVES APUNTES

ACERCA DEL ORIGEN PERIDÓTICO DE LA

SERPENTINA DE LA SERRANÍA DE RONDA,

POR

DON J. MACPHERSON.

(Sesion del 3 de Febrero de 1875.)

Si al descender de la elevada cumbre de las Plazoletas, en la Sierra de Tolox, en vez de seguir el camino directo que desde el Puerto del Pilar conduce al pueblo de Yunquera, se tuerce á la derecha, y trasponiendo el Puerto de los Valientes, se penetra en el agreste valle del rio Verde, encuéntrase una interesante comarca bajo el punto de vista geológico.

Desde lo alto de este puerto, se descende con rapidez suma desde las laminadas lajas calizas que forman esta montaña, al salvaje valle del rio Verde, socavado en la inmensa masa de serpentina que, cual gigantesca cuña, ha desgajado los estratos de esta parte de la corteza terrestre.

Esta colosal protuberancia de serpentina, á más de la série de interesantes y variados fenómenos dinámicos que presenta en su estructura, como ya he tenido ocasion de señalar al ocuparme de esta agreste serranía, presenta otros de suma importancia, que tienen relacion con rocas que se hallan, puede decirse, enclavadas en su seno, y de cuyo estudio se desprenden interesantes deducciones, que pueden servir para esclarecer el orí-

gen de la serpentina, que en tan profunda oscuridad ha estado hasta reciente época.

Empotrada en la gigantesca masa de esta roca, y en lo que se puede llamar corazón de la serpentina, encuéntrase en las áridas laderas de la Sierra Parda, que separa las aguas del río Verde de las del río Grande una roca en extremo notable.

Esta roca es de un gris verdoso claro, traslúcida en delgadas lajas, que dejan pasar la luz de un amarillo verdoso sucio.

Su estructura es homogénea, presentando, sin embargo, algunos granos vítreos, que tienen un crucero bastante marcado, y en los que se reconoce la facies del peridoto.

Además encuéntrase diseminados por la masa de la roca, algunos pequeñísimos cristales negros, que, como más adelante se verá, parecen ser de espinela cromífera.

Su fractura es entre grasienta y vítrea: su dureza entre 5 y 6 de la escala, y su densidad asciende á 3,3.

Tratada esta roca por el ácido hidroclicórico, se descompone por completo, dejando á la sílice en grumos gelatinosos, mientras que en la solución se encuentra, á más de algún hierro, gran cantidad de magnesia.

Es, á pesar de su distinta facies, á juzgar por todos sus demás caracteres, evidentemente un peridoto, y parece ser análoga, según las descripciones, á la dunita de Nueva-Zelandia de Hochstetter, que se encuentra en un yacimiento análogo.

A cierta distancia del sitio en donde se halla esta roca, y en la misma Sierra Parda, aparece otra vez el peridoto, en una forma que, como más adelante se verá, tiene gran importancia.

Su estructura es eminentemente más vítrea que la anterior, destacándose además en la masa de la roca, numerosos granos de un verde bastante vivo, presentando la roca en este caso los caracteres del olivino mucho más marcados que en el yacimiento anterior.

Su dureza, sin embargo, es aparentemente mucho menor, pues aunque en algunos sitios no es posible rayarla con el cuchillo, en otros se hace con facilidad suma; circunstancia que, como se verá más adelante, queda perfectamente explicada por su parcial serpentinización.

Su densidad asciende á 3,35; y por lo demás, presenta, considerada en su conjunto, todos los caracteres del olivino.

También entre Igualeja y Benahaviz, he encontrado en diver-

esos sitios fragmentos de rocas peridóticas, pero no he conseguido verlas *in situ*.

Sita al Oeste de la Palmitera, he encontrado un ejemplar con grandes fragmentos de espinela cromífera, sumamente notable; y considero la existencia de estas rocas tan en íntima union con la serpentina, como de importancia suma.

Años há que el Sr. Daubrée, al estudiar sintéticamente los meteoritos, indicó el importante papel que el peridoto desempeña, especialmente en la lherzolita y en los basaltos; rocas que en distintas épocas han hecho erupcion á través de las capas más profundas de la corteza terrestre, así como la regeneracion del peridoto, al fundir la serpentina con exceso de magnesia.

Tambien los pseudo-morfismos de Snarun, dieron ocasion á vivas discusiones acerca de la formacion de esta roca; pero hasta reciente época puede decirse que el origen de la serpentina quedaba en perfecta oscuridad.

Gracias, sin embargo, á la brillante pléyada de geognostas alemanes, este asunto ha caminado á pasos de gigante en estos últimos tiempos, y los nombres de Sandberger y Thschermark, Zirkel, Von Drasche y otros, quedarán eternamente unidos al esclarecimiento del origen de esta roca.

Sus trabajos microscópicos sobre la formacion y estructura de las diversas rocas, han venido á verter inmensa luz sobre este asunto; y en la actualidad lo que sólo era una presuncion, ha llegado á formar cuerpo de doctrina.

En estos últimos años, no sólo se ha demostrado la presencia del olivino en todos los gabbros lherzolitas y demás rocas relacionadas, sino que se ha demostrado igualmente el origen peridótico de la mayor parte de las serpentinas que en distintas épocas han penetrado y dislocado los diversos terrenos estratificados.

El yacimiento de serpentina de la Serranía de Ronda, por sus colosales dimensiones y por la manera de estar relacionado con los terrenos estratificados, demuestra con evidencia su origen hipógeno, no de sedimento.

Por consiguiente es este yacimiento uno de los que más importancia presentan para resolver y confirmar este aserto, y si en realidad puede considerarse esta enorme cuña como de origen peridótico en el cual un cuarto de la base ha sido reempla-

zado por dos moléculas de agua, reaccion que puede expresarse por la fórmula:



no hay que encarecer las consecuencias que de este hecho se desprenden.

Si se demuestra que esta gigantesca masa de serpentina que de tan profundo viene cuando arrastra al granito en su salida, es simplemente un peridoto hidratado, habrá que conceder á esta roca mayor importancia de la que hasta ahora se le ha concedido en la composicion de la corteza terrestre.

Para resolver si las serpentinas de esta comarca son ó no realmente de origen peridótico, no creo exista medio más poderoso que aplicar el análisis microscópico á las diversas rocas serpentínicas que se encuentran en esta localidad, que tan brillantes resultados ha producido en la investigacion, no sólo de las rocas eruptivas sino tambien de las sedimentarias.

Efectivamente, si se someten secciones transparentes de las diversas serpentinas de la Serranía de Ronda al exámen microscópico se obtienen interesantes resultados, y puede decirse se coge infraganti á la naturaleza produciendo la gradual serpentinizacion del peridoto.

En las secciones transparentes procedentes de esta inmensa masa, puede seguirse al peridoto desde su primitivo estado hasta su completa serpentinizacion, pasándose por todas las gradaciones intermedias, desde donde la accion mineralizadora comienza sólo á cambiar los caracteres del olivino hasta donde sólo quedan pequeñísimos trozos de esta sustancia entre la espesa malla formada de innumerables venas de serpentina que han atravesado la primitiva sustancia, causando vivo interés poder seguir paso á paso en todas sus variadas fases la gradual evolucion de la serpentina, desde sus principios hasta su terminacion.

Examinando, por ejemplo, la roca peridótica, primeramente descrita, procedente de la Sierra Parda en seccion transparente al microscopio, obsérvanse simplemente los caracteres del olivino, y sólo como grau rareza se descubren indicios de serpentinizacion.

Esta roca presenta al microscopio una masa trasparente, formada de un magma de menudos fragmentos cristalinos entre

los cuales se destacan otros mayores, generalmente hendidos ó estriados longitudinalmente.

Esta masa que en delgadas láminas es perfectamente incolora é hialina, polariza fuertemente la luz produciendo vivos cambiantes de colores en que sobresalen las tintas verdes y encarnadas.

La roca se encuentra en extremo agrietada, y presenta esa superficie suavemente rugosa que caracteriza al olivino.

Esta rugosidad de su superficie es, puede decirse, el carácter distintivo de esta sustancia, pues por la brillantez de colores que se producen en la luz polarizada podría fácilmente confundirse con el cuarzo; pero en este mineral sucede que en vez de formar una superficie plana y homogénea como se observa en las secciones de cuarzo, exhibe, por el contrario, una superficie de suaves hondas que imprimen á este mineral una *facies sui generis* y lo hacen imposible de confundir con ningun otro.

Además, encuéntranse diseminadas por la masa de la roca gran cantidad de sustancias aprisionadas, unas, formando grupos irregulares y otras en agregados más ó menos regulares.

Estas inclusiones son de dos distintas clases, las más numerosas son diáfanas como la masa del mineral, y en extremo pequeñas; unas de formas esféricas ó elípticas; pero tambien de contorno irregular conteniendo gases ó líquidos y otras en que no se reconoce el contorno oscuro que se distingue en estas inclusiones y que parecen estar rellenas de algun sólido que quizás sean restos de la primitiva masa vítrea, como con frecuencia dice Zirkel se observa en el olivino.!

La otra clase de inclusiones están constituidas por pequeños fragmentos irregulares de una sustancia sólo traslúcida en delgadas láminas de color castaño rojizo-oscuro; pero cuando se hallan en fragmentos ó en láminas sumamente delgadas son amarillo ocre, quedando en perfecta oscuridad entre los nicholes cruzados.

Tratada por el ácido hidroclórico caliente queda esta sustancia perfectamente incólume, reuniendo, por consiguiente, todos los caracteres de la espinela cromífera ó picotita, sustancia que se encuentra con bastante frecuencia en los olivinos.

Es de notar que sólo por rareza he observado á este mineral en cristales bien definidos, sino constantemente en fragmentos más ó menos irregulares.

En los ejemplares que hasta ahora he observado de esta interesante roca, sólo en uno he podido reconocer indicios bien marcados de serpentización, y si sólo el habitual cuarteamiento que acompaña al peridoto precursor de la gradual transformación de la sustancia, siendo, puede decirse, los canales por donde han de penetrar los materiales que con posterioridad han de metamorfizar la primitiva roca.

Si se someten á igual exámen secciones transparentes procedentes de la roca segundamente descrita, descúbrese al peridoto en una etapa más avanzada de su serpentización.

En estos ejemplares como en los anteriores constituye el peridoto la mayor parte de la roca con los idénticos caracteres que he descrito; pero así como en la anterior es la excepción observar trazas de serpentización, en ésta es, puede decirse, la regla ver en muchas de las innumerables grietas que atraviesan la roca en todas direcciones, compenetrar la serpentina al peridoto y abriéndose en infinitas ramificaciones invadir gradualmente al olivino, y trasmitiéndose la serpentización sucesiva y gradualmente como indican las figuras lám. II, números 1 y 2, ir sucesivamente reemplazando al peridoto hasta llegar en algunos sitios casi á desaparecer del campo del microscopio, aunque sólo se estén usando poderes de 100 á 150 diámetros.

Es notable la constancia con que en esta epigénesis se observa, lo perfectamente determinado que se encuentra el contacto entre la serpentina nuevamente formada y el preexistente peridoto. No se observa jamás transición alguna entre ambas sustancias, siendo siempre el contacto entre ambos minerales perfectamente distinto.

Por estas grietas, que pueden llamarse canales, penetra la serpentina en general, de un verde-amarillento claro á vetas más ó ménos oscuras que con frecuencia toman un tinte azulado.

En la parte central de estas ramificaciones se observan fragmentos de una sustancia negra y opaca, unas veces cristalizada en cubos ó sus derivados y otras en trozos irregulares.

Esta sustancia, unas veces soluble en los ácidos, en totalidad, parece ser hierro magnético y cromatado que acompañan constantemente á la serpentina, procedentes evidentemente de la descomposición del peridoto, cuyo hierro tiende á acumularse en esta forma en la parte central de estas especies de filones; ó como sucede en los bordes de la parte inferior del filon de ser-

pentina, que muestra la figura lám. II, núm. 2; encuéntrase el hierro diseminado por la serpentina, cuyo tinte azulado se ve cuando se emplean poderes de 500; es debido á un polvo negro en extremo ténue.

Basta una simple ojeada á cualquier seccion trasparente de esta roca para convencerse de la gradual trasformacion del peridoto en serpentina; pero si se somete á igual exámen la serpentina propiamente dicha, se presenta áun más palpable esta trasformacion, é innumerables son los casos en que pueden seguirse todos los tránsitos de este metamorfismo.

Raro es el ejemplar de serpentina de esta serranía en que no se reconozca la traza del primitivo peridoto; y así como en los ejemplares precedentes puede decirse que el peridoto forma la parte principal de la roca y la serpentina desempeña un papel secundario en los ejemplares de verdadera serpentina, vése al olivino estar más y más subordinado á esta sustancia hasta llegar por completo á desaparecer, y sólo quedar la andamiada que ha servido para su gradual desaparicion.

Si por ejemplo se observan ejemplares de serpentina color castaño-oscuro procedentes de los áridos montes formados de esta roca en las cercanías del pueblo de Benahaviz, se obtendrán los siguientes interesantes resultados.

La figura de la lám. II, núm. 4 muestra parte de una seccion de esta roca; seccion interesantísima, pues aunque el peridoto representa todavía un papel importante, encuéntrase ya, puede decirse, ahogado en la preponderante masa de serpentina.

En esta seccion se observa ya lo que se puede llamar la segunda fase de la serpentinizacion.

Vénse en este ejemplar las idénticas grietas que en el anterior, pero en tan considerable número, que llegan á formar una espesa red, y juntándose unas hendiduras á otras, llegan á hacer desaparecer con frecuencia al peridoto, mientras otras veces quedan fragmentos en la parte central de la compacta malla.

Formando el tejido de esta red se distinguen dos distintas clases de serpentina; una que rellena los canales principales que atraviesan en direccion relativamente constante toda la extension de la seccion, y otra que forma las ramificaciones mas pequeñas, las que varían su direccion con frecuencia suma.

La serpentina que rellena los grandes canales es de un verde amarillento claro, y en su parte central se observan innumera-

bles fragmentos de hierro magnético ó cromatado que parecen alinearse á la direccion del movimiento molecular que la sustancia serpentinoso tenia en esas grietas, pues se observa con frecuencia que la sucesion de pequeñas partículas han sido desviadas de su primitiva direccion por un obstáculo cualquiera.

La serpentina que forma las ramificaciones más pequeñas, es en general de colores oscuros, tirando á castaño-rojizo; no observándose en estas ramificaciones el hierro magnético en tanta abundancia como en los que se pueden llamar canales principales.

Con frecuencia se ve que muchas de estas ramificaciones al atravesar el olivino, forman una delgada hebra de serpentina clara en el centro, y cuyos bordes en contacto con el peridoto aún no descompuesto, están formados por una sustancia de color oscuro, que parece ser el producto de una serpentinizacion imperfecta del peridoto.

Tambien es digno de estudio en este ejemplar el modo de obrar del peridoto en la luz polarizada.

Si se observan por ejemplo los fragmentos de peridoto indicados en la parte alta de la figura lám. 11, núm. 3, en la luz polarizada se ve por la igualdad de la tinta que presentan, que todos corresponden á fragmentos de un mismo cristal; observándose variacion de colores sólo en los bordes de las delicadas grietas rellenas de serpentina que separan entre sí estos fragmentos de la primitiva roca; hecho que demuestra la posterioridad de la serpentinizacion al peridoto.

Por lo que precede, se ve presenta este ejemplar hechos en extremo curiosos, por los cuales se sigue paso á paso la gradual evolucion de la serpentina.

Pero como ya he indicado, no es sólo por rareza como se encuentra el peridoto formando parte de esta colosal masa de serpentina, sino que si se someten á exámen ejemplares procedentes de diversos sitios de esta serranía, raros serán los que no manifiesten aún trazas del peridoto.

Si se examina por ejemplo la serpentina que ocupa el lecho del arroyo Sequillo cerca de Iguala, se observan idénticas gradaciones y aún se presenta la serpentina en un estado más avanzado de evolucion.

La serpentinizacion parece efectuarse en distintas fases y no parece ser toda la accion simultánea.

Primeramente se forman las grandes artérias con hierro magnético en su parte central, de direccion relativamente constante como se observa en los ejemplares primeramente descritos; á esta primera accion sigue la formacion de las pequeñas venillas, que aumentándose gradualmente, van cerrando la malla y disolviendo gradualmente el peridoto.

En algunos casos áun se observa una accion posterior sumamente interesante, distinguiéndose una serpentina que forma en general grandes ramificaciones de color claro y diáfano y de estructura con frecuencia fibrosa, que corta todas las venas en diversas direcciones.

Uno de los ejemplares en que se observa este hecho de una manera más patente, procede de una serpentina del Real del Duque.

Esta serpentina en roca es de un amarillo-ocre y su fractura es de apariencia terrosa.

En seccion trasparente distinguese en este ejemplar considerable cantidad de olivino cruzado por innumerables ramificaciones de serpentina; unas grandes de direccion relativamente constante, de color amarillo-ocre con fragmentos de hierro magnético en su parte central, y otras más pequeñas de serpentina igualmente amarillo-ocre pero en cuyos bordes y especialmente cuando se hallan en contacto con el peridoto no descompuesto todavía, se encuentra una sustancia del mismo color, pero excesivamente turbia y áun opaca en algunos sitios.

Además, y esto es lo más curioso del hecho, obsérvase una serpentina de un amarillo aún más claro pero infinitamente más diáfano, que corta todas las demás ramificaciones en distintas direcciones.

Al cortar esta sustancia los demás canales, se observa con frecuencia, especialmente en los principales, que al ser atravesados quedan separadas las venillas de hierro magnético de su parte central en tres ó cuatro secciones.

Otro hecho sumamente curioso que tambien se observa en este ejemplar como indica la figura lám. III, núm. 1, es que esta nueva serpentina arranca trozos del olivino con la sustancia opaca y la preexistente malla de serpentina, y arrastrándolas á cierta distancia en la corriente, va gradualmente disolviéndolos en su masa, quedando así plenamente demostrado, que cuando el movimiento molecular de estas vetas de serpentina se efec-

tuaba, las primeras ramificaciones y la primera incompleta serpentización del peridoto habían tenido ya lugar.

La manera y forma como se efectúa la serpentización, presentan también hechos sumamente notables; pero para no alargar demasiado los límites de este artículo, me limitaré á señalar un hecho que me parece digno de mencionarse y que se observa en una serpentina procedente de la Sierra Parda.

Este ejemplar, en roca, es de un rojo-ladrillo muy subido, con grandes fragmentos verdes, en general redondos, de olivino, diseminados por la masa de la roca, y que miden de 3 á 4 milímetros de diámetro.

La fractura de esta roca es en extremo terrosa; hecho que en esta serranía se repite con frecuencia, especialmente cuando las serpentinas son ricas en olivino.

En sección trasparente, á semejanza de la anterior, presenta al olivino atravesado por una serpentina amarillo subido, y en cuyos bordes se acumula la misma sustancia turbia y opaca, producto de una serpentización incompleta, que ya he indicado se observa en la anterior, aunque su color varía á un rojo subido.

Pero lo verdaderamente notable que esta serpentina presenta, es la tendencia que tiene esta sustancia roja á acumularse entre la malla de serpentina, afectando la forma de elipses, cuyos ejes coinciden.

Especialmente en la parte de la sección que muestra la figura lám. III, núm. 3, es esta estructura en extremo notable.

A veces se observan hasta cuatro y cinco elipses, cuyos ejes coinciden perfectamente; y aunque Zirkel menciona la tendencia que en algunos casos raros tiene la serpentina á formar círculos concéntricos, no tengo idea se haya observado un arreglo molecular semejante al que se verifica en este ejemplar.

Si de estas serpentinas, relativamente ricas en peridoto, se pasa á las que pueden llamarse concluidas, se observa que, aunque en éstas no se reconocen ya restos del peridoto, sin embargo, se distingue siempre la idéntica estructura de malla; en la que, si no quedan trazas de la primitiva sustancia, se reconoce, como ya he indicado, la andamiada que ha servido para su transformación, como se observa en las figuras lám. III, números 2 y 4, procedentes de serpentinas de Istan y de Yunquera.

Innumerables serían los casos que podrían citarse en que se

observa esta gradual epigénesis; pero sólo servirían para extender los límites de este artículo más allá de lo conveniente, pues creo que con lo expuesto basta para demostrar que no es sólo un caso fortuito encontrar el olivino en su gradual epigénesis, sino que constituye un hecho verdaderamente general en toda la masa de serpentina de este inmenso yacimiento.

Efectivamente, sea cual fuere la procedencia de las serpentinas de esta serranía, que se sometan al exámen microscópico, siempre se observa la idéntica estructura, y se traza la evolucion de esta sustancia, desde las rocas peridóticas de Sierra Parda y Benahaviz, en donde la serpentizacion es, puede decirse, incipiente, hasta las serpentinas de Yunquera, y otros sitios en donde toda traza del peridoto ha desaparecido.

Por lo tanto, queda, en mi juicio, firmemente establecido, que toda la potente masa de serpentina que tan importante papel ha desempeñado en la orografía de esta agreste region, es de origen peridótico, en el cual el cuarto de la base ha sido reemplazado por dos moléculas de agua.

De importancia suma considero este resultado; y sin pretender descifrar las causas que han determinado esta epigénesis del primitivo peridoto, creo que gran número de hechos, que á primera vista parecen incomprensibles, quedan perfectamente explicados como consecuencia de esta colosal trasformacion.

Cuando se observa la masa de terrenos, tanto estratificados como cristalinos, que cual inmenso ojal ciñen á esta enorme cuña de serpentina, nótanse en sus estratos una série de trastornos y modificaciones, tanto en su estructura como en su composicion, sumamente notables.

Estos fenómenos se manifiestan de diversa manera en cada formacion; y aunque *à priori* se ve que toda esta série de fenómenos están relacionados con la serpentina, es, sin embargo, difícil darse cuenta de la razon del lazo que evidentemente los une.

Por ejemplo, en la série de calizas secundarias que rodean á esta erupcion, se observa que gradualmente pasan á dolomias sacaróideas.

La dolomitizacion se exagera constantemente en el contacto con las grandes masas de serpentina; pero este fenómeno varía en extremo en la extension de la region en donde se manifiesta.

En algunos sitios es sumamente limitada, como, por ejemplo, sucede en la gran mole de las Plazoletas en la Sierra de Tolox,

en donde sólo en el actual contacto se encuentran dolomias sacaróideas; y á corta distancia de ahí, aunque laminadas, las calizas, de la extraordinaria manera que ya he descrito, casi no se encuentran trazas de magnesia en todos esos estratos.

Cerca de Igualeja, llama la atencion tambien el corto trecho en que la dolomitizacion se manifiesta, así como en otro gran número de sitios que sería prolijo enumerar, en donde se observa la idéntica localizacion del fenómeno.

En otros parajes, por el contrario, adquiere la dolomitizacion un inmenso desarrollo, y especialmente al Sur de la gran masa de serpentina, encuéntranse montañas enteras formadas de esta roca.

La dolomitizacion tambien se manifiesta con frecuencia en las grandes fallas del país; extendiéndose la accion mineralizadora hasta el punto de observarse en sus labios las dolomias impregnadas de serpentina.

Procedente de cerca de Marbella he observado un ejemplar al microscopio que presenta caractéres sumamente interesantes.

Empastados en la masa de la dolomia, se observan numerosos granos irregularmente repartidos de olivino, que como se ve en la figura lám. II, núm. 5, están atravesados por delgadas venas de serpentina verde-claro.

En la série de terrenos paleozóicos en inmediato contacto con la serpentina, se les ve unas veces descompuestos y otras compenetrados por sustancias serpentinosas, mientras que en otros sitios se encuentran grandes bancadas de esteatita.

Si de los terrenos estratificados se desciende al granito, se observan igualmente fenómenos de relacion con esta enorme erupcion de serpentina dignos de atencion igualmente.

Obsérvase en el granito de esta comarca con frecuencia suma, que la mica tiende á descomponerse, y en los sitios en que esta roca se encuentra en inmediato contacto con la serpentina, frecuentemente la mica es reemplazada por una sustancia verde serpentinosas ó talcosa, que en algunos sitios dá al granito la apariéncia de una protogina.

Otras veces, y es lo más frecuente, se conserva la mica y vése al granito impregnado de una sustancia verde, que en general forma granos de forma irregular visibles á la simple vista y que hacen perder al granito su habitual apariéncia.

Esta sustancia es soluble en los ácidos, y en su solucion se

encuentra á más de algun hierro, notable cantidad de magnesia.

Si se examina un ejemplar de este granito al microscopio, en seccion trasparente, distínguese en la sustancia verde esa estructura ramificada que se ha visto caracteriza á la serpentina; sustancia que se ve penetrar por las grietas capilares del granito y aglomerándose en ciertos sitios, ir gradualmente reemplazando á las demás partes componentes de la roca; especialmente á la mica, que como puede verse en la figura lám. III, núm. 5, parece irse disolviendo en la sustancia advenediza.

Como se ve, el hecho capital que caracteriza á toda esta série de fenómenos, es la identidad de la base que en todos domina.

En todos se observa que ya sean dolomías, esteatitas ó impregnaciones de materias serpentinosas las que hayan modificado los primitivos terrenos, siempre es la magnesia la que los determina.

Si además se considera que la masa de serpentina que tan profundamente ha dislocado estos estratos, es simplemente un peridoto hidratado que ha perdido la cuarta parte de su magnesia, quedan todos estos fenómenos perfectamente explicados.

Es evidente que al hidratarse el peridoto, el exceso de las aguas que han compenetrado su masa, deben haber trasudado en todas direcciones cargadas con la magnesia, que ha sido sustituida por las dos moléculas de agua que quedaban constituyendo parte de la serpentina nuevamente formada.

Estas aguas cargadas de sales magnesianas (en algunos sitios quizás á alta temperatura, si no como resultado de la hidratacion del peridoto, por la trasformacion del exceso de trabajo mecánico que en esa inmensa masa se producía) al compenetrar los estratos de tan diversa composicion como se encuentran en los bordes de esta masa eruptiva, son suficientes en mi juicio para producir toda esa série de fenómenos que en las rocas de esta localidad se observan.

Estas emanaciones que irradiaban de la masa central, explican la dolomitizacion de las calizas, la descomposicion de las pizarras, así como la impregnacion de estas rocas y el granito por materias serpentinosas y talcosas.

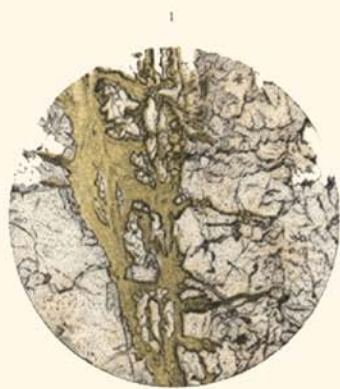
Las sales magnesianas al ponerse en contacto con terrenos de diversa composicion, han podido producir diferentes reacciones.

En presencia de carbonato de cal, por ejemplo, pueden haberse formado dolomías, mientras que otras veces en presencia

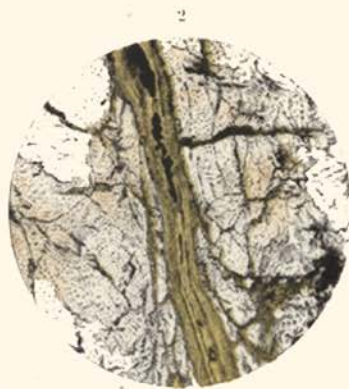
de un exceso de ácido silícico puede haberse regenerado quizás el peridoto cuando á alta temperatura, como se observa en las delomías de la falla de Marbella ó simplemente formar talco y serpentina como se observa en casi todas las pizarras y rocas graníticas de esta localidad.

Como se ve, todo este conjunto de fenómenos metamórficos que se observan en los estratos en inmediato contacto con la serpentina, quedan naturalmente explicados, como consecuencia de la hidratación del peridoto.

Por consiguiente, por esta simple evolución de la serpentina, no sólo se explican los fenómenos de metamorfismo que en su contacto se encuentran, sino que queda también evidenciado el importante papel que el peridoto representa en la composición de la corteza terrestre; pues al considerar las dimensiones de este colosal yacimiento y lo universal de la presencia de este mineral en todos los gabbros, basaltos y serpentinas de diversos lugares del globo, es inútil encarecer la importancia que tiene esta roca en la economía del globo terrestre.



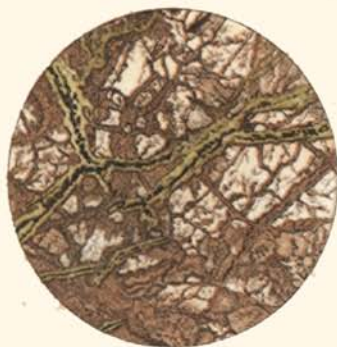
8a D.



16a D.



16e D.



4a D.

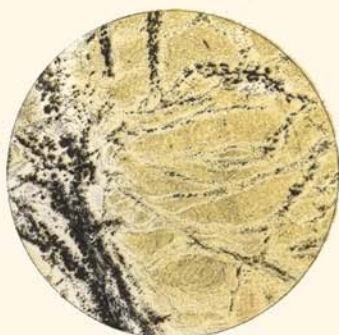


16a D.

Secciones de Serpentina de la Serranía de Ronda.



160 D.



160 D.



250 D.



160 D.



160 D.

Secciones de Serpentina de la Serranía de Ronda.

FENÓMENOS DINÁMICOS

QUE HAN CONTRIBUIDO AL RELIEVE

DE LA SERRANÍA DE RONDA,

POR

DON J. MAC-PHERSON.

(*Anal. de la Soc. Esp. de Hist. Nat. Tom. VII, 1878.*)

Las montañas que constituyen ese extremo meridional de la Península, vulgarmente conocido con el nombre de Serranía de Ronda, han sido siempre objeto para mí de profundo interés, tanto por la salvaje majestad de sus múltiples paisajes, cuanto por las causas que han contribuido á formar tan áspero conjunto de sierras, valles y mesetas.

Siempre he considerado estas montañas como uno de aquellos parajes que, tanto por la aparente unidad de su estructura, como por la manera clara y precisa como se hallan de manifiesto las grandes dislocaciones de esta parte de la corteza terrestre en sus vertiginosas laderas, podrían prestarse mejor para de su estudio deducir las causas á que deben su relieve las montañas.

De todos son conocidas las vivas controversias á que ha dado lugar la manera de explicar la estructura de esas grandes cordilleras que tan vital papel desempeñan en la economía del globo terrestre.

Durante la primera mitad del presente siglo, y como natural reaccion contra las exageraciones de la escuela werneriana, creía verse en las montañas, como Humboldt lo expresaba, la reaccion de la masa ígnea interna contra la película sólida que por su enfriamiento secular la comprimia.

Por luengo tiempo dominó en absoluto esta explicacion de la escuela plutoniana, y aunque cuestionada á veces por notables pensadores, era entónces tan abrumadora la evidencia en que se fundaba, que escasa mella venian á hacer los aislados ataques de hombres como Constant Prevost y otros, contra la universal creencia en tan sencilla explicacion.

Sin embargo, ya al finalizar la primera mitad del presente siglo, se fué viendo que no satisfacía esa teoría de una manera tan completa como sus adeptos pretendian, para explicar los numerosos hechos que por todas partes falanjes de exploradores iban revelando.

Grandes dudas fueron suscitándose acerca de si esa teoría daba exacta interpretacion de los hechos, y en el momento actual, enfrente de la antigua escuela plutoniana, se levanta pujante la que, sin abandonar el fundamento de aquélla, pretende, sin embargo, explicar los hechos de una manera más general que aquélla por la que hasta el presente habian sido interpretados.

Como consecuencia de las investigaciones llevadas á cabo en estos últimos tiempos, se va viendo que todas esas grandes cordilleras, actual adorno de nuestro planeta, son el resultado de pliegues y fracturas de colosal magnitud, cual si los materiales que forman la costra exterior del globo tuvieran la tendencia de acomodarse en el menor espacio posible, y que en vez de formar estas regiones un sistema simétricamente colocado á ambos lados del eje cristalino como la antigua teoría necesariamente exigía, se observa, por el contrario, una marcada falta de simetría en su constitucion.

Además se ve que los fenómenos eruptivos y volcánicos, en vez de ser la causa inmediata de tan colosales trastornos, son meramente las consecuencias de estas grandes manifestaciones de la contraccion secular de nuestro globo.

Acumulado ya el vasto arsenal de datos que las investigaciones de numerosa pléyade de geólogos han ido acumulando en toda la extension del planeta, apareció la notable obra de Mallet sobre la actividad volcánica, que vino á dar forma á la nueva teoría que ya puede decirse vagaba en la mente de numerosos geólogos, pero que necesitaba una inteligencia que, abarcando el fenómeno en su conjunto, prestara una fórmula clara y terminante á la nueva concepcion.

Para este pensador las montañas del planeta son la necesaria consecuencia de la contracción secular de nuestro globo, la que se manifiesta en su superficie como fuerzas que obran en la dirección de la tangente y que producen un estrujamiento de las partes más frágiles de la misma entre aquéllas que son más resistentes, y formula la causa generatriz de las montañas como la resultante vertical de dos fuerzas tangenciales, una de las cuales está representada por la contracción secular de la masa planetaria y la otra por su propia rigidez.

Presta además Mallet la importancia que merece como causa perturbadora de muchos de estos fenómenos, á la acción ejercida por la energía trasformada al acomodarse la masa exterior del planeta sobre un núcleo cada vez de menores dimensiones.

Las montañas, pues, para los sostenedores de esta concepción, son simplemente las arrugas, resquebrajamientos y fracturas de la costra exterior del planeta al acomodarse á la masa interior que se contrae, y los fenómenos eruptivos y volcánicos son dependientes de este estrujamiento tangencial que nunca da por resultado una estructura en modo alguno simétrica.

Planteadas la cuestión en estos términos, creo que puede verter alguna luz sobre este asunto el examinar esa zona de la Península que por lo accidentado de sus desniveles y por la manera clara y precisa como se hallan grabados en sus quebradas los fenómenos fundamentales de su estructura, permitan ver cuál de estas maneras de concebir el fenómeno, explica mejor los hechos que en dichas montañas se observan, y da una idea más precisa acerca de la génesis de esos grandes quebrantamientos que surcan la superficie de nuestro planeta, sometiendo al crisol de los hechos estas dos concepciones fundamentales.

Ninguna region de la Península ofrece sintetizada en sí en menor espacio una serie de fenómenos de tan alto interés, y conserva de una manera más indeleble los grandes jalones de su estructura, como la zona montañosa de las provincias limítrofes de Cádiz, Málaga y Sevilla, vulgarmente conocida con el nombre de Serranía de Ronda.

Sobre esta region de Andalucía vamos á parar brevemente nuestra atención, y ver de qué manera quedan más satisfactoriamente explicados los grandes rasgos de su estructura íntima: si considerándolos como el resultado de una fuerza que

ha obrado según la vertical, ó si las explican mejor fuerzas que hayan obrado en la dirección de la tangente.

Fijándose el observador en la ancha faja montañosa que desde orillas del Guadalhorce en la provincia de Málaga se extiende formando un arco de círculo hasta las playas oceánicas en la provincia de Cádiz, y cuya concavidad mira al mar Mediterráneo, no podrá menos de llamarle la atención la diferencia de estructura orográfica que separa á la parte de montañas que se levanta á la derecha del Guadiaro, de la que desde su margen izquierda desciende con vertiginosa rapidez al mar Mediterráneo.

Cuando se estudian estas dos regiones, se ve que la una está constituida por una serie de protuberancias aisladas, restos de grandes pliegues en los estratos de la época secundaria, enlazados entre sí por una no interrumpida serie de no menos violentos pliegues en los depósitos terciarios, mientras que en las montañas de la margen izquierda, por el contrario, no sólo los depósitos paleozóicos y cristalinos representan el papel más importante, sino que en vez de las protuberancias que, cual islas, sobresalen por entre los dislocados depósitos terciarios, forma el terreno una no interrumpida cresta en que se leen los menores detalles de su tectónica estructura.

Sin embargo, el estudio de esta comarca hace ver que esta diferencia es meramente el resultado de la mayor intensidad de los trastornos efectuados en este sitio, como la profundidad de los terrenos que salen á luz indican, y á la circunstancia de haber escapado en gran parte á la destructora acción del mar terciario que considerablemente ha obliterado los rasgos distintivos de la porción de cordillera situada á la margen derecha del Guadiaro.

Como en esta region de la Serranía es donde con mayor claridad pueden estudiarse los detalles de su estructura, sólo en ella vamos á fijar nuestra atención y á recorrer, aunque sólo sea á grandes rasgos, los principales detalles de su constitución.

Considerada esta region en su conjunto, aparece que uno de los elementos principales que entran como primer factor en su relieve es una colosal masa de serpentina que entre Manilba y Tolox no mide menos de 44 kilómetros, y de cuya bifurcación resulta la famosa playa de Málaga.

Al observar esta gran masa central no puede ménos de llamar la atención la diferencia que entre su borde Norte y Sur existe, pues toda ella parece como si hubiera basculado hácia el Sur.

Efectivamente, miéntras el reborde meridional constituido por terrenos paleozóicos y cristalinos, se eleva sólo á muy pequeña altura y á poco desaparece bajo el nivel del mar Mediterráneo, los que constituyen el reborde Norte no sólo forman una inmensa mole, gigantesco promontorio que se avanza sobre la limítrofe provincia de Cádiz, sino que se mantiene siempre á considerable altura sobre el nivel del mar y áun sobre la misma masa central de serpentina.

Esta zona montañosa se divide á grandes rasgos en tres regiones naturales.

Constituye la primera la doble cresta paralela que desde Casares y Gaucin se extiende hasta orillas del Guadalhorce y que, formando en su parte central una verdadera gibosidad, encierra entre sus agrestes peñas los dos valles longitudinales del Genal y del Turon que en sentido opuesto y paralelo y casi como prolongacion el uno del otro se deslizan por entre esta doble sucesion de ásperas alturas.

La más septentrional de estas crestas puede considerarse como el contrafuerte avanzado de la Serranía; miéntras la otra, que sin interrupcion se extiende desde Casares á Carratraca, y que lleva en sí el punto culminante de toda la comarca, forma como el verdadero espinazo de la cordillera.

La segunda region está constituida por la série de ásperos estribos, que cual las espinas de gigantesco pez se avanzan desde la más meridional de estas crestas sobre el mar Mediterráneo, miéntras la tercer region queda comprendida en el ancho y casi semicircular valle vulgarmente conocido con el nombre de Hoya de Málaga y toda la série de montañas que lo cierran por su parte Sur.

Estas tres regiones en que se divide la Serranía no son meramente divisiones fundadas en la diversidad de sus formas orográficas, sino que representan en sí tres distintos momentos de los fenómenos geológicos que han impreso su sello á esta parte del país.

La primera de estas regiones coincide con una série de pliegues en los estratos paleozóicos y secundarios que preceden á

ese profundo fragmento de la corteza terrestre, mostrando las rocas peridóticas por debajo del granito, y que constituye por sí la segunda region.

La tercera es el resultado de una amortiguacion del fenómeno en la direccion que le vemos seguir entre Manilva y Tolox, y despues de una gran quiebra en el terreno al Sur; la salida de rocas peridóticas vuelve otra vez á repetirse más meridionalmente en análoga forma á como sucede en dicha colossal masa al Sur de la cresta culminante, de cuya bifurcacion ya he dicho resulta la Hoya de Málaga.

Si se fija el observador en la estructura de la doble sucesion de sierras que entre sí encierran los valles del Genal y del Turon, verá que aún en medio de su aparente confusion ésta es relativamente sencilla.

Verá, que en esta doble sucesion de alturas, las que constituyen el contrafuerte avanzado, despues de formar sus estratos una série de grandes pliegues, se encuentran por una colossal fractura que se traza en el fondo de los valles del Genal y del Turon, desgajados de los terrenos que componen la cresta culminante, haciendo casi invariablemente que la parte superior del último pliegue del contrafuerte avanzado perteneciente á terrenos secundarios y terciarios, venga á chocar en anormal contacto contra la parte más inferior del segmento, aún más profundo de la corteza terrestre que comprende esa cresta culminante de la Serranía.

La estructura de esta parte de la Cordillera es aún, si cabe, más interesante que la que la precede, pues constituida casi exclusivamente por terrenos paleozóicos, forma en gran número de sitios, como por ejemplo, en las grandiosas protuberancias de las Sierras de la Nieve y de Tolox, un pliegue colossal, que empotrado entre los terrenos secundarios del segmento inmediato y la masa de serpentina que se levanta al Sur, viene todo él á tumbarse sobre ésta, repitiendo aún de una manera más exagerada el hecho de venir la parte superior del pliegue en anormal contacto con la parte más profunda de los terrenos que se levantan al Sur, cual si todo el sistema hubiera tenido la tendencia á experimentar no sólo un acomodamiento en el menor espacio posible, sino que tambien hubiera sufrido una caida de todo él hácia el Sur.

Cuando á su vez se inspecciona la estructura de la masa de

serpentina y terrenos que la limitan por su borde Sur, el estudio se hace instructivo en alto grado, pues mientras el reborde septentrional de esta mole inmensa está adosado á lo más reciente de la formacion paleozóica de esta parte del país, en su borde Sur, se la ve salir por debajo de las rocas graníticas, especialmente en toda la region que media entre Monda é Istán.

Además, sucede, que mientras el adosamiento por el Norte se efectúa á alturas que varían entre 1.200 y 1.400 metros, por el Sur escasamente pasa de 100 á 200 sobre el mar, en el mayor número de casos, formando por consiguiente esta mole de serpentina un inmenso plano inclinado, que desde la cresta culminante desciende al mar Mediterráneo.

No es, sin embargo, esta caída tan regular como puede aparecer de la calificación usada, sino que si se considera á la serpentina en su conjunto, se verá que aunque cortada por los diversos arroyos que vienen de la cresta culminante, su arista más elevada se halla á cierta distancia de este sitio, y se la puede trazar por las airosas protuberancias de los Reales de Genalguacil y Sierras Palmitera y del Real, série de altas cumbres que están alineadas próximamente con la dirección general de la cresta culminante de la Sierra.

Fíjese ahora el observador en la parte del reborde meridional de la masa serpentínica, libre de depósitos posteriores que lo enmascaren, y hallará que su estructura es precisamente la repetición inversa del fenómeno que acaba de estudiar: verá además, que en Sierra Blanca, por ejemplo, en vez de ponerse en contacto en los labios de la falla que pasa cerca de Istán, las rocas supra-graníticas con las infra-graníticas, como era de suponer, generalizando la regla de lo que sucede en la parte de la Serranía al Norte de este sitio, se verifica todo lo contrario, viniendo las micacitas que cubren el gnéis á chocar contra las calizas superiores de Sierra Blanca.

De modo, que de la misma manera como hasta aquí hemos visto venir á empotrarse en anormal contacto cada vez, fragmentos más profundos de la corteza terrestre, en este caso sucede todo lo contrario, cual si la subida, según la vertical, hubiera experimentado en la masa de serpentina el paroxismo de su acción dinámica, y desde ese punto, la subida, según esta dirección, hubiera ido gradualmente descendiendo hasta

desaparecer el terreno debajo de las aguas del mar Mediterráneo.

Al dejar de mostrarse á luz las rocas serpentínicas en las cercanías de Tolox se produce un trastorno en la manifestacion del fenómeno sumamente notable y que no deja de tener cierta importancia, pues gracias á él se nos permite ver una repetición aunque más en pequeño de la idéntica estructura que acabamos de describir.

Al desaparecer la serpentina en Tolox, se produce una gran quiebra al Sur, de dirección distinta á la que siguen los trastornos entre este pueblo y Manilva, que es precisamente de N. E. á S. O.

Esta quiebra se halla alineada de O. N. O. á E. S. E., y á ella se ajusta la costa entre Marbella y Torre Ladronez.

Simultáneamente con este trastorno, vuelve á salir otra gran masa de serpentina al S. E. del yacimiento principal, mientras que como prolongación de esa gran mole sigue hasta el mismo Guadalhorce una serie de afloramientos de esta roca por toda la vertiente meridional de la cresta culminante de la Serranía.

Al S. E. de Tolox vuelve á reproducirse la idéntica estructura, cayendo las pizarras y dolomías de las Sierras de Monda y Coin contra la masa de serpentina de la Sierra de la Alpujata, mientras que ésta desaparece en sus vertientes meridionales por debajo de las rocas gneísicas y graníticas de las Chapas de Marbella.

A poco vuelve otra vez el terreno á quebrarse en análoga forma en la Sierra de Mijas y á repetirse otra bifurcación, aunque cada vez en menor escala, del mismo fenómeno, volviendo la serpentina otra vez á estar en contacto en su borde Norte con terrenos más recientes que aquellos por donde desaparece en su borde Sur.

Por lo tanto, lo que puede decirse esencia de esta Serranía, es una serie de pliegues en los estratos y grandes fracturas que han permitido una notable oscilación de los diferentes segmentos en la vertical, y al mismo tiempo, una marcada tendencia á caer todos ellos hácia el Sur.

En el adjunto corte (Lámina vi) que representa la sección vertical del total de la Serranía desde el valle del Guadalete á Marbella, se ve que no se limita esta estructura á la región

que acabamos de reseñar, sino que en todo este conjunto de elevadas cumbres domina una estructura análoga.

Efectivamente, véase en toda ella la misma serie de violentos pliegues, y separados de trecho en trecho por idénticas colorales fracturas.

A poco de abandonar el observador los depósitos terciarios del valle del Guadalete, distingue que afloran los terrenos secundarios, constituyendo una serie de pliegues escalonados cada vez en fragmentos más profundos de la corteza terrestre, y con evidentes señales de hallarse fracturados unas veces en sus ejes anticlinales y otras en sus sinclinales, llegando en la hermosa masa del Pinar á lo que parece representar el paroxismo de su resultante vertical, cuya masa de caliza liásica, después de caer visiblemente hacia el Sur, viene á chocar contra las calizas jurásicas de la Sierra del Endrinal y alturas próximas á Grazalema, como si después de haber llegado el movimiento vertical á su máximo por una serie de ascensiones fáciles de seguir desde el valle del Guadalete á la masa del Pinar, hubiera ésta experimentado una depresión correspondiente.

Depresión bien manifiesta en el corte por el gran espesor y relleno de los depósitos numulíticos y terciarios entre Ronda y Grazalema.

A poco vuelve otra vez á iniciarse la ascension vertical en el terreno; levántase la mole de la sierra de la Gialda y repitiéndose un fenómeno análogo al que se observa entre la masa del Pinar y la sierra de la Espuela, vuelve otra vez á quebrarse el terreno en la gran falla de los valles del Genal y del Turon, y saliendo cada vez fragmentos más profundos de la corteza terrestre, forma este segundo fragmento el colosal pliegue de las sierras de la Nieve y de Tolox, que cae igualmente hacia el Sur y viene á empotrarse sobre la masa meridional de serpentina.

Téngase en cuenta que esta mole tiene sin variar los granitos al Sur, mientras que por su borde Norte choca contra terrenos más recientes, y se verá con toda claridad que es éste simplemente otro fragmento semejante á los anteriores, aunque más profundo, y será obvio que ha experimentado un movimiento de báscula todo el segmento, de igual manera como los anteriores, y que tanta razón habria para considerarlo esen-

cialmente distinto como, por ejemplo, á la masa de caliza liásica de la sierra del Pinar.

Después de llegar á este nuevo paroxismo, vemos repetirse exactamente la estructura observada al Sur de la masa del Pinar, y deprimido todo el terreno, no sólo en la vertical, sino en la profundidad de las formaciones que salen á luz, desaparece la Serranía por debajo del nivel del mar Mediterráneo.

La repartición y calidad de los depósitos terciarios que ocupan todo el extremo Sur de la Península, evidencian que los depósitos sincrónicos de esta época se encuentran divididos en dos zonas, cuyos sedimentos varían en extremo, pues mientras en la parte meridional dominan calizas compactas y gruesos bancos de arenisca, en la septentrional dominan en absoluto grandes espesores de creta blanca y arcilla.

Estas dos zonas de tan distinta sedimentación se hallan separadas por una faja de sedimentos intermedios que aproximadamente sigue una dirección de E. 40° N., ó sea paralela á la que siguen los grandes accidentes de la Serranía de Ronda, cual si á la sazón hubiera ésta ya formado una gibosidad influyente en la sedimentación de aquellos mares.

Los depósitos terciarios se encuentran comprimidos en una serie de violentísimos pliegues, y lo más notable del caso es que mientras los sedimentos numulíticos han penetrado hasta los parajes más recónditos de la Serranía, los terciarios medios parecen haberse detenido alrededor de esa gran mole, y penetrando sólo por el Norte, formaron un gran golfo en la actual meseta de Ronda, en donde sus estratos se encuentran levantados á más de 1.000 metros sobre el mar, cual si mientras los sedimentos de ese período se depositaban hubieran tenido lugar considerables oscilaciones del terreno.

Iguales y aún mayores discordancias existen entre los depósitos secundarios y los numulíticos, y aún quedan de manifiesto trastornos de mayor intensidad anteriores á esa época.

Pero aún más lejos pueden trazarse estas oscilaciones y estrujamientos de la corteza terrestre.

El período triásico se inicia por gruesos bancos de conglomerados y areniscas, depósitos todos de mares de poco fondo, cual si al comenzar esta época hubieran ya los terrenos de la comarca formado masas continentales, de donde procedían los

cantos que hoy vemos formando los conglomerados de la base de esa formacion.

A éstos suceden margas y calizas, depósitos ya de mares más pelásgicos, y que á juzgar por su enorme espesor, necesitan un hundimiento del terreno de millares de metros para permitir la inmensa acumulacion de sedimentos de la época secundaria que hoy observamos.

Si de los trastornos efectuados en la sucesion del tiempo pasa el observador á fijarse en la masa de serpentina, podrá ésta á primera vista tomarse como tipo de lo que constituye una masa eruptiva; su forma es elipsoidal, en su contacto se ven los estratos en un estado de trastorno extraordinario, las calizas metamorfoseadas en dolomías sacarinas y las pizarras descompuestas, indicando todo este notable cortejo de fenómenos un caso evidente de lo que se llama *masa eruptiva en fusion ígnea*.

Sin embargo, estudiemos lo que puede llamarse la estructura íntima de la masa serpentínica, y obtendremos que el resultado de esta investigacion está léjos de responder afirmativamente á esta suposicion.

Esta mole colosal, como en otro trabajo he tenido ocasion de indicar, es simplemente el resultado de la hidratacion de una masa peridótica que evidentemente existia á cierta profundidad de la corteza terrestre, y que por una série de simples reacciones que excluyen, no sólo toda posibilidad de fusion ígnea, sino tambien de un gran exceso de temperatura, ha ido gradualmente trasformándose en la serpentina que hoy observamos, efectuándose quizás de una manera, cuya lentitud nos pasmaria, esa série de trasformaciones en los estratos adyacentes que caracterizan á esa parte de la Serranía de Ronda y que, tomados en su conjunto, no son más que un simple accidente de fenómenos más generales, que en su suma han dado por resultado tan agreste region.

Por consiguiente, considérese la Serranía de Ronda como se quiera, bien con relacion á su estructura íntima, ó bien con relacion al tiempo en que sus varios fenómenos se manifestaron ó á la génesis de sus rocas fundamentales, siempre se llegará á soluciones perfectamente negativas para explicar el levantamiento por la primera de las mencionadas concepciones.

Por todos lados que se mire á la Serranía de Ronda, bajo nin-

gun concepto presenta esa sencillez ni esa simetría de estructura que sería el distintivo de una cordillera que para su elevación hubiera simplemente obedecido á esa fuerza, que en dirección radial se ha pretendido ver por todas partes.

Por consiguiente, en el caso presente me parece que pueden explicarse mejor los fenómenos considerándolos como consecuencia de una fuerza que, aunque con numerosas oscilaciones, haya obrado en la dirección de la tangente, y cuyos efectos, prolongándose quizás por un período que se pierde en la noche del pasado, han dado por resultado ese dédalo de sierras y quebradas que hoy día forman esa parte del país.

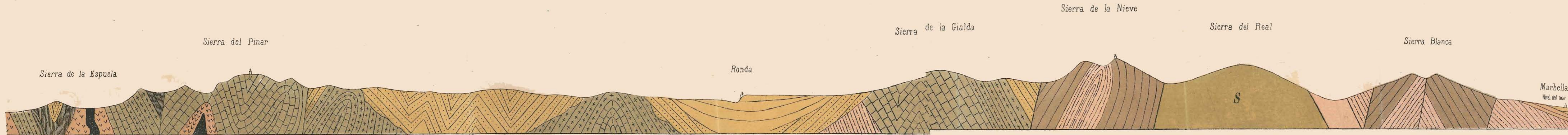
Suëss, en su magistral trabajo sobre el origen de los Alpes, señala el importante papel que desempeñan en la estructura del globo aquellas zonas de extraordinaria rigidez y de escasos trastornos, tales como la gran planicie de Siberia, la de Rusia central y otras varias, juntamente con el crecimiento que estas zonas rígidas experimentan como resultado de las partes menos resistentes que vienen á adosárseles en sus bordes, masas que parecen influir de una manera directa en la estructura de las montañas que accidentan nuestro planeta.

Por lo tanto, considerando el arco de círculo que la Serranía de Ronda describe, y cuya concavidad mira al mar Mediterráneo, en unión de los varios fenómenos que acabamos de estudiar, me inclino á ver en todo ello el resultado de la contracción secular del globo, ejercida en una parte relativamente frágil de la corteza terrestre comprimida entre dos más resistentes.

Al considerar el conjunto de sierras andaluzas y africanas; al contemplar por un lado la ya rígida mole de la meseta central española y por el otro la extensa Hamada del Desierto, y al tomar en cuenta las numerosas oscilaciones que el Sur de la Península ha experimentado, tan pronto descendiendo bajo el nivel de los mares como levantándose sobre él, mientras que la meseta central quedaba relativamente libre de estas oscilaciones, me parece que existe una íntima relación entre estos fenómenos que, aunque sólo considerada como hipótesis, juzgo, sin embargo, suficiente para explicar los grandes rasgos de su actual estructura.

A la luz de esta nueva concepción, la Serranía de Ronda y el total de montañas andaluzas parecen el resultado de una fuerza

tangencial que desde remotos tiempos y con su foco al Sur, aunque con numerosas oscilaciones, ha ido arrollando contra la masa rígida de la meseta central española esa parte ménos resistente de la corteza terrestre que hoy día forma el reborde meridional de la Península.



- | | | | | | |
|----------------------|--------------|-------------|------------|--------------|------------|
| = Mioceno y Plioceno | = Numúlitico | = Cretáceo | = Jurásico | = Liásico | = Triásico |
| = Yesoso | = Dolomias | = Micacitas | = Granito | = Serpentina | = Ofitas |

CORTE DE LA SERRANIA DE RONDA, ESCALA = $\frac{1}{100\ 000}$.

DESCRIPCION DE ALGUNAS ROCAS

QUE SE ENCUENTRAN

EN LA SERRANÍA DE RONDA,

POR

DON J. MAC-PHERSON.

(Sesión del 4 de Junio de 1879.)

Las rocas cristalinas que forman lo que puede considerarse como el verdadero corazón de la Serranía de Ronda, constituyen un conjunto de alto interés, tanto bajo el punto de vista geológico, como bajo el meramente petrológico.

Considerados en su conjunto todos estos materiales, pueden agruparse en tres grandes divisiones, representada la una por toda la serie de rocas ligadas puede decirse que da origen á los terrenos arcáicos de esta parte de Andalucía, y abarcando la otra la colosal masa de serpentina que los penetra y todas aquellas rocas, matriz fundamental de tan potente yacimiento, mientras que en la tercera caben todos los productos resultantes de las acciones recíprocas que estas dos series de rocas han ejercido la una sobre la otra.

Pero faltar, por desgracia, del necesario material para proceder á un estudio que permitiera deslindar y seguir en todas sus fases este triple fenómeno, tengo que limitarme á presentar, siquiera sea como un mero avance de un estudio más detenido, la descripción de algunos de los tipos de rocas que me ha sido dado observar en tan interesante region.

Encerrado, por lo tanto, en ese estrecho círculo, me tendré que limitar á exponer meramente y sin enlace alguno los caracteres petrográficos de las diversas rocas de esta comarca.

Pero es tal su riqueza mineralógica, es tan vasto el arsenal de datos que esta zona montañosa encierra para el conocimiento de los materiales que forman la corteza terrestre, que creo ha de tener interés, aunque sea en esa forma fragmentaria, el señalar los caracteres de algunas de las principales rocas que la constituyen.

Hecha esta breve digresion prosigo con mi tarea, dando principio con la descripción de algunas rocas gneísicas y graníticas que se encuentran en el borde meridional de la gran masa de serpentina.

Granito turmalinífero de las Chapas de Marbella y otros sitios.

Como á un par de kilómetros al Sudeste del cerro llamado la Cierva, en las Chapas de Marbella, se encuentra atravesando las micacitas y el gnéis de esa parte del país, un gran dique de granito turmalinífero sumamente notable.

Este granito es de grano fino y está constituido por pequeños cristales de feldespato blanco lechoso, cuarzo en gránulos pequeños, pero bastante perceptibles, y mica, unas veces de color dorado y otras plateado.

Además se observan repartidos por la roca con extraordinaria abundancia, numerosos cristalitos de turmalina negra, pero que en sus bordes es traslúcida y deja pasar la luz de color pardo amarillento.

Nótase tambien que hácia las salbandas del dique la mica tiende á desaparecer hasta el punto de llegar á dominar en absoluto la turmalina, y entónces presenta la roca una apariencia extremadamente bella, destacándose los brillantes cristalitos de turmalina de entre la pasta blanca mate formada por el cuarzo y el feldespato.

Los caracteres de esta roca, estudiada en seccion trasparente al microscopio, son en extremo interesantes, tanto por el aspecto general de la roca cuanto por lo bien conservadas de las formas cristalinas de la turmalina.

El feldespato, como regla general, es turbio, se encuentra relleno de numerosas impurezas, y está atravesado unas veces por los planos del crucero y otras irregularmente por vetas de

sustancia hialina, probablemente de cuarzo ó de algun feldespato ácido, presentando en algunos sitios la estructura pegmatoidea muy bien caracterizada.

Como consecuencia de esta infiltracion se observa que sus extremos raras veces son regulares, sino que comunmente se encuentran como desleídos en el cuarzo.

Cuando este mineral se halla lo suficientemente diáfano, entónces se ve que su accion sobre la luz polarizada es bastante enérgica, observándose que entre los nicoles cruzados la extincion se verifica simultáneamente en toda la extension del cristal sin traza alguna de estructura polisintética, lo que hace considerar este feldespato como ortosa.

Se observan, sin embargo, algunos cristales que por su estructura francamente polisintética deben referirse al sexto sistema.

La mica es de dos clases, y sus fragmentos son completamente irregulares en sus extremos.

Una de ellas es de color castaño rojizo, de intenso dicroismo, pero que en las láminas cortadas perpendicularmente al eje cristalográfico es nulo el carácter que lleva á considerarla como biotita.

La otra variedad es incolora y hialina, de marcada absorcion y de enérgica accion sobre la luz polarizada, cualidades propias de la mica potásica ó muscovita.

Pero el mineral que da carácter á este granito, tanto por la cantidad en que se presenta, como por la belleza de sus formas cristalinas, es la turmalina, mineral que, aunque no dominando en absoluto, como sucede en las salbandas de este dique, constituye, sin embargo, uno de los elementos esenciales de esta roca.

Su color varía desde un castaño amarillento á un castaño violado.

Su tamaño oscila en extremo, pues miéntras algunos cristales miden hasta dos y tres milímetros, otras veces descenden á un décimo y áun ménos de milímetro.

Suélese presentar este mineral en fragmentos irregulares; pero lo más frecuente es que se distinguan sus formas en un estado de conservacion perfecta.

Aquellos cristales cortados más ó ménos normalmente al eje cristalográfico, se les ve que están unas veces formados por

prismas de nueve lados, ó sea la usual combinacion del prisma exagonal y del trigonal, y otras en que dominando las caras de este último suelen afectar formas casi triangulares.

Aunque con mayor rareza, se observan tambien algunos cristales de contorno perfectamente exagonal, en cuyo caso parecen poderse referir precisamente al prisma fundamental.

En aquellos cristales cortados por planos más ó ménos paralelos al eje cristalográfico se observa que miéntras en una de sus terminaciones aparece el apuntamiento debido al romboedro, por la otra aparece la terminacion básica, siendo por consiguiente su constitucion hemimórfica; sin embargo, en otros, y con especialidad en aquellos individuos de pequeñas dimensiones, suelen observarse por ambos lados las terminaciones del romboedro, aunque es de notar que en algunos casos parecen estas terminaciones corresponder á distintos romboedros. Tambien se observa que algunos cristales presentan el vértice del romboedro truncado al parecer por la base, y no es raro tampoco que en algunas de las secciones de este mineral perpendiculares al eje cristalográfico se les vea constituidos por zonas concéntricas de distinta coloracion.

Las inclusiones de este mineral son muy numerosas, y pueden referirse á tres distintas clases; unas consisten en fragmentos cristalinos é irregulares que se hallan repartidos con bastante irregularidad, y acerca de cuya naturaleza no me ha sido posible determinar nada con precision; otras opacas ó semitranslúcidas de color pardo castaño, y es posible que tal vez puedan referirse á algun óxido de hierro, miéntras que las otras son cavidades rellenas por líquidos con grandes burbujas gaseosas, pero que es de notar se hallan invariablemente fijas.

Presentan todas estas inclusiones una marcada tendencia tanto en agrupaciones como aisladamente, de orientar el eje de su máxima dimension, unas veces paralelamente al eje cristalográfico de la turmalina y otras perpendicularmente á él.

Diseminados por la roca y meramente como elemento accidental se encuentran tambien algunos fragmentos cristalinos de un mineral unas veces incoloro y hialino, y otras con un ligero tinte rosáceo, de dicroismo muy marcado y en un todo idéntico á la andalusita, que como más adelante se verá, tanto abunda en el gnéis de Istan.

El cuarzo que puede decirse empasta todos los elementos de la roca, presenta sus habituales caracteres, y es extremadamente rico en inclusiones, en especial de cavidades que contienen líquidos, algunas de las cuales adquieren notables dimensiones; así como las de las burbujas gaseosas que encierran, existiendo algunas que ocupan la casi totalidad de la cavidad, y en este caso, como es natural, se hallan completamente fijas; pero cuando no alcanzan esas dimensiones poseen un rápido movimiento oscilatorio, y en algunos raros casos las he visto por completo obedientes á las leyes de la gravedad.

Una cavidad he observado de este género, sumamente notable, pues parece demostrar la acción perturbadora de las paredes de la cavidad sobre el libre movimiento de estos corpúsculos gaseosos.

Esta cavidad que mide de tres á cuatro milésimas de milímetro en su longitud máxima, está constituida en una de sus terminaciones por un molde negativo de la pirámide exágona del cuarzo, mientras que el otro extremo afecta una forma perfectamente irregular, y estrechándose gradualmente describe en su terminacion una ligera curva.

Bajo estas condiciones invariablemente sucede que cuando la burbuja sube desde la parte irregular de la cavidad á la parte regular, tarda infinitamente ménos tiempo que vice versa, sin rozar en ningun caso contra sus paredes; cual si la forma de éstas influyera de una manera directa sobre el libre movimiento de la burbuja ó á lo ménos sobre el desplazamiento del líquido que la envuelve.

Obsérvanse tambien algunas de estas cavidades completamente rellenas de gases á juzgar por el grosor del anillo de refraccion, y á veces se distingue una pequeñita esfera en el interior de la cavidad que desaparece al aumentar la temperatura, siendo probable que en este caso sea ácido carbónico líquido.

A corta distancia de Yunquera he visto otro dique de granito turmalinífero armando igualmente en las pizarras arcáicas de esa parte del país.

En este caso la mica ha desaparecido completamente, encontrándose la roca profundamente resquebrajada; y es su cuarzo y feldespato de grano tan fino que á primera vista podria tomarse por una masa felsítica.

Las turmalinas son negras y de idénticos caracteres que en el granito de las Chapas y sus dimensiones rara vez pasan de dos ó tres milímetros en el sentido de su eje cristalográfico.

En el microscopio presenta esta roca una gran semejanza á la parte de la salbanda del ya mencionado dique, aunque las turmalinas son algo más oscuras en su color, dominando el castaño verdoso, y es de notar que las aristas regulares de estos cristales son mucho más redondeadas é irregulares sus contornos que en la ya mencionada roca.

Además la infiltracion cuarzosa se encuentra algun tanto más avanzada que en el ejemplar anterior, y por consiguiente, la estructura pegmatoidea está mucho más determinada, siendo por lo demás idénticos los caracteres en ambos yacimientos.

A corta distancia del dique de las Chapas y ya bajando á las vertientes del rio de Fuengirola, he visto otro granito turmalinífero en el cual se observan tambien bellos granates almandina.

Observada esta roca en el microscopio, se ve que su estructura es perfectamente granitoidea, formada por grandes cristales de feldespato turbios en general y abundante cuarzo.

Irregularmente repartidos por este magma se encuentran las turmalinas y los granates.

Este primer mineral se presenta en fragmentos de gran tamaño é invariablemente de contorno irregular, siendo su color un castaño violado de bastante intensidad.

Se distingue por una extraordinaria abundancia de inclusiones; unas que poseen grandes burbujas gaseosas y que están prolongadas en el sentido del eje cristalográfico, y en las que es frecuente observar que estén terminadas por el apuntamiento romboidal de la turmalina, siendo por consiguiente moldes negativos de este mineral, y otras al parecer de algun óxido de hierro y que tambien están orientados guardando un marcado paralelismo con el eje cristalográfico.

Son tan abundantes estas inclusiones en algunos sitios que prestan á la turmalina cierta apariencia fibrosa, en extremo especial y que recuerda algunas de las inclusiones de la dialaga ó de la hiperstena.

El granate se presenta en gránulos redondeados y rodeado por una aureola de óxido de hierro de color de naranja subido.

sustancia que compenetra á este mineral por las numerosas grietas que lo surcan. .

Presenta además el granate de esta roca una particularidad muy notable, que consiste en estar completamente acribillado por penetraciones de una sustancia hialina de viva acción sobre la luz polarizada y que parece deberse referir al cuarzo. Cuando se observa esta sustancia entre los nicoles cruzados se destaca de una manera admirable de entre la oscura masa del granate.

Estas penetraciones que unas veces afectan formas ramificadas en extremo curiosas y otras esferoidales, están casi invariablemente envueltas también por una capa ocrea á semejanza de lo que se observa en los grandes fragmentos de granate, cual si fuera un producto debido á su descomposición.

Además no es raro observar que estas infiltraciones afecten formas cristalinas, reconociéndose en algunas las exagonales del cuarzo muy bien determinadas.

Gnéis de las cercanías de Istan y otros sitios.

Al descender las ásperas laderas de la Sierra Blanca, y como á un par de kilómetros ántes de llegar al pintoresco pueblo de Istan, se atraviesa la colosal falla que ha desgajado los estratos de esta parte del país y que ha dado por aparente resultado la penetración de las masas dolomíticas que constituyen esta agreste sierra hácia lo interior del granito y el gnéis que aflora entre estas alturas y la masa de serpentina de la Sierra del Real.

En toda esta region, comprendida desde las cercanías de Monda hasta orillas del Rio Verde, en el recodo que forma al Oeste de Istan, dominan en estrecha faja las rocas cristalinas, entre las que domina un granito gneísico sumamente notable y que adquiere un gran desarrollo en los alrededores de este pueblo.

Este granito gneísico se encuentra con frecuencia atravesado por diques de diversas rocas, entre ellas por un granito de un grano estremadamente fino.

Este gnéis está constituido por feldespato unas veces en grandes cristales, de color blanco lechoso, pero que en algu-

nos sitios toma un ligero tinte azulado, cuarzo en pequeños gránulos y mica en pequeñas partículas, las que tienen la tendencia de orientarse guardando un cierto paralelismo, lo que presta á la roca su carácter gneisiforme.

Se distinguen además diseminados por la roca numerosos fragmentos de un mineral color de rosa, de gran dureza, y que como el análisis microscópico revela, debe considerarse como andalusita.

En las vecindades del contacto con la masa de serpentina este granito tiende á descomponerse, sobre todo en su mica y frecuentemente se le ve impregnado, como en otra parte he tenido ocasion de indicar, por diversos minerales magnesianos, que prestan á la roca una extraña apariencia.

Estudiadas secciones transparentes de este granito gneísico en aquellas partes que pueden considerarse libres de esa accion perturbadora, presentan una estructura sumamente interesante.

Esta roca es muy rica en feldespato, y el cuarzo, aunque abundante, no forma esas grandes placas homogéneas comunes al granito sino que afecta más bien una estructura granudo-cristalina, que le presta una fâcies muy especial, y se asemeja en algunos puntos al gnéis de la provincia de Sevilla de que ya he tenido ocasion de ocuparme.

El feldespato está unas veces descompuesto, y turbio por consiguiente, pero otras se halla en un estado de conservacion admirable relativamente á como se halla la ortosa en esta clase de rocas.

En ese caso es su accion sobre la luz polarizada extremadamente enérgica, y brilla por consiguiente con vivísimos colores; y es tan simultánea su extincion entre los nicoles cruzados, que no deja lugar á la menor duda de ser este feldespato del quinto sistema.

La magnitud de los cristales de este mineral es vario en extremo y oscila desde cristales que ocupan mucho más del campo del microscopio con aumento de solo sesenta diámetros á dimensiones relativamente pequeñas.

Sus contornos son unas veces irregulares y se encuentran como desleídos en la masa cuarzosa, pero otras conservan sus aristas muy bien determinadas.

Este mineral, cuando en su estado de mejor conservacion,

empasta con frecuencia tanto diminutos fragmentos de mica como pequeños cristales exagonales de apatita, mineral que se halla también abundantemente repartido por los demás elementos constituyentes de la roca.

En algunos sitios se observa que el feldespato afecta una estructura aparentemente fibrosa sumamente extraña.

Vistos estos cristales de feldespato con grandes aumentos se ve que esto es el resultado de una infiltración por los planos de crucero de ténues impurezas, y en muchos casos es curioso el observar cómo aquellos cristalitas de apatita, que están orientados en dirección más ó ménos normal á los planos de crucero, han sido segmentados en diferentes fragmentos por estas infiltraciones.

El tamaño de los fragmentos de mica es en extremo variable, pues mientras algunos alcanzan hasta más de un milímetro en su longitud máxima, otros descienden á ménos de un centésimo de milímetro.

Este mineral es bastante abundante, y su color es un castaño-rojizo, de intenso dicroismo, con especialidad en aquellos fragmentos cortados más ó ménos paralelamente al eje cristalográfico; pero en aquellas placas, que parecen estar cortadas paralelamente al crucero, es éste muy escaso, y en algunos casos casi nulo, lo que hace creer que á lo ménos en parte deba considerarse este mineral como biotita.

Se observa con frecuencia que la mica se halla, y con especialidad en sus bordes, convertida en una sustancia fibrosa, de color verde claro, de muy escaso dicroismo, la cual parece ser un producto clorítico.

Repartidos con grande abundancia por toda la roca, y pudiendo por su constancia considerarse como una parte esencial de la misma, se distinguen grandes trozos de un mineral hialino, sustancia que es evidentemente el mineral color de rosa, que ya he dicho se distingue macroscópicamente diseminado por la roca.

Este mineral se presenta siempre en fragmentos cristalinos de contorno irregular, pero obedeciendo siempre á una marcada tendencia de estar prolongados en una dirección que parece corresponder con la de su eje cristalográfico.

Su color es variable en extremo y oscila desde el hialino incoloro al rosa fuerte.

Tambien es variable en alto grado su dicroismo, pues mientras algunos fragmentos permanecen, puede decirse, inalterables al hacer girar el nicol inferior, otros cambian sus tintas desde el rosa intenso al incoloro ó á un suave tinte verdoso.

Sobre la luz polarizada ejerce una accion muy enérgica, extinguiéndose invariablemente entre los nicoles cruzados cuando la seccion principal del polarizador es paralela á su eje cristalográfico; caractéres todos que concuerdan con los que corresponden á la andalusita.

Presenta este mineral una tendencia muy marcada á experimentar una profunda alteracion en su estructura.

Manifiéstase ésta comunmente en los bordes, y como resultado de ella aparece un producto incoloro de estructura fibrosedosa constituida por finisimas hebras que se funden y entrecruzan entre sí y forman delicados haces que se desparraman por la roca y compenentran todos sus elementos constituyentes.

Suele este producto acumularse alrededor de los fragmentos de mica, y á veces, si no fuera por su estructura en hebras, podria muy bien tomarse como una mica potásica, sobre todo en aquellos sitios en que adquiere mayor homogeneidad.

En ese caso se observa que su accion sobre la luz polarizada es bastante enérgica y su extincion entre los nicoles cruzados paralelamente á su fibra; sin embargo, dado el origen no creo improbable que pueda este producto ser análogo á la sillimanita ó á alguna de sus congéneres.

Como ya he tenido ocasion de indicar, estos filamentos se desparraman por la roca, y es harto curiosa la manera cómo compenentran algunos de sus elementos constituyentes. En un bien conservado cristal de feldespató se observa que desde uno de esos grandes haces se desprenden en forma de abanico innumerable cantidad de esas hebras y lo atraviesan más ó ménos normalmente á su crucero principal, y es de notar que de algunas de estas hebras parten en sentido inverso dos séries de impurezas que penetran por los planos del crucero del feldespató, cual si por el conducto que esas agujas han efectuado hubiera igualmente penetrado la sustancia que habia de descomponer este mineral.

En otros ejemplares la andalusita ha desaparecido casi por completo, pero en su lugar se encuentra una notable cantidad

de esta sustancia fibrosa, cual si la andalusita hubiera sufrido en total esa transformación, quedando esa sustancia como último testigo de su presencia en el constante tejer y destejer de la naturaleza.

El cuarzo que empasta todos estos elementos, ya he dicho que se diferencia algún tanto del que usualmente se observa en el granito, pues si con la luz natural podía confundirse, cuando se emplea la polarizada se diferencia bastante.

Aunque en este agente se observan en algunos sitios placas con la idéntica estructura que las usuales del granito, en otros afecta una estructura granudo-cristalina sumamente notable, y en un todo semejante á la dominante en algunos de los porfidos cuarzosos de la provincia de Sevilla.

Consiste esta especial estructura en el hecho de estar constituido este mineral por innumerables esférulas de diverso tamaño y forma, y que, apretadas las unas contra las otras, forman un bello mosaico cuando se las observa en la luz polarizada.

Son estos gránulos á veces tan pequeños que con frecuencia se ven algunos que empastan otros más pequeños todavía, no siendo raro, aun en los mismos cristales de feldespatos, ver empastados algunos de estos diminutos glóbulos.

En algunos de ellos se suele observar, aunque toscamente, delineados los contornos exagonales del cuarzo.

Las inclusiones de este cuarzo varían en gran manera, tanto en cantidad como en su forma, pues aunque algunas de estas esferas son de una pureza perfecta, en otras abundan las impurezas de una manera extraordinaria.

Como regla general puede decirse que son pequeñas, y las burbujas gaseosas que encierran poseen un rapidísimo movimiento, mientras que otras, por el contrario, son de grandes dimensiones, y en ese caso las burbujas se hallan completamente fijas, siendo por regla general sus contornos en este caso de lo más caprichoso que puede imaginarse.

Gnéis de las Chapas de Marbella.

Esta roca varía algún tanto en su apariencia como en su estructura de la que acabo de describir.

Este gnéis es de color oscuro y de fábces ménos granítica que el dominante en Istan.

La oscuridad de su tinte es efecto de la gran cantidad de mica que entra en su composicion, siendo además notable por el tamaño de los cristales de feldespato de más de dos centímetros de longitud que, agrupados en maclas en Carlsbad, dan á esta roca una apariencia porfiroidea sumamente bella.

En el microscopio se distingue este gnéis por el gran predominio de mica oscura y la total carencia de andalusita, así como de todo mineral filamentoso que quede como producto de su descomposicion. Otro carácter que le diferencia tambien del de Istan es la frecuente presencia de cristales de feldespato que por su franca estructura polisintética deben referirse á la plagioclasa.

El grano de esta roca, excepcion hecha de los grandes cristales de feldespato porfídicamente empastados, es bastante menudo, y tanto el cuarzo como el feldespato se hallan en cristales y placas de pequeño tamaño.

Como término á la descripcion de esta clase de rocas me ocuparé de la estructura de uno de los grandes cristales de feldespato porfídicamente empastados.

La estructura de este cristal es muy compleja, pues se observa que en los dos individuos que forman la macla de Carlsbad se distinguen no solamente otros cristales más pequeños de feldespato, y sin guardar orientacion fija alguna con el plano de macla, sino tambien trozos de cuarzo completamente cuajados de cavidades con líquidos, y aún se observa tambien aglomeraciones de la idéntica pasta que forma esta roca; estructura que hace ver cuán difícil tiene que ser el deducir por el simple análisis cuantitativo nada terminante acerca de la constitucion aún de aquellos cuerpos que por su forma cristalina parecen hallarse en un estado de mayor pureza.

Roca gneisiforme á orillas del rio de Fuengirola, en el camino de las Chapas de Marbella á Mijas.

En las laderas septentrionales de los montes conocidos con el nombre de Chapas de Marbella, y en particular hácia donde el cauce del rio Fuengirola se estrecha entre estos montes y

la masa de serpentina de la sierra de la Alpujata, se encuentra una roca gneisiforme, notable tanto por su singular belleza, cuanto por los materiales que entran en su composición.

Esta roca es estratiforme y se encuentra asociada á las micacitas y al gnéis de esta parte de la Serranía de Ronda, y á veces, á juzgar por la forma de los cantos redondeados y destacados de la masa principal que cubren el terreno, podría tomarse por una roca granítica.

Su color es un rojo vivo, listado de negro, y en esa especial masa se destacan bellos granates almandina también de un color rojo intenso.

Descúbrese, además, grandes fragmentos de un mineral de estructura algun tanto fibrosa; de un color al interior suavemente rosáceo, pero enrojecido al exterior por óxido de hierro y que á primera vista podría confundirse con el feldespato.

Sin embargo, basta un ligero exámen para ver que no presenta los caracteres de este mineral, y que á otro es al que hay que referirlo.

Al soplete es infusible; raya, aunque con dificultad, el cuarzo, y calentado su polvo fuertemente al soplete, previamente humedecido con nitrato de cobalto, adquiere una bella coloración azul. Caracteres que en unión de los que el análisis microscópico revela, llevan á considerar este mineral como una variedad de la andalusita.

La sustancia negra, que en tan gran abundancia se observa en la roca, mancha el papel, y en unión de sus demás caracteres, conducen á referirlo al grafito.

La transparencia de los granates es grande, así como su tamaño, pues algunos he visto que miden hasta dos y tres centímetros de diámetro.

Pero si notable es esta roca por su aspecto exterior, aún lo es más por la interesante estructura que su exámen microscópico revela.

En sección transparente su estructura es eminentemente cristalina, estando todos los elementos que la constituyen trabados por un magma cuarzoso, el cual presenta una perfecta semejanza con el de las rocas graníticas.

En este magma de cuarzo, cuyas innumerables grietas están rellenas de hermosas ramificaciones de hematita roja, se encuentran empastados todos los diversos elementos de la roca,

los que pueden enumerarse segun el órden de su mayor abundancia, de la manera siguiente:

- 1.º Grandes fragmentos de andalusita.
- 2.º Cristales y fragmentos de granate almandina.
- 3.º Pequeños trozos de mica.
- 4.º Fragmentos pequeñísimos de espinela ferrífera.
- 5.º Trozos irregulares de grafito y aun tal vez de magnetita.
- 6.º Algunos pequeños cristales mal definidos de feldespato.
- 7.º Cristalitos muy bien determinados de rutilo.

La andalusita se encuentra irregularmente repartida por la roca. Su estructura es algun tanto fibrosa, incolora y de diacroismo apenas perceptible. Su accion sobre la luz polarizada es enérgica en extremo, y el máximo de su extincion invariablemente se produce cuando la seccion principal del polarizador es paralela á su fibra, que parece á su vez serlo tambien á su eje cristalográfico.

Obsérvase, tambien, que con alguna frecuencia afecta este mineral una estructura palmeada, y entónces en la luz polarizada produce un efecto sumamente bello.

Las inclusiones de este mineral no son muy numerosas y se reducen además de algunas infiltraciones de óxidos rojos, de hierro, á unas agujitas largas y angostas de color amarillento claro, que tienden á orientarse guardando un cierto paralelismo con el eje cristalográfico.

Tambien suelen distinguirse algunos pequeños fragmentos de los diversos minerales que se encuentran diseminados por la roca aprisionados en éste; pero á pesar de esto es uno de los que mayor limpieza ostentan de todos los que forman esta curiosa roca.

El granate es tambien muy abundante, y miéntras unas veces sus secciones parecen corresponder, aunque groseramente, á las regulares del cristal, otras afectan formas completamente fragmentarias.

Su color es un ligero tinte rosado, y su extincion es completa en cualquier posicion, en el plano horizontal entre los nicoles cruzados.

Preséntase este mineral en extremo resquebrajado, y sus grietas están rellenas del mismo óxido de hierro que impregna

el cuarzo, siendo de notar que todos los cristales y fragmentos de granate se encuentran rodeados de una franja roja de óxido de hierro.

Las inclusiones de este mineral son no solamente numerosísimas, sino interesantes en alto grado y pueden dividirse en tres distintas clases.

Las primeras y más abundantes son incoloras, de dimensiones relativamente grandes, pues miden hasta 15 centésimos de milímetro.

Sus formas unas veces son irregulares ó redondeadas, pero otras afectan la forma de un perfecto rombo-dodecaedro.

Pero el hecho, realmente interesante que estas inclusiones presentan, es la de no extinguirse entre los nicoles cruzados, sino que brillan sobremanera, destacándose de entre la oscura masa de granate que las envuelve, y en los casos en que afectan la forma de rombo-dodecaedros, hay que considerarlos como moldes negativos del granate, rellenos por una sustancia birefringente, probablemente cuarzo.

Las inclusiones que siguen á éstas en cantidad relativa, están formadas por una sustancia negra y opaca que, aunque como regla general afecta formas irregulares, otras, por el contrario, las toma perfectamente esféricas y en algunos de los rombo-dodecaedros rellenos de sustancia birefringente, he visto empastadas hasta dos y tres de estas pequeñas esferas.

Esta sustancia opaca parece ser en su mayor parte el mismo grafito que en tan gran abundancia, ya he dicho, se encuentra diseminado por la roca.

Descúbrese, además, numerosos cristallitos de un mineral de color de vino subido; pero dada la relativa abundancia de esta sustancia en el resto de la roca, me reservo hablar de ellos para más adelante.

La mica es también muy abundante y se presenta como regla general en fragmentos irregulares, que oscilan en sus dimensiones desde cerca de un milímetro hasta partículas en extremo pequeñas.

Su color es un castaño rojizo no muy subido, y su dicroísmo extremadamente enérgico y pasa desde el mencionado tinte á un anteado muy claro.

El feldespato desempeña un papel enteramente secundario; sin embargo, en algunos sitios de la roca se observan frag-

mentos cristalinos de gran magnitud y en bastante buen estado de conservacion. Su estructura es homogénea, extinguiéndose todo el cristal simultáneamente entre los nicoles cruzados, carácter que obliga á considerarlo como ortosa.

Suélese observar en este mineral algunas inclusiones, en extremo curiosas, consistentes en especies de oquedades rellenas ó bien por una sustancia hialina é isotropa, ó de idéntica orientacion que el feldespató, pues su extincion es simultánea con el cuerpo que las envuelve.

Su forma es entre larga y algun tanto curva, y se encuentran orientadas, guardando un marcado paralelismo con los planos del crucero del feldespató.

La espinela desempeña un papel muy importante en esta roca.

Siempre en pequenísimos fragmentos que oscilan en sus dimensiones desde un décimo de milímetro á uno ó dos centésimos, siendo sus contornos perfectamente irregulares. Distínguese, además, este mineral por su tendencia á formar agrupaciones de gran tamaño, y en general en íntima union con el grafito.

Su color es un violeta claro con un tinte verdoso, y es constantemente hialina y transparente. Es su dicroismo perfectamente nulo, y permanece en completa oscuridad cuando se la hace girar en el plano horizontal entre los nicoles cruzados; conjunto de caracteres que parecen corresponder todos á la espinela ferrífera ó pleonasto.

El grafito se presenta diseminado por la roca, en considerable cantidad y afectan sus contornos como regla general, formas irregulares; pero á semejanza de lo que se observa en el granate, afecta esta sustancia la forma de esférulas en bastante cantidad.

Distínguese además numerosos cristalitos de un color de vino subido que, si no fuera porque he observado dos ó tres maclas que parecen corresponder á la usual del rutilo por las caras de la pirámide, los consideraria como zircon; tal es su semejanza con los de la eclogita de Eppenreuth en el Fichtelgebirge de la coleccion de Fuess, núm. 4.

Estos cristalitos, que ya he dicho se encuentran aprisionados en el granate, lo están igualmente por todos los demás elementos de la roca.

Sus formas cristalinas, á pesar de su pequeñez, se distinguen bastante bien, pudiéndose reconocer formas prismáticas terminadas generalmente por pirámides, pero en dos ó tres casos me ha parecido ver que están terminadas por la pinacoide básica.

También se observan, aunque repartidos con gran escasez por la roca, algunos pequeños cristales de formas muy semejantes á las ya descritas, pero cuyo color varía á un violeta plomizo subido, de marcado dicroísmo, y cuya naturaleza ignoro.

El elemento que traba todos estos componentes entre sí ya he dicho que es el cuarzo, el cual se presenta con la misma fâcies que en las rocas graníticas.

Este mineral está profundamente agrietado, y las grietas se hallan rellenas de hematita roja, pero en tan prodigiosa cantidad, que en algunos puntos oscurece la roca á tal extremo que se necesita llegar en la labra á un estado de tenuidad extrema, para conseguir ponerla transparente.

Este mineral, como regla general, afecta vetas de gran homogeneidad, pero otras se hace su estructura ramificada y entónces forma algunas bellísimas dendritas.

El cuarzo de esta roca es muy rico en inclusiones, siendo éstas de dos distintas clases, unas que parecen ser de gases, á juzgar por lo grueso del anillo de refraccion que las rodea, y otras que contienen líquidos, de formas en general sumamente caprichosas, pero cuyas burbujas se encuentran perfectamente fijas.

Tales son los caracteres de esta curiosa roca, conjunto abigarrado de los más diversos materiales, y que, á pesar de tan casuales elementos, ocupa una considerable extension en la comarca.

Diabasa del puerto del Robledal.

Siguiendo el camino que desde Ronda conduce á Istan y Marbella, y precisamente ántes de llegar á la cresta culminante de la Serranía en el puerto del Robledal, se encuentra una diabasa en extremo interesante. Esta roca está interestratificada entre las pizarras que afloran por debajo de las calizas

y dolomías que forman el cerro del Alcohol y alturas próximas, y que con buzamiento de Sudoeste vienen como á empotrarse hácia el interior de la masa de serpentina que se eleva á su mayor altura en la vecina Sierra Palmitera.

Esta roca es de estructura cristalina, de fractura algo terrosa y de color pardo-verdoso.

Su densidad asciende á 3,00 y observada con ayuda de la lente se la ve constituida por cristales blancos de feldespato y pequeños fragmentos de un mineral de color pardo, algun tanto bronceado.

Examinada en seccion transparente con el microscopio se ve que su estructura es eminentemente cristalina y está constituida por largos cristales de feldespato y fragmentos de piroxeno, presentando una bellissima apariencia.

Este último mineral se halla en su mayor parte transformado en un producto fibroso que parece deberse referir al anfíbol ó actinota, pero otras veces pasa á una sustancia de color verdusco, probablemente clorita.

El feldespato, por el contrario, se encuentra en un estado de conservacion perfecta en la mayoría de sus cristales, y entónces son claros y transparentes, de una manera verdaderamente excepcional en esta clase de rocas.

Estos cristales se hallan acoplados segun la ley de la albita, y se encuentran considerablemente prolongados segun la direccion del plano de macla.

En la luz polarizada se distinguen por la viveza de sus colores, dejándose entónces ver su estructura polisintética de una manera admirable, aunque rara vez pasan las agrupaciones de cinco ó seis individuos.

En algunas maclas se observa además que, miéntras una mitad está formada por la union de tres y aún cuatro cristales, adosados segun la ley de la albita, la otra mitad lo está por la agrupacion de muchos adosados en una direccion próximamente normal á la de la braqui-pinacoide, y en ese caso es probable que lo estén segun la direccion de la pinacoide básica.

Se observa tambien con alguna frecuencia que muchos de estos cristales presentan un crecimiento zonar extremadamente bello, sobre todo cuando se les examina en la luz polarizada, y es de notar que en algunos he visto servir de núcleo

á este crecimiento un fragmento, de contorno más ó ménos regular, tambien de feldespato.

En algunos cristales, en que la extincion entre los nicoles cruzados se efectúa simétricamente á ambos lados del plano de macla, y que por consiguiente tienen que estar cortados normalmente á la braqui-pinacoide g' , se observa que el ángulo comprendido entre los dos máximos de extincion llega hasta 63° , carácter que, gracias á los profundos trabajos de Descloizeaux, lleva á considerar á este feldespato como *labrador*.

Gracias á la perfecta conservacion de los cristales de este mineral, es por demás interesante estudiar los detalles de su constitucion íntima.

Algunas maclas he visto que, miéntras por uno de sus lados extremos están constituidas por la agrupacion de cinco ó seis cristales, se observa que á cierta distancia parecen éstos fundirse entre sí, y adelgazándose por el extremo opuesto, forman una especie de cuña que penetra á través de la masa homogénea que constituye el resto del cristal.

Entre el compacto tejido, formado por estos cristales é invariablemente moldeados por ellos, se descubren grandes fragmentos, unas veces constituidos por un mineral fibroso, en el cual se hallan embutidos otros trozos más pequeños de piroxeno, y otras de una sustancia verde, bastante turbia, y que parece ser algun producto clorítico.

El mineral fibroso que envuelve al piroxeno parece el resultado de una anfibolizacion ó uralitizacion de este mineral. Su color varía desde un verde-claro al anteaado, y su dicroismo es bastante pronunciado.

En la luz polarizada brilla con viveza, y la extincion se produce entre los nicoles cruzados cuando las fibras que lo constituyen forman ángulos con la seccion principal del polarizador, que llegan hasta 15 ó 16 grados.

En algunos sitios se presenta este mineral algo turbio, cual si estuviera impregnado de productos cloríticos, pero en otros se observa que las fibras se funden entre sí, y entónces adquiere este mineral todos los caracteres de la horublanda comun.

Obsérvase tambien con frecuencia que las hebras de anfibol se desparraman por la roca, y formando entónces ténues agujas

se agrupan y entrecruzan, y constituyen un bellissimo tejido.

La clorita es de color variable; unas veces es de un verde sucio, y otras amarillenta, y sus contornos son generalmente indefinidos, formando con frecuencia una franja alrededor de los cristales de feldespato.

En la luz polarizada es de escasa actividad, siendo apenas perceptible su dicroísmo.

El piroxeno, que ha permanecido sin descomponerse, es de color amarillo rosado, hialino y de no muy viva acción sobre la luz polarizada.

En todos esos fragmentos se observa que la suplantación de la sustancia anfibólica se ha verificado á través de los planos de crucero, lo que presta también al piroxeno una apariencia fibrosa, y en algunos fragmentos podría fácilmente confundirse con la dialaga.

Se distinguen además irregularmente repartidas por la roca algunas pequeñas partículas de cuarzo.

Esta sustancia está llena de pequeñas cavidades: unas que, á juzgar por lo grueso del anillo de refracción que las circunda, parecen contener gases aprisionados, y otras simplemente de líquidos.

De estas últimas las mayores afectan formas en extremo irregulares, y sus burbujas se encuentran invariablemente fijas, mientras que en las de pequeñas dimensiones poseen, por el contrario, un rapidísimo movimiento.

Por último, se distinguen, aunque repartidas con grande escasez por la masa de la roca, algunas pequeñas aglomeraciones de hierro magnético, las que con frecuencia se hallan rodeadas de una aureola de color rojizo semi-transparente, y es de notar que el anfíbol que se halla en su inmediata vecindad se colora de castaño y adquiere un dicroísmo en extremo pronunciado, carácter que lo distingue del que constituye una gran parte de la roca, cual si esta coloración se verificase á espensas del hierro magnético.

Norita de las cercanías de Istan, camino de Monda.

A corta distancia de Istan, camino de Monda, he visto una roca en extremo interesante que, aunque geológicamente con-

siderada, no parece tener una grande importancia, petrológicamente no deja de tenerla.

Desgraciadamente el ejemplar que poseo de esta roca deja bastante que desear, tanto por lo pequeño, cuanto por proceder del contacto con la masa granítica; sin embargo, fijándose solamente en aquella parte más retirada del contacto se presenta la roca en lo que parece ser su estado normal.

Como ya he indicado, esta roca arma en el granito, y presenta éste la circunstancia de cargarse en la salbanda de cristales de bronzita.

Su color es negro, su estructura cristalina y su densidad considerable. Estudiadas láminas delgadas de la parte de esta roca más retirada del contacto con el granito, presenta una apariencia en extremo notable.

En ese caso se la ve constituida por un magma hialino que empasta numerosos y pequeños fragmentos de un mineral de color amarillo claro.

Este mineral se presenta invariablemente hendido longitudinalmente por estrías en extremo ténues, debidas evidentemente á un crucero dominante.

Su dicroismo es apenas perceptible, y su accion sobre la luz polarizada de regular energía, estinguiéndose entre los nicols cruzados invariablemente cuando la seccion principal del polarizador es paralela al estriado longitudinal; conjunto de caracteres que llevan á considerarlo como un piroxeno ortorómbico, probablemente enstatita.

Cuando se estudia el magma en la luz polarizada se observa que este agente se resuelve en un agregado cristalino constituido por grandes cristales de plagioclasa que poseen una constitucion polisintética en extremo numerosa, y que se encuentran en un estado perfecto de conservacion.

Como otro de los elementos constituyentes de la roca se distinguen numerosos pequeños fragmentos opacos, probablemente de magnetita.

La enstatita con frecuencia se halla profundamente descompuesta y está convertida en una sustancia algun tanto fibrosa, de color verde-oscuro sucio, y bastante opaca, producto que creo debe considerarse como clorítico ó serpentinoso.

Esta sustancia se infiltra por los planos de crucero, y gradualmente invade todo el mineral, encontrándose fragmentos

en todos los estados imaginables de descomposicion, y es de notar que el mineral resultante guarda siempre un marcado paralelismo con la primitiva fibra de la enstatita.

Se observa tambien que á veces el mineral verde forma una serie de fajas alternas con otras de color negro y opacas, que parecen ser de hierro magnético.

El tamaño de los fragmentos de enstatita varía mucho, pues mientras algunos miden más de medio milímetro, otros descienden á dimensiones en extremo exiguas. A tal extremo llega esta division, que frecuentemente en el interior de algunos cristales de feldespato se observan aglomeraciones que por su fâcies parecen pequeñas partículas de este mineral, que escasamente miden de dos á tres milésimas de milímetro.

Los cristales de feldespato son siempre limpios y diáfanos, y sin poseer ningun gran brillo en la luz polarizada se distinguen por lo numeroso de su constitucion polisintética.

El hierro magnético, como ya he indicado, es bastante abundante, y algunas veces es notable por el tamaño de sus aglomeraciones, pero sin presentar nunca los contornos regulares del cristal.

Curiosa es la constitucion de esta roca, y á pesar de que el ejemplar que poseo no es suficiente para un estudio definitivo que no deje lugar á la duda, creo, sin embargo, que existe una marcada semejanza entre sus caractéres y el grupo que Rosenbusch, en su petrografía, distingue con el nombre de noritas en el grupo de rocas de plagioclasa y enstatita, sin olivino, y con ese nombre me parece oportuno darla á conocer.

Peridotitas empastadas en la masa de serpentina entre Tolox y Manilba.

Al ocuparme del origen de la serpentina de la Serranía de Ronda tuve ocasion de referirme á las peridotitas de esa region; pero atento entónces al objeto principal, que era demostrar su serpentinizacion, no descendí á diferenciarlas bajo el punto de vista de su clasificacion petrográfica.

Por lo tanto, aunque sea á costa de repetir lo que ya en otro lugar he dicho, creo, sin embargo, que puede ser de algun interés el señalar los principales caractéres de algunas

de esas interesantes rocas que en aquella ocasión quedaron sin describir.

El yacimiento de estas rocas, como ya he tenido ocasión de indicar, se encuentra en la colosal masa de serpentina de esa parte del país en donde se encuentran empastadas cual los cantos glaciales en el barro de una morrena.

A tres variedades distintas parecen referirse las rocas peridoticas procedentes de ese inmenso yacimiento que he tenido ocasión de estudiar.

En la primera agrupación todas aquellas masas en que el peridoto desempeña un papel preponderante, y que parece corresponder á la dunita de la Nueva Zelandia descrita por Hochstetter.

Las rocas pertenecientes á la segunda variedad están constituidas por una notable cantidad de diópsida cromífera, peridoto y alguna enstatita, asociación de minerales conocida con el nombre de lherzolita, mientras que la tercera que he tenido ocasión de ver está formada por un curioso compuesto de un piroxeno y peridoto con grandes trozos de pleonasto.

La dunita, á juzgar por la abundancia de peridoto que queda sin descomponer en el gran número de serpentinas de esta comarca, parece ser la que ha desempeñado un papel más importante como materia para la formación de esta roca.

La dunita en aquellos ejemplares que pueden considerarse como perfectamente típicos, está constituida por una masa de peridoto, de testura sumamente homogénea, que empasta algunos granos vítreos de la misma sustancia, y en los que se reconocen los caracteres habituales de este mineral. Además se distinguen diseminados por la roca, y con cierta irregularidad, algunos granos de color negro de picotita, ó espinela cromífera.

Su color es un gris verdoso-claro, y su lustre entre grasiento y vítreo, ascendiendo su densidad á 3,3; siendo su dureza también muy considerable.

Tratada esta roca en polvo por el ácido hidrocórico se descompone por completo, dejando la sílice en granos gelatinosos.

En sección transparente se presenta la roca al microscopio como constituida por un agregado granudo-cristalino de pequeños fragmentos de peridoto, en cuya masa se observan

empastados otros trozos mayores de la misma sustancia y tambien de contornos en extremo irregulares.

Diseminados por este agregado se descubren numerosos pequeños fragmentos de picotita.

Los gránulos de peridoto que forman lo que puede considerarse como la pasta de la roca, son de dimensiones en extremo pequeñas, y como regla general oscilan desde un décimo de milímetro á cinco milésimas en su máxima dimension.

Por el contrario, los grandes fragmentos alcanzan á veces hasta más de un milímetro de largo por otro tanto de ancho.

Si se someten secciones de esta roca á la accion de los ácidos se observa que toda su masa se descompone por igual, poniéndose turbia y opaca, y disolviéndose el residuo en su mayor parte en la potasa, quedando sólo incólumes los pequeños fragmentos de picotita.

El peridoto posee una accion extremadamente viva en la luz polarizada, y brilla en general con tintas verdes y encarnadas.

En los grandes fragmentos se observa á veces un estriado longitudinal que corresponde probablemente al crucero principal y paralelamente al cual se verifica la extincion entre los nicoles cruzados.

Además se presenta este mineral constantemente atravesado por innumerables grietas irregulares que son, puede decirse, los canales por donde se verifica la serpentizacion.

Los contornos de la picotita son tambien irregulares en extremo, y sólo como gran rareza pueden reconocerse los regulares del cristal, observándose entónces las formas octaédricas.

Las dimensiones de este mineral son variables en alto grado, pues miéntras los fragmentos visibles á la simple vista alcanzan hasta un milímetro, los que los grandes aumentos revelan descenden á dimensiones de ménos de una milésima de milímetro, siendo de notar que cuando se observa la roca con grandes aumentos se ve que la masa de peridoto está completamente llena en algunos sitios de tenuísimas partículas de este mineral, el cual presenta siempre la misma irregularidad en sus contornos.

Entre el apretado tejido que forman las diminutas partículas de peridoto se observa una pequeña cantidad de un mineral perfectamente hialino y de perfecta pureza, de superficie homogénea y que contrasta con la suavemente rugosa del peridoto,

de accion bastante enérgica en la luz polarizada, y cuyos contornos parecen adaptarse al de los gránulos de peridoto, cual una sustancia incrustante, y acerca de cuya naturaleza, dada la pequeña cantidad de sustancia, no me ha sido posible llegar á ningun resultado positivo, pero es probable que deba referirse á algun feldespató básico.

En las lherzolitas de esta comarca dominan las tintas verdes, efecto no sólo del verde aceituna del peridoto, sino tambien del que le presta el bello verde esmeralda de la diópsida cromífera.

Estas rocas son de estructura cristalina y pueden reconocerse todos sus elementos perfectamente limitados, áun á la simple vista.

En algunos ejemplares adquiere la diópsida cromífera un notable desarrollo, y dominando entónces en la roca el color verde esmeralda de este mineral, adquiere ésta una singular belleza.

Este mineral se presenta con un crucero muy bien determinado, y hasta tal punto, que le presta una estructura fibrosa en alto grado á casi todos sus fragmentos.

El peridoto es verde-aceituna y muy semejante al que constituye la lherzolita del Elang de Lhers; su fractura es vítrea y forma generalmente gránulos redondeados.

Descúbreanse además fragmentos de un mineral amarillorcastaño, el cual presenta un crucero dominante que le da una estructura fibrosa, mineral que parece referirse á la enstatita.

Aunque con relativa escasez se descubren además algunos pequeños fragmentos de picotita.

Examinada esta roca en el microscopio, en seccion transparente, se ve que está constituida por un agregado cristalino de grandes fragmentos de los tres minerales citados.

La diópsida que en algunos sitios forma la parte más importante de la roca, es de un verde esmeralda claro, color que persiste aun en un gran estado de tenuidad. Observado este mineral con el nicol inferior se ve que es ligeramente dicróico. Casi invariablemente su estado de conservacion es, puede decirse, perfecto, y su accion sobre la luz polarizada extremadamente enérgica.

En todos los fragmentos de este mineral se distingue un crucero dominante que le presta una estructura fibrosa suma-

mente marcada. Además de este crucero se observan otros dos que al cruzarse dan como resultado un enrejado sumamente bello; tanto cuando se examina á la luz natural, como cuando se hace uso de la polarizada, dependiendo la forma del enrejado naturalmente de la direccion del corte dado á la sustancia.

Estos tres cruceros parecen corresponder dos de ellos, bien á las caras del prisma ó á las de las pinacoides g' y h' , si como parece probable se ha de considerar con Rosenbusch á la diópsida cromífera como una variedad de dialaga; miéntras que el tercero parece corresponder á la pinacoide básica.

Las inclusiones de este mineral son escasas; sin embargo, siguiendo los planos de los cruceros se distinguen algunas partículas semitranslúcidas; que parecen como infiltraciones, segun esas direcciones; pero como regla general pueden estas inclusiones considerarse como excepcionales.

El peridoto unas veces se presenta en grandes fragmentos, atravesado por numerosas grietas irregulares y hialinas, de accion tambien muy viva en la luz polarizada, siendo de di-croismo nulo; por el contrario, otras veces forma un agregado granudo-cristalino, semejante al que constituye la dunita, y el cual parece ser tambien el agente que trava los diversos elementos de la roca.

Cuando se trata una seccion de estas rocas por los ácidos, se observa que el peridoto pierde su transparencia, y cuando se le somete á la accion de la solucion acuosa de potasa y se calienta la roca, se reduce á una menuda arena al disolverse la sílice gelatinosa que aún trababa los diferentes compuestos entre sí; y diseminándose entónces por el líquido los diversos fragmentos verdes de diópsida y los amarillentos de enstatita en su pristino estado.

Se observa en aquellas de estas rocas en que la serpentini-zacion es, puede decirse, incipiente, que ésta de preferencia se efectúa sobre el peridoto, y con especialidad en el elemento granudo-cristalino que trava los diversos componentes de la roca entre sí.

El piroxeno rómbico se diferencia poco en su color y demás caracteres del peridoto, salvo por un crucero dominante que á veces le presta una estructura fibrosa y otras desgarrada, y paralelamente á cuya direccion se verifica la extincion de este mineral entre los nicoles cruzados; no distinguiéndose

trazas de los tres cruceros dominantes que se observan en la diópsida.

La picotita es también abundante y á diferencia de lo que se observa en el tipo de roca anteriormente descrita se presenta en fragmentos aun más irregularmente repartidos, pero de mayor magnitud, y ostentando siempre la misma irregularidad en sus contornos.

Además de este mineral se descubren algunos granitos de color negro y opacos, y que tal vez puedan referirse á la cromita.

El otro tipo de roca del grupo de las peridotitas que he tenido ocasion de estudiar es curioso en extremo.

El ejemplar, objeto de este estudio, procede de un gran canto hallado en la vecindad del Puerto del Pino, en el camino desde Igualaja á Estepona, pero cuyo yacimiento no me ha sido dable hallar, pero que es probable proceda de uno de esos lentejones empotrados en la serpentina que por todas partes se descubren.

Esta roca está constituida por una sustancia fibrosa y aun bacillar, de un color de ante violado; sustancia que empasta numerosos fragmentos irregulares de un mineral de color negro y de extraordinaria dureza.

Su tenacidad es extrema; su densidad grande, ascendiendo á 3,3; desprendido un pequeño fragmento de la sustancia fibrosa se funde con relativa facilidad al soplete en un vidrio de color blanco.

Tratada esta roca por los ácidos, se descompone en parte.

El residuo que no ha sido atacado por los ácidos y fundido con carbonato de sosa, deja aún un pequeño residuo sin atacar despues de haber sido á su vez tratado por los ácidos.

Este pequeño residuo consiste exclusivamente en los pequeños fragmentos del mineral negro, el cual resiste á todos estos agentes, pues examinado en el microscopio se le ve en su primitivo estado caractéres que en union de los que su análisis microscópico revela llevan á considerarlo como la espinela ferrífera ó pleonasto.

En la solucion de este mineral se observa además de la sílice una notable cantidad de hierro, alguna alúmina, bastante cal y una considerable cantidad de magnesia.

Láminas delgadas de esta roca presentan una estructura en

el microscopio, curiosa en alto grado, estando constituida por un agregado cristalino formado por grandes fragmentos de pleonasto, otros aún mayores, de estructura fibrosa, que parecen referirse á un mineral piroxénico y un conjunto granudo-cristalino de peridoto.

La estructura de este mineral piroxénico es verdaderamente extraordinaria, pues aunque aparentemente forma la casi totalidad de la roca cuando sólo se la observa con muy pequeños aumentos, apareciendo simplemente fibroso como consecuencia de tener un crucero predominante, y á primera vista podria tomarse por una enstatita ó dialaga, presenta, sin embargo, cuando se le observa con mayor aumento, una constitucion extraña en extremo, sobre todo cuando se emplea la luz polarizada.

Con ayuda de este agente se ve que esta estructura tan exageradamente foliácea es el resultado no tanto de un crucero dominante, cuanto de una alternancia de un mineral homogéneo y un agregado granudo-cristalino.

Sometidas secciones de esta roca á la accion de los ácidos, se observa que mientras el mineral homogéneo resiste por completo, el agregado cristalino se descompone en totalidad.

Cuando se estudia esta curiosa sustancia con atencion, se ve que efectivamente es un mineral con un crucero dominante, pero entre cuyos planos se ha infiltrado esa sustancia granudo-cristalina.

Efectivamente, se observa que en aquellos fragmentos que parecen estar cortados próximamente perpendiculares al crucero, esta alternancia consiste en la intercalacion de gránulos que miden desde dos ó tres centésimas de milímetro, á ménos de uno, entre placas paralelas de un mineral homogéneo que se extingue simultáneamente en toda su extension entre los nicoles cruzados, formando los planos del crucero con la seccion principal del polarizador, ángulos que llegan hasta más de 40 grados.

Estas placas, separadas por la película granudo-cristalina, miden desde un décimo á cuatro ó cinco centésimos de milímetro.

Otras veces se observan en aquellos fragmentos cortados oblicuamente á los planos del crucero, que las láminas, tanto del mineral homogéneo como las de la sustancia granudo-

crystalina, se ensanchan sobremanera y en aquellos que se aproximan ya á guardar un cierto paralelismo á esa direccion, se distinguen partículas granudo-cristalinas sobre la homogénea placa del mineral piroxénico, cual si fuera el residuo de la sustancia interpuesta entre los planos del crucero que no hubieran sido desprendidos en la labra.

Otras veces suele observarse que entre los nicoles cruzados la extincion no se verifica, sino que se manifiestan fajas debidas á la interposicion de alguna delgada placa de esta sustancia entre el piroxeno.

En el caso de estar alguna de las placas cortada de manera de no tener sustancia alguna interpuesta, entónces pueden estudiarse todas sus propiedades, libre de toda accion perturbadora.

En este caso se ve que su estructura foliácea no es simplemente el resultado de una infiltracion por una direccion indeterminada, sino que existe un crucero dominante por los planos del cual ésta se ha verificado.

La accion de este mineral sobre la luz polarizada es **enérgica** en extremo, siendo su dicroísmo nulo y su **extincion**, como ya he indicado, se verifica formando ángulos la direccion de los planos de crucero con la seccion principal del polarizador, hasta de más de 40 grados, caractéres que en union de los que presenta tanto al soplete como con los ácidos, conduce á considerarlo como un mineral piroxénico ó tal vez dialágico; aunque la manera de estar interpuesta la sustancia granudo-cristalina entre los planos del crucero, no deja de presentar alguna semejanza con las interposiciones segun la pinacoide básica en la malacolita, la salita y otros minerales piroxénicos.

El agregado granudo-cristalino de peridoto, además de las intercalaciones que efectúa por entre los planos de crucero del piroxeno, rodea tambien con frecuencia los fragmentos de este mineral, así como los grandes fragmentos de pleonasto.

Los gránulos de peridoto presentan con frecuencia trazas de serpentinizacion, estando á veces atravesados por ténues vetillas de serpentina de color amarillo ocráceo.

El pleonasto se presenta en grandes fragmentos de contorno irregular, y su color es variable con el espesor de la placa; ptes se observa que aquellos fragmentos que son más delga-

dos hácia su periferia que hácia su parte central, presentan un color verde botella subido en el centro, y que hácia sus bordes se hace violado.

Este mineral no ejerce accion alguna sobre la luz polarizada, y entre los nicoles cruzados queda completamente extinguido en todas las posiciones, en el plano horizontal.

Su superficie es algun tanto rugosa y con frecuencia está atravesada por grietas irregulares.

En general es limpio y transparente, y las impurezas que encierra se reducen á algunos pequeñitos fragmentos negros y opacos probablemente de magnetita.

El hecho más curioso que este mineral presenta, reside en la descomposicion que parece haber experimentado en sus bordes.

Los contornos de este mineral, como ya he dicho, son perfectamente irregulares, y cuando se le observa con grandes aumentos se ve que la masa granudo-cristalina no está en inmediato contacto con este mineral, sino que existe entre ambos un espacio hialino y transparente, el cual, sometido á la luz polarizada, se resuelve en numerosos cristales de feldespato triclinico de una constitucion muy numerosa, el cual se descompone en los ácidos y por consiguiente debe referirse á la anhortita.

Es curioso este hecho, pues parece indicar como si éste feldespato fuera el resultado de una accion reciproca entre los diversos elementos de la roca y fuera el pleonasto el que prestara la indispensable alúmina para la formacion del feldespato cálcico á expensas del adyacente piroxénico.

Además se distinguen diseminados por la roca algunos pequeñísimos fragmentos negros y opacos, probablemente de hierro magnético ó cromita; pero es tan escaso este mineral, que puede considerarse como un mero accidente.

Tales son los caracteres de esta curiosa roca, cuya extraña estructura deja en perfecta duda acerca del grupo á que debe asimilarse.

Sin embargo, si se ha de juzgar por los elementos que la constituyen, y prescindiendo de los grandes fragmentos de pleonasto, parece debe relacionarse al de las picritas; ó tal vez á las descritas por M. Daubrée como procedentes del Ural y que sirven de matriz á los minerales del grupo del platino.

Esteatita de los Llanos del Juanar.

Entre las dos crestas paralelas que forman la áspera masa de la Sierra Blanca entre Istan y Marbella, existe una pequeña extension de terreno relativamente llano, y precisamente en la division de aguas entre el rio Verde y el Grande y conocida con el nombre de Llanos del Juanar.

En esta pequeña depresion, afloran las pizarras micáceas inferiores á las dolomías cristalinas de esta parte del país en virtud del gran pliegue que éstos forman y que da su relieve á esta parte de la Serranía.

Constituyendo precisamente el eje anticlinal de este gran pliegue, aparece una sucesion de pizarras micáceas de color muy oscuro, y entre cuyos estratos se encuentran intercaladas gruesos bancos de esteatita.

Esta es de un color blanco-rosado, untuosa al tacto y de lustre entre nacarino y sedoso.

Su estructura es fibrosa, y miéntras unas veces guardan sus hebras un marcado paralelismo con la estratificacion, otras se hace confusa y ondulante su direccion, y entónces afecta la roca una apariencia extremadamente bella.

Con ayuda de la lente, se descubren diseminados por la roca, una inmensa cantidad de pequenísimos puntos de un rojo muy pronunciado.

Triturada esta roca en un mortero de agata y lesiviada con agua para separar las partes de menor densidad, se observa que queda en el fondo del mortero un polvo rojizo, el cual es perfectamente inalterable en el ácido clorhídrico.

Calentado este polvo con la sal de fósforo á la llama de oxidacion en el soplete, se observa que queda incolora, miéntras que en la de reduccion se produce la característica coloracion violeta del titano, hecho que lleva á considerarlo como rutilo.

Si se someten láminas delgadas de estas rocas al exámen microscópico, presentan una estructura en extremo interesante, estando constituida por una masa fibrosa en la cual se encuentran empastados una extraordinaria cantidad de cristalitos de rutilo, así como algunos fragmentos de un mineral

isotropo, de contorno irregular, y que es probable deba referirse al granate.

La esteatita que forma la casi totalidad de la roca, es perfectamente incolora y transparente, y en general afecta su fibra un paralelismo muy marcado; otras veces por el contrario forman éstas un confuso tejido y se entrecruzan con irregularidad suma.

Su dicroismo es nulo y su accion sobre la luz polarizada es viva en extremo, con especialidad, en aquellos fragmentos tallados paralelamente á la fibra; por el contrario, es en extremo escasa y casi nula en algunos sitios, en los tallados perpendicularmente á esa direccion.

En los ejemplares de fibra paralela, se observa tambien una cierta orientacion en los cristales de rutilo que concuerdan con esta direccion.

Estos abundan de una manera extraordinaria y por lo bien determinado de sus formas cristalinas y la serie de maclas que forman, son dignos de un detenido exámen.

Su color es un amarillo de vino subido, y su accion sobre la luz polarizada, extremadamente enérgica; y la extincion entre los nicoles cruzados se verifica naturalmente cuando el eje cristalográfico se encuentra orientado paralelamente á la seccion principal del polarizador.

Sus dimensiones son invariablemente pequeñas y oscilan desde 1 ó 2 décimos de milímetro los mayores á ménos de un centésimo de milímetro los más pequeños.

Todos estos cristales se encuentran muy perfectos en sus formas, pues raro es el individuo en el que no pueden reconocerse sus contornos regulares.

Como regla general, todos ellos parecen corresponder á las formas usuales del rutilo, distinguiéndose sobre todo los prismas m y h' y la pirámide $b\%$.

En todos estos cristales, se nota una tendencia muy marcada á agruparse entre sí, para formar individuos de mayor tamaño (*lám. v, fig. 1.^a*) y da la explicacion en pequeño de las estrias longitudinales que se observan en los grandes cristales de rutilo; sucede además que como con frecuencia los cristales adosados son de diverso tamaño y la union se ha efectuado por las caras del prisma, presentan muchos una gran irregularidad en sus terminaciones.

Los cruceros habituales de este mineral se presentan como regla general muy bien determinados.

Pero el hecho realmente interesante que estos cristales presentan, consiste en la frecuencia con que se presentan formando maclas, y son éstas tan numerosas y variadas, que he visto todas las formas hasta ahora señaladas en este mineral.

Como regla general, los cristales tienden á agruparse por las caras de la pirámide a' , estando comunmente sólo dos acoplados; pero algunas veces se observan hasta tres articulados, cortándose sus ejes cristalográficos bajo ángulos de 114 grados, como puede verse en las figuras núms. 2, 3, 4 y 5 de la lámina v.

En otros cristales se observa, que la union entre dos, se ha verificado por la cara de la pirámide a' del uno sobre la cara del prisma del otro, como indica la figura núm. 6 de la lámina v, y en algunos casos, cuando uno de ellos disminuye en su tamaño con relacion al otro, aparece la macla como un exágono que entre los nicoles cruzados tiene distinta coloracion en cada lado del plano, como puede verse en las figuras núms. 7 y 8 de la lámina v.

Suélense, tambien, observar combinaciones de estas dos clases de maclas, y he visto algunas en forma de cruz (véase figura núm. 9 de la lámina v), resultantes de la union de dos cristales previamente unidos á otros dos, por las caras de la pirámide a' , unidos, á juzgar por la desigualdad de los dos ángulos agudos, por una de las caras de la pirámide sobre la cara del prisma del otro.

El caso ménos frecuente, es aquel en que la union se ha efectuado por las caras de la pirámide, $b\frac{1}{2}$, y entónces afectan las maclas formas de corazon, cuyo ángulo agudo mide de 54 á 55 grados, y aunque sus terminaciones no pueden siempre reconocerse, sin embargo, en algunas se ven ambas pirámides muy bien determinadas. Véanse las figuras núms. 10 y 11 de la lámina v.

Estos cristallitos son siempre limpios y hialinos y sólo como rareza suelen aprisionar algunas partículas y agujas opacas, cuya naturaleza ignoro.

Como ya he indicado, diseminados por la roca se observan algunos gránulos cristalinos, y cuyos contornos son bastante irregulares.

Estos pequeños fragmentos son incoloros, y por lo común están llenos de numerosas impurezas generalmente opacas.

Como estos gránulos se encuentran envueltos en la masa de esteatita, y como además son de pequeñas dimensiones, se hace difícil el poder juzgar de una manera decisiva acerca de su manera de obrar en la luz polarizada.

Sin embargo, en aquellas secciones de la roca, cortadas perpendicularmente á la fibra de la esteatita, y que obran de una manera casi nula sobre la luz polarizada, se ve que pueden considerarse como isotropos, carácter que lleva con cierta probabilidad á considerar á este mineral como granate.

Pizarra quiastolítica de las cercanías del Real del Duque.

Entre la serie de pizarras, que vienen empotradas transversalmente en la masa de serpentina entre las Sierras Palmitera y del Real, se observan algunas pizarras negras que, examinadas con atención, resultan ser verdaderas pizarras quiastolíticas.

Son tan abundantes las quiastolitas en estas pizarras, y forman un tejido tan compacto, que aún con ayuda de la lente se hace difícil distinguirlas, pero conforme se va procediendo en la labra para efectuar una sección transparente, se va viendo que la mayor parte de la roca está formada por un compacto tejido de estos minerales que á veces miden cerca de un centímetro en su máxima dimensión.

Examinada esta roca con el microscopio, se la ve constituida como todas sus congéneres, por una parte cuarzosa, en cuyo interior hay numerosas partículas, tanto de mica oscura, como de sustancia carbonácea, y que traba los diversos cristales de quiastolita.

La estructura de estos cristales es sumamente curiosa y se diferencia algún tanto de la que he tenido ocasión de estudiar, tanto en el Pirineo, como fuera de la Península.

Las características inclusiones de materia carbonácea que tan magistralmente describe Zirkel en su trabajo sobre el Pirineo, no guardan esa notable regularidad que se observa en las de esa localidad, sino más bien afectan una cierta irre-

gularidad, pues aunque siempre se observa una masa de sustancia carbonosa en el interior de cada cristal orientada paralelamente á la direccion del eje cristalográfico, no forma, sin embargo, esas masas prismáticas interiores tan regulares, y sólo como rareza se ve algo que recuerde esas llamadas maclas tetragramas y pentarómbicas de este mineral.

Obsérvase, sí, una estructura extremadamente extraña y representada en la fig. 12 de la lám. v, y que, á juzgar por la orientacion de las partículas carbonáceas y demás impurezas parece como si éstas describieran una especie de curva helicoidal en el interior del cristal alrededor del eje cristalográfico.

No es esta estructura un hecho aislado, observado en un solo individuo, sino que en gran número de ellos, y siempre en los cortados más ó ménos paralelamente al eje cristalográfico se observa esta estructura especial.

Los contornos de este mineral á veces son muy regulares y forman desde perfectos cuadrados á toda clase de figuras rómbricas, segun la inclinacion al eje cristalográfico con que han sido cortados; pero otros presentan una gran indeterminacion en sus contornos.

Con frecuencia se observa que los cristales de quiastolita están rodeados por una franja de color más oscuro, y en la cual predominan las partículas de mica que precisamente es el mineral que ménos domina entre las impurezas que estos minerales encierran, cual si hubiera sido sometida á una especie de criba entre la materia carbonosa y las partículas de mica.

Estos cristales, cuando no turbios por la sustancia carbonosa que encierran, son perfectamente transparentes y bien conservados, observándose en algunos un estriado que parece corresponder á los planos de un crucero fácil.

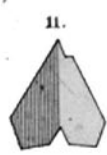
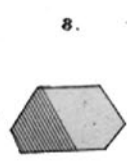
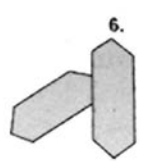
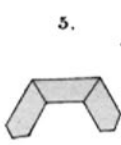
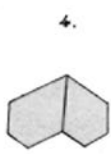
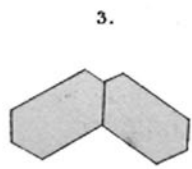
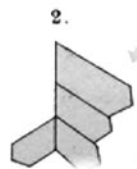
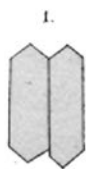
Este mineral posee una gran actividad en la luz polarizada, y en los cristales cortados más ó ménos paralelamente al eje cristalográfico la extincion entre los nicoles cruzados se verifica cuando las aristas terminales son paralelas á la seccion principal del polarizador, notándose, por el contrario, en los cortados oblicuamente al eje que ésta no se verifica paralelamente á esta direccion, sino en direcciones más ó ménos diagonales, hasta llegar en aquellos raros casos en que el cristal está cortado perfectamente normal al eje cristalográfico, ó

permanece en perfecta oscuridad en todas las posiciones en el plano horizontal.

Algunas partes de estos cristales presentan la particularidad de ser fuertemente dicróicos en algunos sitios, siendo por regla general estas manchas dicróicos de contorno irregular, y aparecen aquí y allí sin guardar regla alguna aparente con el elemento cristalino que las empasta.

Estas partes dicróicas de los cristales de quiastolita varían su color al hacer girar el nicol inferior desde el perfectamente incoloro á un rosa muy subido, y en ese caso presentan una perfecta identidad á los cristales de andalusita ya descritos al ocuparme del gnéis de Istan.

Cuando se observa, por último, la base con grandes aumentos, se ve que está constituida por un agregado de cuarzo granudo-cristalino, el cual empasta numerosas partículas de mica de un color oscuro y gran cantidad de filamentos de sustancia carbonosa; observándose además que con frecuencia en este magma se desarrollan numerosos cristalitos también de quiastolita.



Rocas de la Serranía de Ronda.

SUCESION ESTRATIGRÁFICA

DE LOS

TERRENOS ARCAICOS DE ESPAÑA,

POR

D. JOSÉ MACPHERSON.

(CONTINUACION) (1).

(Sesion del 7 de Mayo de 1884.)

PETROGRAFÍA.

Descripcion petrográfica de las rocas arcáicas de la cordillera Carpetana.

Expuesta ya la sucesion estratigráfica de los varios tramos en que se divide la formacion arcaica en nuestro país, paso á ocuparme de los detalles que en su estructura íntima ofrecen los principales materiales pétreos que la constituyen.

Para este objeto sigo el mismo órden que en la primera parte de este trabajo he seguido, dando la preferencia á las rocas de la cordillera Carpetana, por ser este el punto de toda España en donde se presenta esta formacion, sobre todo en su parte inferior, con mayor desarrollo, haciéndolo despues de las que la constituyen en otras regiones de la Península.

Como ya he indicado, en cuatro tramos, ó mejor dicho en tres, si se considera al granito gneísico de la base y al gneis glandular como un solo miembro, se separa el arcaico en la meseta central española.

(1) Véase la página 311 del tomo XII de estos ANALES.

Los materiales constitutivos de la parte inferior de la formación son de una monotonía verdaderamente extraordinaria, pues donde quiera que se observe el gneis que la caracteriza, siempre se distinguirá por la identidad de su facies.

Por el contrario, las rocas constitutivas de la parte media son de una variedad verdaderamente extraordinaria, formando un notabilísimo contraste con las rocas inferiores; y puede decirse que si el interés petrográfico de un complejo de rocas depende de la variedad de asociaciones mineralógicas que en ella se encuentre, en este tramo se concentra el total de la potente serie arcaica de la cordillera Carpetana.

Describo, por consiguiente, primero las rocas propias de la parte inferior de la formación, rocas limitadas al gneis granítico de San Ildefonso y algunos otros afloramientos tal vez correspondientes á la parte mas profunda de la formación y el gneis glandular que por sí solo forma la mayor parte de la vecina cordillera.

Paso despues á ocuparme del horizonte medio, ó sea aquel á que da su carácter el gneis micáceo, ocupándome de las variadas rocas que lo constituyen, entre las cuales describo los siguientes grupos: gneis micáceo, comun y granatífero; gneis de sillimanita; gneis de fibrolita; gneis de andalusita y gneis turmalinífero.

El interesante grupo de pizarras piroxénicas y anfibólicas con aquellas en que el granate viene asociado á estos minerales, así como una serie de rocas en que la mica llega á hacerse predominante, constituyendo á veces verdaderas micacitas.

Como asociadas á este grupo me ocuparé tambien de las calizas y cipolinos, de las que existen algunas variedades muy notables y que á veces forman lechos de considerable potencia.

La parte superior del arcáico de la cordillera Carpetana es ménos variada que la infrayacente, y está constituida por un gran espesor de micacitas; sin embargo, entre éstas pueden distinguirse además de la comun las siguientes variedades:

Micacita gneísica, micacita con fibrolita, micacita con estaurótida y micacita granatífera.

Como constituyendo parte tambien de todo este conjunto de rocas, me ocuparé de los fenómenos eruptivos y de contacto,

con especialidad de los diques de microgranito y de los filoncillos ricos en turmalina que á ellos vienen asociados, así como de algunos de los fenómenos que se observan en los contactos anormales del gneis y del granito en toda la comarca.

Expuesta, pues, la serie de rocas que van á ser objeto de este estudio, paso á hacer su descripción petrográfica, dando comienzo por la parte más profunda de la formación.

HORIZONTE DEL GNEIS FUNDAMENTAL.

Granito gneísico de la cordillera Carpetana.

La roca que he dicho aflora al pié de la Peñalara, en el sitio llamado el Pimpollar, y que forma la base que sustenta á toda la serie arcáica de esa parte del país, es notable en alto grado.

Este granito gneísico, cuyos caracteres exteriores ya he descrito, pierde en cierta manera cuando se le examina en sección transparente con ayuda del microscopio el carácter gneísico que posee cuando se le considera en grandes masas, pues aparece su estructura ser más bien granítica que gneísica, pues la única diferencia que lo distingue consiste en que la mica tiende á formar agrupaciones que guardan una cierta regularidad en vez de hallarse repartida por igual como se observa en el verdadero granito.

El feldespato de esta roca puede en su casi totalidad considerarse como ortosa, pues en ningun ejemplar he visto indicios siquiera que puedan corresponder á la estructura polisintética propia de los feldespatos del sexto sistema.

Su contorno es con frecuencia irregular y áun á veces desgarrado cual si se hallase corroído por el cuarzo que lo envuelve.

Usualmente se encuentra en un estado de descomposición bastante avanzado, y entónces está lleno de impurezas.

El feldespato de estas rocas parece por su estructura deberse considerar como de dos épocas distintas.

El más antiguo se halla turbio en extremo y corroído y con

frecuencia empastado por el de formación posterior, siendo de notar que éste se encuentra siempre en mucho mejor estado de conservación.

La descomposición de este mineral se verifica comunmente de la manera usual por los planos de crucero, pero otras veces con irregularidad suma, mostrando trazas de estructura pegmatoidea ó granofírica.

Observado en la luz polarizada muestra que su extinción es simultánea en toda la extensión del cristal, siendo sus tintas de interferencia de mucha brillantez.

El cuarzo de este granito gneísico posee una estructura eminentemente granítica sin traza alguna de esos bellísimos mosaicos (estructura granulítica de Michel Lévy) que caracterizan á gran número de gneises. Sin embargo, se hallan las placas de cuarzo profundamente quebrantadas, y á primera vista podría confundirse su apariencia con esa especial estructura; pero la luz polarizada hace ver que ese fenómeno es efecto de una acción meramente mecánica, debido á una como trituración del cuarzo verificada *in situ*; pues aunque algunos de los trozos constituyentes de las primitivas placas han cambiado de orientación, la mayor parte conservan la primitiva, siendo la extinción entre los nicols cruzados simultánea en todos los trozos adyacentes. Como corroboración de esto se nota además que las hileras de inclusiones no se ciñen meramente á un solo trozo, sino que atraviesan un cierto número de ellos.

El microscopio da razón también del tinte amarillo que el cuarzo tiene cuando se le observa macroscópicamente, pues se ve que sus grietas se hallan como tapizadas por una capa de materia ocrácea, materia que naturalmente presta el mencionado tinte.

Se nota también que el cuarzo de esta roca con frecuencia empasta filamentos de materia turbia que recuerdan en un todo al feldespato de primera formación ya descrito, pero en un estado de descomposición completa.

Las inclusiones líquidas del cuarzo de esta roca son abundantes, la mayor parte con burbuja fija; pero otras poseen un rápido movimiento oscilatorio, siendo de notar que gran número de estas cavidades presentan las formas diédricas del cuarzo.

Se observan además en este mineral algunas inclusiones de

color amarillo claro, y que se distinguen por lo irregular de sus contornos, pero cuya naturaleza ignoro.

La mica es de dos clases: una parda y otra blanca. La parda se halla con frecuencia en estado de descomposicion bastante avanzado, y en sus bordes muy carcomidos como regla general se notan franjas de magnetita ó tal vez de hierro titanado, mineral que se encuentra tambien diseminado por la roca, aunque en trozos muy pequeños y de forma irregular.

La mica blanca se encuentra en mucho mejor estado de conservacion que la parda, y á veces constituye trozos de tamaño considerable, pero salvo algunos casos excepcionales desempeña un papel en la roca completamente subordinado.

Aunque con escasez relativa se descubren en esta roca algunos trozos de un mineral incoloro de contorno irregular, de accion no muy enérgica en la luz polarizada, y que por su facies parece corresponder á la apatita.

Además de estos grandes trozos se distinguen algunos pequeños cristales de apatita alargados en el sentido del eje cristalográfico, semejantes á los que habitualmente se observan en el granito.

Por último, y empastadas en el cuarzo, se distinguen algunas pequeñísimas agujas de color amarillo claro en extremo alargadas en una direccion, y que parecen corresponder al rutilo.

Ya próximo á la cumbre del Cerro de los Abantos, en el Escorial, y en su vertiente meridional, aflora una roca que por su situacion estratigráfica ocupa una posicion bastante profunda en la serie arcaica; y aunque es muy probable que su especial estructura sea en cierta manera un efecto de acciones posteriores, creo, sin embargo, deber describirla en este sitio, pues de todas maneras ocupa una posicion bastante profunda en la parte inferior del gneis glandular de la cordillera.

Es esta roca de estructura muy compacta, de color algo violado, y la mica forma bandas groseramente paralelas.

En lámina transparente en el microscopio se muestra su feldspato completamente destrozado y con indicios de estructura pigmatóidea ó granofírica muy marcada.

Su extincion cuando en buen estado de conservacion es simultánea en todo el elemento cristalino, siendo, por consiguiente, todo el que se encuentra en este caso referible á la ortosa.

La mica se agrupa en bandas anchas pero muy irregulares, y corresponde á dos clases distintas, una de ellas de color verde claro y de estructura algo filamentosa, y la otra blanca.

Esta última se distingue por empastar con frecuencia trozos de feldespato de contorno irregular y turbios en extremo, hecho que lleva á considerarla como de formacion secundaria; y es esto tanto más verosímil cuanto que la variedad verde se halla con frecuencia empastada tambien por la blanca, cuyo mineral desempeña aquí tambien el papel que Michel Lévy le hace jugar en ciertas rocas de los Cevennes.

El cuarzo, muy abundante en la roca, afecta la estructura de placas granitóideas; sin embargo, en algunos sitios afecta tambien la granulítica, siendo de notar que este mineral se distingue por la notable cantidad de inclusiones que encierra, pues en algunos sitios son éstas en tal cantidad, que llegan á producir una verdadera opacidad que sólo con grandes aumentos se resuelve; y es digno de tenerse en cuenta que casi siempre poseen estas cavidades burbujas con un rápido movimiento oscilatorio.

Como elemento puramente accidental se descubren algunos pequeños cristallitos de apatita.

Procedente del puerto de Navafría tambien he visto una roca semejante y cuya estructura concuerda en un todo con la que acabo de describir.

Gneis glandular ó fundamental de la cordillera Carpetana.

Como ya en la parte estratigráfica he indicado, esta roca se distingue por su constancia de caractéres, y sólo la mayor ó menor exageracion de la estructura glandular llevada á su más alto límite en la base y con tendencia á desaparecer en la parte superior, es la única distincion que en ese colosal tramo puede establecerse. Pues bien sean los ejemplares que se estudien procedentes de los confines de las provincias de Madrid y Guadalajara, ó de las laderas de Peñalara, ó del valle del Lozoya, ó de los montes del Escorial, ó de la Sierra de Gredos, siempre se observará la misma monotonía de estructura; lo que demuestra que no sólo es esta constancia de ca-

ractères propia de lo que puede llamarse el desarrollo vertical de la formación, sino también del horizontal.

Para el estudio micrográfico sus secciones pueden dividirse en dos clases: unas que muestran lo que puede considerarse como la pasta fundamental de la roca, y las otras que muestran la estructura de aquellos trozos glandulares que prestan su carácter á esta roca.

Las secciones de lo que constituye la base fundamental de este gneis, muestran en pequeño la misma estructura glandular que da en grande su carácter á la roca, estando constituida por bandas irregulares ricas en mica, y que se amoldan sobre los demás elementos que forman la pasta, pasta que á su vez lo hace sobre las grandes masas glandulares de la roca.

La estructura de estas bandas de mica, y sobre todo en los ejemplares procedentes de la parte inferior de la formación, es muy especial, pues la mica parda se halla en parte descompuesta y dentro de los productos resultantes se desarrolla en grande abundancia mica blanca que presta á la roca una facies muy especial.

Preséntase la mica como envuelta en una masa de color verde sucio, de acción muy confusa en la luz polarizada, y que parece corresponder á uno de esos productos cloríticos tan variados como tan mal definidos que en diversas rocas se observan.

Este producto se deriva directamente de la mica parda ó magnésiana, pues se observan numerosos trozos de este mineral que ofrecen todos los tránsitos imaginables á la sustancia verde, y parecen servir como de producto intermediario para la generación de la mica blanca.

Esta aparece casi siempre en forma de pequeños cristales, pero algunas veces adquieren un gran desarrollo sus fragmentos y cristales.

A juzgar por su aspecto solamente, las micas oscuras de este gneis se separan en dos clases distintas, una de ellas de color castaño rojizo, de dichroismo bastante enérgico, pero que permanece siempre en ese mismo tono para todas las posiciones del polarizador, y la otra que pasa desde un amarillo pálido á un bronceado casi negro.

Sin embargo, separada por el método de Thoulet, resulta primero que en el microscopio polarizante todas las hojue-

las son de un solo eje, y que tratadas por el ácido sulfúrico concentrado se descomponen por completo, y en la solución además de bastante hierro se halla una cantidad considerable de magnesia, pudiendo, por consiguiente, considerarse ambas variedades oscuras como biotita, mientras que la blanca, que resiste la acción de los ácidos, puede serlo como muscovita.

La biotita, cuando está algo descompuesta, se halla llena de trozos negros de magnetita, y á veces de bellas agujas de rutilo.

El feldespato del gneis fundamental es en su gran mayoría referible á la ortosa, siendo su contorno usualmente irregular; sus dimensiones son considerables y con frecuencia en estado bastante avanzado de descomposición, no siendo raro observar indicios de estructura pegmatoidea, lo que aún contribuye á darle una apariencia más desgarrada en sus contornos.

Entre los nicoles cruzados se extingue en totalidad, siendo sus tintas de interferencia de gran viveza.

Aunque como excepción, pero con alguna mayor frecuencia que en el granito gneísico, se descubren algunos cristales de plagioclasa, que como regla general se encuentra siempre en mucho mejor estado de conservación que la ortosa.

Este feldespato está formado por la asociación de gran número de individuos unidos por la cara de la brachipinacoide $\infty \check{P} \infty$, según la llamada ley de la albita, y cuya extinción es con frecuencia casi simultánea entre los nicoles cruzados; y dados los pequeños ángulos en que ésta se produce como máximo, debe de considerarse como oligoclasa.

En otros cristales se observa estructura reticulada, efecto de una doble asociación que se ha verificado, no sólo por la cara $\infty \check{P} \infty$, sino también por la base OP, obedientes en este caso á la ley de la periclina.

El cuarzo es muy abundante y forma grandes placas de estructura granitóidea, aunque algunas veces muestra tránsitos á la estructura granudo-cristalina que Michel Lévy designa con el nombre de granulítica.

Las inclusiones en el cuarzo son muy numerosas; pero como regla general, y á diferencia de lo que se observa en el gneis granítico que ya he descrito, en el cual se distinguen éstas

por el rápido movimiento de sus burbujas, en las de este gneis las movibles son excepcionales, permaneciendo la mayor parte perfectamente fijas.

La apatita, á semejanza de lo que se observa en el gneis granítico, se presenta tanto en grandes trozos irregulares como en pequeñitos cristales diseminados por todos los elementos de la roca, aunque de preferencia en el cuarzo.

Los óxidos metálicos son muy escasos en estas rocas, pero es de notar que siempre se presentan en cristalillos muy bien definidos.

Las grandes glándulas de feldespato y cuarzo que ya he dicho vienen como empastadas en el gneis fundamental de la cordillera, se separan en dos clases.

Unas formadas exclusivamente por feldespato ortosa constituidas por dos cristales acoplados por la clinopinacoide, segun la ley de Carlsbad, y con los cruceros básico y clinopinacoidales muy bien determinados.

Estudiadas secciones de estos cristales en el microscopio muestran una estructura completamente homogénea, aunque con frecuencia empastan gránulos de cuarzo y hojuelas de mica, hallándose además atravesados por venillas de cuarzo. Tallados estos cristales normalmente á la zona $OP \infty \bar{P} \infty$, muestran, á pesar de lo alterados que se hallan, cuando se les observa en luz convergente en el microscopio polarizante, la imagen de los ejes ópticos que forman un ángulo considerable y situado en un plano normal al de simetría, no siendo, por consiguiente, este feldespato ortosa deformado.

Las otras glándulas están constituidas por un agregado de cuarzo y feldespato, y se asemejan en cierta manera á lo que constituye la base fundamental de esta roca, sólo que la mica ha desaparecido por completo.

Tal es la especial estructura de estas grandes glándulas de cuarzo y feldespato que dan su carácter á este gneis, cuya constancia de caracteres es notable, pues sólo cambia por la gradual transformacion de estas masas lenticulares de cuarzo y feldespato en delgadas fajas de estas sustancias que como último término conduce al gneis de estructura pizarreña que domina en la parte superior de la formacion arcaica de la cordillera Carpetana, siendo el gneis glandular el cimiento ó fundamento de todos los terrenos estratificados de la Península.

HORIZONTE DEL GNEIS MICÁCEO DE LA CORDILLERA CARPETANA.

Gneis micáceo comun.

Considerando á grandes rasgos la estructura íntima de las rocas dominantes en este tramo de la serie arcáica, cuatro diferencias de importancia las separan del que consideramos como la roca fundamental de la cordillera Carpeto-Vetónica. El feldespató ortosa disminuye, no sólo en su tamaño, sino también en la cantidad en que entra en su constitucion. Por el contrario, la plagioclasa, rara por demás en los estratos del tramo inferior, no sólo se hace mucho más frecuente, sino que en algunos estratos llega á ser predominante.

La mica blanca, tan frecuente como se ha visto en la parte más profunda de la serie arcáica, llega casi á desaparecer, y se nota además que, así como la mica oscura en esos estratos tiene la tendencia á descomponerse en productos cloríticos, en los de esta parte de la formacion su descomposicion es más bien en productos ferríferos que cloríticos.

Otra distincion, y también de importancia, depende de la estructura del cuarzo, que así como en la parte inferior de la formacion tiende á constituir grandes placas granitóideas, en ésta es mucho más frecuente la granulítica.

Por último, el apatito constante acompañante del gneis glandular de la comarca se hace en el micáceo sumamente escaso, hasta el punto de llegar á desaparecer por completo en muchos ejemplares.

Tales son las diferencias más esenciales que en union del predominio de la serie de minerales que son el distintivo de este tramo de la serie arcáica, distinguen á los estratos de esta parte de la formacion de los que le son infrayacentes, diferencias en mi juicio, de importancia, pues parecen corresponder á algo más que á una mera diferencia petrográfica, pues todo parece indicar que hácia ese remoto período de la edad del mundo ha correspondido una disminucion del elemento ácido de las rocas que en aquella pasada edad se for-

maron, hecho que, como más adelante se verá, parece ser comun á todas las partes de la tierra.

La estructura del gneis micáceo, macroscópicamente considerado, es, como ya he indicado, en alto grado pizarreña, y cuando se observan sus secciones en el microscopio pierden por completo el carácter distintivo del gneis glandular con aquellas zonas ricas en mica, que se amoldan sobre los demás grandes elementos de la roca, sino que, por el contrario, se encuentra este mineral repartido de una manera mucho más por igual.

El tamaño de los cristales de ortosa en estas rocas son, como regla general, mucho menor que el que usualmente forma la base de las rocas del tramo inferior, pero se encuentran, por el contrario, en mucho mejor estado de conservación.

Su extincion entre los nicoles cruzados es homogénea, aunque excepcionalmente se observa la macla de Carlsbad, y sus tintas de interferencia son de gran viveza. Su transparencia es grande cuando está en buen estado de conservación, siendo en ese caso sus impurezas de constitucion muy escasas.

La plagioclasa se presenta siempre en abundancia y constituye una parte muy importante de la roca.

Su contorno es irregular y con frecuencia recortado, formando asociaciones muy numerosas, acopladas la mayor parte, segun la ley de la albita por la cara de la brachipinacoide, pero otras lo están tambien por la base, obedientes en este caso á la llamada ley de la periclina, existiendo con frecuencia ambas maclas en un mismo cristal, apareciendo entónces entre los nicoles cruzados una serie de lamelas que se cruzan bajo ángulos vecinos del recto.

Tambien he visto, especialmente en un gneis procedente de Toledo, cerca del Puente de Alcántara, algunas asociaciones muy curiosas, en las cuales se ven dos sistemas previamente unidos, segun la ley de la albita, acopladas por segunda vez por la brachipinacoide, constituyendo la llamada macla de Carlsbad.

Como regla general la plagioclasa de estas rocas está formada por la asociacion de numerosos individuos, que á veces sólo se manifiestan por finísimas estrias, pero otras veces au-

menta su espesor, y he visto cristales que medían 0^{ms},2 en el sentido normal al plano de macla en que sólo se observaban cuatro individuos.

Su tamaño casi siempre es pequeño, pero en algunos ejemplares adquiere un gran desarrollo, y á veces miden hasta más de 1^{ms} en su longitud máxima.

Aún se encuentra la plagioclasa de estas rocas en mejor estado de conservacion que la ortosa y por lo general sus cristales están limpios y diáfanos, libres de impurezas, y dada la irregularidad de contornos que habitualmente tienen, en muchos casos, si no fuera por la ayuda de la luz polarizada, fácilmente podrian confundirse con el cuarzo.

Sus tintas de interferencia son de gran intensidad entre los nicoles cruzados y las lamelas constituyentes de los cristales se extinguen con frecuencia simultáneamente y siempre bajo ángulos pequeños, serie de caracteres que conducen á considerar este feldespato como oligoclasa.

La mica es abundante en todas estas rocas, casi siempre de color castaño rojizo, de dicroismo muy pronunciado y de contorno irregular é igualmente referible como en el gneis fundamental á la biotita.

Además, y á veces con notable frecuencia, se observan empastadas en el cuarzo pequeñas tablas exagonales de la misma mica y cuyos contornos son de gran perfeccion.

Este mineral se descompone con bastante frecuencia, y como ya he indicado, su manera habitual de descomponerse, es en productos ferríferos, unas veces se limita á cargarse en los bordes de productos negros y opacos de óxidos de hierro, pero lo que más comunmente sucede es que aparecen como envueltas por una aureola de óxido de hierro rojo, el cual se desparrama por la roca y la imprime la coloracion roja que tan frecuente es en toda esta parte de la serie arcáica.

En algunos ejemplares procedentes de la Machota grande, en el Esçorial, he observado una manera de descomponerse la mica sumamente notable.

Se observan desparramados por la roca trozos de un mineral envuelto en una capa ocrácea y atravesado por venillas de la misma sustancia que á veces guardan un cierto paralelismo; miéntras otras, por el contrario, afectan formas vermiculares y constituyen una malla que á primera vista por com-

pleto se asemeja á la que resulta en la descomposicion del peridoto.

Cuando se observa, sin embargo, con mayor atencion, se ve que existen trozos de mica que están en íntima union, y que de ella parecen derivarse esas curiosas mallas, siendo en cierta manera el esqueleto que la biotita ha dejado al descomponerse.

Con frecuencia se ven trozos de mica que gradualmente pasan á esa especie de malla de óxidos ferríferos, y cuando ésta se aclara, entre los intersticios resulta un mineral que por todos sus caractéres corresponde al cuarzo; cuarzo de una limpieza y transparencia verdaderamente extraordinarias.

Las micas de este gneis son muy ricas en hierro, y aunque una parte es de suponer reemplace á la magnesia como protóxido, dada la pequeña cantidad de alúmina que la análisis revela, se hace lógico suponer que la mayor parte sustituye á este cuerpo como sesquióxido, y en ese caso podria explicarse esa especial descomposicion como el resultado de la transformacion directa del hierro en óxidos férricos y la desaparicion de la magnesia y óxidos alcalinos, permaneciendo la sílice en estado de libertad.

La estructura del cuarzo de estas rocas es muy irregular, pues unas veces afecta la forma de placas granitóideas de gran tamaño y otras la granulítica, llevada á su más alto grado, siendo de notar que casi siempre en el mismo ejemplar se observan ambas estructuras.

En inclusiones es tambien muy variable, unas veces está lleno de pequeñas cavidades, en general con burbuja fija, y otras, por el contrario, es de una limpieza extraordinaria, y en ese caso es cuando empasta las pequeñas láminas exagonales de mica de que ya he hablado.

La apatita ya he dicho que es muy escasa y de pequeño tamaño, de formas prismáticas con apuntamientos piramidales y siempre empastada por el cuarzo.

Como producto raro en extremo unas veces y encontrándose otras con relativa abundancia, pero siempre con irregularidad suma, se descubren algunos trozos y cristales de granate almandina, pero de cuya estructura me reservo hablar para cuando me ocupe del gneis de sillimanita, en el que se presenta ya como un elemento esencial en la constitucion de la roca.

Se observan además algunos cristalillos de color amarillo limon, de forma prismática, con apuntamientos piramidales y que poseen un anillo de refraccion en extremo pronunciado, y que es probable que sean de zircon.

Gneis de sillimanita.

Intercalado entre los estratos del gneis micáceo, y sobre todo en la cresta más elevada de la cordillera, en Peñalara y en el valle del Lozoya se encuentran con frecuencia lechos que con facilidad podrian tomarse por verdaderas micacitas, y que un exámen algun tanto detenido demuestran ser de un gneis de sillimanita sumamente interesante.

En estas rocas el feldespato se hace muy escaso, hasta el punto de desaparecer por completo en algunos ejemplares, y mientras unas veces su estructura es eminentemente pizarreña, otras se hace por el contrario relativamente maciza.

Su exámen á simple vista revela que está constituido por abundante mica de color tumbaga, y numerosos cristales de color blanco rojizo de forma con frecuencia bacilar y el todo cementado por abundante cuarzo.

Examinadas secciones de estas rocas en el microscopio, resulta que su estructura es completamente cristalina y formada por un compacto tejido de los siguientes minerales, los cuales se hallan orientados paralelamente á los planos de estratificacion.

Estos son, mica oscura en todos los ejemplares; mica blanca abundante en algunos, mientras que en otros desaparece por completo.

Notable cantidad de sillimanita en agujas de gran tamaño, trozos y cristales de granate, muy poco feldespato y este sólo como rareza referible á la ortosa, sino por el contrario á la oligoclasa y como cemento de todos estos minerales abundante cuarzo.

La sillimanita se presenta en forma de prismas alargados en el sentido del eje cristalográfico, con frecuencia de estructura bacilar y acanalada.

Con frecuencia las diversas agujas se reunen, y soldándose

por las caras del prisma forman individuos bastante gruesos, que muestran trazas del crucero prismático, mientras que otras veces afectan formas groseramente radiadas.

Constantemente se hallan fracturadas en sentido normal al eje cristalográfico, siendo de notar que no es esta dirección perfectamente regular cual correspondería á la fractura que se verifica, siguiendo, por ejemplo, un crucero; sino que, por el contrario, es este siempre irregular y desgarrado.

Las terminaciones de este mineral están también siempre fracturadas; sin embargo, en algunos cristales he podido reconocer apuntamientos bastante obtusos y que parecen corresponder á algún domo.

Este mineral es incoloro y diáfano, aunque algunas veces muestra un ligero tinte amarillo.

Su dicroísmo es nulo, y tratado por los ácidos después de separado de la roca por el método de Thoulet, resisten su acción por completo.

Entre los nicols cruzados brillan con mucha intensidad con colores rojos y verdes, y su extinción se verifica paralelamente á las aristas prismáticas.

Las inclusiones de este mineral son bien escasas y se limitan meramente á algunos pequeños fragmentos de magnetita, además de algunos trozos cuneiformes de mica, que aparecen como aprisionados por los diferentes prismas aciculares que por su unión constituyen un cristal, y es de notar también que con frecuencia los prismas de esta sustancia atraviesan la mica en toda su longitud, y á veces aparecen como retorcidos y desviados de su primitiva dirección.

La mica común es parda, su color oscila desde el castaño al rojo de cobre, y su dicroísmo es bastante intenso. Sus láminas en el microscopio polarizante muestran dos ejes, aunque muy próximo el uno al otro, y el ácido sulfúrico la descompone, aunque con dificultad.

Sus contornos son siempre irregulares, y se encuentra con frecuencia en un estado bastante avanzado de descomposición, produciéndose diversos productos cloríticos.

Otras veces está literalmente llena de productos opacos de hierro titanado ó magnético; y aunque no con gran frecuencia, la he visto en algunos ejemplares empastando innumerables pequeñas agujas de rutilo, que están con frecuencia

acopladas por las caras de la pirámide $P\infty$, formando las usuales maclas geniculadas del rutilo.

La mica blanca por el contrario, se halla en muy buen estado de conservacion y libre de impurezas. Su reparticion es muy desigual, pues miéntras en algunos ejemplares casi no se descubren indicios de esta sustancia, en otros por el contrario, forma una parte muy importante.

El granate se presenta tambien en estas rocas con mucha irregularidad, tanto en la cantidad absoluta que entra en la constitucion de la roca como en el tamaño de sus individuos.

Unas veces tienen más de un centímetro de diámetro, miéntras otras por el contrario descienden á dimensiones tan pequeñas que apenas son perceptibles sin ayuda del lente.

Su contorno es siempre irregular y rara vez pueden reconocerse las aristas regulares del cristal; constantemente se halla profundamente quebrantado hasta el punto de estar sus grietas rellenas de una sustancia verde muy dicróica, y que es probable sea algun producto anfibólico.

Su color en láminas delgadas es un rosa muy pálido y se observa que con frecuencia está como corroido por el magma que lo envuelve.

Los grandes cristales aprisionan grandes gránulos de cuarzo de viva accion en la luz polarizada, y es de notar que lo mismo el cuarzo que el granate que lo empasta, están llenos de pequeñas agujas de rutilo en extremo delgadas pero de longitud considerable.

El granate de estas rocas cuando se le examina entre los nicoles cruzados, muestra en algunos sitios una birefringencia muy marcada. El contorno de los trozos pequeños, es aún si cabe, más irregular que los grandes, y todos ellos empastan notable cantidad de magnetita, siempre de dimensiones pequeñas, pero de formas cristalinas muy bien determinadas, distinguiéndose muchos en el rombo-dodecaedro y otros que parecen corresponder al cubo y el octaedro.

El feldespato es muy escaso en los ejemplares de este gneis que he tenido ocasion de estudiar. La ortosa es rara y presenta los mismos caractéres del gneis micáceo comun, que ya he tenido ocasion de describir; no así la plagioclasa, que si bien no es muy abundante, en todos los ejemplares se descubre siempre en mayor ó en menor cantidad.

Este feldespato tiene también idénticos caracteres que la oligoclasa ya descrita; forma cristales de contorno irregular constituidos por la asociación de numerosas lamelas según la ley de la albita, y que se extinguen casi simultáneamente en aquellos cristales cortados paralelamente á la base y siempre bajo ángulos pequeños.

Se hallan en buen estado de conservación siendo limpios y transparentes, y sus tintas de interferencia son bastante pronunciadas, predominando los tonos amarillo y azul.

El cuarzo es de dos clases, uno granudo cristalino que forma lo que puede considerarse como el cemento que empasta todos los elementos de la roca, y el otro en masas lenticulares alargadas en el sentido de los planos de estratificación, y el cual está constituido por placas granitóideas.

Gneis de fibrolita.

Otro tipo de roca que debo mencionar es el gneis con fibrolita, pues si bien el mineral que lo caracteriza es meramente un producto accidental, se presenta con tanta frecuencia en esta parte del arcáico, que no creo de más el dar un ligero resumen de los caracteres de esta roca, por más que por sus caracteres, tanto macroscópicos como microscópicos, no creo pueda separarse del gneis micáceo común de toda la cordillera; siendo la única diferencia que lo distingue, la presencia de la fibrolita.

Este mineral se manifiesta en algunos ejemplares desde sólo algunas pequeñas hebras hasta llegar á formar una parte importante de la roca, hecho que llega á su máximo cuando este mineral forma por sí las masas lenticulares, que todo el que haya atravesado alguna extensión de los terrenos arcáicos de la vecina cordillera no habrá dejado de observar.

La fibrolita se presenta en el gneis en forma de haces de finísima seda diseminada por la roca, aunque de preferencia en aquellos sitios más ricos en mica, con cuyo mineral parece estar en unión bastante íntima.

Generalmente toma la forma de haces paralelos á la estratificación de la roca, pero otras aparecen retorcidas de una manera en extremo caprichosa.

Su acción sobre la luz polarizada es bastante enérgica, y se extingue paralelamente á la longitud de las fibras.

Su presencia es muy variable en todas estas rocas, y todo parece indicar que es un producto secundario que se deriva de una descomposición de ciertos elementos de la roca, pues en la preparación de un mismo ejemplar se nota, que mientras unas veces la fibrolita suplanta casi por entero á todos sus elementos, en otras casi no pueden descubrirse trazas de la misma.

Por consiguiente, á pesar del gran desarrollo que en algunos sitios esta sustancia adquiere, no pasa, en mi juicio, de ser un mero accidente efecto de una modificación que los elementos del gneis experimentan, pues la fibrolita no limita su presencia al gneis micáceo comun, sino que aún en los lechos del gneis granítico y en las micacitas se la encuentra desempeñando un papel más ó menos importante.

Gneis con andalusita.

Procedente de las cercanías del pueblo de Miraflores de la Sierra, he visto un gneis sumamente curioso.

Constituyen á esta roca feldespato ortosa bastante turbio y descompuesto, cuarzo en regular cantidad, mica oscura muy abundante, y entre la mica, y remedando en cierta manera como se generan los cristales de chiastolita en las pizarras, aparecen grandes y gruesos cristales de andalusita llenos de partículas de mica, la cual tiene una cierta tendencia á alinearse en determinadas direcciones como la sustancia carbonosa en el interior de esos cristales.

En los cristales tallados paralelamente al eje cristalográfico, está alineación se verifica según esta dirección, pero en aquellos tallados más ó menos normalmente de ésta aparecen simplemente agrupados de una manera irregular, pero hacia su parte central siempre.

La acción de este mineral en la luz polarizada es muy enérgica, sus tintas de interferencia son violadas y amarillas, la extinción en aquellos cristales tallados paralelamente al eje cristalográfico se verifica en esta dirección y en aquellos que lo han sido normalmente, según las diagonales del paraleló-

gramo como corresponde á cristales formados por las caras del prisma.

Su dicroismo es perfectamente nulo y en este carácter se asemeja más á la chistolita comun que á la andalusita de que siempre es patrimonio un bello tricroismo.

Además de las pequeñas partículas micáceas que este mineral encierra, se descubren algunos pequeños cristalillos y fragmentos de magnetita.

El feldespato, como ya he indicado, es turbio en extremo; sin embargo, algunos cristales en mejor estado de conservacion muestran caracteres que corresponden á los de la ortosa.

La mica es semejante á la que constituye la mayoría de estas rocas y corresponde á la biotita, distinguiéndose solamente por la coloracion, que mientras unas veces es de color castaño rojizo, otras es de un amarillo claro que al hacer girar el polarizador pasa á casi negro.

Con frecuencia se observa tambien que este mineral se descompone en un producto de color verde sucio lleno de pequeños cristales de magnetita.

El cuarzo de esta roca es escaso relativamente, siendo de notar que su estructura es casi siempre granulítica.

Gneis turmalinífero de los montes del Escorial.

Aunque la presencia de la turmalina en toda la cordillera se halla íntimamente ligada á los fenómenos eruptivos y dinámicos de la misma y es casi siempre un producto secundario generado en las rocas que forman el contacto de las grandes fracturas que surcan esta parte de la Península, existe, sin embargo, asociado al complejo de rocas á que ya me he referido del Puerto de Malagon, un gneis muy notable y en cuya masa la turmalina se encuentra repartida tan por igual y tan independiente de toda dislocacion ó fractura y de una facies tan especial, que me parece que en este caso debe de considerarse más que como un elemento accidental, como constituyente de la roca.

Está este gneis constituido por una pasta de grano finísimo separada en lechos sumamente delgados por vetas de cuarzo

blanco y feldespato, y á primera vista podria fácilmente confundirse con algunas areniscas.

En grandes masas es pizarreño y forma grandes lajas de fractura astillosa y de color algo violado.

En el microscopio muestran sus secciones estar constituidas por un agregado granudo-cristalino de cuarzo y feldespato; éste, en su mayor parte referible á la ortosa, abundante mica y entre ella fragmentos y cristales de turmalina, miéntas que como elementos accidentales se destacan numerosos cristales de rutilo además de algunos que por todos sus caracteres parecen referibles al zircon.

El feldespato es relativamente escaso, de pequeñas dimensiones y en general de estructura homogénea en la luz polarizada y de gran intensidad en sus tintas de interferencia, hallándose como regla general en muy buen estado de conservacion. Su contorno es irregular y constituye con frecuencia gránulos semejantes á los del cuarzo.

La plagioclasa es escasa y se presenta en trozos aún de menores dimensiones, constituidos por la asociacion de numerosos individuos, de extincion con frecuencia simultánea y siempre bajo ángulos pequeños, caracteres que corresponden á la oligoclasa como en la generalidad de las rocas de esta formacion.

La mica es magnesianana, de color oscuro ó sea castaño-rojizo, forma siempre trozos irregulares de gran dicroismo y siempre en buen estado de conservacion.

La turmalina se presenta siempre en forma de cristales y fragmentos casi siempre pequeños, sobre todo los primeros, su color es un amarillo castaño claro oscilando su tinta al hacer girar el polarizador desde este tono á un tinte rojizo.

Este mineral es de una limpieza extraordinaria, sobre todo los pequeños cristales, pues en los grandes fragmentos se descubren algunas veces trozos de magnetita.

Sus formas cristalinas son muy sencillas, estando los cristales que he visto formados por el prisma exagonal ∞R y terminados por el romboedro fundamental R, estando sus aristas en un estado de conservacion admirable. Separados cristales de este mineral por el método de Thoulet, muestran en el microscopio una perfección de formas verdaderamente admirables.

En todos los cristales que he tenido ocasion de estudiar sólo he podido ver una de sus terminaciones, así que no me ha sido posible determinar si son ó no de constitucion hemimórfica.

Su densidad es grande, pues flotan en el licor de Thoulet cuando su densidad es 3,14 y descienden cuando esta es próximamente de 3,10.

El rutilo es muy abundante y forma cristales prismáticos terminados por apuntamientos piramidales de color de vino subido, siendo de notar que rara vez forman maclas como se observa siempre en este mineral, sino que por el contrario, constituye individuos por completo independientes.

Sus dimensiones son variables, unas veces son cristallitos apenas discernibles con aumentos de 60 diámetros y otras forman fragmentos cristalinos y cristales de 0^{mm},2 en su longitud máxima.

El zircon se halla diseminado por la roca en forma de cristallitos pequeños y en abundancia relativa; son transparentes é incoloros, á lo más poseen un ligero tinte amarillo y su refringencia es grande, pues forman en su alrededor un anillo oscuro muy pronunciado.

Estos cristales están constituidos por el prisma de base cuadrada terminados por pirámides.

En aquellos cristales que han sido aislados de la masa pétreas, se observa que su extincion se verifica paralelamente á las aristas prismáticas.

Su densidad es grande, pues en la solucion de borotungstato de cadmio descienden rápidamente al fondo; serie de caracteres que corresponden todos á los propios del zircon.

El cuarzo, como ya he indicado, es de estructura granudo-cristalina y tan caracterizada está, que en muchos sitios se asemeja en gran manera al que constituye la base de gran número de micacitas.

Gneis granitóideo de la cordillera Carpeto-Vetónica.

Intercalados entre los estratos del gneis micáceo aparecen frecuentemente lechos de un gneis granitóideo de apariencia muy bella, y que por su aspecto exterior recuerdan en cierta

manera á las granulitas de la Sajonia; semejanza que se mantiene igualmente áun en los detalles de su estructura íntima, sobre todo en las variedades granatíferas.

Estas rocas son de grano muy fino y están constituidas por un agregado de cristalillos de feldespato, generalmente blanco, y cuarzo, unas veces blanco agrisado y otras amarillo, con abundante mica blanca y parda, y diseminados por la roca, aunque con irregularidad suma, pequeños cristalillos de granate.

Su estructura es gneísica, guardando sus elementos, no sólo un marcado paralelismo entre sí, sino tambien con los lechos entre que vienen intercalados.

Estudiadas secciones de estas rocas en el microscopio, revelan una estructura que se asemeja bastante á la propia de algunos microgranitos, y si no fuera por sus formas exteriores, podrian fácilmente confundirse con esas rocas eminentemente eruptivas.

El feldespato es de pequeño tamaño, de contorno indefinido y áun desgarrado, con frecuencia turbio, pero otras veces limpio y bien conservado, y entónces muestra accion muy enérgica en la luz polarizada.

Su mayor parte es referible á la ortosa, pero siempre se observa una cantidad más ó ménos considerable, que, á semejanza de las demás rocas de la comarca, es referible á la oligoclasa.

La mica es de dos clases, una blanca y otra parda, siendo esta última la más abundante. Su tamaño es siempre pequeño, y sus contornos son desgarrados, siendo sólo como excepcion que se observan láminas exagonales.

En un gneis granitóideo del sitio llamado Cuelgamuros, en los montes del Escorial, he visto una mica que al descomponerse tiene la propiedad de llenarse por completo de agujas de rutilo. Estas agujas tienen de dos á tres centésimas de milímetro de longitud, y asociándose por la cara de la pirámide, forman maclas geniculadas que dan á este mineral un aspecto muy especial.

El cuarzo de estas rocas es de estructura granudo-cristalina, y en algunos ejemplares es rico en inclusiones.

Estas, unas veces son de gran tamaño, con burbuja fija; pero otras, de dimensiones más pequeñas, tienen burbujas con rá-

pido movimiento oscilatorio, siendo de notar que algunas son moldes negativos de la forma cristalina del cuarzo.

Como ya he indicado, el granate es muy irregular en su manera de manifestarse, pues mientras unas veces constituye un elemento verdaderamente esencial, en otras rocas falta en absoluto, ó se presenta de una manera esporádica, si se me permite la frase, como se observa, por ejemplo, en algunos ejemplares de la Machota en el Escorial.

Otras veces, como he tenido ocasion de ver en las cercanías de Toledo, en la márgen derecha del Tajo, subiendo á la ermita de Nuestra Señora del Valle, la roca se presenta constituida por una asociacion muy íntima de cuarzo y feldespato blanco, especie de pegmatita, y en la cual se aglomeran grandes trozos de granate, de estructura unas veces granular y otras cristalina, y casi siempre de contorno irregular, que á veces miden más de cinco centímetros en su longitud máxima.

Otras veces se presenta diseminado por la roca, en pequeños gránulos irregulares, ó mostrando, por el contrario, su usual forma cristalina en rombo-dodecaedro, muy bien determinada.

Como elemento accidental, en estas rocas se descubre, á más de alguna magnetita, bastante apatita, y en algunos ejemplares cristalillos prismáticos terminados por pirámides de color amarillo limon claro, y que por su facies parecen corresponder al zircon.

Pizarras piroxeno-anfibólicas y granatíferas de la cordillera Carpeto-Vetónica.

El conjunto de las pizarras piroxeno-anfibólicas de la meseta central se separan á primera vista en dos agrupaciones; en una de estas el granate desempeña un papel de importancia, mientras que en la otra este mineral desaparece.

Este último grupo de rocas es precisamente el que mayor desarrollo alcanza en este tramo de la formacion arcáica, mientras que el granatífero puede en cierta manera considerarse como un mero accidente.

A su vez, las pizarras piroxeno-anfibólicas constituyen una serie de rocas, en la cual se encuentran, formando en cada

uno de sus dos extremos pizarras simplemente piroxénicas en el uno y anfibólicas en el otro, y enlazando estos dos extremos entre sí un conjunto de rocas que muestra una sucesion perfecta que permite pasar del uno al otro extremo por todo género de gradaciones.

Como constituyendo un grupo en cierta manera aparte, existen en el Puerto de Malagon, en el Escorial, algunas rocas constituidas por una diopsida verde de facies algo distinta á la de las rocas que podemos llamar dominantes en esa parte de la serie arcáica, que se halla asociada á una mica magnesiana, mineral que algunas veces llega á predominar hasta el punto de dominar en absoluto, y entónces la roca pasa á constituir una verdadera micacita.

Pizarras piroxeno-anfibólicas.

Lo que puede decirse que caracteriza á las rocas piroxeno-anfibólicas de la cordillera Carpetana es el predominio del elemento ferro-magnesiano, hasta el punto que, muchas de ellas están constituidas, con especialidad las anfibólicas, por un apretado tejido de cristales y fragmentos de anfíbol, casi sin apariencia alguna de cemento que los trabe.

Estas rocas, como de lo dicho se deduce, forman una serie de pizarras piroxénicas que por anfíbolizacion del piroxeno pasan á constituir verdaderas anfíbolitas, hecho que puede observarse tanto microscópicamente como macroscópicamente, pues en todos los sitios en donde he visto estas rocas, siempre he visto el mismo tránsito gradual de unos estratos á otros, y aún en un mismo estrato y en union verdaderamente íntima, aparece el verde claro del piroxeno como desliéndose y fundiéndose en la masa oscura del anfíbol.

Las piroxénicas están constituidas las más veces por grandes placas de piroxeno, aunque otras afecta una estructura granudo-cristalina sumamente especial, y entónces posee una facies muy semejante á ciertas picritas y dunitas.

El piroxeno se halla trabado las más veces por cemento cuarzoso, aunque algunas de las cercanías de Buitrago y del puerto de Somosierra las cementa la caliza.

En las cuarzosas se desarrollan con mucha frecuencia cris-

tales de feldespato plagioclasa, y como elemento de gran importancia en todas estas rocas se encuentra la titanita, mineral que algunas veces llega á constituir una parte muy esencial de la roca.

Como elementos meramente accidentales se encuentran además de hierro titanado, cristallillos de rutilo y algunos trozos de apatito.

El piroxeno, bien se presente en placas ó en forma granudo-cristalina, es siempre de color muy claro, con frecuencia casi incoloro, distinguiéndose á lo sumo una suave tinta verde mar; su dichroismo es nulo y se halla atravesado por los trazos de un crucero en extremo predominante. Su contorno es casi siempre irregular en la roca y aparentemente está como desgarrado y corroído por el cemento que lo traba.

Sin embargo, en los montes del Escorial se encuentran en éstas rocas algunas geodas en que el piroxeno afecta la forma cristalina en donde pueden estudiarse sus propiedades.

Usualmente los cristales muestran la combinacion ∞P $\infty \dot{P}$ y $\dot{P}\infty$, pero algunas veces aparecen tambien $\infty \ddot{P}\infty$ y OP , siendo esta cara entónces predominante.

Paralelamente á esta cara, existe un crucero muy fácil, mientras que el crucero prismático está tambien muy bien determinado.

Su color es verde aceituna claro, y talladas placas segun $\infty \ddot{P}\infty$ paralelas al plano de simetría, muestran que la bisectriz aguda forma un ángulo de 39° con la arista $\infty \dot{P}\infty \infty \ddot{P}\infty$. Cortado un cristal por un plano que forme un ángulo próximamente de 23° con el crucero básico y otro de 51° con el plano ortopinacoidal se obtienen las imágenes de interferencia que muestran los dos ejes ópticos, los que forman un ángulo bastante considerable.

Esta serie de caracteres y la mínima cantidad de alumina que la análisis revela, llevan á considerar este piroxeno como sahlita.

En seccion trasparente son sus tintas de interferencia entre los nicoles cruzados, vivas por demás, dominando los tonos azules, amarillos, rojos y verdes; verificándose sus extinciones con los trazos del crucero prismático, como era de suponer bajo ángulos que llegan hasta 40° .

Las inclusiones que este mineral aprisiona se limitan á mas

de la titanita, de que ya he hecho mencion, á numerosas partículas de hierro titanado y rutilo.

Además, en algunos ejemplares, y con especialidad en los de las cercanías de Buitrago, se descubren algunas cavidades en el piroxeno que poseen burbujas gaseosas de considerable tamaño.

La manera como la anfibolizacion de este mineral se verifica es altamente curiosa é instructiva, y pone de manifiesto una vez mas, y en este caso con rocas eminentemente estratiformes esa propiedad que parece inherente al piroxeno de transformarse en anfíbol.

La anfibolizacion se verifica comunmente por los bordes del piroxeno y penetra hácia el interior, otras veces aparece el piroxeno como moteado por manchas de anfíbol irregularmente repartidas por toda la extension de la placa cristalina.

Es de notar que el anfíbol que resulta aparece en toda su extension perfectamente formado, y el contacto entre el piroxeno aún no transformado y el mineral resultante se halla muy bien delimitado.

Otra propiedad que con frecuencia se observa es el paralelismo que conserva una de las caras del crucero prismático del anfíbol con el del piroxeno, y he visto con frecuencia, que, cuando uno de los trazos del anfíbol parece cortar oblicuamente el crucero del piroxeno, resultan entre ambos, ángulos de 124° ó sus complementarios.

El anfíbol es casi siempre de color verde botella, de dicroismo bastante pronunciado, y encierra las idénticas inclusiones que el piroxeno.

De lo que precede se sigue que la presencia del anfíbol tiene que ser en extremo irregular, desde iniciarse solamente, hasta llegar á constituir rocas eminentemente anfíbólicas, existiendo ejemplares constituidos solamente por este mineral con solo alguna titanita y hierro titanado como elementos accidentales.

El contorno del anfíbol es usualmente irregular, pero algunas veces, á diferencia del piroxeno, se distinguen las formas exagonales debidas á la combinacion del prisma con la clinopinacoide.

En algunos casos raros he visto los cristales de este mineral

con sus extremos terminados por las caras correspondientes á $\bar{P}\infty$.

El contenido de feldespató en estas rocas, como ya he indicado, es muy irregular, pues mientras unas veces forma una parte muy importante de las mismas, otras, por el contrario, es raro en extremo, y en algunas por completo desaparece.

Generalmente se presenta en anchas placas macladas, según la ley de la albita, existiendo á veces más de cuarenta individuos asociados. Otras veces se observa la asociación simultánea no sólo por la cara de la brachipinácóide, según la ley de la albita, sino también por la base conforme á la de la periclina; y en un ejemplar de las cercanías de Buitrago he visto un cristal asociado según la ley de Carlsbad, constituido por dos sistemas previamente unido el uno según la de la albita, y el otro en que además de esta macla existía la de la periclina.

Entre los nicóles cruzados brillan con gran viveza, siendo los sistemas de lamelas en general unas anchas y otras de gran finura; su extinción se verifica siempre bajo ángulos considerables, lo que, unido á sus formas y demás caracteres, conduce á considerarlo como labrador.

Como regla general el feldespató de toda esta serie de rocas piroxeno-anfibólicas se encuentra en muy buen estado de conservación, siendo las impurezas que encierra relativamente escasas, y algunas veces es de una transparencia y limpieza verdaderamente extraordinaria.

El otro elemento de importancia que ya he dicho se encuentra en estas rocas es la titanita ó el sílico-titanato de cal.

Este mineral se encuentra en cantidades en algunos ejemplares verdaderamente extraordinarias, unas veces, y las más se presenta en forma de fragmentos cristalinos de contornos perfectamente irregulares, y algunas veces aún caprichosos; pero otros muestran su forma regular de una manera muy perfecta, afectando formas lanceoladas sumamente agudas.

Su tamaño varía mucho, pues mientras unas veces miden más de un milímetro de longitud, otras, por el contrario, descienden á dimensiones sumamente pequeñas, y no está la perfección de su forma cristalina en relación alguna con su tamaño, sino que á veces en los más pequeños fragmentos no puede reconocerse traza alguna de contorno regular, mientras

que se encuentran cristales de considerable tamaño que conservan sus formas regulares de una manera admirable.

La coloracion de este mineral es tambien bastante irregular, pues miéntras en la mayoría de los casos posee un tinte muy suave amarillo de miel, otras veces se hace esta tinta mucho más intensa, y algunos fragmentos llegan á tener un color rojo jacinto muy pronunciado; y cuando la intensidad de la tinta aumenta, entónces el dicroismo se hace mucho más perceptible.

En la luz polarizada brilla con las tintas apagadas propias de este mineral, y su extincion es homogénea, no habiendo observado nunca trazas de estructura polisintética.

Su superficie es algo rugosa, y con frecuencia se la encuentra atravesada por grietas irregulares y rellenas de una sustancia de color verde sucio, probablemente de algun producto clorítico ó anfibólico.

Pero el hecho más curioso que este mineral ofrece es la frecuencia, por no decir constancia, con que empasta unas veces, sirviéndole de núcleo en su parte central, y otras más ó ménos irregularmente, trozos y cristales de rutilo y hierro titanado.

Unas veces aparece un gran trozo de rutilo envuelto por una delgada franja de titanita; otras queda solamente una pequeña partícula de éste, bien solo ó acompañado de un trozo mayor ó menor de hierro titanado, miéntras otras veces es este mineral el único que se encuentra: serie de fenómenos que conducen á ver en la titanita un producto secundario derivado del rutilo y del hierro titanado; pero lo importante del caso es que el piroxeno empasta á la titanita de la idéntica manera ya descrita, y si se la considera como un producto secundario, hay tambien que considerarlo como efectuado en un período ó anterior ó coetáneo con la generacion del piroxeno, hecho que no deja en mi juicio de tener importancia, pues demuestra cuán complejo es todo el proceso que á la generacion de los materiales pétreos se refiere.

El cuarzo de estas rocas, que ya he dicho sirve de cemento, es muy escaso, llegando en algunos ejemplares casi á desaparecer.

Su estructura es siempre granulítica y rellena los intersticios que quedan entre las grandes placas de piroxeno ó entre los cristales de anfíbol.

La caliza sólo se encuentra en algunos raros ejemplares y desempeña el mismo papel del cuarzo, rellenando los huecos entre los diversos elementos constituyentes de la roca.

Pizarras piroxenico-micáceas.

En el Puerto de Malagon existe, formando parte del complejo de rocas de que ya en más de una ocasion he hecho mencion, una serie de pizarras piroxénicas en que la mica desempeña un papel de importancia.

Son estas rocas de carácter muy semejante al de las ya descritas, aunque muestra el piroxeno mayor tendencia á presentar sus aristas regulares, y sólo como rareza las he visto pasar á pizarras anfibólicas, como con tanta frecuencia sucede en las ya descritas.

Por el contrario, la mica, que en algunos ejemplares se presenta sólo como un mineral accesorio, en otros se hace predominante hasta el punto de encontrarse algunos lechos en que este mineral entra sólo como elemento constituyente.

El feldespato es relativamente escaso, y no en todos los ejemplares se descubre.

Siempre lo he visto en forma de grandes cristales constituidos por la asociacion de numerosas lamelas de regular anchura y de un gran ángulo de extincion que lleva á considerarlo tambien como labrador.

La titanita es algo más escasa que en la variedad no micácea, y el rutilo parece haber desaparecido en las rocas de este tipo.

La mica es magnesianiana, de color oscuro y de gran dicroismo. Asociada á estas rocas he visto un ejemplar que contenia como elemento accidental gran cantidad de espinela ferrífera del carácter de la hercinita y cristalizada en octaedros de color verde esmeralda muy subido y de singular belleza.

Armando tambien entre estas rocas piroxénicas he visto lechos pizarreños constituidos por numerosos cristalillos de actinota de color verde suave empastados en un magma cuarzoso.

Estos cristales se hallan longitudinalmente estriados, de muy débil dicroismo y cuya extincion entre los nicoles cruzados se verifica bajo ángulos que no pasan de 22°.

Las aristas cristalinas de estos cristales se hallan muy bien conservadas, observándose la usual combinación del prisma ∞P con la clinopinacoide $\infty \bar{P} \infty$.

Además de este mineral se encuentra en la roca una notable cantidad de mica en fragmentos generalmente pequeños y de no muy intenso dichroismo.

Procedente de los Canalizos de Riaza, en la vertiente septentrional de la cordillera Carpetana, en la provincia de Segovia, he visto una pizarra anfibólica que se diferencia bastante de las ya descritas por el color de su anfíbol.

Esta roca está constituida por numerosos fragmentos irregulares, algunos de gran tamaño, de un anfíbol color castaño longitudinalmente estriado, y que á primera vista podría fácilmente confundirse con algunas micas.

Sin embargo, sus propiedades ópticas están en completa contradicción con esta suposición, pues la extinción no se verifica paralelamente á los trazos del crucero, sino, por el contrario, bajo ángulos que miden hasta más de 20 grados.

Este anfíbol es limpio en extremo, pues sólo empasta algunas pequeñas partículas de magnetita y unos trozos hialinos de contorno redondeado, que tal vez puedan referirse á la titanita.

Este mineral se halla empastado en un magma de cuarzo granudo-cristalino, en el que se descubre un número bastante considerable de cristales de feldespato de contorno irregular, de estructura polisintética muy numerosa, y de extinción frecuentemente simultánea entre los nicoles cruzados, y siempre bajo pequeños ángulos, serie de caracteres que lleva á considerarlo como oligoclasa.

Pizarras granatíferas.

Las rocas de este tipo no son muy frecuentes en la cordillera Carpetana, pues como regla general arman en lechos aislados y de no muy gran espesor entre la serie de rocas piroxenoanfibólicas que acabo de describir, y forma en cierta manera esta escasez un contraste con ciertos parajes de Galicia en donde las rocas granatíferas desempeñan un papel de importancia.

Sin embargo, á pesar de esta escasez se encuentran en la cordillera Carpetana algunos ejemplares de rocas granatíferas muy interesantes. Divídense las que he tenido ocasion de estudiar en dos grupos, uno en el cual el anfíbol es predominante, y otro en que el piroxeno es el elemento ferro-magnésiano que desempeña el papel más importante de la roca.

Las piroxénicas se separan á su vez en dos subgrupos, uno feldespático y otro en que este mineral desaparece, y el piroxeno constituye el elemento predominante.

En los montes del Escorial existen estos dos tipos de roca muy bien caracterizados.

Asociada á las pizarras piroxénicas del Puerto de Malagon existe una roca de gran belleza constituida por una pasta de estructura algo granuda, de un verde de prado muy intenso y veteada de rojo.

Secciones transparentes de esta roca muestran en el microscopio que está exclusivamente constituida por piroxeno y granate asociados de una manera harto curiosa.

El piroxeno forma un apretado conjunto de gránulos de diverso tamaño y de contorno casi siempre irregular, y cuya estructura recuerda á la de algunas lherzolitas y picritas.

Como rompiendo y atravesando esta masa de fragmentos de piroxeno se observan vetas y ramificaciones de granate cuya peculiar manera de ser prestan á la roca un carácter muy especial. Sin embargo, en un ejemplar del Escorial existente en el Museo de Historia Natural he visto en una geoda en esta roca el granate cristalizado en la forma del rombo-dodecaedro y tapizado por una costra amarillenta de vesubiana, mineral que suele encontrarse asociado en estas rocas al granate.

El granate de un color rojo bastante subido, macroscópicamente considerado, muestra aún en seccion muy delgada un color de salmon muy pronunciado, y es de notar que sin ser muy numerosas las inclusiones de este mineral, muestra, sin embargo, una opacidad bastante marcada, siendo tambien de notar que ni por rareza siquiera muestra éste la tendencia tan comun en el granate de afectar la forma cristalina.

Este granate á la luz polarizada no da la menor señal de doble refraccion, y las inclusiones que engloba se reducen á tal cual pequeña partícula de piroxeno, algunos trocillos de magnetita y pequeñas cavidades probablemente gaseosas.

El piroxeno es de color verde muy vivo, y para piroxeno, notablemente subido, mostrando un crucero muy pronunciado y sin traza alguna de dicroísmo.

Entre los nicoles cruzados brilla este mineral con gran viveza, afectando la interferencia tonos de color azul y fuego, y verificándose la extincion casi siempre cuando la seccion principal del polarizador forma un ángulo de consideracion con los trazos del crucero.

El análisis cualitativo de este mineral revela sólo trazas de alúmina, lo que, unido á sus demás caractéres, lleva á considerarlo como una variedad de los piroxenos no aluminíferos.

Sus inclusiones son escasas; redúcense á trozos de magnetita y á productos de la descomposicion del mismo piroxeno, probablemente alguna variedad de clorita que con frecuencia enturbia la natural limpieza de este mineral.

De las cercanías de Riaza he tenido ocasion de estudiar tambien una roca muy análoga á ésta, aunque macroscópicamente considerada de estructura algo más compacta que la que acabo de describir.

Tanto el granate como el piroxeno de esta roca se hallan en fragmentos aún más menudos que en la anterior; y tanto el color del piroxeno como el del granate son de bastante menor intensidad, pues el tinte de este último mineral, aunque de un rosa bastante subido, no posee el intenso color de salmon que caracteriza á la roca del Escorial.

El color del piroxeno tampoco es tan pronunciado, siendo un verde mar bastante suave, presentándose tambien este mineral constantemente en forma de fragmentos irregulares muy pequeños, sin traza alguna de contorno cristalino, mostrando igualmente un crucero bastante pronunciado.

Como inclusiones, se distingue este mineral por empastar gran cantidad de pequeños gránulos de gran refringencia, y que tal vez sean de la misma cocolita; pero es de notar que la orientacion es completamente distinta, pues en la extincion de la cocolita brillan estos pequeños gránulos con gran viveza.

Además de estas dos sustancias se hallan en esta roca algunas pequeñas placas de cuarzo con frecuencia llenas de inclusiones con grandes burbujas, pero constantemente fijas.

Procedente de las cercanías de Valdemaqueda he visto una

roca que es quizás el ejemplar más bello de este tipo que he visto en toda la cordillera.

Esta roca de grandes elementos y de estructura cristalina revela en seccion transparente estar constituida por los siguientes elementos: piroxeno, anfíbol, granate, feldespato labrador y oligoclasa, cuarzo, hercinita, magnetita y diversos óxidos ferríferos como productos de descomposicion.

El piroxeno se presenta en grandes placas de contorno irregular, pero con un crucero predominante de un color verde mar y de ningun dicroismo.

En la luz polarizada produce efectos de interferencia de gran brillantez, y se extingue formando ángulos muy considerables, los trazos del crucero con la seccion principal del polarizador.

Este mineral en algunos sitios se halla literalmente cuajado de inclusiones, hecho que es de notar, se observa en todos los elementos que constituyen esta roca. Estas inclusiones son de dos clases: unas son simplemente cavidades con burbuja gaseosa, siempre fijas, y otras que se hallan parcialmente rellenas, en vez de la sustancia gaseosa, por una materia oscura y opaca, y que recuerda por su apariencia á ciertos betunes ó hidrocarburos condensados.

El piroxeno de esta roca presenta frecuentes señales de urazitizacion, aunque es de notar que en los grandes trozos de anfíbol existente en la roca no se perciben esos tránsitos tan marcados, que ya he descrito en el grupo de rocas piroxeno-anfibólicas.

El anfíbol es de un verde botella muy intenso y su dicroismo es notable, pues en la luz polarizada cambia á un verde de hoja de roble perceptible sólo en los bordes, pues en sitios de no una extrema tenuidad hay una absorcion casi completa.

Los trazos del crucero prismático están muy caracterizados, y sus inclusiones se reducen á pequeñitos trozos de magnetita y tal cual pequeño fragmento de granate.

Este mineral está constantemente en forma de fragmentos irregulares, y posee la misma tinta color de salmon que la roca del Puerto de Malagon.

Es de notar que en este mineral se hallan las mismas inclusiones que en el piroxeno, á más de otros productos ferríferos debidos probablemente á un comienzo de descomposicion.

El feldespato de esta roca, que constituye un elemento de gran importancia, parece referirse á dos clases.

Una, y la más abundante, forma grandes placas constituidas por la asociación de numerosos individuos unidos según la ley de la albita, y que extinguen formando grandes ángulos á ambos lados del plano de macla.

Este mineral es de una limpieza extraordinaria y se halla en un estado de conservación perfecta, siendo sus únicas inclusiones, á más de trozos de granate y piroxeno, algunas cavidades con burbuja fija. Además de estos grandes cristales de feldespato referible al labrador se encuentran algunos más pequeños formados también por la asociación de numerosos individuos, pero que se extinguen con frecuencia suma simultáneamente entre los nicoles cruzados y bajo ángulos en extremo pequeños, carácter que lleva á considerarlos como de oligoclasa.

Entre los grandes cristales se observan también algunos que en la luz polarizada forman un bello reticulado, en los cuales existe no sólo la asociación que obedece á la ley de la albita, sino también á la de la periclina.

El cuarzo de esta roca es notable en alto grado, pues aparentemente constituye trozos irregulares de una apariencia clástica sumamente notable, pues sus bordes se hallan tan recortados y tan separados de los demás elementos de la roca, que en estratos francamente sedimentarios no se titubearía en considerarlo como clástico.

Se halla este mineral atravesado por numerosas hiladas de inclusiones, unas con burbuja fija y otras movibles, pero que invariablemente terminan con la sustancia que las empasta.

Como elementos accidentales sólo me queda que mencionar la magnetita, que forma sólo pequeños fragmentos y es relativamente escasa, y la hercinita.

La sustancia que refiero á este mineral se presenta repartida con bastante irregularidad por la roca en forma de fragmentos irregulares de un color verde muy oscuro, sin dichroismo alguno, y que entre los nicoles cruzados permanece en completa oscuridad.

De las cercanías de Buitrago, é intercalada entre las pizarras piroxeno-anfibólicas del Monte del Infantado, he visto un lecho formado por granate de color rojo, anfíbol y algún piroxeno, y todo ello cementado por abundante cuarzo.

En el microscopio el granate aparece formado por pequeños gránulos de contorno irregular y formando á veces un apiñado conjunto, miéntras otras, por el contrario, aparece esparcido por la roca con bastante irregularidad.

El color de este mineral es un rosa muy suave, y se distingue por hallarse lleno de inclusiones; éstas son de dos clases: unas que brillan sobremanera en la luz polarizada, y otras constituidas por cavidades con grandes burbujas fijas.

El piroxeno forma trozos y fragmentos en general pequeños y presenta la misma tendencia del granate de afectar una estructura granudo-cristalina sumamente especial. Su color es ligeramente verdoso, casi incoloro, y en aquellos trozos de mayor tamaño en que mejor pueden estudiarse sus propiedades, presenta los caractéres propios de este mineral, distinguiéndose solamente por las impurezas que lo enturbian.

El anfíbol forma grandes trozos, de contorno las más veces irregulares, aunque algunas veces presenta la usual combinación del prisma con la pinacoide. Su color es verde botella y su dicroismo regularmente intenso.

Este mineral, evidentemente posterior, pues con frecuencia empasta trozos de granate y áun de cuarzo, presenta numerosas inclusiones de un mineral transparente de terminaciones agudas y que parecen corresponder á la titanita; además se descubren algunas pequeñas partículas opacas probablemente de hierro titanado.

El cuarzo que empasta á todos estos elementos es de estructura granudo-cristalina por lo comun; pero otras veces forma grandes placas granitídeas de gran tamaño y limpieza, y que se distinguen por hallarse llenas de inclusiones á veces de gran tamaño, pero cuyas burbujas se hallan siempre en estado de perfecta fijeza.

Para dar por terminado el grupo de pizarras granatíferas sólo me queda por describir las formadas casi exclusivamente por granate y anfíbol procedentes de las cercanías de Pedraza de la Sierra, rocas harto curiosas por presentar una marcada semejanza con algunas que ya he tenido ocasion de describir procedentes del Puerto de Hueneja, en Sierra Nevada.

Estas rocas en el microscopio se muestran constituidas por un agregado de grandes trozos irregulares de anfíbol verde, de dicroismo bastante intenso y que empastan numerosos frag-

mentos de granate de contorno irregular y de un rojo bastante intenso aún en seccion muy delgada.

El anfíbol muestra con frecuencia en su seno espacios completamente hialinos, longitudinalmente estriados y paralelamente al crucero del mineral envolvente.

Este mineral entre los nicoles cruzados se extingue bajo ángulos que llegan hasta 40°, mientras que el anfíbol que lo envuelve rara vez pasa de 20°, siendo, por consiguiente, esta sustancia un piroxeno de cuya uralitizacion es lógico suponer se deriva el anfíbol componente de estas rocas.

El granate, como ya he dicho, es de un bello color rojo y relativamente al mismo mineral de otras partes de la cordillera, es relativamente escaso en inclusiones, reduciéndose éstas á algunas cavidades con burbuja fija.

El anfíbol empasta á su vez numerosas partículas opacas de magnetita, y rellenando los huecos entre los grandes trozos de este mineral se observan algunas placas de cuarzo que se distinguen por el tamaño de sus inclusiones, cuyas burbujas se hallan constantemente fijas.

De las cercanías de Riaza he visto tambien una pizarra granatífera constituida por anfíbol de color verde botella sin traza alguna de piroxeno, granate en trozos irregulares y de color rosa muy pálido, bastante magnetita, y el todo empastado por abundante cuarzo lleno de inclusiones.

Calizas y cipolinos.

Las calizas de la cordillera Carpetana, como en la primera parte de este trabajo he indicado, forman bancos algunas veces de considerable potencia, rocas que con frecuencia vienen asociadas á las rocas verdes de esta parte de la meseta central.

En algunos ejemplares la caliza se encuentra perfectamente pura, y sólo se descubren algunas pequeñas partículas de magnetita por entre la trama del carbonato cálcico.

En otros la mica se asocia en grandes cantidades, y entonces la roca forma bellisimos cipolinos.

Con frecuencia tambien acompaña el piroxeno á las calizas de la zona Carpetana, y á veces desempeña un papel de verdadera importancia.

La mica es siempre de colores claros y varía desde el blanco al amarillento algun tanto bronceado.

Examinadas placas paralelas al crucero básico muestran tener los ejes ópticos tan próximos el uno al otro, que no se titubearia en tomarlas como cristales de un solo eje.

Tratada por el ácido sulfúrico se descompone por completo, quedando la sílice en las características escamas de las micas magnesianas, miéntras que en la solución se descubre bastante alúmina, escaso hierro y abundante magnesia.

Esta serie de caractéres, á pesar de la aproximación excesiva de los ejes ópticos, conducen á considerar á este mineral como flogopita.

En el microscopio aparece casi incolora, pero al hacer girar el polarizador muestra un marcado dicroismo, pasando á un color anteado muy perceptible cuando los trazos del crucero coinciden con la sección principal del polarizador.

Como regla general esta mica se halla muy bien conservada y está limpia y diáfana, y puede decirse que las únicas inclusiones que encierra se reducen á tal pequeña partícula de magnetita, ó tal vez de pirita; pues al tratar estas calizas por el ácido clorhídrico diluido, se desprende con frecuencia un marcado olor de hidrógeno sulfurado.

El piroxeno es casi siempre de pequeñas dimensiones y contorno redondeado, incoloro y de acción muy enérgica en la luz polarizada, de dicroismo nulo, y por su facies parecen referibles á una diopsida.

Frecuentemente este mineral se halla profundamente descompuesto y transformado en un producto ocráceo ó serpentinoso, llegando á veces esta descomposición á ser tan profunda, que el piroxeno por completo desaparece y los productos resultantes por completo impregnan la caliza.

Otras veces el talco se asocia á estas rocas, y como sucede en un ejemplar del Puerto de Malagon, en los montes del Escorial, que he tenido ocasión de estudiar, constituye una roca de una curiosa estructura que no deja de tener alguna semejanza con el doelo de Galicia.

Esta se halla constituida por una íntima unión de un mineral talcoso y caliza, la cual se halla como envuelta y segmentada por éste y llena de impurezas, con especialidad en el borde de contacto.

Este mineral es de color blanco amarillento en la luz natural, y en la polarizada muestra estar constituido por hebras y filamentos de orientacion irregular que brillan en extremo entre los nicols cruzados.

Horizonte superior ó de las micacitas de la cordillera Carpetana.

Concluida la descripcion de las rocas constitutivas de la parte media de la formacion arcáica, réstame sólo por describir las que constituyen su parte superior.

Como no habrá podido ménos de verse, las rocas del tramo medio se distinguen por lo vario de su aspecto, composicion y estructura, y que forma marcado contraste con la monotonía que preside en el tramo inferior.

Al pasar á la parte superior veremos producirse un fenómeno inverso; y así como el horizonte inferior se funde en el supra-yacente, haciéndose su facies cada vez más mudable, en ésta se verá, por el contrario, que conforme se va ascendiendo en la vertical van haciéndose sus caractéres más y más constantes, hasta llegar á los grandes espesores de micacitas y pizarras micáceas del extremo NE. de la cordillera Carpetana.

Se ve, pues, que considerada la serie arcáica en su conjunto, aparece constituida por dos tramos de igual monotonía en sus extremos, unidos entre sí por un tercero que tiene por regla distintiva el mudar de facies y de carácter á cada instante, y que se funde entre los que encaja por cada uno de sus extremos de una manera gradual, cual si las condiciones que lo produjeron hubieran comenzado y concluido de la misma manera sin salto y gradual.

Por consiguiente, en las rocas de este grupo poco podré extenderme, pues no es muy abundante el material que sus estratos ofrecen á la investigacion del petrógrafo, y casi puede decirse que las variaciones que presenta son más bien como un remanente de la actividad anterior que debido á la propia actividad de ese período de la edad del mundo en que talcitas, pizarras micáceas y filitas constituyen todo el material petrográfico del arcáico de ésta y de otras partes de España.

Micacitas de la cordillera Carpetana.

La estructura de las micacitas de la cordillera Carpetana en sus primeros tramos puede decirse que es la misma que la del gneis micáceo ya descrito, sólo que el feldespato se hace más escaso hasta el punto de llegar por completo á desaparecer.

Como consecuencia de este proceso de eliminacion pueden distinguirse dos términos en estas rocas, que son: aquel en que el feldespato, aunque escaso, forma todavía un elemento de importancia, y que distingo con el nombre de micacita gneísica, miéntras que en el otro este mineral se hace tan escaso, que llega á ser una verdadera rareza ó falta en absoluto, y entónces constituyen las verdaderas micacitas.

Distincion estratigráfica entre estas dos variedades no existe, pues vienen en union tan íntima que sólo el poder del microscopio puede en ciertos casos separarlas, estableciendo la existencia ó no existencia del feldespato, pudiendo como regla general sólo decirse que hácia el límite de los tramos medio y superior es la verdadera micacita una rareza, y que conforme se va ascendiendo en la vertical va haciéndose más y más predominante, hasta el punto de dominar en absoluto en los estratos superiores.

Otro hecho de importancia que distingue á las micacitas del tramo superior del gneis infrayacente es la presencia de la mica blanca. Este mineral, como se ha visto, es raro por demás en el gneis micáceo de la cordillera, pero en los estratos de la parte superior comienza como simple acompañante de la mica oscura ó magnésiana, y aumentando gradualmente en cantidad llega á hacerse predominante hasta el punto de dominar en gran parte de los estratos superiores.

Láminas delgadas de estas rocas muestran en el microscopio una no interrumpida serie que comienza en la roca que no puede separarse del gneis perfectamente típico hasta la micacita mejor caracterizada.

El feldespato ortosa es con relacion á la plagioclasa relativamente escaso. Su contorno es siempre desgarrado y aparece como corroído y envuelto por una costra de impurezas, hasta el punto que algunas veces sólo está representado por un

pequeñísimo fragmento envuelto en productos opacos de su propia descomposicion, y que aparece como desliéndose en el cuarzo que lo envuelve.

La plagioclasa se halla en mucho mejor estado, conservando sus contornos y su diafanidad á veces perfecta. Su estructura es siempre polisintética, constituyéndolos la agrupacion de numerosos individuos por la cara $\infty P \infty$, segun la ley de la albita, siendo sus extinciones siempre bajo ángulos pequeños y muchas veces simultáneamente en todos los individuos, cual corresponde á los feldespatos intermedios de sodio y calcio ú oligoclasa.

La mica, como ya he indicado, es de dos clases: la magnesiiana ó biotita, y la blanca.

La biotita es idéntica á la dominante en el tramo inferior; sus contornos son siempre desgarrados y su dicroismo intenso.

Muestra con frecuencia señales de descomposicion que generalmente se inicia por cargarse de pequeños gránulos negros y opacos de óxidos ferríferos. Estos se desarrollan irregularmente por las láminas de mica, y con frecuencia aparecen envueltos por una zona oscura y traslúcida que á veces llega por completo á enturbiar las mencionadas láminas.

Otras veces se llenan de agujas de rutilo que se maclan por la cara de la pirámide $P \infty$ y forman dentro de las láminas de mica figuras cuadrículares sumamente bellas y de gran regularidad; y es de notar que conforme estos cristales se desarrollan, la mica se descolora.

La variedad blanca se presenta en trozos de grandes dimensiones, los que con frecuencia envuelven todos los demás elementos de la roca. Además de estas grandes placas se descubren diseminadas por el cuarzo láminas incoloras y de contorno exagonal, entre las cuales he observado algunas que se unen entre sí por las caras prismáticas.

Los caracteres de esta mica son los siguientes:

Láminas paralelas al crucero básico muestran en el microscopio polarizante en luz convergente dos ejes ópticos muy separados.

Separado este mineral de los demás elementos de la roca por el licor de Thoulet, se ve que resisten por completo la accion del ácido sulfúrico.

Láminas de esta mica previamente desecadas á cerca de 100°

dan cuando se les calienta en un tubo cerrado un desprendimiento de agua bastante considerable.

Su densidad es relativamente pequeña, pues oscila entre 2.7 y 2.8, y su color es blanco de plata, y en las caras de crucero muestra reflejos nacarinos muy pronunciados.

Dada toda esta serie de caracteres, parece esta mica ser una muscovita, pero que se halla en un estado de hidratación más ó ménos avanzado y referible tal vez por lo ménos en parte á la margarodita.

Todas las micas de esta parte de la formación arcáica tienen la tendencia á descomponerse en productos ferríferos más bien que cloríticos, y á veces es esta descomposición tan profunda, sobre todo en la mica oscura, y tan abundantes los productos ferríferos resultantes, que por completo impregnan la roca y le prestan una coloración en extremo pronunciada que se revela en el microscopio por estar todas sus grietas tapizadas unas veces por hematites parda y otras por hematites roja.

La fibrolita, tan abundante en las rocas del tramo medio, se presenta también en éste con los mismos caracteres, aunque mucho más escasa, pero llega hasta encontrarse en los estratos de las micacitas superiores.

Como elemento accidental se observan algunos trozos irregulares de granate pero repartidos no sólo con irregularidad, sino con parsimonia suma; además y desparramados por el cuarzo se descubren numerosos cristalillos de rutilo unas veces simples y otras maclados; también se descubren algunos cristales de color amarillo limón de formas prismáticas y terminados por pirámides no muy agudas, y que, á juzgar por su considerable refringencia que produce un anillo de reflexión total muy perceptible, parecen ser de zircon.

El cuarzo que traba todos estos elementos es en general de estructura granulítica; sin embargo, en algunas de las micacitas inferiores se observan algunas placas granitoides con sus habituales caracteres.

Las inclusiones de este mineral en las micacitas son muy numerosas, aunque la mayor parte de los ejemplares poseen cavidades con burbujas fijas; sin embargo, se descubren muchas cuyas burbujas poseen movimientos oscilatorios más ó ménos rápidos.

Tales son los principales caracteres de las micacitas que al-

ternan y se funden por su base con los estratos del gneis micáceo de la comarca.

Conforme se asciende en la vertical, el cuarzo disminuye unas veces, y entónces la mica se hace predominante y se forman pizarras lucientes y blandas en extremo, miéntas otras veces la mica se hace escasa; y el cuarzo, por el contrario, aumenta, y entónces se generan pizarras cuarzosas de grano más ó ménos fino en capitas paralelas y separadas entre sí por tenues hojuelas tanto de mica blanca como oscura.

El elemento que acompaña con mucha frecuencia á las micacitas superiores de la cordillera Carpetana es el granate, mineral que algunas veces se hace en extremo abundante, en general de pequeñas dimensiones. Su forma cristalina es siempre el rombo-dodecaedro y su color el rojo jacinto muy subido, y forma un marcado contraste con el granate de las pizarras piroxénicas del tramo inferior, nunca en forma regular y con su color característico.

En seccion transparente es en general de color rosado claro y muestra siempre trazas de descomposicion bastante profunda, hallándose siempre más ó ménos transformado en diversos óxidos de hierro.

Unas veces es diáfano en extremo, pero otras aprisiona numerosos cuerpos extraños consistentes unas veces en pequeños trozos opacos probablemente de magnetita, y otros transparentes y muy activos en la luz polarizada, al parecer de cuarzo.

Con mucha frecuencia se observa en las micacitas superiores de la cordillera Carpetana la presencia de pequenitos cristales de turmalina.

Estos son de color de yerba seca oscura, muy dicróicos y generalmente en forma de prismas exagonales con un romboedro muy rebajado en uno de sus extremos, y por el otro, cuando no tronchado, terminado por el mismo romboedro, pero inverso. Tambien he visto algunos de estos cristales formados por prismas de nueve lados $\infty P2$ y $\frac{\infty R}{2}$ combinados.

El cuarzo tiene la tendencia á intercalarse entre las láminas de mica en forma lenticular, de lo que resulta la poca cohesion que estas micacitas tienen, hasta el punto que muchos ejemplares pueden deshacerse con los dedos.

Como ya he indicado, la mica en su mayoría es blanca; pero

la oscura constituye á veces una parte importante de estas rocas, y casi siempre en un estado bastante avanzado de descomposicion.

En algunas de estas micacitas desempeña la magnetita un papel de importancia, las más veces en formas irregulares, pero en otras se descubren las formas del cubo y el octaedro.

Otro mineral que se presenta tambien en las pizarras de esta parte de la formación arcáica es la estaurotida, que si bien unas veces sólo se halla como elemento accidental en la micacita, otras, por el contrario, adquiere un gran desarrollo, y es de notar que todos los ejemplares que he visto poseen los mismos caractéres.

Uno de los más bellos que he visto es procedente del Cardoso, y en la actualidad existe en el Museo de Historia Natural.

En este ejemplar forma la estaurotida cristales de más de cuatro centímetros de largo por uno en su seccion transversa, empastados en una micacita con muy poco cuarzo y algunos granates.

La estaurotida es de un rojo jacinto muy bello y de gran transparencia relativa; invariablemente forma cristales simples, no habiendo visto ni uno solo referible á las usuales macclas de este mineral, y se presentan en cristales alargados constituidos por ∞P , $\infty \bar{P}$, OP y $\bar{P}\infty$.

Cortados estos cristales paralelamente á OP y á $\infty \bar{P}$, dejan ver en ambos las imágenes de interferencia de sus ejes ópticos cuando se les examina en el microscopio polarizante en luz convergente, mostrando solamente una deferencia angular muy pequeña entre las dos imágenes de los ejes ópticos, siendo las que menor distancia angular acusan las paralelas á la base y la mayor la seccion braquipinacoidal, que como corresponde á este mineral, es normal á la bisectriz obtusa, siendo el ángulo de la bisectriz aguda de 89 grados.

En seccion transparente son de una diafanidad extraordinaria, á pesar de las inclusiones que encierran; su dicroismo es intenso y varía desde el rojo jacinto subido para las vibraciones paralelas al eje vertical á un amarillo limon, en el que apenas se percibe diferencia alguna para las vibraciones paralelas á los ejes horizontales.

Entre los nicoles cruzados brilla este mineral con viveza extraordinaria con tonos verdes y rojos de fuego.

Las inclusiones son de tres clases: unas, y las de mayor tamaño, consisten en fragmentos negros y opacos de contorno exagonal y de débil accion sobre el iman, y que probablemente son de ilmenita. Otras consisten en agujas muy delgadas y alargadas en una direccion, de color rojo y de escasa transparencia, y que tal vez sean un óxido de titano, miéntras que las otras se presentan en forma de pequeños microlitos transparentes, pero de cuyo color es difícil poder juzgar, hallándose como se hallan envueltos por la estaurotida.

Cuando ésta posee la coloracion rojo-jacinto parecen estos cristales de la misma tinta; pero cuando la luz vibra paralelamente á los ejes horizontales, en cuyo caso la coloracion es amarilla, entónces se percibe un ligero tinte pardo-verdoso. En aquellos individuos orientados paralelamente á los ejes de elasticidad de la estaurotida, la extincion es simultánea.

Sus formas cristalinas son prismáticas, y se observa que sus terminaciones muy rebajadas no se producen en ambos extremos, sino que parecen hemimórficos, estando uno de sus extremos terminados por lo que parece un romboedro y el otro por la base: serie de caracteres que lleva á considerarlos como de turmalina.

En las secciones paralelas á la base se observa que los fragmentos de ilmenita tienen una marcada tendencia á orientarse concéntricamente al eje cristalográfico, adosándose sobre las caras del crucero, tanto prismático como pinacoidal, en forma de tablas exagonales muy delgadas, situándose su longitud máxima paralelamente á los planos de los cruceros.

Además de estas inclusiones se encuentran aprisionados en este mineral algunos pequeños fragmentos de cuarzo, en los que se perciben numerosas inclusiones con burbuja movible.

Granito normal y microgranitos de la cordillera Carpetana, y algunos efectos de contacto entre estas rocas y las arcáicas.

Antes de dar por terminada la descripcion de aquellos tipos de rocas que mejor caracterizan al arcáico de la cordillera Carpeto-Vetónica, réstame dar á conocer algunos de los microgranitos que atraviesan sus estratos, así como dar una idea

general de la estructura del granito normal de la meseta central española.

Además me ocuparé de algunos de los efectos de contacto que entre estos materiales y las rocas arcáicas se han producido.

Estos efectos de contacto se pueden separar en cierta manera en dos grupos distintos.

Unos son dependientes de los diques de microgranitos, tan comunes en toda esta zona montañosa, mientras que los otros se relacionan con las grandes masas graníticas del país.

La acción de los diques de microgranito se reducen principalmente á la generación de turmalinas, tanto en las salbandas de las rocas en que arman, como en las numerosas grietas que dependientes de éstos por todas partes surcan el terreno.

Los efectos en relación con el granito que en cierta manera puede decirse que empasta en ciertos sitios á las rocas arcáicas de esta parte del país, son de otro género.

Como ya he indicado, la estructura de la cordillera Carpetana es de una sencillez verdaderamente notable, y puede sintetizarse en las siguientes palabras.

Granito á todas luces eruptivo y posterior al arcáico, y el terreno atravesado por una serie de fallas longitudinales y paralelas entre sí, habiendo los segmentos entre ellas comprendidos experimentado una inclinación constante hácia una dirección determinada, produciéndose con sólo raras excepciones un buzamiento general de todos los estratos de la cordillera hácia el SE.

Como consecuencia de esta estructura, resulta que en los varios segmentos en que el arcáico queda dividido, aflora por su borde NO., ó bien el granito ó los tramos más profundos de esa formación, mientras que por el borde Sudeste viene la parte superior de cada segmento á estar en contacto con lo más profundo del inmediato; y si, como sucede con bastante frecuencia, por la base de ambos aparece el granito, aparece entonces el arcáico por un lado reposando francamente sobre él, mientras que por el otro aparece como si penetrara hácia su interior.

En sitio alguno se presenta este caso de una manera más clara y terminante como en los montes del Escorial, y á éstos tomo como tipo, tanto por la sencillez con que el fenómeno se

manifiesta, como por la facilidad que hay para hacer su estudio y comprobarlo.

Como ya en la parte estratigráfica de este trabajo he indicado, los montes del Escorial los constituye una masa arcáica que, reposando sobre el granito por su borde NO., viene toda ella con buzamiento al Sur y Sudeste como á empotrarse hácia el interior de la extensa zona granítica que por la base de dichos montes se extiende.

Aparece, pues, esta masa por ambos bordes en contacto con el granito, y miéntras que por el borde Norte de la misma puede considerarse su contacto con el granito como normal, en el borde Sur, por el contrario, presenta una anormalidad extremada.

Con efecto, si se sigue el contacto Norte se verá que siempre el gneis aparece reposando francamente sobre el granito, por más que éste venga en contacto con partes más ó menos profundas de la serie arcáica.

Por el contrario, el contacto Sur es anómalo en extremo, y sólo por corto trecho se presenta de la idéntica manera.

Los cuatro cortes (Lám. XI) tomados en la base de estos montes podrán dar una idea de la manera verdaderamente anormal en que el contacto entre ambas formaciones se verifica.

Cortado el terreno por donde el granito se adosa al gneis en la cumbre de la Machota Alta, se verá que ambas rocas se ponen en contacto, describiendo los estratos del gneis un abanico notable en alto grado; pero á corta distancia de este sitio se verá que el contacto entre ambas formaciones se verifica de muy distinta manera.

Si se siguen los desmontes de la vía férrea camino de Villalba, aparece el granito atravesado por numerosos diques de pórfidos y granofiros.

Si desde la vía se avanza normalmente á los montes del Escorial, por ejemplo desde la primera casa del guarda-aguja, se verá que las masas de pórfidos se acentúan más y más hasta hacerse esta roca la exclusiva; y como á medio kilómetro de la vía puede verse el contacto, por ejemplo, en el arroyo que vierte en el Cebadillas, en donde se ve al gneis con rápido buzamiento al Sur penetrar aparentemente por debajo de los pórfidos, en cuyo sitio se hacen éstos estratiformes.

Aun más al NE. de este sitio, y precisamente en el cauce de

uno de los arroyos que bajan del Cerro de los Abantos, podrá verse también un contacto en alto grado anormal.

En este sitio se ve al gneis buzar por debajo del granito, y éste en algunos sitios reposando á caballo sobre el gneis, y es de notar que el contacto entre ambas rocas se halla perfectamente delimitado y sin transición alguna.

Por último, y como para evidenciar aún más lo anómalo del contacto entre estas dos formaciones, á muy corta distancia de este sitio reemplazan al granito común de la cordillera grandes masas de granofiros y granitos rojos, y por una serie de rocas que, como el exámen microscópico revela, son de una estructura eminentemente clástica, viene otra vez el gneis como á empotrarse por debajo de esos materiales, á semejanza de lo que se observa en el Arroyo Cebadillas.

El granito en que encajan estas grandes masas de terreno arcáico es bien conocido, por ser igual al que forma las grandes masas de la cordillera, y cuyos caracteres son muy constantes en una gran parte de la meseta central.

Es de grano relativamente grueso y formado por feldespato blanco, cuarzo gris y mica oscura, y cuando su fractura es fresca posee un tinte azulado muy pronunciado.

Caracterizan á esta roca los numerosos gabarros que en su masa se encuentran, así como la frecuencia con que se individualizan grandes cristales de feldespato asociados por la cara de la clinopinacóide, según la ley de Carlsbad, que la prestan con frecuencia una estructura porfiróidea muy notable.

En sección transparente resulta su estructura cristalina, su feldespato referible á dos clases: la más abundante á la ortosa en grandes cristales y bastante bien conservada, y la otra á una plagioclasa que por sus caracteres ópticos parece ser referible á la oligoclasa, siempre en cristales de menor tamaño que la ortosa, aunque en cantidad considerable, lo que explica lo fácilmente que se descompone esta roca por los agentes atmosféricos, como cualquiera que se haya fijado en los monumentos de la capital no habrá dejado de percibir.

La mica en grandes trozos es magnésiana en su casi totalidad, pues sólo se descubren algunos trozos blancos referibles á la muscovita. Este mineral con frecuencia se descompone y se transforma en mica verde, mientras otras veces se carga de óxidos ferríferos que le quitan su transparencia.

El cuarzo es muy abundante, y en grandes placas granitoides empasta todos los elementos de la roca; y es de notar que á pesar de hallarse literalmente lleno de inclusiones con burbujas gaseosas en muchos sitios, sólo como rara excepcion poseen éstas el menor movimiento.

Cuando se estudian ambos contactos de la roca gneísica con el granito, se observan algunos hechos que no dejan de tener importancia, pues por su carácter negativo excluyen el poder referir el desarrollo de algunos de los materiales de esta formacion á una accion metamórfica producida por las grandes masas eruptivas de la cordillera; pues los efectos que pueden referirse al contacto se reducen meramente á una accion de infiltracion silíceá que presta al gneis una estructura granofírica muy pronunciada en el contacto Norte, miéntras que en el borde meridional se observa, por el contrario, una accion más bien básica que ácida, y que produce una profunda alteracion en las diversas rocas gneísicas, hasta el punto que en muchos sitios sería fácil confundirlas con algunas rocas serpentinosas.

Si nos fijamos en los estratos gneísicos del contacto meridional, se verá que desde 100 ó 200 metros se notan ya indicios de alteracion en la roca, siendo la mica el primer elemento que se altera, convirtiéndose la mica oscura de estas rocas en mica verde.

En los estratos ya próximos al contacto se observa que la mica se ha deshecho por completo, quedando solamente tal cual pequeño fragmento, pero en completo estado de descomposicion. El feldespato se altera tambien por completo, convirtiéndose en un producto de color verde sucio que, en union con los productos de descomposicion de la mica, forman una pasta de hebras y filamentos que desparramándose por la roca rompe y disgrega el cuarzo, y por último pasa á constituir un agregado de accion confusa en la luz polarizada, y empastando trozos más ó ménos grandes de cuarzo y feldespato descompuesto, siendo de notar que el granate permanece sin sufrir la menor alteracion:

Su color es verde oscuro, su tacto unctoso, siendo en muy gran parte atacable por los ácidos, y perdiendo, por último, toda traza de estratificacion.

Estos son los dos efectos principales que las grandes masas

graníticas parecen ejercer sobre las rocas arcáicas con que vienen en contacto. Otras veces, y con especialidad en los sitios en que el granito se adosa directamente al gneis, la acción metamórfica es perfectamente nula, mientras otras veces, como puede observarse en las cercanías del pueblo de Lozoyuela, tanto el gneis como el granito se cargan en el contacto de innumerables cristales de turmalinas; pero es este fenómeno tan comun en los diques de microgranitos de la cordillera, que antes de seguir más adelante creo debo dar una idea de la manera como esta roca se presenta.

Esta roca forma siempre diques, á veces de considerable magnitud, como son algunos de los que cortan los estratos en la Peñalara, pero otras veces son sus dimensiones relativamente pequeñas, observándose algunas de ménos de medio metro de espesor mientras su desarrollo lineal es considerable.

Su grano es siempre fino y los colores blanquecinos son los predominantes; sin embargo, las tintas rosadas no son raras, y cerca de la cumbre de la Peñalara las he visto de un bello color rojo.

Estas rocas son siempre de dos micas: la blanca predominante y la oscura subordinada, faltando por completo en algunos yacimientos. El feldespato es blanco y el cuarzo bastante abundante.

El microscopio revela que la mayor parte del feldespato es referible á la ortosa, aunque la plagioclasa se encuentra con alguna frecuencia. Pero el elemento que presta carácter á estas rocas es la turmalina.

Este mineral, como ya he indicado, se desarrolla de preferencia en las salbandas de los diques de esta roca, no sólo en el microgranito, sino tambien algunas veces en el gneis en que encaja, y siempre tiene una marcada semejanza aunque en yacimientos bastante distantes el uno del otro, distinguiéndose por la frecuencia con que se desarrolla la turmalina de color azul.

En un microgranito de las cercanías del Escorial son éstas de singular belleza. Está constituida esta roca por un agregado muy menudo de cuarzo y feldespato, en el cual se desarrollan numerosos cristalillos de turmalina, y otros aún más pequeños de granate.

La turmalina, macroscópicamente considerada, es negra y

opaca, pero en seccion transparente es de un azul ó índigo de singular belleza. Esta variedad de indicolita tiene un dicroismo muy pronunciado; para el rayo ordinario es de un azul casi negro, y para el extraordinario de un violeta rosado suave en extremo.

En general se presenta en forma de prismas exagonales, pero sus terminaciones están generalmente rotas; sin embargo, algunas veces conserva sus extremidades en buen estado, estando terminadas por un romboedro rebajado.

Frecuentemente encierra grandes cavidades alargadas en el sentido del eje cristalográfico y con grandes burbujas pero constantemente fijas.

El granate que acompaña á este mineral es siempre muy pequeño y cubierto con frecuencia por una capa ocrácea. Su color es un rosa muy pálido y se distingue por lo limpio que se halla de inclusiones. Sus formas habituales son el rombo-dodecaedro. El feldespató es en su mayor parte ortosa, siempre en estado bastante avanzado de descomposicion.

La plagioclasa se presenta en cristales pequeñitos formados por la union de numerosos individuos, segun la ley de la albita, y extinguiéndose siempre bajo pequeños ángulos.

La mica es blanca y se presenta en grandes trozos de absorcion marcada y con frecuencia retorcida, aprisionando entre los planos del crucero básico una sustancia negra y opaca que parece ser magnetita.

En un microgranito de las praderas de Peñalara he visto unas turmalinas que tienen una particularidad muy notable. Estas turmalinas son de un verde aceituna para el rayo ordinario y de un color anteado para el extraordinario; y con suma frecuencia se observa en ellas que alrededor de un punto negro y opaco se desarrolla una aureola de forma esférica de un bello color azul.

He visto algunas de estas turmalinas que encerraban seis y siete de estas pequeñas esferas, cada una con su pequeño núcleo opaco, del que parecia derivarse la coloracion de la turmalina en su derredor.

Debo tambien mencionar una interesante roca que he recogido muy cerca ya de la cumbre de Peñalara.

Esta roca macroscópicamente puede considerarse como un microgranito turmalinífero, pero en el cual existe una nota-

ble cantidad de un mineral pinitóideo, unas veces en agrupaciones de tamaño considerable y otras en cristales aislados.

Este mineral es de color bronceado muy oscuro; se halla en forma de prismas exagonales terminados por la base, paralelamente á la cual existe una separacion fácil que á primera vista podría tomarse por un crucero, pero visto con mayor detenimiento resulta que la division es irregular y tiene lugar con mayor facilidad por unos sitios que por otros.

Examinados estos cristales en seccion transparente resulta que el mineral pinitóideo se limita á la parte exterior, y que en el interior conservan todos ellos un núcleo más ó ménos importante de cordierita, que á primera vista se distingue por la intensidad con que brilla en la luz polarizada con tintas verdes y encarnadas.

Las secciones paralelas á las caras prismáticas se extinguen entre los nicoles cruzados paralelamente á las aristas, y las paralelas á la base en la biseccion del ángulo prismático.

En las secciones paralelas á la base que he investigado se descubren trazas de los ejes; pero á consecuencia del avanzado estado de alteracion en que se hallan no he podido conseguir ninguna preparacion que sea satisfactoria.

Aun en láminas bastante delgadas se percibe el tricroismo con el dicropo, variando sus tintas desde un violeta azulado muy claro á tintas ligeramente verdosas.

En una de las preparaciones paralelas á la base he podido observar una macla cuya extincion se verificaba bajo un ángulo de 30° á ambos lados del plano de macla, cual corresponde á la macla usual de la cordierita por una de las caras del prisma ∞P .

La transformacion de este mineral en la sustancia pinitóidea se verifica de una manera muy especial. En toda su periferia aparece el cristal envuelto por una zona constituida por una masa de color amarillo de aceite llena de hebras y filamentos de distinta orientacion, de accion confusa en la luz polarizada, y en el seno de la cual se desarrollan numerosos fragmentos de mica tanto blanca como oscura.

De este envoltorio se desprenden hácia el centro vetas aun de ménos accion en la luz polarizada que recuerdan en un todo á las que son propias de la serpentizacion del peridoto, pero que atraviesan la cordierita, á diferencia de aquellas, con

alguna mayor regularidad, pareciendo como si siguieran de preferencia el crucero prismático, y estrechándose la malla cada vez más y más, llega este mineral por completo á desaparecer.

Comparada esta sustancia pinitóidea con la iberita de Montalban, en los montes de Toledo, resulta que se diferencia bastante, pues en la iberita no existe ni el menor remanente de cordierita, siendo además el agregado que la constituye de una acción mucho más viva en la luz polarizada, abundando en su masa la mica blanca de una manera extraordinaria.

Los demás elementos del microgranito de Peñalara que acompañan á este mineral son feldespato ortosa en regular estado de conservación, cuarzo en abundancia y en grandes placas granitóideas, mica tanto blanca como oscura y gran cantidad de turmalinas en extremo curiosas.

Este mineral se presenta de preferencia en agrupaciones de numerosos individuos como formando nidos en distintos sitios de la roca.

El tamaño de este mineral es relativamente considerable, y su color habitual es un castaño verdoso; su dicroísmo es muy intenso, y sus formas cristalinas son, ó prismas exagonales ó prismas de nueve lados.

La particularidad que distingue á las turmalinas de esta roca es el estar envueltas por otra turmalina de un azul celeste de singular belleza.

Unas veces esta sustancia se percibe solamente como un feston que rodea la totalidad del prisma, mientras otras veces sólo algunas de sus caras están cubiertas, y otras veces sucede que todo el cristal es de la variedad oscura, y sólo su terminación está constituida por la turmalina celeste, terminando con un romboedro muy bien determinado.

Existen también cristales totalmente constituidos por esa variedad, y con frecuencia se ve que de un grupo de cristales de lo que puede llamarse la turmalina común, se desprenden á semejanza de geodas pequeñitos cristales de la variedad celeste, que parecen como converger hácia el centro de la masa cuarzosa que los envuelve.

Se distingue también esta variedad de turmalinas por su escaso dicroísmo, pues en las dos posiciones del polarizador oscila desde un celeste con un ligero tono de azul de Prusia,

ble cantidad de un mineral pinitóideo, unas veces en agrupaciones de tamaño considerable y otras en cristales aislados.

Este mineral es de color bronceado muy oscuro; se halla en forma de prismas exagonales terminados por la base, paralelamente á la cual existe una separacion fácil que á primera vista podria tomarse por un crucero, pero visto con mayor detenimiento resulta que la division es irregular y tiene lugar con mayor facilidad por unos sitios que por otros.

Examinados estos cristales en seccion transparente resulta que el mineral pinitóideo se limita á la parte exterior, y que en el interior conservan todos ellos un núcleo más ó ménos importante de cordierita, que á primera vista se distingue por la intensidad con que brilla en la luz polarizada con tintas verdes y encarnadas.

Las secciones paralelas á las caras prismáticas se extinguen entre los nicoles cruzados paralelamente á las aristas, y las paralelas á la base en la biseccion del ángulo prismático.

En las secciones paralelas á la base que he investigado se descubren trazas de los ejes; pero á consecuencia del avanzado estado de alteracion en que se hallan no he podido conseguir ninguna preparacion que sea satisfactoria.

Aun en láminas bastante delgadas se percibe el tricroísmo con el dicroscopo, variando sus tintas desde un violeta azulado muy claro á tintas ligeramente verdosas.

En una de las preparaciones paralelas á la base he podido observar una macla cuya extincion se verificaba bajo un ángulo de 30° á ambos lados del plano de macla, cual corresponde á la macla usual de la cordierita por una de las caras del prisma ∞ P.

La transformacion de este mineral en la sustancia pinitóidea se verifica de una manera muy especial. En toda su periferia aparece el cristal envuelto por una zona constituida por una masa de color amarillo de aceite llena de hebras y filamentos de distinta orientacion, de accion confusa en la luz polarizada, y en el seno de la cual se desarrollan numerosos fragmentos de mica tanto blanca como oscura.

De este envoltorio se desprenden hácia el centro vetas aun de ménos accion en la luz polarizada que recuerdan en un todo á las que son propias de la serpentizacion del peridoto, pero que atraviesan la cordierita, á diferencia de aquellas, con

alguna mayor regularidad, pareciendo como si siguieran de preferencia el crucero prismático, y estrechándose la malla cada vez más y más, llega este mineral por completo á desaparecer.

Comparada esta sustancia pinitóidea con la iberita de Montalban, en los montes de Toledo, resulta que se diferencia bastante, pues en la iberita no existe ni el menor remanente de cordierita, siendo además el agregado que la constituye de una acción mucho más viva en la luz polarizada, abundando en su masa la mica blanca de una manera extraordinaria.

Los demás elementos del microgranito de Peñalara que acompañan á este mineral son feldespatos ortosa en regular estado de conservación, cuarzo en abundancia y en grandes placas granitóideas, mica tanto blanca como oscura y gran cantidad de turmalinas en extremo curiosas.

Este mineral se presenta de preferencia en agrupaciones de numerosos individuos como formando nidos en distintos sitios de la roca.

El tamaño de este mineral es relativamente considerable, y su color habitual es un castaño verdoso; su dicroísmo es muy intenso, y sus formas cristalinas son, ó prismas exagonales ó prismas de nueve lados.

La particularidad que distingue á las turmalinas de esta roca es el estar envueltas por otra turmalina de un azul celeste de singular belleza.

Unas veces esta sustancia se percibe solamente como un feston que rodea la totalidad del prisma, mientras otras veces sólo algunas de sus caras están cubiertas, y otras veces sucede que todo el cristal es de la variedad oscura, y sólo su terminación está constituida por la turmalina celeste, terminando con un romboedro muy bien determinado.

Existen también cristales totalmente constituidos por esa variedad, y con frecuencia se ve que de un grupo de cristales de lo que puede llamarse la turmalina común, se desprenden á semejanza de geodas pequeños cristales de la variedad celeste, que parecen como converger hacia el centro de la masa cuarzosa que los envuelve.

Se distingue también esta variedad de turmalinas por su escaso dicroísmo, pues en las dos posiciones del polarizador oscila desde un celeste con un ligero tono de azul de Prusia,

á un celeste claro, siendo su limpieza verdaderamente extraordinaria, pues apenas revela el microscopio la más pequeña impureza aprisionada en su masa y que enturbie su bellísima coloración.

En el contacto del gneis con el granito y con los microgranitos también se desarrollan cristales de turmalina en las salbandas de la roca gneísica, aunque no en tanta abundancia como en los microgranitos.

En el contacto anormal entre el granito y el gneis en Lozoyuela existe una zona como de unos cinco centímetros, en donde se desarrollan numerosos cristales de turmalina, apareciendo tanto el granito como el gneis profundamente descompuesto hasta cierta distancia del contacto, la mica convertida en clorita, el feldespato turbio en extremo y descompuesto, y la zona intermedia convertida en una masa de color blanquecino y de acción muy confusa en la luz polarizada, rica en filamentos de una sustancia clorítica, así como en pequeños fragmentos angulares de cuarzo y feldespato.

Las vetas de turmalina que ya he dicho que atraviesan los estratos de la cordillera Carpetana, á semejanza de los filones de cuarzo en otros terrenos y de éste, son de color negro mate, y á la simple vista no se percibe elemento alguno, mientras otras veces empastan trozos de las rocas en que arman y adquieren una apariencia brechiforme sumamente notable.

Examinadas secciones de estas masas en el microscopio resultan en general constituidas por un agregado de cristales y agujas de turmalina que tienen la tendencia á soldarse entre sí y á formar espacios de regular tamaño en que todos los cristales tienen una orientación análoga, mientras en inmediato contacto aparece otro con una orientación casi en ángulo recto al primero y así sucesivamente.

Su color generalmente es un castaño verdoso, pero con frecuencia suma se observa que en algunos sitios se coloran del azul tan frecuente en las turmalinas de la comarca. El cemento que las traba es cuarzoso, y se observan algunas placas cuarzosas entre el apretado tejido de la turmalina, muy ricas en inclusiones, y en cuya masa se desarrollan numerosos cristallitos de turmalina.

En otros ejemplares se perciben fragmentos de cuarzo de forma perfectamente clástica y cementados por un cemento

formado de pequenísimos trozos y agujas de turmalina, teniendo la roca una apariencia brechiforme en extremo pronunciada.

Como fácilmente se desprende, de la manera como la turmalina se presenta en todos estos sitios, parece este mineral ser un producto secundario cuya generacion se halla en la inmediata dependencia de los granitos y microgranitos de esta zona montañosa, y como consecutiva á desprendimientos de productos bóricos por las grietas y roturas que rellenaron los granitos y microgranitos en aquel remoto período de la edad del mundo.

Escrito lo que antecede, he visto algunas rocas que tiene en su poder el Sr. Quiroga, y he vuelto á visitar el yacimiento de rocas verdes del Puerto de Malagon, en los montes del Escorial, y existe un tipo de rocas en que el piroxeno viene asociado al feldespato ortosa, de bastante interés; pues aunque algunas de estas rocas parecen ser sencillamente tránsitos que se establecen entre las pizarras piroxénicas y los gneis adyacentes, otras, por el contrario, parecen formar lechos independientes que perdiendo con frecuencia la estructura pizarrosa, parecen rocas análogas á los granitos gneísicos que en lechos estratiformes arman entre los estratos del tramo medio del arcaico de la cordillera, acentuándose entonces aún más la semejanza que estas rocas tienen con las granulitas de Sajonia.

Estas rocas forman un agregado granitóideo de feldespato ortosa en grandes cristales, poco cuarzo y trozos las más veces de contorno irregular de piroxeno sahlita, semejante en un todo al que constituye las pizarras ya descritas, notándose además cristales y trozos de granate y titanita.

DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

DE LOS

MATERIALES ARCÁICOS DE ANDALUCÍA,

POR

DON JOSÉ MACPHERSON.

(CONTINUACIÓN) (1).

(Sesión del 1.º de Diciembre de 1886.)

~~~~~

Así como la cordillera Carpetana se distingue por presentar en su mayor desarrollo lo que puede considerarse como la parte inferior del arcáico de la península Ibérica, y Galicia por la manera como se desarrolla su parte media, en Andalucía por el contrario, es la parte superior la que mayor desarrollo alcanza.

Como en la parte estratigráfica he indicado en seis diferentes regiones, afloran en Andalucía los materiales arcáicos.

Tres de estos macizos se encuentran situados en la margen derecha del Guadalquivir, y otros tres se encuentran en su izquierda; y es verdaderamente notable el paralelismo que entre estos diferentes afloramientos se observa, pues su situación es tal, que prolongados los septentrionales al ESE. se corresponden con los situados en la margen izquierda del Guadalquivir cual si hubieran formado en época remota solo tres macizos principales.

Con efecto, prolongadas en esa dirección las grandes masas de Portugal y de la provincia de Huelva, encuentran en su prolongación al gran macizo de la Serranía de Ronda; mientras que prolongada la estrecha banda de las provincias de Badajoz y Sevilla se corresponden con la agreste masa de las

---

(1) Véase la página 365 del tomo XIII de estos ANALES.

sierras Tejea y Almijara; mientras que las de las provincias de Córdoba y Badajoz encuentran en su prolongación al ESE. al gran macizo que forma las altas cumbres de la Sierra Nevada.

Los materiales constitutivos de estos seis distintos macizos son muy semejantes entre sí, y puede decirse que las seis regiones solo se diferencian por el mayor ó menor predominio de unos materiales sobre otros.

Con efecto, así como las anfibolitas abundan en extremo en la Sierra Nevada y en ciertos parajes de las provincias de Sevilla y Huelva, en la Serranía de Ronda son escasas en extremo; mientras que las calizas, que tan inmenso desarrollo tienen tanto en esta última región como en la Sierra Tejea y en la provincia de Huelva, afloran con escaso desarrollo en la Sierra Nevada y en la provincia de Córdoba, mientras que el granate, relativamente escaso tanto en la provincia de Sevilla como en la Serranía de Ronda, abunda extraordinariamente en todas las pizarras de la Sierra Nevada.

Los materiales constitutivos del arcáico de Andalucía pertenecen, como he dicho, en su mayor parte al tramo superior, pues las rocas pertenecientes á los tramos inferiores afloran en Andalucía esporádicamente y como sacadas las más veces á la superficie en los anticlinales de los pliegues, como sucede por ejemplo en Sierra Nevada y en muchos sitios tanto de la Serranía de Ronda como de la margen derecha del Guadalquivir; así que cuantitativamente entre todos los materiales arcáicos de Andalucía, las pizarras micáceas y carbonosas son las predominantes.

A estas siguen las micacitas, con las anfibolitas y calizas asociadas, que en algunos sitios, tales como la Serranía de Ronda, en Sierra Tejea y en las sierras al Norte de la provincia de Huelva, y en algunos parajes de la de Sevilla, adquieren un desarrollo considerable.

El gneis en el mayor número de casos se encuentra en estos macizos como un mero accidente asociado á las micacitas en lechos de poco espesor, y solo en algunos parajes de la Serranía de Ronda y de las sierras Tejea y Almijara, en donde afloran las partes más profundas de esta formación en Andalucía, es donde llega á adquirir alguna importancia; y hasta tal punto es esto así, que en algunos sitios salen á la superficie

rocas que, dada su posición estratigráfica, su faéies y los detalles de su estructura íntima, parecen representar, aunque de una manera efímera é incompleta, á las grandes masas de gneis fundamental que con tan gran desarrollo hemos estudiado en la meseta central y aun en Galicia.

Por lo tanto, y siguiendo el orden establecido en este breve resumen de los caracteres de los principales materiales pétreos que constituyen el arcaico de Andalucía, me ocuparé primeramente de este gneis que, cuando menos, forma la parte más profunda que aflora en este país, haciéndolo después de las variedades más ó menos micáceas y más ó menos ricas en minerales que constituyen una parte del suelo de esta bella comarca.

Después lo haré del interesante grupo de rocas verdes y de las calizas que á ellas vienen asociadas, terminando por las micacitas y pizarras micáceas y carbonosas que ponen término en Andalucía á toda la serie de materiales que forman el cimiento sobre que reposan los sedimentos cambrianos y silurianos del país.

## HORIZONTE MEDIO DEL ARCAICO EN ANDALUCÍA.

### Gneis glandular.

Además del gneis de estructura glandular, de que ya me he ocupado en la parte estratigráfica de este trabajo, y que asoma en la parte más profunda de toda la serie arcaica de las Chapas de Marbella, mi amigo el Sr. Orueta me ha proporcionado ejemplares de rocas semejantes de las cercanías de Torrox, y que este señor me dice ocupan la misma posición que el gneis de la Serranía de Ronda.

Son estas rocas de análogos caracteres: en ambas la estructura glandular es la dominante; en la roca de Marbella diferenciados los grandes cristales de feldespato y asociados dos á dos según la ley de Carlsbad; en la de Torrox, formadas más bien las glándulas por confusa mezcla de cuarzo y feldespato,

y teniendo una marcada semejanza con muchos de los gneis de la cordillera Carpetana.

En ambas variedades existen dos clases de mica, una blanca y otra oscura, derivándose al parecer por epigenia la blanca de la oscura. Sus fragmentos son generalmente de pequeño tamaño, y tanto en la variedad de las Chapas como en la de Torrox se observan los mismos regueros de partículas de este mineral, los que se ajustan sobre las grandes glándulas de cuarzo y feldespato que prestan carácter á esta roca.

Al epigenizarse la mica oscura en la variedad blanca quedan como residuo trozos negros y opacos probablemente de hierro magnético que se desparraman por la roca, siendo, sobre todo, frecuente este fenómeno en la roca procedente de las Chapas de Marbella, en la cual es frecuente observar también como residuo algunas agujitas de rutilo.

Como ya he indicado, en esta última roca dominan los cristales asociados según la ley de Carlsbad; y es de notar que, á pesar de su marcada individualización, se hallan estos cristales literalmente llenos de grandes trozos de cuarzo y feldespato, no siendo raras tampoco algunas partículas de mica magnésiana.

Otro carácter que distingue á la variedad de las Chapas de la de Torrox es la abundancia relativa de feldespato plagioclasa que entra en la composición de la primera; pues mientras en la de Torrox son muy contados los cristales que puedan referirse al sexto sistema, en la de las Chapas los cristales de plagioclasa son numerosos, y aun en los grandes cristales de ortosa se hallan empastados fragmentos cristalinos que son referibles á este tipo.

Todos ellos se extinguen bajo ángulos muy pequeños, y las lamelas asociadas lo hacen casi simultáneamente; serie de caracteres que lleva á considerarlos como oligoclasa.

Generalmente solo se observa en los diversos individuos asociados la ley de la albita, pero en algunos cristales se observa también la de la periclina.

El cuarzo es abundante; unas veces forma placas de extinción homogénea de considerable tamaño, pero otras afecta la estructura granulítica.

Sus inclusiones son numerosas; las de la variedad de Torrox son de mayor tamaño que las de las Chapas, pero general-

mente sus burbujas se hallan fijas, mientras que en el gneis de las Chapas no es raro percibir las con un rápido movimiento oscilatorio.

Como elemento accidental, el único que merece citarse es la apatita, que se encuentra en cristales muy pequeños y en escasa cantidad.

### **Gneis micáceo.**

El gneis francamente micáceo, análogo al que tan gran desarrollo tiene en la cordillera Carpetana y en Galicia, es relativamente escaso sobre todo en los afloramientos de la margen derecha del Guadalquivir, pues la mayoría de las rocas gneísicas de esta región forman tipos intermediarios que con tanta razón podrían llevarse al grupo de las micacitas como al del gneis.

El gneis micáceo mejor caracterizado se encuentra, sobre todo, en la margen izquierda y especialmente en los macizos de la Serranía de Ronda y de las sierras Tejea y Almirajara.

Su estructura es comunmente hojosa, pero otras veces es relativamente compacta, como se observa, por ejemplo, en muchos de los gneis de Istan.

Otro carácter que es propio del gneis de Andalucía es la abundancia de minerales accesorios, siendo los más frecuentes la andalucita, la pinita, la cordierita, el granate, la estaurotida, la distena y la fibrolita, carácter que puede, sin embargo, considerarse como común á todo el gneis de la parte media del arcáico de la Península.

El gneis micáceo de Andalucía es rico en feldespato; en unos ejemplares domina la ortosa, como sucede en el de Istan, mientras que en otros domina la plagioclasa, como sucede con algunos lechos intercalados entre las calizas sacaróideas de Sierra Blanquilla al Norte de Yunquera.

La mica es usualmente oscura ó magnésiana, y el cuarzo se presenta unas veces de estructura granulítica y otras formando placas granitóideas.

Los minerales accesorios forman una parte importante de todas estas rocas, constituyendo verdaderas especies petrológicas. Uno de los minerales más curiosos que he observado en estas rocas es la andalucita.



Algunos de los gneis de Istan se distinguen por la abundancia de este mineral. En estas rocas el feldespato se encuentra en muy buen estado de conservación, y casi todo él puede referirse á la ortosa, pues la plagioclasea es muy escasa y solo alguno que otro pequenísimos cristal puede referirse á ese tipo.

La ortosa, aunque en algunos ejemplares muestra señales de alteración profunda, en la mayoría de los casos es limpia y diáfana, y podría tomarse por una adularia.

Su contorno es desgarrado á semejanza de lo que se observa en el mayor número de gneis, y parece haber sufrido energicas acciones secundarias.

La mica es magnesianas, de color castaño rojizo, y se presenta en trozos de pequeño tamaño.

A semejanza de gran número de gneis de la cordillera Carpetana, también en Andalucía desempeña la fibrolita un importante papel, y en los de Istan abunda bastante.

El elemento mineralógico, sin embargo, que presta carácter á estas rocas es la andalucita, que en algunos ejemplares se presenta en muy considerable cantidad.

Al describir algunas de las rocas de la Serranía de Ronda me he extendido ya acerca de los principales caracteres de esta roca; así que poco nuevo tendré que agregar á lo ya expuesto, limitándome á señalar algunos nuevos hechos que un posterior estudio de las propiedades de la andalucita me ha permitido observar.

La andalucita se presenta siempre en forma de trozos cristalinos alargados en el sentido del eje cristalográfico, los que tienen la tendencia á agruparse entre sí, y soldándose dan por resultado la formación de grandes trozos de una irregularidad extremada.

Sin embargo, cuando se les observa con detención, resulta que no son tan raras las formas regulares en los diversos fragmentos como á primera vista parece, sino que muchos de ellos no solo están formados por el prisma  $\infty P$ , sino que están terminados unas veces por la base sola y otras acompañada esta cara del macrodromo  $P\infty$ .

Sus colores son variables en extremo, y en la luz natural varían desde el rosa subido al incoloro.

En la luz polarizada se observan las mismas anomalías; sin

embargo, el dicroísmo se hace siempre en extremo perceptible.

En algunos cristales resulta el color para las vibraciones paralelas á *c* de un rojo de fuego muy subido, mientras que las normales á esta dirección son de un verde mar muy suave.

Aunque relativamente raros, no dejan de observarse en los gneis de Istan cristalillos de apatito en general pequeños, relativamente cortos y terminados por una pirámide muy rebajada.

Otro mineral que adquiere un notable desarrollo en Andalucía es la cordierita, mineral que no solo se le observa en su clásico yacimiento en los gneis del cabo de Gata, sino en gran número de rocas de esta comarca, bien conservando sus caracteres propios ó transformada en minerales pinitóideos.

De las cercanías de Yunquera he visto algunos gneis que presentan este mineral muy bien conservado.

Esta roca es de estructura eminentemente cristalina y muy rica en feldespato, el que próximamente se divide por igual en sus dos variedades ortotómica y clinotómica.

Es de notar que á diferencia de la mayoría de las rocas gneísicas en que los contornos del feldespato son comunmente desgarrados y difusos, en esta roca se distingue este mineral por lo bien conservados que se encuentran.

Su tamaño es considerable, tanto la ortosa como la plagioclase.

Las maclas de este último mineral que se extinguen simétricamente á ambos lados del plano de macla entre los nicoles cruzados lo hacen bajo ángulos que en su suma no pasan de los 36°, carácter que corresponde al grupo de las oligoclasas.

Las maclas de este mineral son muy frecuentes y están formadas por la asociación de numerosos individuos, habiendo cristales formados por más de 50 de estos.

Usualmente estas maclas obedecen á la ley de la albita; pero algunos cristales se unen también obedeciendo á la de la periclina, y es frecuente el observar sistemas semejantes al descrito ya en un gneis de Toledo, en que dos cristales, uno formado por la asociación de lamelas obedientes á las dos leyes de la albita y la periclina, y otro en que solo se ven lamelas obedientes á la de la albita, se unen por la misma cara  $\infty P \infty$ , pero obedeciendo en este caso á la de Carlsbad.

La ortosa es también de tamaño considerable; y aunque sus contornos no están tan definidos como los de la plagioclasa, están, sin embargo, mucho mejor conservados que lo que usualmente se observa en el gneis.

Es también de notar que mientras la macla de Carlsbad es tan común en los cristales de plagioclasa, todos los de ortosa que he visto son invariablemente simples.

La mica es casi toda ella magnesianas, de pequeño tamaño, de color castaño rojizo y de intenso dicroísmo.

La cordierita forma trozos irregulares de gran limpieza, completamente incoloros, y empastando algunas pequeñas agujitas.

En muchos trozos se reconocen indicios del crucero prismático, y en general se halla muy bien conservada y brilla entre los nicoles cruzados con gran viveza; solo en los bordes se perciben indicios de descomposición, estando los trozos envueltos por una película de color ocráceo.

Como elemento accesorio en el gneis de Yunquera se encuentran algunos grandes cristales de granate de contornos redondeados y de color rosa muy pálido.

Son estos relativamente limpios, siendo escasas las inclusiones; sin embargo, en algunos sitios se forman aglomeraciones pulverulentas que, dando poder suficiente al microscopio, revelan estar constituidas por diminutos cristalillos de rutilo, semejante á lo que sucede en algunas rocas granulíticas de Galicia. Además del rutilo se encuentran también empastados en el granate algunas partículas de mica magnesianas y tal cual fragmento de un mineral hialino y birefringente.

También como elemento accesorio y repartido con mucha escasez se observan algunos cristalillos formados por un prisma y una pirámide; de color amarillo muy pálido, y que parecen corresponder al zircón.

La fibrolita es también muy abundante en la roca de Yunquera y en íntima unión con la mica.

El cuarzo es de estructura granulítica y empasta solo tal cual pequeño cristal de apatito.

Procedente de la margen derecha del Guadalquivir, y del sitio llamado Santa Ana, en la provincia de Huelva, he visto un gneis tanto ó más rico en cordierita que los de la Serranía de Ronda.

Esta roca es relativamente compacta, pero se rompe en placas con relativa facilidad.

A simple vista no se percibe la cordierita, pero con la ayuda de la lente se la ve con bastante facilidad.

La roca es de color pardo violado con mica negra no muy abundante y siempre de pequeño tamaño, formando capitas muy tenues paralelas á los planos de menor resistencia, abundante cuarzo y feldespato, también de pequeño tamaño, y salpicada la roca con frecuencia por manchas ocráceas.

En sección transparente aparece su estructura en el microscopio completamente cristalina y formada por un agregado de elementos muy menudos de cuarzo, unas veces en placas granitóideas y otras granulítico, con abundante feldespato y mica negra, empastando numerosos gránulos de cordierita.

El feldespato de contorno desgarrado es en su casi totalidad referible á la ortosa; unas veces se halla en estado bastante avanzado de descomposición, pero otras se encuentra muy bien conservado, y en ese caso, con frecuencia sucede que adquiere una apariencia fibrosa muy pronunciada debida á la penetración de impurezas por uno solo de sus cruceros.

La mica, como he dicho, es siempre de tamaño pequeño y de color castaño rojizo; unas veces forma trozos de contorno irregular, pero otras constituye láminas exagonales en extremo diminutas.

Como empastados por esta pasta de pequeños elementos se encuentran numerosos trozos de tamaño considerable y de contorno irregular de cordierita.

Este mineral, en sección transparente, es incoloro, á semejanza del de la Serranía de Ronda, sin percibirse ni aun indicios de dicroismo, y su acción sobre la luz polarizada es intensa.

Todos los fragmentos de este mineral se hallan literalmente llenos de pequeñas agujas que recuerdan á la fibrolita, y se asemejan completamente á las análogas agujas de la cordierita del gneis de Galgenberg, cerca de Mittwaida en Sajonia.

Muy frecuentemente se observa que los fragmentos de este mineral se hallan rodeados de un festón de pequeñas partículas de mica magnesiada y envueltos por una aureola de productos de descomposición consistente en una sustancia de estructura algo fibrosa y de color amarillo ocráceo.

La descomposición se inicia en los bordes, y con frecuencia penetra hacia el interior en forma de finísimas hebras, y en cierta manera recuerda cómo el peridoto se convierte en serpentina.

Esta sustancia, que evidentemente es un producto pinitóideo, adquiere un gran desarrollo en muchos gneis de Andalucía, como tendrá ocasión de verse al ocuparnos de algunos de la Serranía de Ronda.

Como productos accesorios en el gneis de Santa Ana, solo he podido reconocer algunos cristallitos prismáticos terminados por pirámides, de gran refringencia, de color amarillo muy claro, que parecen corresponder al zircón.

En las cercanías de Igualaja, en el Puerto de la Robla, en el Real del Duque y en otros sitios de la Serranía de Ronda existe un gneis también de estructura compacta, y que es muy rico en un mineral pinitóideo que se deriva evidentemente de la cordierita, pero en cuya roca este mineral ha desaparecido, no encontrándose ni la traza más pequeña.

Esta roca, que forma bancos relativamente gruesos, está constituida por una íntima mezcla de feldespato blanco mate, cuarzo gris, mica oscura y gran cantidad del mineral pinitóideo de color verde aceituna oscuro y de lustre grasiento.

En sección transparente aparecen todas estas rocas formadas por grandes cristales de feldespato muy turbio como regla general, pero entre ellos se ve que una parte corresponde á la ortosa y otra á la plagioclasa.

La mica es magnesianas y se halla con frecuencia profundamente alterada y llena de partículas de magnetita.

El cuarzo unas veces es granulítico y otras granitóideo.

El mineral pinitóideo, muy abundante unas veces, es de forma irregular ó redondeado, y otras tiene contornos cuadrangulares muy marcados.

Su color en la luz natural es amarillo de aceite verdoso, de muy escasa transparencia, siendo solo translúcido cuando está en gran estado de tenuidad.

En la luz polarizada resulta estar constituido por un agregado de hebras y filamentos sin orientación determinada, y que solo producen en este agente los efectos de la polarización de agregado.

También en la provincia de Sevilla se encuentran algunos

gneis con minerales análogos, y en los que tampoco se descubren vestigios de cordierita.

La mayoría de los gneis de las provincias de Córdoba y Sevilla ya he dicho que forman rocas que pueden considerarse como de tránsito á las micacitas. Sin embargo, de las cercanías de Palma, Peñafior y el Pedroso, he visto un tipo de gneis formado por abundante feldespato ortosa generalmente de pequeño tamaño y de contorno desgarrado y turbio, efecto de una descomposición bastante avanzada y con un tinte rojizo muy pronunciado.

En estas rocas la mica parda en buen estado de conservación es rara, pues frecuentemente se halla alterada y convertida en mica verde oscuro, la cual está llena de pequeños cristales de rutilo.

De las cercanías de Palma he visto un gneis de estructura sumamente curiosa, pues está formado por una serie de pliegues tan pequeños, que en seccion transparente, aun con aumentos de más de veinte diámetros, se pueden seguir los detalles de su estructura.

La estructura íntima de esta roca es en extremo interesante, pues se ve que para formar los pequeñitos pliegues todos sus elementos han participado por igual del movimiento, pues tanto la mica como los cristalillos de feldespato y el cuarzo granulítico describen las mismas ondulaciones; y es de notar que en lo que puede considerarse como los anticlinales y sinclinales de los diminutos pliegues se hallan espacios rellenos por lentejoncillos de cuarzo, cual si en el plegamiento hubieran resultado oquedades que esta sustancia hubiera relleno.

En algunos parajes de la Sierra Nevada aflora un gneis en extremo curioso. El feldespato varia mucho en la cantidad en que entra en su composición; en unos ejemplares es abundante en extremo, como sucede en los de la Dehesa de San Jerónimo y otros de la provincia de Almería, mientras que en otros de los Azulejos y del Espinar de Durcal el feldespato se hace muy escaso, y en algunos ejemplares desaparece por completo.

El elemento que presta carácter á todas estas rocas es la turmalina, que, bien descienda á dimensiones perceptibles solo con el microscopio ó en grandes cristales, es un elemento presente siempre en todas ellas.

Los ejemplares procedentes de la Dehesa de San Jerónimo están formados por grandes cristales de feldespato ortosa de color algo rosado, á veces de más de un centímetro de longitud máxima, y orientados con frecuencia transversalmente á la estratificación.

Como cemento de estos cristales de feldespato se observa una pasta de grano muy fino formada por abundante cuarzo, algún feldespato y mica siempre en partículas muy pequeñas que apenas se perciben á simple vista.

Esta pasta presta á la roca una apariencia bandeada muy pronunciada, amoldándose en forma de vetas sobre los cristales de feldespato, destacándose además los cristales de turmalina de un negro intenso sobre esta pasta de color pardo verdoso.

En la roca de los Azulejos el feldespato se hace mucho más menudo, y en muchos ejemplares desaparece por completo; pero no así la turmalina, que permanece siempre en igual cantidad, constituyendo entonces la roca una cuarcita gneisi-forme.

Los ejemplares procedentes de la Dehesa de San Jerónimo se distinguen en el microscopio por estar constituidos por una pasta de cuarzo granulítico de gran poder corrosivo; esta pasta engloba grandes trozos de feldespato ortosa, cuyos contornos se hallan siempre como redondeados y desliéndose en el cuarzo que los rodea.

En esta pasta se destaca la mica, formando regueros perfectamente paralelos de este mineral, á cuya orientación se ajustan tanto los grandes como los pequeños cristales de turmalina.

Como elementos accesorios forman parte de esta roca algunos pequeños cristales de epidota tal cual fragmento de magnetita y numerosos trozos muy pequeños en general de titanita.

El feldespato es relativamente claro y diáfano, y puede decirse que su alteración se verifica de cuajo en su contacto con el magma, y presenta marcada semejanza con lo que se observa en muchos pórfidos.

En la mayoría de los trozos la extinción es homogénea, observándose á veces que dos individuos están unidos obedientes á la ley de Carlsbad.

En algunos cristales, y es de notar que no en toda su extensión; sino en sitios determinados, se observa una intercalación de laminillas muy finas y que se cruzan en ángulos rectos, recordando en esos sitios la estructura cristalina de la microclina.

Estos fenómenos de corrosión son curiosos en extremo, pues no solamente se limita el cuarzo á corroerlo en todo su derredor, sino que con frecuencia lo penetra, y en la luz polarizada aparece el feldespato literalmente destrozado.

La mica es de tres clases: una en partículas de regular tamaño, de color castaño amarillento, muy dicróicas de muscovita y en muy pequeña cantidad; otra en partículas en extremo diminutas de color verde botella, de dicroismo bastante pronunciado que recuerdan á la mica ferrifera de algunos granitos gneísicos de Santa Marta de Ortigueira y otra variedad en bandas de tamaño considerable, de estructura sedosa y retorcida, de color verde mar muy suave, sin tener apenas dicroismo, y que parece corresponder á la sericita.

La turmalina en la roca de la Dehesa de San Jerónimo varía mucho en su tamaño, pues oscila desde trozos cristalinos de cerca de un centímetro de grueso, á microlitos muy pequeños.

Generalmente los grandes trozos no presentan contorno definido, sino que aparecen fragmentarios, mientras que los microlitos se presentan muy bien cristalizados y usualmente en formas hemimórficas.

Su color es un violeta muy subido, teniendo á veces tintas azuladas muy pronunciadas.

De los elementos accidentales, uno de los más importantes es el epidoto, que, aunque casi siempre en forma de fragmentos cristalinos, se observan, sin embargo, algunos cristallitos alargados en la dirección de la ortodiagonal y segmentados normalmente á esa dirección.

La titanita, que á veces es difícil de separar de la epidota, es también muy abundante en algunos de los ejemplares de la Dehesa de San Jerónimo.

Las rocas del Espinar de Durcal y de los Azulejos, como ya he indicado, son mucho más pobres en feldespato, llegando en algunos ejemplares casi á desaparecer por completo, pero los principales rasgos de su estructura concuerdan por completo con las anteriores.



La misma forma granulítica del cuarzo; los idénticos cristales de turmalina; las mismas bandas onduladas de sericita, y la misma estructura bandeada aún si cabe más exagerada que en los ejemplares de ese yacimiento.

La turmalina, sin embargo, se presenta en estos ejemplares algo mejor cristalizada que en los de la Dehesa de San Jerónimo, y aunque menos gruesos los cristales, se hallan mucho mejor desarrollados.

Su color es el mismo violeta intenso, y con mucha frecuencia se hallan segmentados con regularidad normalmente al eje cristalográfico, y los espacios rellenos por cuarzo granulítico.

Sus extremos muestran unas veces estar terminados por romboedros muy rebajados, probablemente R; otras están literalmente destrozados, y los fragmentos parecen como arrastrados á distancia por el magma envolvente.

Otra diferencia que distingue á estas rocas de las ya descritas de la Dehesa de San Jerónimo es la casi desaparición tanto de la biotita como de la variedad de mica de color verde botella; mientras que, por el contrario, la sericita adquiere un grande desarrollo.

Es esta de color verde mar muy claro, y algunas veces forma láminas superpuestas muy regulares, las que, examinadas en luz convergente en el microscopio polarizante, muestran dos ejes ópticos muy separados.

Asociadas á estas rocas en los Azulejos existe una variedad que, aunque concordante en los detalles de estructura, se diferencia, sin embargo, por la calidad del elemento ferro-magnésiano que entra en su composición.

Es esta roca, más rica en feldespato que las de la misma localidad que acabo de describir, y á simple vista, se perciben sobre el fondo blanco mate de la roca vetas muy delgadas de color negro formadas por cristalillos de anfíbol y mica parda.

Esta roca, muy rica en feldespato, tiene la misma estructura que las ya descritas, y está formada por cuarzo granulítico y cristales de feldespato en profundo estado de corrosión, pero faltando por completo la turmalina.

El feldespato es también en su casi totalidad referible á la ortosa, y todo él, aunque en la luz natural es limpio y diáfano, en la polarizada tiene una apariencia fibrosa muy pronunciada. no siendo la extinción simultánea en todo el ele-

mento cristalino, sino que aparece atravesado por tenues ráfagas de luz groseramente paralelas, probablemente consecuencia de la infiltración cuarzosa que en último término por completo llega á destruir el feldespato.

El anfíbol es abundante y de color muy intenso, y solo en láminas muy delgadas se consigue hacerlo transparente.

Entonces es de un verde azulado extremadamente bello, y su dicroísmo es muy pronunciado, variando desde esta tinta á un verde botella claro.

La mica es de color pardo verdoso y las láminas paralelas al crucero básico muestran en luz convergente dos ejes ópticos, aunque no muy separados.

Como elementos accesorios, además de la titanita se descubren algunas hojuelas de hematites roja transparentes y de un rojo intenso.

### **Pizarras anfibólicas de Andalucía.**

El gran grupo de las rocas verdes adquiere también en Andalucía un gran desarrollo, y aunque no forma los grandes macizos que tanto carácter prestan á la región galáica, se presentan sin embargo con frecuencia suma tanto en la margen derecha del Guadalquivir como en la izquierda, unas veces acompañando á las grandes masas calizas de Andalucía y otras con independencia de estas.

Así como en la cordillera Carpetana el piroxeno es el elemento dominante en este grupo de rocas, en Andalucía el anfíbol lo es aún en mayor grado que en Galicia; pues mientras que en esta última comarca no son raras las rocas piroxénicas, en Andalucía lo son en gran manera, y el tipo de la pizarra simplemente anfibólica es lo que domina en todo el Sur de España.

Se separan estas rocas en dos grandes grupos: uno en que además del anfíbol entra la epidota y en algunos raros ejemplares de la Sierra Nevada la zoisita como una parte importante de su masa.

Las no epidotíferas son comunes sobre todo en los afloramientos arcáicos de la Sierra Morena, mientras las otras dominan sobre todo en la Nevada.

Las anfíbolitas granatíferas que tan comunes son en Galicia son relativamente raras en Andalucía y es realmente curioso que todo lo abundante que es el granate en las micacitas de Sierra Nevada es escaso en las anfíbolitas.

Describiré pues los caracteres generales de estas rocas empezando por las anfíbolitas comunes y epidotíferas haciéndolo después de las granatíferas y piroxénicas, describiendo por último algunas rocas dialógicas que parecen estar relacionadas á los gabbros procedentes también de la Sierra Nevada.

Las anfíbolitas de Andalucía están en su gran mayoría constituidas por trozos y cristales de anfíbol de gran tamaño, y solo como excepción he visto algunos ejemplares constituidos por anfíbol, cuyas dimensiones son en extremo pequeñas.

En aquellos ejemplares de grandes elementos el anfíbol es casi siempre de color verde botella, de dicroísmo muy pronunciado, y presenta siempre sus cruceros prismáticos muy bien determinados.

Su contorno es irregular, sobre todo en sus terminaciones, y algunas veces, como sucede en la anfíbolita de Peñafior, están los diferentes trozos terminados por agujas y cristallitos que con frecuencia forman haces en extremo divergentes.

Aunque en estas rocas son raras las formas regulares del anfíbol, se presenta sin embargo con bastante frecuencia la macla común de este mineral por la cara  $\infty P \infty$ , estando siempre alargados los diferentes trozos en la dirección del eje cristalográfico, orientándose la máxima dimensión paralelamente á la estratificación de la roca.

Sin embargo, en algunos raros casos se observan trozos cristalinos que se hallan orientados transversalmente á esta dirección.

El cuarzo, que desempeña el papel de cemento en estas rocas, no es muy abundante y su estructura es constantemente granulítica.

El feldespato es relativamente escaso, y en muchos ejemplares falta por completo, formando usualmente cristales aislados y de pequeño tamaño.

Su contorno es irregular y siempre están constituidos por la agrupación de numerosas lamelas que obedecen á la ley de la albita, y su extinción es siempre bajo ángulos muy pequeños, carácter que es propio de la oligoclasa.

Como elemento accesorio, además de la magnetita, existen la titanita y el rutilo, y es hecho digno de llamar la atención que mientras en las rocas de la margen derecha del Guadalquivir la titanita es la predominante y solo en algunas pizarras anfibólicas de la vecindad de Lora del Río en la provincia de Sevilla, he visto el rutilo en alguna abundancia; en las de la margen izquierda, por el contrario, es este mineral extraordinariamente frecuente.

La titanita rara vez constituye cristales bien definidos sino se presenta en forma de gránulos de contorno irregular y de pequeño tamaño con la tendencia á agruparse entre sí y á formar aglomeraciones considerables.

El rutilo, propio de estas rocas, como regla general es de dimensiones pequeñas; pero como este mineral en donde mayor desarrollo alcanza es en las variedades epidotíferas, me reservo describir sus propiedades al ocuparme de estas.

La magnetita en algunas anfibolitas abunda en extremo y forma trozos de considerable tamaño, estando con frecuencia empastada por el anfíbol.

Las variedades epidotíferas dominan sobre todo en la Sierra Nevada; pues ni en los diferentes macizos de la margen derecha del Guadalquivir ni en la Serranía de Ronda se encuentran rocas de este tipo, y solo en el macizo de la Sierra Tejea comienzan á hacer su aparición.

Estas rocas se diferencian bastante de las anfibolitas comunes, tanto por la calidad del anfíbol, de color verde azulado, muy distinto de la hornblenda común de las demás anfibolitas, y que el Sr. Barrois demuestra ser una mezcla de hornblenda y glaucofan, como por la abundancia de feldespato que entra en su composición.

Como regla general el anfíbol y el epidoto se hallan en todas ellas representados por igual. No así el feldespato, que mientras en unos ejemplares forma una parte importante de la roca, en otros es escaso por demás.

El anfíbol es en extremo variable en sus dimensiones, pues mientras se encuentran trozos de considerable tamaño, otras veces desciende á partículas en extremo pequeñas.

Su color es intenso, y al hacer girar el polarizador oscila desde un amarillo verdoso á un verde azulado en extremo bello, y en algunos trozos á un azul celeste muy pronunciado.

Los cruceros habituales del anfíbol se encuentran muy bien determinados y sus inclusiones, aunque no muy numerosas, tienen la tendencia á orientarse paralelamente á esas direcciones.

En este mineral, aun cuando de pequeñas dimensiones, se descubren solo las caras de la zona prismática, pues las terminaciones están siempre desgarradas.

La epidota forma trozos también de grandes dimensiones y se halla alargada en el sentido de la ortodiagonal, pero presentando rara vez contorno definido, sino solo fragmentos irregulares alargados en esa dirección.

Su color varía bastante, y mientras en unos ejemplares es de un amarillo limón bastante fuerte, en otros es casi incolora.

Cuando la coloración es intensa, entonces el dicroismo es muy perceptible.

Las inclusiones de este mineral son mucho más numerosas que en el anfíbol, y algunos trozos se hallan llenos de pequeños cristales de rutilo.

El feldespato varía mucho en la cantidad en que entra en la constitución de estas rocas; pues mientras en algunos ejemplares del sitio llamado las Viñas, en Alhama de Granada, en Lanjarón y en el Barranco de los Azulejos es muy abundante, en otros yacimientos no se perciben ni aun trazas de este mineral.

Aun los mismos ejemplares ricos en feldespato presentan entre sí marcadas diferencias; pues mientras en la roca de los Azulejos y en algunas de Lanjarón es la ortosa, el feldespato dominante, en la anfíbolita de las Viñas domina, por el contrario, la plagioclasa casi en absoluto.

La ortosa de estas rocas es de una diafanidad y limpieza casi absoluta, y con frecuencia es fácil confundirla con el cuarzo.

Siempre se presenta en cristales simples, y en ningún ejemplar he visto la macla de Carlsbad, siendo su extinción homogénea.

Su contorno es muy irregular, pero muestra los trazos del crucero muy bien determinados.

Presenta este mineral una peculiaridad muy curiosa que llega á lo que puede considerarse como el máximo en la roca de los Azulejos.

En esta roca el feldespato empasta innumerables trozos cristalinos muy pequeños de anfíbol, y estos, en vez de orientarse ó bien paralelamente á la extratificación de la roca ó á los planos del crucero, toman, por el contrario, una forma irradiada ó divergente, tomando como centro de irradiación la parte central del elemento cristalino.

En los bordes ó en aquellos sitios donde se adosan unos con otros los cristales de feldespato, los de anfíbol forman como curvas y espirales sumamente caprichosas y que prestan á la roca una apariencia extremadamente bella y que recuerda la estructura propia de la corsita.

En algunas de las anfíbolitas de Lanjarón también presenta el feldespato indicios de este arreglo divergente en el anfíbol, aunque está lejos de presentar el fenómeno la generalidad que tiene en la roca de los Azulejos; y si no fuera por este yacimiento, podría pasar como un mero accidente.

Las dos variedades de feldespato naturalmente no se excluyen, sino que vienen juntas, aunque predominando siempre bien una ú otra variedad.

Por ejemplo, en algunas de las rocas de Lanjarón y los Azulejos, la plagioclasa es escasa en extremo y solo se descubre tal cual pequeño cristal, mientras que en otras anfíbolitas de la sierra Tejea, por el contrario, la plagioclasa es la predominante y la ortosa es excepcional.

Usualmente la plagioclasa de estas rocas es de tamaño pequeño, de contorno irregular, aunque no tan pronunciada esta propiedad como en la ortosa; su estructura es polisintética, estando los cristales constituidos por la asociación de numerosos individuos acoplados unas veces por la cara de la braquipinacóide, según la ley de la albita, y otros por la pinacóide básica, según la de la periclina.

Sus extinciones son siempre bajo ángulos pequeños, y los cristales de extinción simétrica á ambos lados del plano de composición, lo hacen bajo ángulos que no pasan en su suma de 38°, siendo, por consiguiente, la mayor parte al menos de la plagioclasa de estas rocas correspondiente á la oligoclasa.

El cuarzo varía mucho en la cantidad en que entra en la composición de estas rocas, pues mientras en algunos ejemplares desempeña un papel de verdadera importancia en otros

es en extremo escaso, siendo su estructura siempre la granu-  
lítica.

Como productos accidentales y accesorios en estas rocas. uno de los más importantes es el rutilo, que se presenta en cantidad casi tan grande como en las análogas rocas de Galicia.

Su tamaño es generalmente pequeño, unas veces y precisamente cuando de mayor tamaño en trozos irregulares, pero otras en cristallitos muy bien definidos formados por el prisma y la pirámide, y aunque no con gran frecuencia se observan también las usuales maclas geniculadas por la cara de la pirámide y también aunque rara vez maclas en forma de co-  
razón.

Es frecuente observar trozos de rutilo, que están rodeados de un festón de titanita de color de miel muy claro, mineral que también se observa con independencia del rutilo, y repartido con mayor ó menor abundancia en los distintos ejemplares.

Con mucha frecuencia se observa en todas estas rocas grandes placas de mica, unas de color oscuro que parecen corresponder á la biotita, y otras aun en el mismo ejemplar incoloras de muscovita.

Los productos opacos son relativamente abundantes, existiendo en muchos ejemplares grandes cantidades de magnetita y hierro titanado, y es de notar que el mineral que en mayor cantidad los empasta es el anfíbol.

Como producto accidental y repartido con bastante escasez. pero que dan gran belleza á algunas de estas rocas, es la hematites roja que en hojuelas en extremo tenues y de gran transparencia y de hermoso color rojo de fuego, se halla diseminada por la roca sobre todo en algunos ejemplares de las cercanías de Lanjarón.

Intercalados entre el sistema de pizarras anfíbolicas de las cercanías de este pueblo, se encuentran algunos lechos en que el anfíbol desaparece, y en su lugar el epidoto se hace predominante hasta el punto de encontrarse algunos delgados lechos constituidos exclusivamente por epidoto en un cemento de cuarzo.

En estas rocas sucede que el epidoto afecta con mucha frecuencia la forma cristalina.

Entre ellos he visto un ejemplar de gran belleza, constituido por innumerables cristales muy bien definidos de epidoto empastados en un magma de cuarzo granulítico.

Este mineral es de un amarillo limón muy pronunciado, siendo su dichroismo muy intenso.

Todos ellos están alargados en el sentido del ortoeje y las secciones cortadas más ó menos normalmente á esta dirección aparecen exagonales, consecuencia de la usual combinación  $0 P \infty P\infty$  y  $P\infty$ .

Estos cristales presentan el crucero básico bastante perceptible, pero además se hallan atravesados por planos de fractura próximamente normales á esta dirección, por los cuales experimenta el epidoto un comienzo de descomposición muy pronunciado.

A semejanza de lo que sucede en la serpentización del peridoto, se generan en las paredes de estas grietas productos ocráceos que, aunque algunas veces se limitan á muy pequeña extensión, otras por el contrario, penetran hacia el interior del elemento cristalino á tal extremo á veces, que algunos cristales se encuentran completamente turbios, efecto de este proceso de descomposición.

Las rocas verdes, ricas en granate, de Andalucía, como ya he indicado, son relativamente escasas; una de las más interesantes que he visto procede de las cercanías de la Laguna de Vacares. Su estructura es semejante al resto de anfíbolitas epidotíferas de la Sierra Nevada, y solo se diferencia en la apariencia por la presencia del granate.

Sin embargo, el mineral que desempeña el papel del epidoto, está lejos de satisfacer á las propiedades de esta especie mineralógica; pues aunque algunos epidotos de estas rocas son incoloros, y la extinción se verifica también en el sentido de la máxima dimensión, hay sin embargo una marcada diferencia en sus tintas de interferencia, pues mientras la diferencia de marcha entre  $\omega$  y  $\epsilon$  es en el epidoto considerable, en esta es en extremo pequeña, hasta el punto que mientras en el epidoto para espesores muy tenues se obtienen todavía los tintes de tercer orden, para iguales espesores escasamente se pasan en este mineral de los amarillos de primer orden, carácter que lleva á considerarlo como zoisita.

Constituyen á esta roca el mismo anfíbol verde azulado que



es propio á la mayoría de las anfibolitas de Sierra Nevada, una cantidad bastante considerable de zoisita orientados sus fragmentos al igual del anfíbol paralelamente á la exfoliación, y algunos granates que en general no conservan sus contornos cristalinos, y por último, como producto accesorio una notable cantidad de cristallitos de rutilo.

La zoisita se presenta en trozos cristalinos alargados en el sentido de su eje cristalográfico, y sin mostrar nunca sus terminaciones regulares.

El crucero braquippinacoidal está muy bien determinado, y además se halla fracturada de una manera más ó menos regular normalmente á esta dirección, carácter que aún tiende á confundirla con algunos epidotos. Sus inclusiones son escasas, y se encuentra en mucho mejor estado de conservación que el mismo mineral que forma parte de rocas semejantes en Galicia.

El granate es de color rosa muy claro, y su contorno, como he dicho, es irregular ó á lo más redondeado, y con frecuencia se halla rodeado de un festón de anfíbol verde azulado, en un todo semejante al que constituye una de las partes integrantes de la roca.

Se observa asimismo, que el anfíbol no se limita á formar las ya citadas franjas en el borde exterior del granate, sino que frecuentemente penetra por sus grietas, y forma ramificaciones sumamente curiosas por todo el interior del elemento cristalino, segmentándolo en diversos trozos.

Las inclusiones del granate no son muy numerosas, y en general se limitan á pequeños gránulos birrefringentes á diferencia de las análogas rocas de Galicia que se distinguen por lo abundante que es el granate en rutilo, mientras que en el de estas rocas falta casi en absoluto.

El rutilo se presenta en trozos de tamaño considerable, del mismo color amarillo de vino subido que en las demás rocas de la Sierra Nevada, siendo raro que puedan percibirse las formas regulares.

El cemento que traba todos estos elementos en la roca de la Laguna de Vacares, es cuarzo granulítico.

De otras rocas granatíferas ya he tenido ocasión de hablar, tanto al describir algunas de las rocas de la Serranía, como en los Apuntes petrográficos de Galicia, tales como la notable

roca de anfíbol y granate del puerto de Hueneja, en la que el granate forma anillos circulares alrededor de las placas de anfíbol, y la muy notable de las Chapas de Marbella, formada principalmente por granate almandina, andalusita y pleonasto.

De la provincia de Sevilla también he descrito algunas rocas granatíferas, formadas casi exclusivamente por este mineral, y muy análoga á esta roca me ha mostrado mi amigo el Sr. Gonzalo Tarín un ejemplar procedente de las cercanías de Almonaster, formada por el mismo granate de color rojo oscuro muy subido y feldespato ortosa; pero á pesar de estos yacimientos, como he dicho, las rocas verdes granatíferas son en Andalucía relativamente excepcionales, y no constituyen nunca esos enormes macizos que existen en Galicia, por ejemplo, en toda la región de la Capelada.

Las pizarras piroxénicas son igualmente escasas en Andalucía.

Una de las más interesantes que he visto procede del Barranco de los Azulejos en Sierra Nevada; esta roca está formada por una íntima mezcla de piroxeno y anfíbol, cementados ambos minerales por cuarzo y feldespato.

El piroxeno es casi incoloro, solo teniendo, cuando no muy tenue, un tinte verde mar muy suave, sin trazas de dicroísmo, y cuya extinción se verifica bajo ángulos considerables.

Además de tener el crucero prismático muy bien determinado, se percibe también el básico carácter que lleva á considerarlo como salita.

El anfíbol es también de color verde azulado en trozos irregulares, y parece en muy gran parte derivarse por epigenia del piroxeno.

El rutilo es también en extremo abundante en esta roca, y muestra su contorno cristalino muy bien determinado.

Del Barranco de San Juan, también en Sierra Nevada, he visto otra roca piroxénica que, aunque por su estructura se diferencia algún tanto de la pizarra piroxénica, debo mencionarla en este sitio.

Es esta roca maciza, de color verde muy vivo, de tenacidad grande, y el microscopio revela que se halla en su casi totalidad formada por piroxeno.

Esta roca, que puede considerarse como una picrita, está

constituída por un apretado conjunto de trozos irregulares de piroxeno, de color verde muy claro, de algún dicroismo con cruceros rectangulares muy marcados, y que se extinguen bajo ángulos que generalmente pasan de 32°.

Atravesando la roca se perciben, además de numerosos trozos cristalinos de hornblenda, de color verde azulado, vetas de sustancia serpentinosas, de color ceniciento y de gran turbidez, y en la que se generan numerosos trocillos de hierro magnético.

Aunque no conozco las relaciones de yacimiento de esta roca, dada su composición y estructura, es muy probable que esté relacionada á las serpentinas del mismo Barranco de San Juan, cuya estructura de hebras y filamentos recuerdan á las serpentinas que se derivan de la serpentización del piroxeno, y sean quizás estas picritas la roca matriz de donde se deriven los conocidos yacimientos de serpentina del citado Barranco.

De las cercanías de Coín en la Serranía de Ronda, he visto una pizarra piroxénica bastante interesante.

Constituyen á esta roca un anfíbol verde botella, un piroxeno, de color verde bastante pronunciado, y feldespato plagioclasa en abundancia, y que se distingue por el perfecto estado de conservación en que se halla.

El anfíbol forma grandes placas de color verde botella, de dicroismo intenso, y con sus habituales cruceros muy bien determinados.

El piroxeno es de un verde que aun en secciones en extremo tenues, es bastante perceptible, y tiene una marcada semejanza, por no decir identidad con el piroxeno, que es propio de las anfíbolitas de las cercanías de Santiago en Galicia.

El mismo color verde mar que se conserva aún en secciones tenues en extremo, el mismo crucero pronunciado y los idénticos fenómenos de uralitización y de la misma manera cortada y repentina.

El feldespato forma un tejido muy apretado de cristales de contorno irregular y en extremo variables en sus dimensiones.

Son de una limpieza extraordinaria y constantemente de estructura polisintética, estando la mayoría de los cristales formados por asociaciones obedientes á la ley de la albita, pero algunas veces se observan cristales formados por dos sistemas que se cruzan en ángulo casi recto, verificándose en este caso también la unión obedeciendo á la ley de la periclina.

Sus extinciones son siempre bajo ángulos considerables, y en aquellos individuos de extinción simétrica á ambos lados del plano de macla las extinciones sucesivas se verifican bajo ángulos cuya suma pasa de 60°, carácter propio del feldespató labrador.

Con mucha frecuencia afectan todos los materiales de esta roca una estructura sumamente curiosa, y que recuerda á la que es propia á ciertas rocas porfíricas, apareciendo tanto el piroxeno como el anfíbol en su unión con el feldespató formando una mezcla tan íntima que recuerda á la conocida estructura micropegmatóidea.

En elementos accesorios no es muy abundante esta roca; se reducen estos á algunos productos opacos probablemente de hierro titanado, algunos fragmentos de titanita y tal cual pequeño cristal de apatita.

Procedentes del Barranco de los Azulejos y de los conglomerados de la Alhambra en Granada he visto rocas muy curiosas formadas por dialaga, anfíbol en sus dos variedades de esmaragdita y actinota y granate.

La dialaga es la común de color amarillo rosáceo con inclusiones de color parduzco que se cruzan en ángulo recto.

Este mineral se halla siempre en estado muy avanzado de descomposición y convertido á veces totalmente en esmaragdita muy turbia y llena de productos opacos y trozos de tamaño considerable de rutilo.

En otros sitios el anfíbol pierde ese carácter de hebras y filamentos que caracteriza á la esmaragdita y toma el de una actinota de color verde muy claro, alrededor de la cual suelen agruparse los pequeños trozos de granate formando un festón semejante al que el anfíbol suele formar alrededor del mismo en otras rocas y á semejanza de lo que ya he dicho que se observa en la roca del Puerto de Hueneja.

### Calizas de Andalucía.

Las calizas de Andalucía, como ya he indicado, adquieren un inmenso desarrollo, tanto en las provincias de Sevilla y Huelva como en los grandes macizos de la Serranía de Ronda y de la Sierra Tejea y Almirajara.

Son siempre cristalinas, aunque su grano varía tanto que oscilan desde las calizas entre Monda y Sierra Blanca, constituidas por un agregado de romboedros, á veces de más de un centímetro á ciertos estratos que he visto en la Sierra de Mijas, también en la provincia de Málaga, que podría tomarse por piedra litográfica, tal es lo menudo de su grano. Sus colores son muy variables, aunque generalmente los colores blancos y azules son los predominantes.

Las calizas de Andalucía se distinguen por la variedad de los minerales accesorios que las acompañan, y bajo este punto de vista pueden estas rocas dividirse en dos grupos: uno en que estos minerales desempeñan un papel subordinado, y otro en que llegan á adquirir un desarrollo considerable bien en la vecindad de las grandes quiebras que surcan el país por donde naturalmente han surgido las principales masas anógenas de esta zona montañosa, ó en los puntos en donde un estrato pasa á otro de distinta calidad.

Los minerales que con mayor frecuencia se encuentran en estas rocas son los siguientes: muscovita, biotita, anfíbol, en sus variedades de hornblenda, actinota y tremolita, piroxeno, olivino, turmalina, epidoto, distena, cuarzo, espinela, rutilo, magnetita y piritita.

Las calizas micáceas ó cipolinos son muy abundantes; en unas domina la mica oscura, y en otras la blanca.

En las calizas de Sierra Tejea que he visto, domina mucho más la oscura que la blanca, y sobre todo en algunos estratos, en contacto con las anfíbolitas y micacitas del Puerto de Sedella; es esta variedad de mica en extremo abundante.

Es esta de color castaño rojizo, y su dicroísmo en aquellos fragmentos tallados normalmente al crucero básico, en extremo pronunciado, pasando desde ese color á un amarillo anteaado muy claro; dicroísmo que es apenas apreciable en las láminas paralelas á esa dirección.

Estas, en el microscopio polarizante, dejan ver que la imagen de los ejes ópticos se confunde, y aparecen como uniaxiales, carácter de las micas magnesianas.

En las calizas del Barranco de los Azulejos y del Cerro del Caballo, en Sierra Nevada, es por el contrario la mica blanca la dominante.

Es esta de una limpieza extraordinaria, y solo encierra tal

cual **partícula** de sustancia carbonosa y cristalillos de rutilo, algunos de considerable tamaño y perfectamente cristalizados en el prisma y los apuntamientos piramidales y de color de vino subido.

Los colores de interferencia en la mica son en extremo vivos, y las láminas paralelas al crucero muestran los ejes ópticos muy separados.

En casi todas las calizas de muscovita que he visto es frecuente observar gránulos, á veces de considerable tamaño de cuarzo hialino.

Este, unas veces es de extinción homogénea, pero otras muestra la estructura granulítica muy bien determinada.

En inclusiones es regularmente rico, y muestra con frecuencia los moldes negativos de la forma exaédrica del cuarzo, cavidades que encierran grandes burbujas, en general completamente fijas.

Las calizas con tremolita desempeñan un importante papel, sobre todo en el macizo de las Sierras Tejea y Almijara.

Se presenta siempre este mineral en prismas extremadamente alargados, con el crucero muy bien determinado, hialinos y sin traza de coloración alguna. Sus extremos son siempre irregulares y se hallan á veces como corroidos, efectos que se perciben también aun en la zona prismática.

Con mucha frecuencia aparecen los cristales fracturados y rellenos de caliza los intersticios en dirección casi normal al eje cristalográfico. La extinción tiene lugar cuando la sección principal del polarizador forma ángulos que no pasan de 20° con los trazos del crucero.

Las inclusiones en algunos cristales son numerosas y tienen la tendencia á orientarse en la dirección del eje cristalográfico. Estas, á excepción de algunos gránulos de sustancia hialina y de tintas poco vivas en la luz polarizada, que parecen ser de caliza, se reducen á sustancia carbonosa, y tal cual pequeñito cristal de magnetita y rutilo.

El olivino también desempeña un importante papel en las calizas de Andalucía; ya al hablar de las rocas de los depósitos arcáicos de la provincia de Sevilla, he descrito algunas calizas muy ricas en este mineral, procedente de Sierra Atravesada y del Real de la Jara, cuyas calizas se encuentran llenas de gránulos y cristales de olivino, acompañados por mica y

crisales de pleonasto, encontrándose la idéntica roca cerca de Aracena, en la provincia de Huelva.

También de la Serranía de Ronda he descrito rocas calizas en que el olivino desempeña un importante papel, procedentes de la Sierra Blanca, entre Marbella y Ojén, y también en estas rocas acompaña al peridoto una espinela extremadamente bella.

Se presenta este mineral unas veces en octaedros simples de considerable tamaño y que miden 0,3<sup>m</sup> y otras veces formando maclas más ó menos complejas, resultado de la unión de varios octaedros que han tomado como eje de rotación la normal á una de sus caras.

En sección transparente es casi incoloro, percibiéndose á lo más una suave tinta verde mar; pero cuando se le separa de la roca por los ácidos, entonces el color verde se hace mucho más pronunciado.

Procedente del Barranco de los Azulejos he visto una caliza de color amarillo de ocre y completamente llena de cristales de distena de color azul celeste muy claro.

Secciones transparentes de esta roca muestran una pasta constituida por placas de caliza de bastante transparencia y envueltos por una película de diversos productos ocráceos, entre los que se distinguen numerosas partículas opacas, de donde parecen irradiar estos productos, y que es probable sean de magnetita, la que por su oxidación é hidratación ha dado lugar á la formación de los citados productos.

Envueltos por esta parte y acostados paralelamente á los planos de estratificación se encuentran numerosos cristales de distena, desarrollados en el sentido del eje cristalográfico.

Son estos incoloros, de gran transparencia á pesar de sus numerosas interposiciones, longitudinalmente estriados, debido al gran desarrollo de los cruceros pinacoidales y segmentados con mucha frecuencia normalmente á esta zona y rellenos los intersticios por la parte calcárea de la roca.

El dicroismo no es perceptible; pero en una geoda ó filoncillo de la misma distena y procedente del mismo sitio, lo es bastante aun en secciones muy delgadas.

Este mineral posee una variabilidad extraordinaria en la coloración aun en partes de un mismo individuo, pues mientras un cristal es por un lado perfectamente incoloro, por

otro es de un azul ultramar intenso; y en este caso el dicroismo se hace muy perceptible pasando desde ese color á un azul celeste muy claro.

Las interposiciones de este mineral son muy numerosas. Consisten unas en productos opacos probablemente de magnetita y otros alargados y también opacos, pero que reflejan la luz de un tono amarillo de bastante intensidad.

Además se perciben algunas oquedades que al igual de todas las demás inclusiones, se orientan con su máxima dimensión paralelamente al eje cristalográfico, y que encierran algunas burbujas gaseosas pero constantemente fijas.

La birefringencia es muy considerable, y aun en secciones muy delgadas brilla todavía con las tintas de interferencia de segundo orden.

Procedente también del Barranco de los Azulejos, he estudiado una roca también de gran belleza constituida por partes casi iguales de caliza de un rojo de carne muy subido y anfíbol verde oscuro, asociación de minerales conocido antiguamente con el nombre de hemitrene.

En el microscopio resulta esta roca formada por un agregado de cristales de anfíbol y placas de caliza.

El anfíbol es de color verde hierba claro, las más veces en trozos de contorno irregular, pero otras teniendo la zona prismática muy bien determinada, pero las terminaciones faltan por completo.

El dicroismo es bastante perceptible, y oscila desde el verde hierba intenso á verde mar.

En general, todo el anfíbol se halla muy bien conservado, siendo limpio y diáfano con escasas inclusiones.

Con frecuencia se observan unas veces empastadas en este mineral, y otras con independencia algunos trozos de un epidoto que posee una coloración amarilla extremadamente intensa; oscilando al hacer girar el polarizador desde un amarillo goma guta intenso á amarillo limón.

La caliza forma placas de tamaño considerable entre los cristales de anfíbol.

En general, se distingue por el estado de diafanidad en que se encuentra, teniendo sus habituales cruceros muy pronunciados.

Constantemente se hallan las diferentes placas envueltas



por una zona de productos extremadamente turbios, sobre todo en los sitios de separación de este mineral con el anfíbol.

Estos productos, que por su abundancia son los que prestan á la roca la coloración roja de carne ya mencionada, parecen residuos de la descomposición de algún mineral, lo que hace probable que esta roca sea un producto secundario de la alteración de otro estado preexistente.

### **Micacitas y pizarras micáceas y carbonosas de Andalucía.**

El gran grupo de las pizarras micáceas que ponen término en Andalucía á toda la serie arcaica, tienen en esta región un desarrollo considerable; y aunque tomadas en su conjunto puede decirse que los materiales procedentes de los distintos macizos que afloran en Andalucía, tienen entre sí una marcada semejanza, existen sin embargo, diferencias bastante marcadas bajo el punto de vista del mayor ó menor predominio de algunos elementos mineralógicos en uno ó en otro afloramiento.

Por ejemplo, mientras las rocas de este tramo se distinguen en la región de la Sierra Nevada por el enorme desarrollo que el granate adquiere y el importante papel que la cloritoidea desempeña, como lo ha indicado ya el Sr. Barrois en sus interesantes trabajos sobre aquella región, en la serie pizarrea de las provincias de Sevilla y Huelva tienen estos minerales un desarrollo mucho menor, mientras que la Serranía de Ronda se distingue por la abundancia de fibrolita y andalucita en muchas de sus micacitas.

Pero salvo estas diferencias mineralógicas, la sucesión es idéntica en todas partes, repitiéndose lo observado ya tanto en la zona Carpetana como en Galicia, observándose el mismo tránsito por la base á rocas eminentemente gnéicas, y el mismo paso por su parte superior á las pizarras micáceas, filitas y pizarras carbonosas que ponen término en Andalucía á la serie de terrenos cristalinos.

Al ocuparme de los terrenos cristalinos de la provincia de Sevilla me ocupé de los caracteres generales de las micacitas y pizarras micáceas que afloran en aquella región de la cor-

dillera Mariánica; y al describir algunas de las rocas que se encuentran en la Serranía de Ronda describí también algunos tipos de un alto interés petrográfico, tales como las rocas formadas de granate y andalucita de las Chapas de Marbella, las esteatitas tan ricas en rutilo de los llanos del Juanar y las pizarras chialitolíticas del Real del Duque; así que para evitar repeticiones, me ceñiré en el presente caso á hacer un resumen de los caracteres generales de estas rocas en la región andaluza, y á dar á conocer algunas variedades que en aquella ocasión me eran desconocidas.

El conjunto de micacitas de Andalucía tienen caracteres muy semejantes en todas partes: entre ellas, se observan ejemplares en que unas veces es solo la mica oscura la predominante; en otras, las variedades claras, y en otras, por el contrario, dominan ambas variedades á la vez.

Su estructura varía desde la micacita rica en cuarzo, generalmente de estructura granulítica, y que empasta hojuelas de mica repartidas por su masa con mayor ó menor abundancia, y que en algunos sitios, aunque no con gran frecuencia, pasa á ser una verdadera cuarcita, hasta hacerse la mica predominante y constituir membranas de esta sustancia, fuertemente trabadas entre sí, y el cuarzo queda reducido á formar pequeñas lentejuelas alargadas en el sentido de la estratificación de la roca.

Las micas potásicas de estas rocas unas veces presentan los caracteres propios de la muscovita, y otras veces tienen esa apariencia grasienta de que he hablado ya al ocuparme de las rocas análogas de la región galáica y de la zona Carpetana.

El feldespato es frecuente en todas las micacitas de la región andaluza y forma casi siempre fragmentos desgarrados y turbios en extremo.

El granate, relativamente raro en Sierra Morena, abunda sobre todo en la Sierra Nevada, y en este sitio se observa un hecho que es en mi juicio de la mayor importancia, cual es la persistencia de ese mineral en toda la serie desde las micacitas francas que asoman en la parte más profunda de la serie pizarrea de esta sierra hasta los estratos superiores de pizarras carbonosas; la única diferencia que se observa consiste solo en la gradual disminución del tamaño del granate en los

estratos superiores y el mayor grado de turbidez, debido á la cantidad de sustancia carbonosa que encierran.

Los granates de las micacitas y pizarras micáceas de Sierra Nevada presentan también fenómenos sumamente curiosos, tanto en los detalles de su estructura como en la manera como quedan sus inclusiones aprisionadas.

Con mucha frecuencia se observa que los granates, que á simple vista aparecen perfectamente regulares, en el microscopio, aparecen constituidos por franjas ó tiras de granate orientadas paralelamente á la estratificación y separadas por zonas del mismo espesor próximamente, constituidas por partículas de cuarzo, mica ó cualquier otro componente de la roca, observándose otras veces que en vez de tiras están los granates constituidos por una aglomeración de gránulos de granate irregularmente mezclados con los demás elementos constitutivos de la roca.

En algunos casos se observa que las tiras constitutivas del granate se hallan como retorcidas y rotas de una manera en extremo especial.

La manera cómo se orientan las inclusiones en este mineral es extremadamente curiosa. Muy frecuentemente sucede que todas las innumerables inclusiones, en muy gran parte de rutilo, de este mineral, tienen una marcadísima tendencia á orientarse paralelamente á la estratificación.

Otras veces estos efectos mecánicos son aún más complicados, y he visto en algunas micacitas de las cercanías de Durcal que las inclusiones forman como especies de espirales dentro del elemento cristalino, cuyo centro toman como punto de partida describiendo una curva de forma helicoidal.

También he visto algunos granates en que en vez de orientarse las inclusiones paralelamente á la estratificación lo hacen normalmente á la misma. En una micacita de la Cuesta de Vacares he visto granates cuyas inclusiones se orientaban paralelamente á los planos del crucero dodecaédrico.

Como regla general, los granates de las pizarras de Sierra Nevada conservan sus contornos muy bien conservados, usualmente reconociéndose las formas del rombododecaedro.

Las inclusiones son numerosas; las más abundantes de rutilo y gránulos birefringentes, pero además se perciben partículas de mica y cloritoidea, pequeñas turmalinas y en algu-

nos se observan agujas largas é incoloras, que tal vez sean de apatita.

El color del granate en sección transparente es en la casi totalidad de los ejemplares que he visto de un rosa pálido, y solo en algunos raros ejemplares presentan un color de salmón no muy intenso que persiste aún en láminas muy delgadas, y que recuerda al de la cordillera Carpetana.

Es de notar, que á pesar de los efectos mecánicos que estos granates han sufrido, como lo atestiguan las curiosas anomalías que sus inclusiones ofrecen, no he observado en ellos los efectos de birefringencia que tan comunes son en el granate.

Otro de los minerales accesorios que se encuentran con bastante frecuencia en las micacitas de Andalucía, es la estaurótida; pues no solo la he visto en los ejemplares procedentes de la Sierra Nevada, sino también en las micacitas de la Sierra de los Santos en la provincia de Córdoba, y en el Valle del Genal en la Serranía de Ronda.

En la Sierra de los Santos parece estar acompañado este mineral solo por el granate, pero procedente de las cercanías de Quentar en la Sierra Nevada; he visto micacitas en que además de la estaurótida y el granate se observa la distena, mientras que en una micacita de las cercanías de Igualaja, en la Serranía de Ronda, también granatífera, acompaña á la estaurótida la andalucita y una notable cantidad de fibrolita.

La estaurótida de las micacitas andaluzas que he tenido ocasión de estudiar, tienen mucha semejanza á la descrita ya en las análogas rocas de Galicia, y rara vez se perciben las formas regulares, sino que se presenta en trozos irregulares, aunque alargados en el sentido del eje cristalográfico.

Su color es un amarillo de vino fuerte, siendo su dicroismo bastante intenso.

La distena que acompaña á la estaurótida en la roca de Quentar, constituye trozos alargados en el sentido del eje cristalográfico longitudinalmente estriados por los cruceros pinacoidales, estando normalmente á esta dirección segmentados por numerosos planos de fractura.

El rutilo es muy abundante en todas las micacitas de Andalucía, sobre todo en las de Sierra Nevada. En estas rocas no solo se encuentra el rutilo formando pequeñas agujas muy bien determinadas, formadas por el prisma y la pirámi-

de, sino que se le encuentra también en trozos de considerable tamaño y de color de vino subido.

Otro mineral que se encuentra con mucha frecuencia en todas las micacitas de Sierra Nevada es la turmalina. Son estas, en general de pequeño tamaño, hemimórficas, terminado uno de sus extremos por un romboedro muy rebajado, y el otro por la base, siendo su color habitual un violeta bastante subido.

Además es frecuente observar en todas estas micacitas pequeños cristallitos, terminados por pirámides é incoloros, y que deben referirse al zircón.

Intimamente unidos á las micacitas de la Sierra Nevada se encuentra un grupo de rocas en que la cloritoidea desempeña un importante papel. Se encuentra este mineral también como elemento accidental, unas veces asociado á las micacitas y otras á las pizarras carbonosas, pero otras veces se hace predominante, constituyendo entonces un grupo aparte que adquiere una gran importancia en toda Sierra Nevada.

En este grupo de rocas, además de la cloritoidea se encuentran con mayor ó menor abundancia la mica blanca, el epidoto en pequeños cristales á veces muy bien definidos, granates y turmalinas de varios tamaños, y en un todo semejantes á las que se observan en las micacitas comunes, rutilo en abundancia y bastante clorita en algunos ejemplares, y el todo cementado por cuarzo granulítico.

La cloritoidea generalmente se presenta en trozos irregulares de contorno desgarrado y de color verde azulado intenso con un crucero bastante pronunciado, que forma ángulos en la extinción muy pequeños, que rara vez pasan de 12 á 14°.

Además de este crucero básico, se descubren trazas de otro, pero que se manifiesta muy irregularmente.

El dicroísmo de este mineral es extremadamente intenso, y todos los ejemplares que he tenido ocasión de estudiar concuerdan con lo observado por el Sr. Barrois en la misma región, y dado á conocer en una nota preliminar á la Academia de Ciencias de París, oscilando las tintas desde el azul de añil al verde amarillento claro, dando para las posiciones intermedias verdes más ó menos azulados.

En toda Andalucía, como ya he tenido ocasión de indicar, las micacitas se funden en las pizarras micáceas y carbonosas

superiores. La muscovita y la biotita van gradualmente haciéndose más escasas, y la sericita, por el contrario, se va haciendo cada vez más predominante, y por último, acaban las verdaderas micacitas por desaparecer y ser reemplazadas por el grupo de pizarras sericíticas y carbonosas que ponen término en Andalucía á toda la serie arcáica; y de la misma manera sin salto y gradual, como hemos visto á las rocas eminentemente gneísicas pasar á las micacitas, vemos á estas fundirse en las pizarras carbonosas y filitas, y es, en mi juicio, un hecho de verdadera importancia, que ya he tenido ocasión de señalar lo que sucede en la serie pizarrena de Sierra Nevada, en donde el granate sin solución de continuidad se encuentra desde las micacitas granatíferas típicas hasta las pizarras superiores, estableciendo una serie, en donde empezando por granates de talla verdaderamente gigantesca, se terminan en granates tan rudimentarios como son algunos de los empastados en las pizarras carbonosas superiores en que apenas se perciben indicios de cristalización.

Serie que, en mi juicio, proclama la comunidad de circunstancias, bajo las cuales estas rocas han sido generadas.

## RESUMEN.

### I.

Hemos recorrido el ancho campo que presentan las tres regiones principales donde en España afloran los terrenos anteriores al período cambriano.

Primeramente hemos visto cómo se desarrolla la serie en la vertical, tanto en una región como en otra; después hemos comparado los materiales procedentes de una y otra comarca, y prescindiendo de diferencias ciertamente de gran importancia, pero que para considerar el fenómeno en su conjunto, en realidad no alteran el orden de factores, en todas partes hemos visto desarrollarse la serie de idéntica manera.

En todas partes se ha puesto de manifiesto á nuestra investigación la misma serie de materiales que sin solución de continuidad se extiende desde las rocas en que es difícil decidir si entran dentro de los granitos propiamente dichos, hasta aquellos en que no es posible dejar de ver las análogas de nuestros terrenos de sedimento más recientes, presentando de lleno con todas sus dificultades el colosal problema de los terrenos estrato-cristalinos, base y cimiento de la sedimentación franca que conocemos.

No es nuestro ánimo resolverlo, solo sí comparar lo que en España se ve con lo observado en otras partes y hacer resaltar las coincidencias y señalar los hechos que de esta comparación se desprendan.

## II.

Para llegar á este fin vamos á recorrer rápidamente la manera de aflorar de esta formación en distintas regiones de la tierra.

Primeramente nos fijaremos en la vecina Francia, cuyas determinaciones por su proximidad á España y por lo prolijamente estudiada que se halla, tienen que tener para el objeto de que se trata inmenso valor.

Con efecto, por los trabajos de Douville en el Limousin, de Michel Lévy en el Morvan, de Fouqué en el Cantal y de Fabre en la Lozère, se ve que en la meseta central francesa aflora un gneis granitoideo y glandular en la base de uniformidad igual á lo observado en España.

A estas rocas se suceden gneis, micacitas, anfibolitas y calcáreos cristalinos, en cuyas  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ , de la carta detallada francesa, nos parece reconocer lo que designamos como horizonte medio del arcáico.

Siguen en el orden ascendente micacitas, talcitas y pizarras micáceas que se funden en filitas.

Análoga disposición, aunque faltando lo que corresponde á la parte inferior, se observa en el macizo armoricano, como lo ha hecho ver el Sr. Barrois en nota adjunta al resumir el trabajo sobre las rocas de Bretaña de Whitman Cross, y recientemente al conducir sobre el terreno á los miembros de la Sociedad Geológica de Francia.

En la zona alpina M. Lory señala el gneis granitoideo de Les Etages en la base, al que sigue un complejo de gneis, micacitas, calizas cristalinas y anfibolitas, que á su vez sirven de cimientó á la potente serie de talcitas y pizarras cloríticas de esa quebrada comarca.

Vemos, pues, que también en Francia se desarrollan los terrenos arcáicos de análoga manera á como se desarrollan en España.

Un gran tramo de gneis granitoideos y glandulares siempre iguales á sí mismos y de inmenso espesor, al que sucede un complejo de rocas formado de gneis y micacitas de facies mudable en alto grado y al que vienen asociados toda esa serie de rocas tan complejas que son propias de ésta formación, y que pasan, por su parte superior, á la serie de pizarras y filitas que á su vez son difíciles de distinguir de las que forman la base de los terrenos de sedimento fosilíferos.

En Alemania, país clásico para el asunto, desde 1868 publicó Gumbel su *Geognostische Beschreibung des ost Bayerische Grenzgebirges*, y desde entonces todos los trabajos posteriores han confirmado sus determinaciones estableciendo la división de estos terrenos en la Europa central.

En este trabajo separaba Gumbel el arcáico de las montañas de Baviera en tres distintos tramos.

El gneis de Bojic ó *Bojische stufte*, de grande espesor y uniformidad extrema y constituido por gneis y á veces en tan íntima unión con el granito, como lo ha hecho ver recientemente Kalkowsky, que es difícil tarea el separarlos.

A este tramo sucede en el orden ascendente el gneis hercyniano, en donde se repite al igual de lo que ocurre tanto en España como en Francia la intercalación de rocas de estructura y composición la más compleja y variada, sucediendo á este toda la serie de micacitas y pizarras micáceas que á su vez se terminan en filitas.

Como afloramientos más ó menos completos de esta serie pueden considerarse los demás macizos arcáicos de Alemania, segun lo han hecho ver Credner en Sajonia y Kalkowsky en Silesia al describir la formación gneísica del Eulengebirge.

En Escandinavia el gneis gris, tan rico en minerales y en diversas rocas asociadas, y que según Hummel es superior al jern gneis de la Finlandia, pasa á las famosas Halleflintas de



esta región, á las que á su vez coronan pizarras micáceas y arcillosas.

En Inglaterra, análoga disposición parece también observarse, pues suprayacente al gneis fundamental de Escocia reconoce M. Hicks bajo los nombres de Dimetian, Arvonian y Pebidian una serie de rocas que parecen corresponder al tramo hercynico de Gumbel.

En la región alpina salen á luz á veces los terrenos arcáicos en todo su desarrollo.

En los Alpes austriacos sobre el gneis central aparece un conjunto de micacitas y rocas verdes á que viene asociado un sistema de gneis más reciente que el central.

Análogo conjunto se reconoce en la vertiente italiana de los Alpes.

Taramelli, en su trabajo recientemente publicado sobre el Valle del Ticino distingue la siguiente sucesión:

- 1.º El gneis de Antigorio.
- 2.º La zona del calcáreo cristalino.
- 3.º El gneis superior de los geólogos suizos.
- 4.º Los gneis y micacitas del Gotardo que pasan á las pizarras sericíticas que adquieren su mayor desarrollo en las cercanías de Pallanza.

Si en efecto el gneis de Antigorio fuera representante del gneis central de los Alpes, se tendría en la vertiente italiana la repetición completa de la misma serie que se ha visto tanto en los Alpes occidentales como en Baviera.

En la América del Norte, prescindiendo de discrepancias de secundaria importancia entre los trabajos de Logan Dawson y Sterry Hunt en el Canadá y los geólogos de los Estados-Unidos, parece que al gneis de Ottawa suceden los gneis con calizas y anfíbolitas del llamado Laurenciano superior, y suprayacentes á estas rocas toda esa enorme serie que con los nombres de Montalbano, Huroniano y Noriano forman una importante parte del continente americano.

Vese pues que por todas partes en donde estos terrenos han sido prolijamente estudiados, resulta que se resuelven en una serie que puede siempre dividirse en tres agrupaciones principales.

Una y la más profunda en que una no interrumpida uniformidad es el carácter distintivo; otra intermedia en que la

variabilidad es el suyo, mientras que en la tercera y superior se observa la repetición de la uniformidad inferior.

### III.

Si de este hecho que parece general pasamos á considerar la universalidad con que esta formación se presenta y su igualdad de carácter, se verá que en todas las partes de la tierra donde hasta el presente nos ha sido posible llevar nuestras investigaciones, la hemos visto aflorar de idéntica manera.

Bien sea penetrando en las enormes quebradas del Himalaya y del Tian-Schan en las vastas regiones de la China, en el Brasil, en Australia ó en la Nueva Caledonia, en todas partes vemos formando el cimiento de la serie sedimentaria las idénticas rocas estrato-cristalinas.

### IV.

Resumiendo, pues, lo expuesto, resultan varios hechos de importancia, que pueden condensarse en las siguientes palabras:

1.º Que con una universalidad grande forma parte integrante de la corteza terrestre un sistema de rocas estrato-cristalinas, que por su generalidad contrasta con lo fragmentario de los demás terrenos estratificados.

2.º Que estas rocas comienzan en la base por materiales que con frecuencia es difícil separar del granito mejor caracterizado, y que por una serie de rocas de grande complejidad se funden en su parte superior en pizarras que es difícil separar de sus análogas fosilíferas.

3.º Que la sucesión es constante en todas las partes de la tierra de abajo arriba, y que la intercalación de materiales se produce con ligeras variaciones, como se observa en los terrenos de sedimento.

4.º Que esta sucesión se divide siempre en todas las partes de la tierra hasta ahora estudiadas, de la idéntica manera. Es decir, primero un tramo inferior de espesor considerable, y de una uniformidad de caracteres verdaderamente notables.

En segundo lugar, otro tramo intermedio de extremada variabilidad de caracteres, y en fin, otro superior en que la uniformidad vuelve otra vez á predominar.

5.º Que mientras el tramo inferior es eminentemente ácido, el intermedio se distingue por un aumento en su basicidad, carácter que escasamente se sostiene en las pizarras superiores.

6.º Que el agua ha desempeñado un importante papel en la formación de estas rocas, como lo atestiguan las numerosas inclusiones de este menstruo que en todos estos materiales se encuentran.

Tales son los principales hechos fundamentales que del estudio de estos terrenos se desprenden, hechos tan anormales y en cierta manera tan contradictorios, que constituyen en su conjunto uno de los más difíciles problemas que la geología ofrece á nuestra investigación.

## V.

¿Qué son y qué significan estos terrenos en la economía de nuestro globo, y bajo qué condiciones han llegado á generarse? Tal es el problema en su más lata expresión.

Numerosas han sido las teorías que acerca de la génesis de estos terrenos se han ideado: cierta escuela de geólogos cree ver en ellas el resultado inmediato de la primera etapa del enfriamiento secular de nuestro globo.

Otros los consideran como el resultado de la cristalización directa de las primeras aguas que como disolventes obraron sobre la masa escoriácea primitiva, mientras que para otros no son simplemente el resultado de esta acción, sino que por su gradual agotamiento iba cada vez adquiriendo predominio más pronunciado la sedimentación actual, resultando un producto mixto que da ciertamente razón de ese aparente dualismo que en sus materiales se observa.

Otro grupo importante de geólogos cree ver la continuación de la sedimentación actual por tiempo indefinido, si bien por acciones secundarias se han ido gradualmente borrando sus caracteres distintivos y transformando en lo que hoy observamos.

Hay por último otra escuela de geólogos, para quienes la serie estrato-cristalina no pertenece á ninguna formación determinada, y cree que sus materiales son simplemente manifestaciones de las fuerzas orogénicas sobre las masas anógenas en la profundidad.

Tales son las principales teorías que acerca de esta compleja formación corren hoy día con mayor ó menor valimiento entre los geólogos; pero si bien es cierto que todas ellas dan en cierta manera razón de los hechos observados, no es menos cierto que contra todos se alzan objeciones verdaderamente capitales, y como dice Lapparent repitiendo el dicho de Iznozanstref, estos terrenos son hoy verdaderos logogrifos en la ciencia geológica.

Con efecto ¿cómo puede existir un paso tan progresivo y gradual entre dos fenómenos tan esencialmente distintos como por necesidad tienen que ser el producto de la consolidación definitiva de nuestro planeta y lo que es resultado de la desintegración y trituración de esos mismos materiales?

Si de esta manera de considerar el fenómeno pasamos á los que creen ver en él, simplemente el resultado de las fuerzas orogénicas sobre las masas anógenas en la profundidad, ¿cómo se explica esa universalidad y esa perfecta serie que á nuestra investigación se presenta, cuando por su esencia misma debía ser un fenómeno inconexo y fragmentario?

Quedan, finalmente, dos teorías: una que ve en estos terrenos la consecuencia de la precipitación de las aguas sobre la costra ya sólida de la tierra, y de la cual no nos quedan ni aun vestigios en la actualidad, y la otra que, no viendo solución de continuidad en la sedimentación, cree ver á toda la serie estrato-cristalina consecuencia de acciones secundarias que han metamorfoseado los antiguos sedimentos.

Ambas teorías en mi juicio dejan en el olvido dos hechos fundamentales, que son el cimiento sobre que cada cual de ellas recíprocamente se basa; una no se fija en la universalidad de estos terrenos y la regularidad de la serie en todas las partes de la tierra, regularidad jamás observada en ningún terreno de sedimento, y la otra que deja de dar razón de los evidentes efectos de metamorfismo que en terrenos de diversa índole se observan reproduciendo los mismos materiales y que implican en cierta manera una recurrencia de las condiciones generadoras de los terrenos que estamos estudiando.

## VI.

Pero antes de proceder á formar un juicio definitivo sobre las que aparentemente son casi antitéticas teorías, conviene compulsa hasta qué punto pueden considerarse como hechos comprobados, los que se llaman efectos de metamorfismo.

Como con frecuencia sucede con ideas fecundas en la ciencia, por natural impaciencia se generaliza más aprisa que los hechos observados justifican, y anteponiéndose á veces á ellos se llega á poco de enunciadas á lo que puede considerarse como un apogeo prematuro, y el cual trae la necesaria consecuencia de tener que desandar lo andado y volver al punto de partida para desde allí tomar otra senda más trabajosa quizás pero más segura que permita llevarlas á sus legítimas consecuencias.

Tal ha sucedido con una de las ideas más fecundas que se han enunciado en las ciencias geológicas, cual es el metamorfismo, idea que generalizada en un principio con exceso llegó casi á pretender explicar todo lo inexplicado, y como natural reacción de esta tendencia vino, si no á caer en descrédito, á inspirar cierta desconfianza y el deseo de revisar los hechos y someterlos al crisol de la experiencia aceptando como hecho positivo solo aquello que quedara ampliamente demostrado.

Con efecto, las experiencias sintéticas de Daubrée, la aplicación del microscopio á la investigación de los materiales constitutivos de la corteza terrestre y el estudio detallado de comarcas ya clásicas para el asunto, han sido el punto de partida de la nueva senda emprendida para conocer tan complejo fenómeno, y por la cual se ha llegado á una noción más exacta del verdadero valor y significación de los llamados efectos de metamorfismo.

Por ella se ha visto que si generalizaciones prematuras llegaron á veces á oscurecer los hechos positivos, hoy día estos se imponen con incontrastable fuerza y hacen del metamorfismo inmenso foco de luz que penetrando á través de las nieblas de anteriores épocas ilumina los más recónditos problemas de la pasada historia del planeta.

Por los profundos trabajos de Rosenbusch en Alsacia, se ha

podido seguir en todos sus detalles el cómo se modifican las pizarras de Steiger en su contacto con el granito en las cercanías de Barr Audlau y se generan en ellas los más diversos minerales tales como la andalucita, la estaurótida, la mica magnesiana y el granate.

Análogo proceso nos ha dado á conocer el Padre Renard al describir las pizarras de Bastogne, que aunque pertenecientes al devoniano inferior y formadas por elementos clásticos constituyen hoy día pizarras anfibólicas y granatíferas.

También Kalkowsky contribuyó en gran manera á fijar los hechos al dar á conocer el desarrollo del rutilo y la turmalina en las pizarras silurianas y devonianas.

Vacío grande le tocó llenar á Michel Lévy al demostrar el desarrollo del feldespato, tanto ortosa como plagioclasa en las pizarras de St.-Léon, por cuyo proceso aparecen estas rocas en la vecindad del granito convertidas en verdaderos gneis.

Estos feldespatos, que parecían refractarios á formar parte de otras rocas que no fueran las pertenecientes á la serie antigua ó á la propiamente eruptiva, han sido, sin embargo, encontrados por M. Lory aun en las calizas triásicas y jurásicas de los Alpes.

Reusch en su bello trabajo sobre las pizarras cristalinas fosilíferas de las cercanías de Bergen nos ha mostrado, no solo las pizarras llenas de rutilo, turmalina y muscovita, con bien conservados fósiles y calizas cristalinas, con coralaris, sino intercalaciones de verdaderos gneis entre ellas.

Los Alpes también han proporcionado abundante material en sus colosales manifestaciones orogénicas para establecer los hechos en su verdadero lugar.

Uno de los trabajos más interesantes es el de Foullon al tratar del Wurm-alpe en Steirmark, en donde demuestra la compleja composición y estructura de las pizarras del carbonífero inferior.

Recientemente M. Barrois, en la Bretaña, en su memoria sobre *Les grès métamorphiques du massif granitique de Guemené* nos hace ver el desarrollo, tanto del feldespato como de la sillimanita, la cordierita y las micas en el seno de las primitivas areniscas, así como el feldespato en las pizarras de St.-Lo, en las cercanías del Fouet, convirtiéndolas en verdaderos gneis, serie de fenómenos que la Sociedad Geológica de

Francia ha podido comprobar recientemente sobre el terreno. Basta, por último, para dar por terminado esta especie de inventario de los hechos más salientes sobre los cuales se apoya la trascendente teoría del metamorfismo, citar la gran obra de Lehman, que por una serie de fotografías y profundas observaciones muestra el incesante proteísmo que los materiales de la corteza terrestre experimentan como consecuencia del gran trabajo orogénico que en la corteza exterior de nuestro globo sin reposo se produce.

## VII.

Vese, pues, que lo que se llama el metamorfismo no es un hecho aislado y de pequeña importancia de que puede prescindirse al querer dar razón de la génesis de los terrenos estrato-cristalinos.

Así como no puede prescindirse de la universalidad y constante sucesión que en estos terrenos se observan en ninguna teoría que se intente, tampoco puede prescindirse de que los idénticos materiales se reproducen como efecto de acciones secundarias en distintos períodos de la edad del mundo.

Si nos fijamos en el conjunto que constituye tanto la serie francamente sedimentaria como la estrato-cristalina, veremos que la diferencia esencial que entre ellas existe radica principalmente en que mientras en una los elementos constitutivos conservan lo que puede llamarse su individualidad primitiva, en las sedimentarias en gran parte solo dominan las ruinas y destrozos de estas mismas individualidades.

A semejanza, pues, de derruido edificio, solo habría para reconstituirlo que traerlo á las primitivas condiciones y devolver á estos materiales, en forma de trabajo, lo que han perdido al formarse y disgregarse; en una palabra, devolverles en adecuada forma la energía primitiva.

## VIII.

Al emplear la palabra energía, séame lícito indicar el sentido en que la empleo, para lo cual me bastará citar el si-

guiente párrafo del profesor Tait: «De la misma manera que el oro, el plomo, el oxígeno, etc., son especies diferentes de materia, así el sonido, la luz, el calor, etc., son formas diversas de la energía.»

Resultando hecho demostrado que, en la mayoría de los casos, podremos siempre á un sistema determinado que haya perdido parte de su energía retrotraerlo al punto de partida, reintegrándole en adecuada forma lo que haya perdido.

Algo de esto parece deducirse del conjunto de fenómenos que estamos estudiando.

Por varios y distintos caminos viene formándose un cuerpo de doctrina harto abarcador y profundo.

Hoy día no son ya meras especulaciones la constitución y economía de los astros que pueblan el espacio, la unidad domina en todas partes, cuanto es visible se funde en un todo grandiosamente armónico; por todas partes se ve el idéntico proceso y la marcha hacia un estado, cuyas últimas consecuencias por completo se velan á nuestra inteligencia.

Etapas de este proceso, en toda la naturaleza parece ser que las energías de un punto se trasladen y disipen ó se concentren en otro, y dentro de la cual estamos, siendo lógico deducir que nuestra tierra ha recorrido y recorre un ciclo semejante al que parece común á toda la naturaleza; y que por otro lado, todo cuanto vemos en ella confirma y robustece.

Visto además que el metamorfismo es un hecho positivo, y que reintegrando á los materiales detriticos la energía perdida, unas veces con acarreo de sustancia, y otras sin ella, pueden regenerarse las rocas cristalinas al retrotraer los materiales á un estado semejante al primitivo.

Admitido que la diferencia entre los materiales constitutivos de las rocas de sedimento y las cristalinas reside en que de la genesis de una de ellas se conserva indeleble la huella de un estado de mayor energía inicial, mientras que en este tiende por completo á borrarse, me parece que pueden si no explicarse los hechos, adquirirse al menos una noción más exacta del enlace entre fenómenos que en cierta manera parecen contradictorios.

Es lógica deducción del proceso que se observa en toda la naturaleza, que nuestra tierra necesariamente ha pasado por un estado en que poseía mayor cantidad de energía que en



la actualidad posee, y durante el cual es de suponer que el total de la masa acuosa que hoy la baña, formase parte integrante de su primitiva atmósfera.

Continuado el proceso, durante el cual esta energía se iba gradualmente perdiendo, tuvo por necesidad que llegar un momento durante el cual la masa acuosa comenzara á pasar al estado líquido y á caer sobre la aún cálida tierra, inaugurándose, en mi juicio, un período que es quizás donde comienza nuestro conocimiento positivo de la pasada historia del planeta, pues al cambiar las condiciones durante este forzosamente larguísimo proceso de energías perdidas y restituidas, fué necesariamente borrándose la huella en la superficie terrestre del estado primitivo.

Representantes de este momento importante de la edad del mundo son, pues, en mi juicio, los actuales terrenos estratocristalinos, representantes de un fenómeno tan general que abarcaba á la vez la total extensión del globo que habitamos.

Función á un tiempo de dos elementos: uno que disminuía con relativa rapidez, cual era la energía primitiva, y otro que permanecía relativamente constante, cual es la desgregación y trituración de lo ya formado y su necesaria sedimentación. No debe, pues, causar asombro el que á nuestra investigación se presenten estos terrenos como un conjunto que, comenzando en el granito, concluya sin solución de continuidad en las pizarras superiores.

Al tiempo que esto se verificaba, otro factor complicaba aún más sus efectos.

El astro pierde calor en el espacio; la temperatura de la parte exterior del globo tiende á igualarse y á permanecer en relativa constancia; las capas inferiores, al transmitir una cantidad determinada de calor á las superiores de mayor volumen, pierden en temperatura absoluta más de lo que las otras ganan, de lo que necesariamente se deduce que desde un momento determinado la temperatura decrece con mayor rapidez en el interior que en el exterior.

De aquí resulta que, como el coeficiente de contracción está en razón directa de la temperatura, la contracción del globo tiene que ser mayor en la parte interna que en la externa; de lo que necesariamente se deduce que la costra exterior que cubría un globo de diámetro determinado, al disminuir este

por enfriamiento de necesidad, tiene que adaptarse por su propia gravedad sobre el núcleo interior que disminuye de volumen.

Proceso de adaptación, que es cual si las partes externas del planeta cayeran en dirección de su centro de gravedad común desde una distancia determinada.

Excusado me parece insistir sobre la cantidad de energía que pasara del estado potencial al actual en este proceso de adaptación, y que vendrá en ciertas líneas determinadas y á diversa profundidad á restituir á ciertos parajes de la corteza terrestre lo que haya perdido de su energía primitiva, y retrotraerá, exagerándolo quizás á esos materiales al estado en que estaban en el período que estamos considerando.

## IX.

Resulta, pues, en mi juicio, que los terrenos estrato-cristalinos son el resultado de la precipitación de la masa acuosa sobre la corteza primitiva, cuya inicial energía iba gradualmente disipándose, y los fenómenos de disgregación, por el contrario, haciéndose predominantes hasta que al llegar este proceso á cierto límite, entraba nuestro planeta en su superficie en un estado semejante al actual.

Pero mientras esto sucedía, continuaba desarrollándose otro proceso, que no ha terminado todavía, debido á la desigual contracción entre las partes internas y externas del planeta.

Por este proceso tenía periódicamente que resultar un aumento de energía actual en las partes exteriores del planeta que venía grandemente á complicar al que ya estaba establecido, y que da razón de esas acciones secundarias que se observan aun en los gneis más profundamente situados en la serie cristalina, como lo ha señalado ya Michel Lévy en su trabajo sobre la formación gneísica del Morvan.

De lo expuesto se deduce, pues, que si los hechos son como los hemos considerado en los terrenos estrato-cristalinos, sedimentación, cristalización primitiva y metamorfismo deben de formar un todo tan íntimamente unido que en muchos casos sea absolutamente imposible el deslindarlos.

Considerados los terrenos estrato-cristalinos de esta manera,

queda el fenómeno en gran manera simplificado, pues constituyen una serie con los demás terrenos estratificados en la que no parece existir solución de continuidad, y en la cual los efectos de metamorfismo que resultan en los diversos terrenos sedimentarios quedan representando recurrencias de un estado análogo al primitivo como consecuencia del proceso orogénico en constante actividad en nuestro planeta.

## X.

Antes de dar por terminado este rápido resumen de las principales circunstancias que acompañan á estos terrenos, voy á indicar un hecho que me parece de importancia.

Al estudiar los terrenos arcáicos de nuestra Península, así como al extender este estudio á los demás países, se ha visto que la sucesión se desarrolla invariablemente de idéntica manera en todas las partes de la tierra.

Un tramo inferior de enorme espesor y monótona uniformidad, uno medio que por el contrario posee una variabilidad grande terminando en otro superior en que esta variabilidad se pierde.

Si nos fijamos en el hecho capital que esta diferencia implica, veremos que la distinción principal radica en el aumento de basicidad que esta variabilidad lleva consigo en el segundo tramo, basicidad representada no solamente por la disminución absoluta de la sílice, sino por el mayor desarrollo de ciertos cuerpos cuales son la cal, la magnesia y el hierro con la disminución relativa de los álcalis, cambio que indica la ingerencia en la superficie terrestre de una serie de nuevos materiales.

Con efecto, si nos fijamos en lo que la uniformidad del tramo inferior significa, se verá que es expresión de la persistencia de las análogas condiciones durante un larguísimo período, durante el cual esos materiales se generaban; persistencia de condiciones que no parece haber sufrido perturbación bien marcada hasta iniciarse el siguiente período.

Durante este vemos que aunque continuando en cierta manera las condiciones del anterior, aparece un nuevo factor intermitente y ya no tan general como lo implica el cambio que

en sus estratos se observa, sucediendo por ejemplo que mientras en Andalucía las calizas son de extremada potencia, en Galicia casi no se encuentra más que tal cual pequeño estrato.

Obsérvese por último que este nuevo factor disminuye en el tramo superior y vuelven á dominar las condiciones de uniformidad, pero haciéndose cada vez la fuerza cristalizadora más y más débil hasta acabar por pasarse á las filitas superiores que á su vez se funden en nuestros terrenos de sedimentación común.

De lo expuesto resulta que este aumento de basicidad que á mitad de tan enorme período se observa puede asimilarse en cierta manera á lo observado en nuestro planeta en distintas edades de su desarrollo, y que puede definirse como los efectos de la acción de las partes más profundamente situadas sobre la superficie externa, fenómenos conocidos con los nombres de eruptivos y plutónicos.

## XI.

Con efecto, si nos fijamos en los fenómenos eruptivos de nuestro planeta, no podrá menos de verse que aunque estos fenómenos forman una no interrumpida serie cuyos efectos en todas las épocas de la tierra pueden observarse, presentan sin embargo cuando se les considera en su conjunto una recurrencia muy marcada en dos distintos períodos de la edad del mundo.

Vemos desarrollarse todo el largo período siluriano y devoniano con sus manifestaciones de la actividad interna de secundaria importancia; llega sin embargo la época permo-carbonífera, y vemos á los granitos, á los pórfidos y á las diabasas desempeñar un papel de capital importancia en todas las partes de la tierra.

Pasa esta época de perturbación profunda; vuelve el planeta á entrar en relativo reposo y desarróllase todo el período secundario con limitadas manifestaciones internas.

Inaugurase la época terciaria é iníciase otra vez otro período, si no en tan gran escala, de mayor basicidad y aun de colosal importancia, como lo atestiguan esas enormes sábanas de basalto que cubren el continente americano, y cuyo período de ac-

tividad aún no ha terminado en sus últimas manifestaciones.

Vese pues que la actividad interna del globo es un fenómeno en el cual ha habido una recrudescencia en dos distintos períodos de la edad del mundo; y si fuera posible asimilar esto á lo observado en la parte media del arcáico, no solo daría razón de la variabilidad y aumento de basicidad que lo caracteriza, sino que se percibirían los términos completos de una serie que iniciada en esa remota época no ha terminado todavía.

Con efecto, así como la recurrencia terciaria es más limitada en sus manifestaciones y de mayor basicidad que lo observado en la época permo-carbonífera la correspondiente al período que estamos estudiando sería inmensamente más general pero aún de menor basicidad.

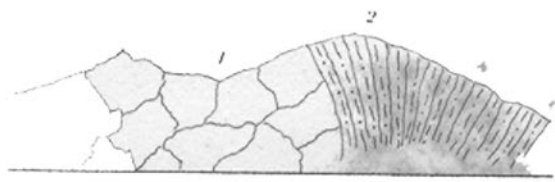
Si esto fuera así, resultaría que en este fenómeno habría una recurrencia periódica cada vez de menor generalidad pero de mayor basicidad, cual si el foco de acción se fuera retirando de la superficie del planeta.

Considerando pues esa variabilidad y aumento de basicidad que se observa en los materiales constituyentes de la parte media del arcáico como expresión de una de esas recurrencias de la actividad interna, somera todavía probablemente, pero suficiente para cambiar la facies de los primitivos materiales, explicaría en mi juicio uno de los más anómalos problemas que estos enigmáticos terrenos ofrecen.

## XII.

Resumiendo pues lo expuesto, puede decirse que los terrenos arcáicos son el comienzo de un triple proceso que iniciado en época remota no ha terminado todavía.

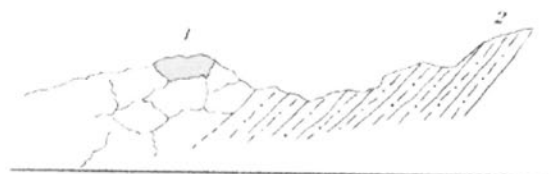
En este triple proceso la cristalización debida á lo que puede llamarse las energías iniciales del planeta, la disgregación y sedimentación de sus materiales, efecto de las actividades propias de su envolvente líquido gaseoso, y la recurrencia de las fuerzas orogénicas consecuencia de la desigual contracción entre las partes internas y externas del planeta, han impreso su sello de tal manera en sus múltiples materiales, que han quedado indeleblemente grabados todos los efectos producidos por la actividad perdida para el globo que habitamos.



1



2



3



4

1. Granito.

2. Gneis.

3. Pórfido estratiforme.

4. Pórfido.

5. Brecha gneísica.

# DEL CARÁCTER DE LAS DISLOCACIONES

DE LA

# PENÍNSULA IBÉRICA,

POR

D. JOSÉ MACPHERSON.

---

(Sesión del 7 de Noviembre de 1887.)

---

En un reciente trabajo me ocupé de señalar la relación que me parecía existir entre la forma de las depresiones oceánicas que rodean á la Península ibérica, la dirección general de sus costas y sus principales líneas de fractura. Ahora me propongo hacer ver cómo no se limita esa relación á lo que puede considerarse como el contorno externo de la Península, sino que, estudiando en sus detalles esta parte del continente europeo, se presentan relaciones semejantes, y que si las depresiones oceánicas pudieran ser consideradas como expresión de aquellos lugares de nuestro globo en donde con mayor facilidad la contracción se verifica, entonces resultaría que la estructura de la Península sería la necesaria consecuencia de la manera como las fuerzas de contracción del esferoide terrestre se han ejercido sobre esta parte de su corteza.

Para hacer resaltar esto vamos á comparar los principales rasgos geológicos de la Península con sus principales formas orográficas, y á resumir en breves palabras la serie de hechos y de coincidencias que de esta comparación se desprenda, que á poco que se fije la atención se verá que tienen un altísimo interés.

Se destacan primeramente tres macizos principales formados por rocas estrato-cristalinas, y en cuyos estratos dominan en muy gran parte los arrumbamientos de SO. á NE.

De estos tres macizos, uno ocupa el extremo NE. del país, otro la meseta central, mientras que el tercero aflora todo á lo largo de las costas meridionales de la Península, desde el Estrecho de Gibraltar al cabo de Palos.

Paralelamente á estos tres macizos tuve ya ocasión de señalar, en mi citado trabajo, la marcada depresión que, atravesando los principales accidentes orográficos de la Península, se extiende desde el fondo del Golfo de Gascuña al estuario del Tajo en Portugal.

Aunque á primera vista, no tan marcada como esta, pero que entraña consecuencias aún de mayor importancia para la estructura de la Península, existe otra también en alto grado notable, pues determina, no solo el gran geosinclinal del valle del Guadalquivir, sino que deja grabados sus efectos, no solo en el reino de Valencia, sino en Aragón y Cataluña.

No se pone de manifiesto esta depresión por la línea recta tan pronunciada que se observa en la anterior, sino que se la traza por una serie de depresiones parciales escalonadas, pero orientadas de SO. á NE., y que pueden seguirse sin dificultad desde el mismo Pirineo á la desembocadura del río Guadalquivir.

En casi toda la zona mediterránea de la Península se observa que, bordeando la costa desde el Estrecho de Gibraltar al cabo de Palos, existe una serie de afloramientos de rocas profundas que forman la cadena litoral de Andalucía.

Interrúmpese esta en la costa valenciana, pero desde el delta del Ebro vuelven otra vez rocas de relativa profundidad á constituir la cadena litoral.

Paralelamente á estos afloramientos se desarrolla la citada depresión.

Entre Solsona y Montalbán adquiere el valle del Ebro el máximo de su anchura, y precisamente en este sitio es donde se forma el valle del Segre y en donde además queda cortada la banda de terrenos secundarios que paralelamente á la cresta pirenaica se extiende desde Navarra al Monsech, y aun en el mismo Pirineo se percibe el influjo de esta depresión en los arrumbamientos de SO. á NE., no solo en la sierra del Cadí y en la depresión de la Cerdaña, sino en los Corbières y los Alberes al final de esa zona montañosa.

En la provincia de Teruel esta depresión orientada de SO.



á NE. se pierde, pero en cambio la estructura del país se modifica profundamente.

Interrúmpense á Poniente los afloramientos paleozóicos, y entre estos y el enorme macizo cretáceo del Maestrazgo se desarrolla la gran depresión terciaria por donde corren el Alfambra y el Jiloca, depresión que, orientada de N. á S., es la más fácil comunicación entre el valle del Ebro y la meseta central.

Hácense también predominantes los arrumbamientos N.-S. en los terrenos secundarios en todo el reino de Valencia hasta que se llega á la sierra de Enguera.

Desde este sitio la orientación de las masas pétreas cambia de repente y los rumbos de SO. á NE. se hacen predominantes, y desde aquí se extiende una ancha faja de terrenos secundarios y terciarios con esta orientación hasta las costas del Océano en la provincia de Cádiz.

Esta banda presenta una particularidad de un alto interés.

Mientras el borde N. se extiende casi de E. á O. desde este sitio hasta el cabo de San Vicente en Portugal, y todos los estratos que quedan á la derecha del Guadalquivir, no solo tienen relativamente un espesor muy escaso sino que se hallan ú horizontales ó muy débilmente desviados de esa posición, los que quedan á su izquierda, por el contrario, no solo adquieren un espesor en extremo considerable, sino que se hallan profundamente dislocados y formando una serie de violentos pliegues cuyo conjunto constituye la cadena exterior de Andalucía.

Es esta línea divisoria entre los terrenos plegados y horizontales en Andalucía tan marcada, que no se le escapó á M. de Verneuil al hablar de los depósitos triásicos tan profundamente dislocados de la Sierra de Almenara y que son los mismos que en su base N. y en los Campos de Montiel permanecen casi horizontales por enormes distancias, é insiste en lo fácilmente que podría errarse si ese fenómeno coexistiera con la línea de contacto de dos formaciones distintas.

Esta diferencia no se limita á este sitio, sino que se propaga de idéntica manera por distancias considerables y se mantiene este contraste por toda la longitud del valle de Guadalquivir.

Con efecto, el triásico, tanto en Linares, Marmolejo, Montoro

y el Biar en la provincia de Sevilla, presenta escasas dislocaciones, mientras que á muy escasa distancia al S. aparecen estos mismos terrenos profundamente dislocados, formando una serie de pliegues que se distinguen por su pequeño radio, contraste que aún se hace más pronunciado cuando se comparan, por ejemplo, los depósitos terciarios del Aljarafe, Mairena del Alcor y Utrera, casi horizontales, con los idénticos terrenos que forman la serie de pronunciados pliegues que constituyen los serrajones y colinas entre Arcos y Montellano.

Esta línea de separación entre los depósitos tan escasamente desviados de la horizontal y de pequeño espesor relativo y los tan profundamente plegados de la margen izquierda del valle del Guadalquivir, no forman una línea recta, sino una serie de escalones con marcado retroceso hacia el S., que se extienden desde Lebrija y Sanlúcar de Barrameda hasta el S. de la loma de Chiclana en la provincia de Jaén; serie de escalones que en cierta manera reproducen la manera cómo se hallan orientados los distintos macizos de rocas cristalinas que forman la cadena litoral de Andalucía.

Formando esta cadena vemos primeramente el gran macizo de la Serranía de Ronda, y cuya orientación es de SO. á NE., quedar bruscamente interrumpido por los depósitos secundarios del valle del Guadalquivir; mientras que á levante afloran otra vez las rocas cristalinas en las imponentes masas de las sierras Tejea y Almijara, que con arrumbamientos también de SO. á NE., quedan á su vez interrumpidos por los terrenos más recientes de las sierras de Loja y de Alhama, á semejanza de lo que sucede en la Serranía de Ronda.

Á levante aflora otra vez el arcáico en el gigantesco macizo de la Sierra Nevada y también con los mismos arrumbamientos de SO. á NE., especialmente desde el Cerro del Caballo al Pico del Cuervo; vuelven otra vez estas rocas á desaparecer bajo los depósitos secundarios y terciarios de esa parte elevada del valle del Guadalquivir, fenómeno que vuelve á repetirse en las sierras del Cabo de Gata y del N. de las provincias de Murcia y Almería, desde donde por completo se pierden las rocas estrato-cristalinas.

Forman, pues, estas rocas una serie de macizos escalonados hacia el S., cuya serie de recodos reproducen con bastante aproximación la línea de separación entre aquellos terrenos,

tan fuertemente comprimidos, de la margen izquierda del valle del Guadalquivir y los tan escasamente trastornados de las vertientes meridionales de la Cordillera Mariánica.

Resumiendo lo expuesto, puede decirse que en la Península existen tres zonas en donde afloran las rocas estrato cristalinas y cuyos arrumbamientos predominantes son de SO. á NE.

Estas tres zonas son la región Galáica, la Carpetana y la cadena litoral de Andalucía.

Separando estos tres macizos existen dos grandes depresiones, que orientadas paralelamente á este rumbo, atraviesan el total de la Península; una de ellas hemos visto que se extiende desde el fondo del Golfo de Gascuña hasta el estuario del Tajo en Portugal, y otra que describe una marcada convexidad hacia el SE. y que se puede trazar desde el mismo Pirineo á la desembocadura del río Guadalquivir.

La Península, pues, se halla atravesada por lo que podría en su más lata expresión considerarse como el remanente de tres grandes anticlinales orientadas de SO. á NE. y separadas por los dos sinclinales correspondientes.

En mi ya citado trabajo indiqué la importancia que en la constitución actual de la Península ibérica tenía la ancha faja de rocas cristalinas que desde las costas de Portugal y de Galicia, atraviesan desde NO. á SE. la mayor parte de la Península.

Entraña el estudio de esta un grandísimo interés, pues de su estructura se desprenden consecuencias de importancia no solo por la luz que vierten sobre algunos detalles de la orografía de la Península, sino por las relaciones de alta transcendencia que se perciben entre las fuerzas orogénicas de nuestro globo y los íntimos detalles de la estructura de esta parte de la Península.

La región galáica se halla en muy gran parte constituida por un macizo arcáico cuya sucesión estratigráfica solo puede seguirse cuando se corta el terreno de NO. á SE., como ya he tenido ocasión de hacer ver al ocuparme de los terrenos arcáicos de España.

Este macizo se halla frecuentemente segmentado por grandes afloramientos graníticos que se arrumban generalmente en la dirección meridiana, dirección á que se ajustan igualmente el cambriano y siluriano de esa parte del país.

Pasada esta región se penetra en la ancha faja granítica de Castilla y Portugal.

Entre Oporto y la desembocadura del Miño empiezan no solo los afloramientos graníticos, sino las masas arcaicas y silurianas que en ellos vienen enclavadas á arrumbarse visiblemente de NO. á SE., y á muy corta distancia de las costas de Portugal toma todo el sistema la dirección general de O. 30° N. que es la misma que sigue en sus pliegues la formación siluriana á ambos lados de esta zona granítica.

Así continúa por todo el N. de Portugal y las limítrofes provincias de Zamora y Salamanca hasta llegar á la gran depresión hispano-lusitana que corta la Península desde el Golfo de Gascuña á la desembocadura del Tajo en Portugal.

Pero antes de seguir más adelante conviene hacer resaltar la curiosísima curva que los estratos silurianos describen en todo el NO. del país.

Cuando se llega á los límites de Asturias y Galicia llama la atención el ver cómo las altas cumbres de esa parte de la cordillera Cantábrica, formadas por pizarras y cuarcitas cambrianas y silurianas se arrumban de SO. á NE. hecho señalado ya desde hace tiempo por Schultz, sobre todo en la gran masa de cuarcitas silurianas de la Sierra Rañadoiro.

Desde la parte de costa de Asturias y Galicia comprendida entre Navia y la ría de Foz, en que los estratos silurianos están arrumbados muy claramente, en esa dirección van las hiladas de cuarcitas tomando más y más la dirección meridiana, dirección que conserva el siluriano por casi toda la región oriental de Galicia y el pintoresco Vierzo.

Desde la provincia de Orense los arrumbamientos se van inclinando al NO., y desde las sierras Segundera y de Peña Negra en la provincia de Zamora, así como en la de la Culebra en la misma provincia, los estratos silurianos se orientan al igual de los afloramientos graníticos al O. 30° N.

Describe, pues, la formación siluriana en el NO. del país una curva en extremo pronunciada que arrumbada en un principio á orillas del Cantábrico de SO. á NE. concluye en la provincia de Zamora por estarlo al O. 30° N. describiendo, por consiguiente, un cuadrante completo y cuya convexidad mira al O.

Hecha esta breve digresión, cuya importancia podrá verse

en lo que sigue, voy á continuar exponiendo cómo la gran zona granítica atraviesa la Península desde el promontorio galáico hasta orillas del Guadalquivir.

Al llegar á la depresión hispano-lusitana el granito cesa de repente de salir á la superficie y en todo el ancho ámbito de esta depresión escasos son los afloramientos de estas rocas; pero á corta distancia vuelven las rocas graníticas á aflorar en enorme potencia, constituyendo la parte más importante del gran macizo de la cordillera Carpetana.

En esta cordillera en cuyo extremo oriental las rocas arcáicas y silurianas se arrumban marcadamente de SO. á NE. se observa que en dirección á poniente se va toda ella, arrumbándose al S. y el granito en su contacto con el gneis dirigiéndose de N. á S., dirección que en último término afectan también las masas de gneis que en él vienen enclavadas, fenómeno que se acentúa sobre todo en la región limítrofe de la Paramera de Avila.

En este sitio es la estructura del país muy semejante á la que se observa en el extremo NO. del país, siendo entre todas estas bandas de gneis, que vienen enclavadas en el granito, las más notables las de Cebreros y el Escorial, que en su conjunto se hallan orientadas de N. á S.

Penétrase en la Paramera, inmensa estepa-granítica, y á cortísima distancia se observa que el arcáico cambia de rumbo de repente, y en lugar de la dirección N.-S. que antes traía, se orientan de E. á O. los diversos manchones gneísicos que en el granito de la Sierra de Gredos vienen enclavados; y si se prolongan ambas direcciones, se observa que ambas vienen á juntarse en la vertiente meridional de la misma paramera, y precisamente en lo que puede considerarse como el eje de esta zona granítica, el cual bisecta el ángulo entrante formado por esta confluencia de las masas arcáicas.

Como más adelante se verá, tiene este ángulo entrante un alto interés, pues si se fija la atención se verá que coincide esta especial estructura con la desaparición del granito en la prolongación del ya mencionado eje granítico.

Esta desaparición se observa, sobre todo, al N. de este eje, pues por el S. aflora todavía el granito en los montes de Toledo, y al igual de lo que se observa en la Sierra de Gredos,

siguen las masas pétreas que en él vienen enclavadas la misma dirección de E. á O. que allí se observa.

Coincide, además, con esta serie de hechos la existencia de la gran depresión orientada de SO. á NE. que limita la cordillera Carpetana en las provincias de Avila, Madrid y Guadaluajara, y la cual da origen á la formación del valle del Tajo y el Henares.

Queda, pues, interrumpida en este sitio la erupción granítica que desde Galicia venimos estudiando; pero á corta distancia al O. se observa que el fenómeno se reproduce, pareciendo como si todo el sistema se hubiera trasladado en esa dirección.

Con efecto, en Portugal, y al S. de la depresión hispano-lusitana, que el granito vuelve á aflorar en considerable potencia, constituyendo un sistema semejante al anterior; atraviesa toda Extremadura, y viene á concluir en la margen derecha del Guadalquivir.

Esta parte de la erupción granítica no presenta los enormes macizos de la anterior (salvo en algunos sitios de Portugal), sino que se estrecha en forma de bandas, á las que se ajustan también las rocas arcáicas que atraviesan la Península desde Portugal y se pierden á orillas de este río.

El conjunto de esta zona eruptiva puede definirse como estando formado por cuatro bandas groseramente paralelas orientadas al O. 30° N. y que vienen todas ellas á concluir á orillas del Guadalquivir, y cuyo borde SO. se halla limitado, no solo por las masas silurianas, sino por los depósitos del culm que adquieren un enorme desarrollo en Portugal y la provincia de Huelva.

El hecho más notable de la estructura de esta parte de la Península, es la manera tan brusca como el granito concluye á orillas del Guadalquivir, siendo de notar que, á pesar del gran desarrollo que las rocas arcáicas tienen en toda la cadena litoral de Andalucía, esta roca no vuelve á aparecer, estando representada cuando más por algún que otro dique de micro-granito que atraviesa las rocas arcáicas de la Serranía de Ronda.

Si se fija la atención en la disposición de las masas pétreas en esta parte de la Península, se ve que esta es sencillamente una repetición, aunque más en grande de lo que hemos

observado en la cadena Carpetana; pues como más adelante se verá por la disposición de los depósitos secundarios de la Mancha, la antigua costa se arrumbaba de N. á S.; pero al llegar á la depresión de Andalucía, la dirección general de estos depósitos cambia de repente, y se forma en este sitio un ángulo semejante al observado en la cordillera Carpetana, siendo de notar que esto sucede, no solo donde concluye el granito, sino en donde comienza la gran depresión rectangular de Andalucía.

Considero esta estructura de tan alto interés que á pesar de volver luego á insistir sobre ella, creo conveniente señalar desde luego la especie como de compensación que entre estas dos dislocaciones fundamentales se observa.

Con efecto, vemos que al llegar la erupción granítica á la depresión hispano-lusitana cesa en sus manifestaciones, aunque por breve trecho, pues transpuesta aquella vuelve otra vez á salir á la superficie, pero profundamente perturbada, y sin seguir ya su dirección general de O. 30° N., sino que toma una derivada hasta que concluye en la Paramera de Avila, desde donde las dislocaciones que le son rectangulares se hacen predominantes.

Trasládase la zona eruptiva á Poniente y sigue de idéntica manera hasta donde las dislocaciones transversales del valle del Guadalquivir se hacen predominantes, donde cesa por completo la erupción granítica que desde Galicia hemos venido siguiendo hasta orillas del río Guadalquivir.

El observador que se encuentra en los llanos de Castilla; llanos que se pierden de vista en el horizonte y cuya elevación sobre el mar es casi siempre superior á los 700 m., podría fácilmente figurarse que se hallaba en lo alto de una inmensa meseta que por gradual pendiente iba paulatinamente descendiendo hasta orillas de los mares que bañan á la Península, pero por cualquier lado que trate de salir de ella se encuentra con elevado muro de montañas que por todos lados la circundan, y cuyas cumbres con frecuencia pasan de los 2.000 y aun de los 2.600 m. sobre el mar, formando, por consiguiente, la meseta castellana una verdadera depresión rellena por espesa acumulación de depósitos terciarios y cuaternarios.

Fijándonos en esta llanura terciaria y cuaternaria se verá que su forma es en alto grado notable, pues forma un espacio

cuadrangular cuya máxima diagonal se halla precisamente en el eje de la depresión hispano-lusitana.

Situado el observador en el ángulo N<sup>o</sup>. en las cercanías de Astorga en la provincia de León, observará que el límite de la formación cuaternaria va lamiendo las últimas estribaciones de la cordillera Cantábrica, cuya orientación es de O. á E. hasta que llega al estrecho de Burgos.

La otra rama de contacto se inclina por el contrario al S. y limitando las ásperas montañas graníticas y silurianas de las provincias de León y Zamora, se funde á su vez en la provincia de Salamanca con la ya citada depresión hispano-lusitana.

Llega aquí la depresión castellana á las grandes masas de Gredos y de Sierra de Francia, y desde aquí vuelve otra vez el contacto á dirigirse al E. y al NE. hasta el N. de Sepúlveda.

Fórmase al N. de este sitio una estrechura en el terciario entre la masa de la cordillera ibérica en una de sus partes más elevadas, cuales son las sierras de la Demanda y San Lorenzo, y los isleos de rocas antiguas que paralelamente á Guadarrama afloran en este sitio; y mientras que desde aquí una parte de los depósitos terciarios penetran y se ensanchan en la parte superior del valle del Duero, el límite de estos terrenos con la cordillera Ibérica en la cortadura que mira á la depresión hispano-lusitana se orienta próximamente de N. á S.

Forma, pues, la planicie castellana una cuenca cerrada de forma trapezoidal, cuya máxima diagonal coincide con la depresión hispano-lusitana, mientras la mínima que se extiende aproximadamente desde Astorga á Aranda de Duero, es paralela á la dirección que sigue en su conjunto la zona granítica que acabamos de estudiar.

A levante de la depresión castellana se encuentra el ancho valle del Ebro, depresión aún más pronunciada que la que acabo de describir y cuya forma es también en alto grado destructiva.

Esta depresión se halla también rodeada de alto muro de montañas, y forma una dilatada planicie formada en su totalidad por los depósitos terciarios lacustres.

Forma también en la parte superior del valle un ángulo entrante semejante al de la depresión castellana en León, y su contorno es también aproximadamente trapezoidal.



A diferencia, sin embargo, de la depresión castellana en la del Ebro, sucede que una de las diagonales es extremadamente más pronunciada que la otra, y la máxima diagonal está orientada al O. 30° N., en vez de estarlo de SO. á NE.

Estudiada la disposición de las masas pétreas en el valle del Ebro, se observa, en efecto, que desde el fondo del mismo las líneas que limitan esta depresión son divergentes, teniendo la septentrional la tendencia de inclinarse hacia los paralelos, mientras que la meridional tiene por el contrario la tendencia á hacerlo hacia los meridianos.

Así continúa ensanchándose el valle hasta alcanzar su mayor anchura entre Solsona y Montalbán, observándose desde allí un fenómeno inverso y semejante á lo descrito ya al ocuparme de la depresión castellana.

Al E. de Montalbán el borde meridional deja de inclinarse al S., y, por el contrario, lo hace hacia los paralelos en todo el N. de las provincias de Teruel y Castellón, mientras que desde el E. de Solsona el límite de la depresión del Ebro lo forma la cadena litoral de Cataluña, orientada de SO. á NE., viniendo ambas direcciones á convergir frente á la desembocadura del Ebro en la provincia de Teruel.

Vése, pues, que el valle del Ebro afecta también una forma aproximadamente trapezoidal con una de sus diagonales en extremo alargada y paralela á la zona granítica de Castilla y Portugal, y la otra, que coincide con la depresión de SO. á NE., que desde aquí hemos podido trazar, hasta la región andaluza.

Existe, pues, en la Península una zona de depresión que, paralelamente á la granítica, la atraviesa en casi toda su extensión, y que separa este macizo del no menos importante Cántabro Pirenaico; depresión que á su vez tiene su continuidad interrumpida por los tres grandes afloramientos de rocas antiguas de la Península, que, transversalmente orientados á esta depresión, forman en un extremo el promontorio Galáico, en el centro la cordillera Carpetana y á Levante la cadena litoral.

Una ojeada á la adjunta serie de cortes que muestran la disposición de las masas pétreas en la Península, puede servir para dar idea de la serie de hechos que acabo de mencionar.

Un breve examen de estos cortes deja ver cómo quedan de manifiesto, no solo las depresiones, que podemos llamar longitudinales de la Península, orientadas de SO. á NE., sino también las transversales del Duero y del Ebro, las que desde el promontorio Galáico separan la cordillera cántabro pirenaica de la Ibérica y Carpetana.

Queda además de manifiesto la especial estructura de la zona granítica, que, transpuesta la depresión hispano-lusitana, se funde con su transversa de la cordillera Carpetana, mientras que reproduciéndose otra vez la erupción granítica más al O. con la idéntica orientación que antes traía, la vemos terminar bruscamente á orillas del río Guadalquivir.

Otra enseñanza de importancia se desprende del estudio de la manera de estar dispuestas las masas pétreas en la Península, pues se pone de manifiesto una estructura que se repite con tanta frecuencia, que la podemos considerar como uno de los caracteres distintivos de sus dislocaciones.

Estudiando los cortes de M. Barrois en Asturias, los de Schultz, Mallada y otros en la Cantábrica, los recientes del Sr. Puig en Zamora, y lo que yo he visto en Asturias y en la provincia de Santander, se pone de manifiesto una estructura tan general y frecuente en todas esas montañas, que ya, al ocuparme de la «Especial estructura de la Península Ibérica,» paré en ella la atención.

Consiste esta estructura en que, prescindiendo de pliegues que para el caso presente pueden considerarse como de secundaria importancia, con mucha frecuencia se observa que la sucesión estratigráfica perfectamente normal, cuando se camina de N. á S., se halla de repente bruscamente interrumpida, observándose que lo más profundo que ha salido á la superficie, se pone en inmediato contacto con lo más reciente del fragmento inmediato.

Este movimiento que el Sr. Mallada llama muy adecuadamente en mi juicio de charnela, tiene una importancia extraordinaria en toda la Península.

A poco que se fije la atención, se verá que este movimiento de charnela tiene que haber dado por resultado el que una parte del fragmento haya bajado ó subido en la vertical más que la otra, movimiento de báscula que no puede tener lugar sin que se mueva su inmediato al S.

El resultado de esto, será que el esfuerzo lateral se podrá transmitir indefinidamente, pero si como sucede en el caso presente desde el S. de la región galáica este movimiento de báscula se produce en sentido inverso, entonces sucederá que la suma de estos esfuerzos contrarios vendrá á concentrarse en una línea determinada que en el presente caso coincide con la misma zona granítica que acabamos de estudiar.

Considero este hecho de importancia tanta, que antes de proceder más adelante creo conveniente parar brevemente la atención en la manera como las fuerzas orogénicas de nuestro globo, deben ejercerse sobre una parte de su corteza.

Prescindiendo ahora del estado interno del globo que habitamos, parece hecho demostrado que nuestro globo pierde calor en el espacio, y que por consiguiente, su diámetro debe de disminuir.

De los hechos observados y de la esencia misma del fenómeno, es también lógica deducción el suponer que la temperatura decrece con mayor rapidez en el interior de la masa planetaria que en la parte externa, teniendo esta por consiguiente que adaptarse sobre un núcleo cada vez de menores dimensiones.

Hasta aquí la mayoría de los geólogos están conformes, pero al pretender determinar cuál es el coeficiente de enfriamiento de nuestro globo, aquí ya las opiniones difieren en gran manera.

Briart, fundándose en la constante inclinación del gneis en todas las partes de la tierra, pretende que el diámetro terrestre es en la actualidad solo la mitad del que el planeta tenía en aquella remota época cuando esas rocas se formaban.

Heim mide el desarrollo longitudinal de los pliegues de los Alpes y otras montañas en el mismo meridiano, y deduce que desde la época siluriana el radio terrestre ha disminuido en 57 km. cuando menos; mientras que Neumayer, fundándose en la posición relativa de los estratos silurianos, considera también que ha habido una disminución en la dimensión del radio desde aquella remota época que como *mínimum* calcula en 10 km.; y por último, Lapparent y Potier, fundándose en una serie de bellísimos cálculos, conceden una disminución al radio terrestre de solo 87 m. por millón de años.

Se ve, pues, que existe todavía ancho margen entre las opiniones, hecho que en mi juicio hace ver cuán lejos se está aún de conocer el fenómeno cuantitativamente.

Sin embargo, del conjunto de estas opiniones un hecho fundamental se desprende y que nos basta para el asunto que nos ocupa, el cual es que el globo que habitamos disminuye de diámetro como consecuencia de su enfriamiento secular, bien sea de tantos cientos de kilómetros ó de metros.

Señalado esto como es lógica deducción el suponer que la temperatura decrece con mayor rapidez en el interior del globo que en la parte externa, y como el coeficiente de contracción está en razón directa de la disminución de la temperatura, claro es que la contracción será mayor en el interior que en el exterior, y en este caso la costra externa que en un momento determinado cubría un globo de una dimensión dada, tendrá que adaptarse por su propia gravedad sobre la masa interna que disminuye de volumen.

Siendo esto así, el problema para cualquier parte del esferoide terrestre, queda reducido á saber de qué manera una bóveda se romperá cuando su propio peso supere á su fuerza de resistencia, teniendo además que adaptarse á un espacio de menores dimensiones.

La acción de la gravedad en este caso necesariamente se descompondrá en una componente horizontal que estrujara y comprimiera la bóveda hasta adaptarla al espacio que la corresponda, y otra que obrara en la dirección del radio y que la hará descender en esa dirección.

Si el globo que habitamos no tuviera rotación sobre su eje, parece lógico el suponer que el esfuerzo de la componente tangencial se ejerciera por igual, y la bóveda que consideramos, se comprimiera sobre sí misma afectando deformaciones más ó menos concéntricas.

Como el astro, sin embargo, se halla animado de un movimiento de rotación sobre su eje considerable, resultará que al descender la bóveda, animada de una velocidad determinada á espacios de menor rotación, el esfuerzo tangencial tendrá que sumarse ó que restarse con el exceso de movimiento propio de esas partes del planeta; y como la velocidad planetaria es variable para los diversos lugares de la tierra y decrece del Ecuador al Polo la componente tangencial tendrá ne-

cesariamente que modificarse de una manera determinada.

Siendo esto así, no se necesita de ningún gran esfuerzo para ver que el máximo del esfuerzo tangencial tendrá que hallarse comprendido en el cuadrante SO., en el hemisferio N. y en el NO. en el hemisferio S.

Como consecuencia lógica de esto, tendrán necesariamente que resultar en el estrujamiento inicial líneas de resistencia relativa que serán normales al punto en que el máximo del esfuerzo tenga lugar.

Pero esta diferencia de resistencia en la bóveda, lleva consigo necesariamente el que el esfuerzo en la dirección del radio sea equivalente al de dos componentes complementarias y rectangulares entre sí, aunque paralelas, orientada la una paralelamente á la línea de resistencia máxima, y normalmente la otra.

Componentes que se pondrán de manifiesto en la superficie terrestre como líneas ó zonas más ó menos constantes y en dirección de las cuales tendrá lugar el máximo de tensión, y allí se verificará el máximo descenso de las masas superiores; pudiendo considerarse el espacio comprendido entre dos líneas paralelas de máximo descenso, como un eje de resistencia relativa.

Si consideramos, siquiera sea en hipótesis, que la dirección de estas componentes varía poco de los rumbos SO. á NE. y NO. á SE., y prescindimos por el momento de la parte debida directamente á la componente tangencial, creo que muchos de los rasgos distintivos de nuestro globo y de nuestra Península en particular, pueden explicarse como consecuencia necesaria de ese proceso de contracción del globo que habitamos.

En mi ya citado trabajo hice ver la relación tan marcada que parece existir entre la forma de las depresiones oceánicas la dirección general de las costas de la Península y de la vecina Francia, y la íntima relación en que esto se halla con las principales líneas de fractura del país.

Si suponemos que, en efecto, las depresiones oceánicas, son expresión realmente de aquellos lugares del esferoide terrestre, en donde las masas pétreas con mayor facilidad descienden en la dirección del radio, entonces resultará que la estructura, tanto orográfica como geológica de la Península, sería

la necesaria consecuencia de esa manera de ejercerse las fuerzas orogénicas.

Basta el examen de la *Carta de las profundidades del Atlántico* recientemente publicada por el Deutsche Seewarte, la de *Conjunto de la Península* publicada en el *Atlas* de Stieler, y la del *Mediterráneo* en el *Physikalische Atlas*, de Berghaus, para ver que, además de las dos grandes zonas de máxima depresión que se cruzan en el Atlántico al N.O. del promontorio galáico, existen otras que, aunque de menor profundidad relativa, no por eso dejan de estar en íntima relación con ciertos detalles de la estructura íntima del país.

En estas cartas, no solo se ponen de manifiesto las ya citadas depresiones, sino la muy profunda que separa la serie de bajos que se extienden desde la costa de Portugal á la isla de la Madera de las costas del continente africano, y que arrumbada de S.O. á N.E. se extiende desde las islas Canarias al golfo de Cádiz.

Queda de manifiesto, además, cómo estos bajos se hallan separados transversalmente por tan profundas cortaduras, como es la que existe entre el banco Josefina y la Madera, en donde alcanza la sonda más de 4.200 m.

Las depresiones que surcan el mar Mediterráneo son también de altísimo interés.

El fondo de este mar entre el Estrecho de Gibraltar y las islas de Córcega y Cerdeña se halla constituido por la pequeña depresión entre las costas andaluzas y la opuesta costa del Riff, y cuya máxima dimensión se halla orientada según la línea que une á Gibraltar con el cabo Tres Forcas, mientras su transversa sigue otra línea orientada de S.O. á N.E., y que podemos suponer como uniendo á Motril con la Punta Cotelle al S.E. de Tetuán.

Pasada esta depresión se llega al bajo fondo de la isla de Alborán al E., del cual existe otra profunda depresión orientada de S.O. á N.E., y que se extiende hasta las islas de Córcega y Cerdeña; mientras que paralelamente á esta se extiende otra muy profunda entre las islas Baleares y las costas de la Península, depresiones que á su vez se cruzan con la muy notable que ocupa el fondo del Mediterráneo, desde el S. del golfo de Lyon hasta las proximidades de las costas tunicinas.

Si comparamos la forma del fondo de los mares que surcan

á la Península Ibérica con la serie de hechos cuya recapitulación constituye la primera parte de este trabajo, se verá que la nota dominante en toda esta parte de nuestro globo es la de existir una serie de depresiones más ó menos pronunciadas, y entre ellas ejes de resistencia relativa que se cruzan entre sí, estando unas orientadas de SO. á NE. y otras de ONO. á ESE., ajustándose á estas direcciones las dislocaciones geológicas fundamentales del país.

Terminado, pues, este rápido resumen de los caracteres geológicos y orográficos más salientes de la Península, y de sus mares, vamos ahora á examinar en qué relación se hallan sus rasgos principales con estos que pueden considerarse como los jalones fundamentales de su estructura.

Si fijamos la atención en el gran promontorio galáico-lusitano, y por un lado se observan los restos del macizo arcáico primitivamente orientado de SO. á NE., entre la depresión del Atlántico y la hispano-lusitana y por otro la gran depresión transversa del golfo de Gascuña que se extiende paralelamente al eje granítico que desde el S. del Miño se extiende á la Paramera de Avila no podrá menos de verse el efecto de dos aparentes bóvedas que se cruzan en este sitio.

No es tampoco menos elocuente la disposición de los estratos en este sitio: en el extremo del promontorio galáico se ha visto como el siluriano y aun las intrusiones graníticas se orientan de SO. á NE., y como al retirarse de ese extremo del promontorio se inclinan paulatinamente de N. á S. hasta que por último en las provincias castellanas se arrumba todo el sistema paralelamente á la depresión del golfo de Gascuña, cual si en este esfuerzo de adaptación cuando una de las componentes se hiciera predominante la otra disminuyera en relativa proporción.

Es esto tan constante que cuando llega el eje granítico á la depresión hispano-lusitana vuelven otra vez los rumbos de SO. á NE. á hacerse predominantes en las sierras de Estrella y de las Mesas, hecho que aún se acentúa más transpuesto esta en las sierras de Gredos y Guadarrama; pues aquí vuelven las masas intrusivas al N. del ya citado eje á orientarse otra vez de N. á S., cual se observa en el promontorio galáico-lusitano cual corresponde á una igual intensidad en el valor de ambas componentes.

Antes de seguir más adelante fijemos la atención en un detalle que tiene verdadera importancia en la estructura del país.

En el reino de León y al O. de Astorga las montañas del Vierzo y de Galicia concluyen de repente en los llanos de Castilla.

Ábrese desde aquí la ancha depresión del Duero; penetra la creta hasta el N. del mismo Astorga, y adquiriendo la depresión su mayor anchura como se ha visto en el fondo de la hispano-lusitana, se estrecha otra vez desde allí sobremanera especialmente entre el extremo septentrional de la cordillera Carpetana y las masas cretáceas al S. de las sierras de la Demanda y San Lorenzo, quedando orientada la diagonal menor paralelamente á la depresión del golfo de Gascuña.

Esta verdadera depresión del terreno presenta un alto interés, pues en cierta manera sintetiza el carácter distintivo de las dislocaciones que estamos estudiando.

Si nos fijamos en la estructura geológica de esta parte del país se verá que traspuesto el macizo arcáico de Galicia y á su misma espalda comienza á generarse esta notable depresión cuyo ángulo entrante se halla naturalmente opuesto á la resistencia máxima ó sea al sitio en que la componente transversa se ha hecho predominante.

Si desde el vértice del ángulo que la depresión del Duero forma en Astorga, nos fijamos en la manera como el ángulo se abre, no podrá menos de verse un ejemplo claro y terminante de la verdad de la ley que da sus rasgos distintivos á la Península Ibérica.

Extiéndese el borde N. de la depresión en dirección casi de O. á E. paralelamente á las costas del golfo de Gascuña, mientras que entre ambos se levanta gigantea la cordillera Cantábrica.

Si se estudia, sin embargo, la estructura íntima de esta cordillera, lo primero que salta á la vista es que sus dislocaciones no son paralelas á la costa ni al borde N. de la depresión del Duero, sino que sus estratos se hallan arrumbados en una serie de pliegues y fracturas paralelos al eje de ambas depresiones, y rotos en su continuidad por numerosas quiebras transversales, que complican aún más todavía la ya no sencilla estructura de esta cadena de montañas, batiendo las



olas del Cantábrico toda la serie de terrenos desde el arcáico al cretáceo, como puede verse en los bellos cortes de la costa asturiana de Barrois.

Análogo fenómeno se observa del otro lado en la depresión del Duero, siendo solo la creta el único terreno que sigue paralelamente á la cumbre de la cordillera, y limitando al mismo tiempo por el N. á la depresión del Duero.

Queda, pues, la cordillera Cantábrica comprendida entre la gran depresión del golfo de Gascuña y la que podemos considerar como secundaria del valle del Duero; mientras que en sus dislocaciones se perciben claramente, no solo los arrumbamientos de ONO. á ESE., sino los de SO. á NE., y si se considera el fondo de ambos como lugares en donde el máximo de tensión tiene lugar, entonces resultará que la dirección E. á O. á que la creta se ajusta, es la necesaria consecuencia de dos tensiones paralelas, pero en sentido opuesto.

Antes de pasar á ocuparme de la no menos importante depresión del Ebro, voy á volver al sitio donde se inicia la del Duero.

Como ya se ha visto desde las cercanías de Astorga, el borde occidental de la depresión marcha casi de N. á S. hasta las cercanías de Salamanca y toda la serie de montañas del Vierzo y de la provincia de Zamora se hallan como cortadas por esta notable depresión cual corresponde á un esfuerzo de tensión que se hubiera ejercido de ESE. á ONO. y en un terreno en que ambos componentes dominan por igual.

Hemos llegado al fondo de la depresión hispano-lusitana, y desde aquí vemos á la del Duero seguir en su forma una marcha inversa, la dirección del esfuerzo de tensión ha cambiado, ahora se ejerce de ONO. á ESE. y en su consecuencia el borde meridional bordea las sierras de Gredos y Guadarrama con arrumbamientos al O. y al OSO.; mientras que el oriental se arrumba paralelamente al occidental ó sea de N. á S., bordeando toda la masa de sierras de la provincia de Burgos.

Si desde aquí transponemos el estrecho de Burgos y penetramos en el valle del Ebro aún se obtendrá una enseñanza más elocuente que la que se desprende del estudio de la depresión del Duero.

Cuando se considera en su conjunto esta parte de la Penín-

sula, se ve que al terminar el golfo de Gascuña en el ángulo recto que forman las costas españolas y francesas, se levanta pujante el Pirineo, y mientras una depresión orientada también paralelamente al golfo de Gascuña se extiende al SE. entre la meseta central francesa y la cadena pirenaica hasta perderse casi entre los Cevennes y los Corbières del lado de España se genera una depresión análoga pero en sentido inverso.

Entre los Pirineos occidentales y las sierras de la Demanda y Cebollera el valle del Ebro se estrecha sobremanera, sobresaliendo por todas partes los depósitos inferiores al terciario como sucede con las masas cretáceas de los montes Oberanes y los terrenos aún más profundos de las Conchas de Haro y de la Sierra de Toloño, atestiguando la relativa continuidad del macizo en este sitio como ya tuve ocasión de indicar en mi citado trabajo.

Pasada esta estrechura, el valle del Ebro se abre y forma una de las depresiones más notables de la Península.

Si se compara esta depresión con la del Duero, que en cierta manera puede considerarse como su prolongación, se observan algunas diferencias de bastante importancia.

La profundidad de esta es bastante más pronunciada que la del Duero, pues mientras que su fondo se encuentra cuando menos á 600 ó 700 m. sobre el mar, en esta se descende en Zaragoza, por ejemplo, á menos de 200 m.

Como consecuencia de este rápido descenso en la dirección E. 30° S., resulta una menor abertura del valle como es consiguiente, á un predominio mayor de la componente paralela á esta dirección.

Sin embargo, basta un ligero examen de una carta geológica y orográfica de esta parte del país, para ver que la ley á que se ajusta es la idéntica que la que hemos visto en la del Duero.

La cadena pirenaica, por ejemplo, tanto en las Sierras de la Peña, de Guara y del Monsech, así como en el verdadero Pirineo, participan ambos del idéntico empuje lateral hacia el N. que se observa en la Cantábrica, aunque menos pronunciado como debe suceder teniendo en este sitio la componente O. 30° N. mayor preponderancia que la de SO. al NE.

Si fijamos la atención en la cadena Pirenaica, se verá que

su estructura tiene mucha semejanza con la Cantábrica, y solo las distingue lo más acentuado de sus dislocaciones y el mayor predominio de los arrumbamientos O. 30° N.

Sin embargo, bien eficaces son también los transversales á esta dirección como lo ha hecho ver recientemente Schrader en dar su relieve á muchos de sus más importantes accidentes.

Resulta, pues, el Pirineo comprendido también entre dos depresiones de importancia, y que obran igualmente en sentido inverso como sucede en la Cantábrica.

Pero diferéncianse ambas cadenas en un carácter de importancia, pues mientras la diferencia de nivel entre la depresión del golfo y la del Duero es muy considerable, entre la del Ebro y la del Mediodía de Francia la diferencia es relativamente pequeña, y aunque más deprimida aquella, es la diferencia insignificante cuando se la compara á la del Duero, y tal vez esto dé razón del por qué todas las dislocaciones de la cadena Cantábrica tienen la tendencia á inclinarse hacia la depresión del golfo, mientras que en el Pirineo, aunque predominando la tendencia á hacerlo hacia el lado de Francia, no dejan de verse algunas en la vertiente española que lo hacen en sentido inverso hacia la depresión del Ebro, como lo ha hecho ver recientemente M. Mercier al describir la serie de pliegues que existen en el macizo cretáceo entre el Marbore y el Monte Perdido.

Pues si en efecto, al empuje del estrujamiento tangencial los pliegues en el terreno tienden á inclinarse hacia donde menos resistencia encuentran, podría tal vez explicarse esa distinta propiedad de ambas cordilleras como consecuencia de la mayor diferencia que existe entre las depresiones del Duero y el Cantábrico, que entre las del Ebro y el Garona.

Hecha esta breve digresión, fijemos otra vez la atención en la forma de la depresión del Ebro.

Desde las cercanías de Logroño, el valle del Ebro, como ya he indicado, se abre en gran manera, y mientras su borde N. limita al Pirineo, el meridional cada vez con mayor divergencia va sirviendo de límites á la fragmentaria cordillera Ibérica.

Corre el Ebro haciendo pequeños tornos por el fondo de la depresión, pero llega á Caspe y forma aquí un repentino

recodo, y por gran trecho corre al NE. hasta unirse con el Segre en Mequinenza.

Desde allí se encaja el río en el laberinto de montes de la cadena litoral, y haciendo tornos y rodeos se vierte por fin en el Mediterráneo en los Alfaques.

Conforme esto sucede, el valle del Ebro sufre, como ya he indicado, una profunda modificación y muy semejante á la que el valle del Duero experimenta al llegar á la depresión hispano-lusitana.

Adquiere aquí el valle el máximo de su anchura; los arrumbamientos de SO. á NE. se hacen predominantes, tanto en el Pirineo como en la cadena litoral, quedando el valle del Ebro cerrado de una manera aún más completa que lo que sucede en el del Duero.

Creo innecesario repetir lo dicho ya al ocuparme de la cordillera Cantábrica; pues basta un ligero examen de la carta esquemática adjunta para ver que su estructura es, en gran manera, semejante, y que la cadena Pirenáica se levanta también, aunque á mayor altura, entre las dos depresiones que en sentido inverso la solicitan, ó sea entre la del Ebro, que se abre al SE., y la del Garona, que lo hace al NO.

La fragmentaria cordillera Ibérica, solicitada á su vez por un lado por las tensiones que parten del fondo de la depresión del Ebro, y por el otro, por el final de la del Duero, elévase en su primera parte hasta el Moncayo á considerable altura, siendo de notar, como debía presumirse, la divergencia que existe entre la dirección general de la cumbre de esta cordillera y la de la cadena Pirenáica.

Adquiere el valle del Ebro el máximo de su anchura entre Solsona y Montalbán, y aquí la componente transversal se hace predominante.

Ciérrese repentinamente la depresión del Ebro, y mientras por un lado continúan dominando los arrumbamientos de SO. á NE., no solo en la cadena litoral, sino en el mismo Pirineo, por el S. se penetra en la zona de dislocaciones N.-S., que tanto carácter prestan á las provincias orientales.

Hemos recorrido á grandes rasgos la estructura del N. de la Península, y hemos visto hasta qué punto parecen sus formas ser función del efecto de tensión que por todas partes se pone de manifiesto. Ahora vamos á volver á la meseta central,

y de su estudio se verá cómo ese gran macizo obedece también en sus detalles á la misma ley, que parece común para toda la Península.

Abandonamos la meseta central en el eje granítico que la atraviesa desde las costas de Galicia á la cordillera Carpetana.

Allí vimos cómo el esfuerzo longitudinal se modifica cuando el transverso se hace predominante, y cómo en la cordillera Carpetana, á semejanza de lo que se observa en Galicia, el granito, en sus diversos afloramientos, se orienta de N. á S., dirección á que se ajustan también las masas gneísicas de esa importante cordillera, en todo el espacio que queda al N. del mencionado eje.

Como en la primera parte de este trabajo he indicado, al O. de la Paramera de Avila el arrumbamiento de las masas gneísicas cambia de repente, y se orientan al igual de la Sierra de Gredos casi de E. á O., formando con los arrumbamientos N.-S. de Guadarrama un ángulo entrante en alto grado notable, y á cuya espalda se genera la depresión por donde corre el Tajo durante una parte importante de su curso, haciéndose predominantes en este sitio los arrumbamientos de SO. á NE.

Estos ángulos entrantes, que se generan opuestos á lo que puede considerarse como la línea de resistencia máxima cuando la componente transversa se hace predominante, son de un alto interés.

Como podía *à priori* deducirse, dada la índole inversa de la causa generadora, el ángulo que se genera en el límite del eje de máxima profundidad ó de máxima tensión, debe de ser en su estructura perfectamente inverso del que se forma en el extremo del eje de resistencia máxima.

En efecto, los ángulos entrantes que se observan en el fondo del golfo de Gasuña, en el valle del Duero y en el del Ebro, que se encuentran en el límite de lo que puede considerarse como ejes de máxima tensión, tienen los depósitos más recientes situados en la parte interna, mientras que las rocas más antiguas son, por el contrario, exteriores á los mismos.

Por el contrario en el ángulo entrante que se forma en la Paramera de Avila sucede todo lo contrario.

Este se forma en el límite de un eje de resistencia, y en este caso las rocas más profundamente situadas son las que ocupan la concavidad del ángulo; y las formaciones más recientes, por el contrario, le son constantemente exteriores.

Antes de seguir más adelante voy á parar brevemente la atención acerca de la coincidencia que existe entre la posición del eje granítico, las líneas de depresión máxima y la tendencia que á caer en sentido inverso tienen las masas pétreas á ambos lados de este eje.

En la primera parte de este trabajo hice ver cómo en la cordillera Cantábrica y en las montañas de la provincia de Zamora existe una tendencia muy marcada en las numerosas fallas que surcan el país de caer los fragmentos resultantes hacia la depresión del Cantábrico, movimiento que el Sr. Mallada muy adecuadamente, en mi juicio, califica de charnela.

Al ocuparme de la provincia de Sevilla, de la Serranía de Ronda y de otros lugares de la Península, indiqué ya la tendencia que había en todas las dislocaciones de esta parte del país de experimentar análogos movimientos de báscula; pero en dirección de entre SE. y SO.; resultando de aquí que á ambos lados del eje granítico la tendencia en sus dislocaciones es inversa.

Ya hice ver que esos movimientos de báscula en un terreno que por necesidad tiene que adaptarse á un menor espacio, no pueden tener lugar sin que el fragmento inmediato al eje de rotación verifique un movimiento análogo, teniendo, por consiguiente, este movimiento de charnela que propagarse en la misma dirección indefinidamente.

Se ha visto, sin embargo, que en ambos lados del eje granítico la tendencia en estas dislocaciones es inversa de lo que necesariamente se deduce que el esfuerzo de ambas tendencias vendrá á encontrarse precisamente en el eje granítico.

Debe, pues, de resultar en toda la longitud de este eje un estrujamiento colosal en que todo el esfuerzo lateral vendrá á sumarse, y en donde fácilmente se verá que el mínimo de resistencia será inverso del que tiene lugar donde la mayor depresión se verifica y se hallará en la superficie del planeta.

Parece pues consecuencia lógica que precisamente sea aquí en donde afloren todas esas enormes masas anógenas que desde Galicia se trazan sin interrupción hasta el río Guadalquivir.

Bien se consideren esas masas como materiales ingeridos procedentes de un substratum en estado de fusión, ó bien sólido; pero á tan alta temperatura que al faltarlos la presión pasan á ese estado, ó bien se les considere sencillamente como materiales fundidos, consecuencia de la suma de energía que en este sitio viene á concentrarse; el resultado es que estas masas por su posición ocupan el lugar que les corresponde en el proceso de adaptación que estamos considerando.

Terminada esta breve digresión veamos cómo vuelve á reanudarse la gran erupción granítica de la Península que en la Paramera parece haberse fundido en la dislocación transversa de las sierras de Gredos y Guadarrama.

Pasadas estas montañas, y al S. de la depresión hispano-lusitana, las masas graníticas vuelven á salir á luz en gran potencia, aunque nunca en afloramientos tan enormes como los que existen en el centro y NØ. del país.

Son, sin embargo, en extremo notables tanto por las enormes distancias longitudinales en que afloran, como por el marcado paralelismo que los diferentes afloramientos tienen entre sí y con la línea de máxima depresión del golfo de Gascuña.

Forman estos afloramientos, como ya he indicado, hasta cuatro zonas paralelas que casi sin interrupción se extienden desde Portugal hasta orillas del Guadalquivir, las que al llegar á las márgenes de este río de repente se pierden, y precisamente cuando se produce la gran depresión transversa que determina el gran geosinclinal de este valle.

De lo expuesto se deduce que lo que podemos llamar el gran eje granítico de la Península al llegar á la Sierra de Guadarrama, pierde su dirección propia, y por decirlo así, se funde con la dislocación transversal que presta carácter á esa cordillera; pero no concluye aquí, sino que trasladándose más al occidente, cual buscando punto de menos resistencia, continúa con la misma dirección que antes traía, hasta que al encontrarse otra vez con la dislocación transversa del valle del Guadalquivir deja de salir á luz y se verifica un fenómeno en un todo semejante, aunque más en grande, al que hemos observado en la Paramera de Avila.

En efecto, no solo deja el granito de salir á luz en todo el ámbito de este valle, aún en las masas arcáicas de la cadena

litoral, sino que los arrumbamientos de SO. á NE. se hacen predominantes y las dislocaciones O. 30° N. quedan por completo subordinadas.

Resulta, pues, que la erupción granítica que solo sufre una interrupción al llegar á la gran dislocación transversa de la cordillera Carpetana, pues, que la salva al fin á una corta distancia al occidente y continúa sin interrupción hasta este sitio, cuando llega á esta otra dislocación transversa que determina el gran geosinclinal del valle del Guadalquivir, por completo se pierde dejando desde aquí que la componente transversal se haga predominante y la de O. 30° N. quede casi obliterada.

Presenta esta parte de la Península un altísimo interés.

Del simple examen de una carta geológica de la Península se desprende que el límite oriental de los depósitos triásicos en la Mancha desde Alcázar de San Juan á los campos de Montiel corre casi de N. á S. y á juzgar por la calidad de los depósitos, su gran desarrollo hacia Levante y la estructura del país no debe de haber existido una gran diferencia entre la posición de estos depósitos y la antigua línea de costa que limitaba el mar en aquella remota época.

Igual orientación afectan los depósitos jurásicos y cretáceos en las provincias de Cuenca, Toledo y Albacete, y todo hace presumir que la costa en este sitio permaneció paralela á sí misma durante un larguísimo período.

Si á esto se une lo frecuentes é importantes de los arrumbamientos y dislocaciones N.-S. en todas las provincias orientales se verá que esta orientación no es un hecho meramente fortuito, sino que es parte esencial del fenómeno que estamos estudiando.

Desde la parte más oriental en que la zona granítica toca á la gran depresión transversa del valle del Guadalquivir, se observa que la orientación de todos los depósitos secundarios cambia de repente, y la antigua costa del mar triásico que antes corría de N. á S. en lo que hoy constituye los campos de la Mancha, se dirige desde aquí al O., siendo de notar que al cambiar de rumbo no se dirige sencillamente al SO., como parecía lo más lógico, sino que toma el rumbo intermedio de E. á O. durante todo el espacio que media entre este sitio y el cabo de San Vicente en Portugal.

Si por otro lado se fija la atención en los diversos aflora-



mientos, tanto de rocas eruptivas como arcáicas en el S. de Portugal y en las provincias de Sevilla y Huelva, y aun en parte de Extremadura se verá que existe una marcada tendencia, cuando se estudian individualmente los afloramientos de estas rocas, á inclinarse estas masas en la dirección E. á O., fenómeno en un todo semejante al que se observa, por ejemplo, en la Sierra de Gredos, cual si aquí también al hacerse predominante la componente transversa se hubieran modificado las fracturas resultantes.

Siendo esto así resultaría que mientras al S. del eje granítico, las fracturas se orientarían cual corresponde de E. á O., al N. del mismo lo harían de N. á S. en las provincias orientales y la Mancha formándose un ángulo entrante semejante al observado en la Paramera.

En efecto, de la disposición de las masas pétreas en este sitio, y de la serie de fenómenos que hemos estudiado, se deduce que, no solo se repite aquí la formación de este ángulo entrante en un todo comparable al de la Paramera, sino que además, durante todo el período secundario, formó esta parte de la actual meseta central un promontorio análogo, aunque inverso, al que en la actualidad forma Galicia, y como debía suceder frente al cruce de los dos grandes geosinclinales del valle del Guadalquivir, y el no menos importante del reino de Valencia y Aragón.

Veamos ahora la estructura del gran geosinclinal que en la actualidad forma el valle del río Guadalquivir.

Es esta en alto grado notable, pues aunque en este valle los arribamientos de SO. á NE. son los predominantes, y aparentemente toda traza de la gran dislocación O. 30° N. que atraviesa la Península desde Galicia al río Guadalquivir, parece haberse perdido, cuando se estudia, sin embargo, esta parte del país con atención, se observa que el influjo de esta dislocación se halla también profundamente grabado en toda Andalucía, hecho que ya he tenido ocasión de señalar.

Con efecto, se ve que las cuatro grandes dislocaciones que constituyen la zona granítica que atraviesa la Península desde la depresión hispano-lusitana al río Guadalquivir, y que parecen concluir allí, se ponen, sin embargo, de manifiesto en la margen opuesta, haciendo perder su continuidad al gran macizo arcáico que forma la cadena litoral.

Estas dislocaciones, cubiertas por depósitos posteriores, se hacen naturalmente muy difíciles de percibir, y solo en los macizos arcáicos que se hallan libres de depósitos posteriores, es donde pueden verse estas quiebras lo suficientemente al descubierto para poder estudiarlas en sus detalles.

Como ejemplo de una de ellas, me limitaré á señalar la que corta transversalmente á la Serranía de Ronda y modifica en gran manera la estructura de los valles del Genal y Guadiaro.

Esta quiebra, dada su magnitud y continuidad, puede servir de pauta para juzgar del carácter y de la influencia que las dislocaciones transversas pueden haber tenido en la estructura del valle del Guadalquivir.

En la provincia de Cádiz existe un macizo montañoso cuya parte más elevada se conoce con el nombre de Sierra del Pinar.

Este macizo, formado por calizas secundarias profundamente comprimidas, tiene sus pliegues principales orientados de OSO. á ENE., y alcanza cerca de 1.700 m. sobre el mar.

Este grupo montañoso, cual inmenso promontorio, se avanza hacia el NO. desde la parte más elevada de la Serranía de Ronda, y queda como cortado por Levante y por Poniente.

Si se fija la atención en la estructura de esta masa montañosa, se verá por ejemplo, que mientras su borde occidental se eleva bruscamente á gran altura y queda orientado de ONO. á ESE., afloran en su base los depósitos del triás.

Estos depósitos se encuentran, por un lado, en contacto con las calizas secundarias, mientras que por el otro desaparecen por debajo de los sedimentos numulíticos.

Prolongado al ESE. este notable escarpe, se encuentra la falla de los valles del Genal y Guadiaro.

De la estructura de la Serranía en el valle del Genal, podrán dar idea los adjuntos cortes, estructura que á primera vista parece ser bastante compleja.

Cuando se sigue la divisoria entre Genal y Guadiaro se observa que, reposando aparentemente sobre las calizas cretáceas y jurásicas de la parte superior del valle del Genal, se encuentran las calizas y pizarras arcáicas y cambrianas que tanto desarrollo tienen en gran parte de la Serranía, mientras que en la ladera opuesta del valle del Genal, en las cercanías

de Igualeda, por ejemplo, y en la divisoria mediterránea, aparecen rocas aún más profundamente situadas en la serie arcáica, como son el gneis y las cálizas cristalinas descansando aparentemente sobre las cálizas y pizarras cambrianas que forman la parte más elevada de la Serranía en la Sierra de Tolox.

No concluye esta importante quiebra en este sitio, sino que transpone la masa de serpentina, quedando allí grabada en los numerosos isleos de pizarras que en ella vienen enclavados; y limitando á Sierra Blanca por O., deja entrar los depósitos triásicos hasta bien adentro del río Verde, y presta, por último, su dirección á la costa al E. de Marbella.

Fijando la atención en la estructura del valle del Genal, se verá que esta solo puede explicarse suponiendo que la rama de un gran anticlinal, que tiene á la serpentina por eje y cuya orientación es de SO. á NE., ha sido desgajada por una quiebra transversa, y los segmentos resultantes han experimentado un marcado movimiento de báscula hacia el SO.

Recordando el carácter distintivo de las dislocaciones de Sierra Morena, que es idénticamente el mismo que domina en esta parte de la serranía, de quiebras que allí pueden considerarse como longitudinales y aquí transversas, pero cuyos fragmentos resultantes han experimentado todos el idéntico movimiento de báscula hacia el SO.

Instructivo por demás es el estudio de la parte de Andalucía que queda á la izquierda del Guadalquivir, y cuyo conjunto constituye la cordillera Bética.

Sabida es la estructura fragmentaria de esta cordillera, tanto en su cadena litoral, como en la exterior de Andalucía.

En cuatro macizos principales queda segmentada la cadena litoral, que son: el de la Sierra de los Filabros con las masas subordinadas de la Sierra Alhamilla y Cabo de Gata; la imponente masa de la Nevada; los ásperos macizos de las sierras Tejea y Almirajara, y la Serranía de Ronda.

Al NO. de cada uno de estos macizos corresponde otro de cálizas secundarias, que son: al NO. de los Filabros las sierras de la Sagra y de Cazorra; al ONO. de la Nevada las imponentes masas de la Magina y del Rayo; y entre ambos el Guadiana menor, que corre por su lecho de rocas cretáceas, mientras que á ambos lados afloran las jurásicas y triásicas.

Deprímese al igual de la cadena litoral la exterior de Andalucía á Levante del Genil; pero vuelven las masas secundarias á adquirir otra vez desarrollo considerable al NO. de la Tejea en las sierras de Loja y Santa Lucía, y aún todavía con mayor pujanza al NO. del macizo arcáico de la Serranía de Ronda.

Se ve, pues, que á cada macizo independiente de la cadena litoral, corresponde otro á su espalda de rocas secundarias, y que el carácter fragmentario de esta cordillera en su cadena litoral, se repite también en la exterior ó secundaria cual si estuviera rota la continuidad del terreno en la profundidad por fallas en dirección transversa; pero que cubiertas por depósitos posteriores, se ponen hoy día de manifiesto solo por lo que puede considerarse como sus efectos secundarios, y solo en los macizos arcáicos es donde pueden estudiarse libre de los fenómenos que las enmascaran.

Si se comparan la disposición de las masas pétreas en el S. de Andalucía con la estructura de la zona granítica desde Portugal al Guadalquivir, se verá que si se prolonga el último afloramiento granítico de los Pedroches y Linares al O. 30° N., quedan limitados á Levante los afloramientos estrato-cristalinos de la cadena litoral, y en la misma dirección se encuentran las masas graníticas de los Pedroches, las sierras Sagra y de Cazorla y las sierras de Baza y de los Filabros.

Análoga disposición guardan la Sierra de los Santos y las masas arcáicas de Fuente Ovejuna y Extremadura con las montañas de Jaén y Sierra Nevada, mientras que los otros dos ejes cristalinos de las provincias de Sevilla y Huelva se corresponden en la margen opuesta del Guadalquivir con las sierras Tejea y Almirara y con la importante masa de la Serranía de Ronda y sus sierras secundarias adyacentes.

Resulta, pues, que las dislocaciones de la zona granítica no quedan por completo obliteradas al llegar al gran geosinclinal del valle del Guadalquivir como de un examen superficial pudiera deducirse, sino que solo pierden en intensidad tanto cuanto gana su transversa que principalmente es la que da su relieve á la actual cordillera Bética, quedando demostrado que la gran área de dislocación orientada al O. 30° N. atraviesa en toda su extensión á la Península Ibérica.

De lo expuesto resulta que la masa actual de la Península puede considerarse como el remanente de una bóveda que ha

sido sometida á la acción de dos series de tensiones en la dirección del radio y rectangulares entre sí, orientadas unas de SO. á NE. y de NO. á SE. las otras.

Como consecuencia de las primeras se han generado en la Península hasta tres aparentes bóvedas comprendidas entre el Océano Atlántico por un lado y el mar Mediterráneo por otro; bóvedas separadas entre sí por la depresión hispano-lusitana, y la que puede llamarse del gran geosinclinal del valle del Guadalquivir.

Efecto de las segundas fórmase otra enorme bóveda; disminuye en profundidad la depresión del golfo de Gascuña, y generándose depresiones secundarias en los valles del Duero, del Ebro y del Garona, con la bóveda secundaria de la cadena cantabro-pirenaica, corta todo el sistema transversalmente á las primeras.

Esta estructura del terreno suscita un problema de importancia, cual es el saber si estas aparentes bóvedas se han generado con verdadera intumescencia del terreno, ó si son simplemente lugares de menor descenso relativo en la superficie del globo.

No es mi ánimo abordar el problema cuya dificultad no creo necesito encarecer, voy solo á limitarme á señalar algunos hechos que del estudio de la estructura de la Península se desprenden, que tal vez puedan contribuir al conocimiento del fenómeno.

De la disposición de los depósitos secundarios y terciarios en la Península Ibérica, se deduce que la costa del mar triásico en Portugal no debe de haberse desviado en gran manera de la actual, pues las masas triásicas bordean la costa desde el S. de Oporto hasta el cabo de San Vicente á muy corta distancia de la actual.

Desde este cabo la costa forma un ángulo recto, ángulo que forman también los depósitos del triás, y dirigiéndose al E. por la base de la actual Sierra Morena, se observa un hecho de la mayor importancia.

Mientras los depósitos del triás en todo Portugal se elevan á muy pequeña altura relativamente sobre el mar, desde el cabo San Vicente á los campos de Montiel, se observa que los depósitos triásicos, aunque escasamente trastornados, se van elevando gradualmente hasta alcanzar alturas de más de 1.400 metros sobre el mar en la meseta central.

De lo expuesto se deduce que con toda probabilidad la parte de la actual meseta comprendida entre la costa de Portugal y los depósitos secundarios de Levante, formó durante la época triásica una gran isla ó promontorio orientado casi de N. á S. y que se extendía cuando menos desde la actual Galicia al gran geosinclinal del Guadalquivir.

Deposítanse los sedimentos jurásicos á muy corta distancia de lo que fué costa triásica, cual si las variaciones de nivel durante esta época hubieran sido insignificantes, guardando la misma posición relativa, permaneciendo los depósitos de esta época á muy pequeña altura sobre el mar en la costa Occidental, y á más de 1.300 m. en la meseta central.

Viene la gran transgresión de la creta; penetran estos depósitos hasta lugares de nuestra Península, en donde nunca parece haber penetrado el mar triásico, hecho que en mi juicio hace ver que el nivel relativo de mares y continentes varió poco durante toda la época secundaria.

Se llega, por fin, al período terciario, y en este período vemos al mar eoceno abandonar por completo á la meseta central, quedando limitado á los bordes de la cordillera Cantábrica, parte del valle del Ebro y Andalucía.

Prodúcese durante el mioceno un pequeño avance del mar hacia los bordes meridionales de la actual meseta, mientras toda ella se hallaba cubierta por los inmensos lagos de agua dulce, cuyos sedimentos forman hoy día la parte más importante del país.

Como se ve, hasta el período terciario las variaciones entre el nivel del mar y la masa principal de la Península, no son de gran cuantía; pero desde el final de este período los cambios son de verdadera importancia, cual si gran parte del esfuerzo en el proceso de adaptación se hubiera acumulado en un momento determinado.

Prosigue desarrollándose la época terciaria, y hoy día puede observarse la siguiente serie de hechos.

Obsérvanse los depósitos terciarios lacustres escasamente desviados de la horizontal en muchos sitios de la meseta central á más de 1.300 m. sobre el mar.

Desde aquí descienden lentamente á la costa del Océano en Portugal, y por una serie de escalones hasta el mar Mediterráneo, y mientras las dislocaciones son apenas perceptibles

en la meseta central, en Portugal adquieren á veces energía suma.

Si comparamos ahora la posición que tenía el mar terciario cuando estos lagos existían en la meseta central, se observarán hechos de una gran elocuencia.

Los depósitos terciarios miocenos de la loma de Chiclana, de entre Villanueva de la Fuente y Vianos, y de las cercanías de Almansa, están comunmente horizontales, pero elevados de 1.000 á 1.100 m. sobre el mar, y todo hace presumir que el nivel de los lagos de agua dulce en aquella época no se separaba en gran manera del entonces nivel del mar.

Si nos fijamos en el valle del río Guadalquivir, se observarán hechos que son también de la mayor importancia.

Se ven, por ejemplo, los depósitos terciarios miocenos escasamente desviados de la horizontal en las cercanías de Baza y de Guadix, en Alhama y en la Serranía de Ronda, levantados con frecuencia á alturas que oscilan de 1.000 á 1.100 m.

Estudiada la disposición de estos depósitos, tanto en la parte superior como en la inferior de este valle, se observan hechos de un gran interés.

En la mesa de Ronda se hallan estos terrenos casi horizontales, pero levantados á más de 1.000 m. sobre el mar.

Desde aquí el terciario desciende en todas direcciones hasta el nivel del mar hacia el S., permaneciendo siempre en la horizontal y por una serie de bruscos escalones, de los que pueden citarse las mesas de Villaverde, el Hacho de Alora, el de la Pizarra y los depósitos de la costa; mientras que hacia el Norte pierde el terreno su horizontalidad, y describiendo una serie de pliegues más ó menos pronunciados llega hasta la vaguada del río Guadalquivir.

Para explicar la posición relativa de los depósitos miocenos entre sí, puede suponerse que han sucedido dos cosas: ó que los depósitos terciarios han sido levantados á la posición que hoy ocupan, ó que todo el terreno ha descendido en su derredor.

Dada la posición relativa de los depósitos miocenos, lacustres y marinos, levantados á más de 1.300 m. los primeros y á 1.100 los segundos.

Dada la suave pendiente que toda la meseta española tiene hacia el SSO., unido á las dislocaciones tan pronunciadas de

los depósitos lacustres de Portugal, mientras que por Levante bajan los mismos terrenos al Mediterráneo por una serie de escalones, y teniendo en cuenta además que esa pendiente es la diferencia entre la altura actual de los depósitos secundarios en la meseta central y en Portugal, me parece que pueden más bien explicarse los hechos suponiendo un descenso general en el terreno, Este descenso puede haber llegado á 1.100 m. en algunos sitios desde aquella época á nuestros días, siendo los lugares en donde el terciario se encuentra á esas alturas aquellos en que el descenso ha sido relativamente mínimo.

Creo que concuerda esto más con los hechos observados, que no el suponer una serie de intumescencias parciales que hayan levantado los depósitos terciarios con independencia unos de otros, pero dejándolos á todos en la horizontal y á tan considerable distancia unos de otros, á 1.300 m. los lacustres y á 1.100 los marinos, tanto en la Mancha como en Baza y en Guadix y en la Serranía de Ronda.

No es esto negar en absoluto la posibilidad de estas intumescencias, pues además de las debidas directamente á la componente tangencial, al ocuparme del sentido inverso con que las dislocaciones tienden á inclinarse á ambos lados de la zona granítica, hice ver cómo en esa zona tiene que resultar un mínimo de resistencia en la superficie; y siendo esto así, excusado me parece insistir en la manera, como en ciertos casos determinados puede producirse una intumescencia verdadera.

Hemos comparado á grandes rasgos las formas exteriores de la Península, con lo que puede considerarse lo fundamental de su estructura íntima; y en este examen pueden observarse coincidencias y relaciones numerosas y salientes.

Se ha visto que el carácter distintivo de esta parte de la tierra, es el de estar atravesada por una serie de zonas de depresión que se cruzan entre sí, y que para cada dos zonas paralelas de máximo descenso, corresponde un espacio en que el descenso puede considerarse como un mínimo.

Hemos visto que si se admite que el globo terrestre pierde calor en el espacio, y que la contracción es mayor en la parte interna que en la externa del planeta, el problema orogénico queda entonces reducido para todas las partes de la tierra á



conocer la manera cómo una bóveda caerá, y se adaptará por su propio peso sobre un espacio de menores dimensiones.

En este caso, la fuerza que la solicita tendrá que descomponerse en una componente horizontal ó tangencial que estrujara y adaptara la bóveda al espacio que la corresponda, y en otra radial que en razón de la rotación de la tierra, tendrá á su vez, como hemos visto, que descomponerse en otras dos en la misma dirección, pero rectangulares entre sí.

Si estas zonas de depresión que surcan á la Península pudieran ser consideradas como aquellos lugares de nuestro globo, en donde con mayor facilidad las partes superiores descienden sobre la masa interna que disminuye de volumen, entonces resultaría que la estructura de nuestra Península sería sencillamente la necesaria consecuencia de esa manera de ejercerse la contracción del esferóide terrestre.

Admitiendo que estas zonas representan el esfuerzo radial en sus dos componentes rectangulares, no creo necesario insistir en la dependencia tan íntima que resultaría entre esta manera de contraerse la masa planetaria y las formas exteriores de su superficie que los agentes exteriores se encargarán á su vez de modelar en función de la estructura interna.

Pueden, pues, traducirse los hechos observados en nuestra Península como expresión de una ley que para el caso más general puede formularse de la siguiente manera diciendo:

«Que cuando en un macizo en que el valor de ambos componentes es igual, se experimenta un máximo de tensión, según una de estas componentes, el macizo se romperá en dos direcciones rectangulares entre sí; pero cuando la componente transversal se haga predominante, entonces pueden ocurrir dos casos diferentes.

Cuando se crucen entre sí dos zonas de depresión en que la tensión sea un máximo, se generará un máximo de depresión frente al cual se formarán los ángulos salientes de las masas continentales.

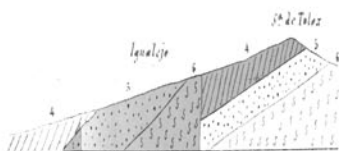
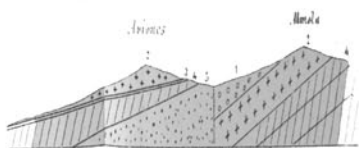
Pero en el caso en que la componente transversa se halle representada por una zona de resistencia máxima, entonces se formará un ángulo entrante en las masas continentales, cuyo vértice estará opuesto á esta zona de resistencia máxima.

En este segundo caso hay, á su vez, que distinguir el án-

gulo entrante que se formará en la prolongación de la zona de máxima tensión que tendrán las rocas más superficiales situadas en la parte interna del mismo, de aquel que se generará en la prolongación de la zona de máxima resistencia que las tendrá, por el contrario, situadas en la parte exterior del mismo.

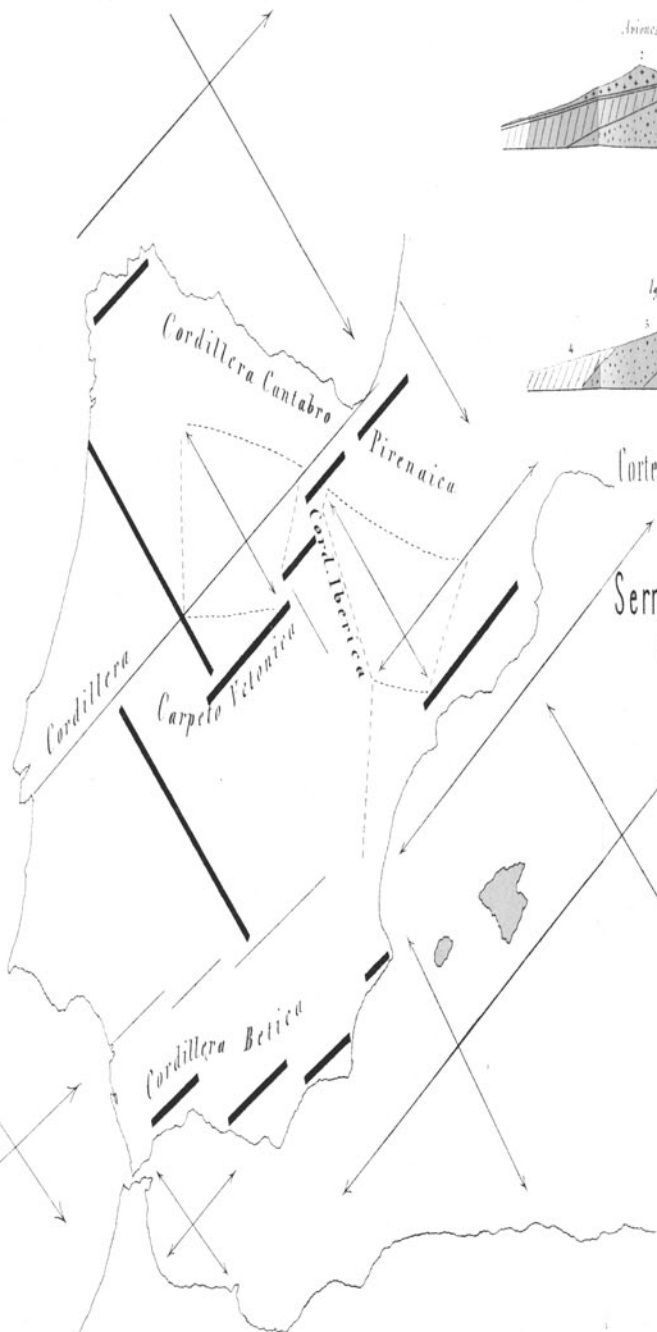
---

# ESQUEMA de la PENINSULA IBERICA.



Cortes longitudinales  
de la  
Serrania de Ronda.  
Valle del Genal.

- 1 Cretaceo.
- 2 Jurásico.
- 3 Triásico.
- 4 Caliza Cambriana.
- 5 Pizarra micocosa.
- 6 Gneiss etc.



— Líneas de máxima resistencia. — Líneas de máxima depresion.



**CORTES**  
 que muestran la disposicion de las  
 masas p<sup>é</sup>treas  
 en la  
**Peninsula Ibérica.**

- Gneiss, Micacitas, etc.
- Siluriano y Cambriano.
- Devoniano.
- Carbonífero.
- Triásico.
- Jurásico.
- Cretáceo.
- Numulítico.
- Terciario y Cuaternario.
- Masas eruptivas.

ASIMILACIÓN  
DE LOS MATERIALES ADYACENTES  
POR LAS ROCAS ERUPTIVAS,

POR

J. MACPHERSON.

---

(Sesión del 9 de Marzo de 1892.)

---

En el presente trabajo me voy á ocupar de un fenómeno que en cierta manera puede considerarse como el inverso de aquel que desde una época ya remota en los anales de la Geología, ha llamado preferentemente la atención de todos los hombres pensadores.

Conocido este con el nombre de metamorfismo, no sólo trata de explicar la acción que las rocas eruptivas han ejercido sobre las masas adyacentes, sino la que todos los agentes dinámicos, que en sus varias manifestaciones ponen de manifiesto las energías propias del planeta, han ejercido sobre diversas porciones de su corteza.

El fenómeno de que me voy á ocupar en las siguientes páginas es, como ya he dicho, el inverso de éste, y puede considerarse como la acción que á su vez la masa, ya en cierta manera inerte, de las partes más ó menos exteriores del planeta han ejercido sobre esas manifestaciones de sus actividades propias.

No voy á abordar, sin embargo, el problema en toda su magnitud inmensa, voy á limitarme solamente á una parte de tan complejo fenómeno, poniendo de manifiesto algunos hechos que he tenido ocasión de estudiar y que hacen ver hasta qué punto ejercen influencia sobre las rocas eruptivas las masas en que arman.

Uno de los hechos que sin disputa más han llamado mi atención, es la diferencia tan notable que se observa en los contactos entre las rocas eruptivas y aquellas, junto á que se juxtaponen ó perforan.

Mientras en unos casos se observa que la zona de contacto, bien sea ésta en diques, masas ó filones, es tan marcada y definida, que parecen ambas masas separadas, por lo que puede considerarse casi como un plano matemático; en otras ocasiones es esta separación tan incierta, ofrece tránsitos de fusión de la una en la otra masa, tan evidentes, que se hace tarea harto difícil de poder trazar una línea divisoria entre ambas rocas.

Si traemos en nuestra ayuda la poderosa palanca del microscopio, no se dejarán de percibir una serie de hechos que revisten á mi juicio una grandísima importancia.

Uno de los que más poderosamente ha llamado mi atención por lo transcendental de las deducciones á que se presta, es la verdadera absorción que la masa eruptiva ejerce sobre los elementos de la roca en que arma; manifestándose esta acción á veces de una manera tan enérgica, que parece como si los materiales de la roca en que la masa extraña arma hubieran servido de elemento nutritivo á la roca nuevamente formada ó ingerida, y todo induce á considerarla como si ésta hubiera sido generada cuando menos en gran parte á sus expensas.

Voy, pues, á señalar algunos hechos que he tenido ocasión de estudiar y que ponen de manifiesto este curioso proceso, que, una vez establecido, no necesito encarecer lo transcendental de sus consecuencias.

Es un hecho, y no porque sea bien conocido deja de tener interés, la acción que las masas graníticas ejercen sobre las pizarras con que vienen en contacto.

En estos casos sucede con frecuencia el que trozos más ó menos voluminosos de las citadas pizarras vengán enclavados en la masa granítica que los atraviesa.

Pero donde estriba, en mi juicio, el gran interés para el fenómeno que nos ocupa, reside en la distinta manera en que como regla general se modifican estos trozos desprendidos y bañados, puede decirse, en el magma granítico y las idénticas rocas que forman la aureola alrededor del afloramiento de la misma roca.

Mientras que en las pizarras que forman esta aureola exterior, las modificaciones que sufren se reducen las más veces á movimientos moleculares interiores que dan por resultado la formación de la chistolita y de las micas potásicas y magnesianas y á la nueva individualización del cuarzo: en los trozos que vienen enclavados, la acción es en general de distinta índole; se establece como un cambio de elementos entre la masa que aprisiona y el trozo aprisionado; mientras que se generan feldespatos y se individualizan los demás elementos propios del granito en la masa de ésta, esta concluye por confundirse con la preponderante masa que la envuelve y formar parte puede decirse de su propia sustancia.

Uno de los sitios en que he tenido ocasión de estudiar este hecho y que deja resaltar de una manera más terminante esta diferencia, es en las cercanías de Santa Eufemia, en la provincia de Córdoba.

Entre este pueblo y el Viso se corta el contacto entre la masa granítica de los Pedroches y las pizarras cambrianas.

Las pizarras del contacto forman toda una serie bien conocida de todos los que se han ocupado de los fenómenos que se observan en las aureolas graníticas desde el knotenschiefer de los alemanes á la pizarra chistolítica mejor caracterizada.

Pero los trozos que se encuentran empastados en el granito en vez de esta metamorfosis, sufren otra que los convierten en rocas perfectamente asimilables á la masa que los envuelve, y llegan á convertirse, no sólo en rocas gneísicas, sino en granitos que por completo se funden con la roca que los envuelve.

Las secciones transparentes de estas rocas empastadas ofrecen una serie de fenómenos de un alto interés petrográfico, pues hacen ver con toda evidencia que la masa de la roca que por tan completo los baña, concluye por ir paulatinamente asimilándoseles y creciendo por consiguiente á sus expensas.

El granito de esta parte de Sierra Morena, en las vecindades del contacto con las pizarras cambrianas es de grano mediano, y lo forma feldespato blanco, cuarzo bastante abundante y mica negra, mineral que se distingue por lo regular de su contorno exagonal, conjunto de minerales que constituyen una granitita muy bien caracterizada.

El estudio de las modificaciones que los trozos de pizarras

enclavadas en el granito experimentan, son en extremo curiosas.

El proceso de asimilación se divide en dos fases, una de ellas tiene lugar en la masa misma de la roca enclavada, mientras que la otra se desarrolla en la zona de contacto entre la masa granítica y la roca aprisionada.

Durante la primera fase de este proceso de asimilación se generan en el interior de la roca enclavada todos los elementos del granito, aunque de dimensiones en extremo reducidas, apareciendo la roca en muchos sitios como un verdadero micro-granito de grano extremadamente fino.

En los bordes el tamaño de los cristales de feldespato aumenta y se generan además en el interior de la orthosa numerosos cristales de oligoclasa.

La mica que aparece en algunos sitios repartida por igual en laminillas exagonales muy diminutas, tiende á reunirse y á formar aglomeraciones de tamaño considerable.

Estas aglomeraciones á veces son en extremo curiosas. Sin necesidad de aumentos muy considerables se ve que estas laminitas de mica no sólo crecen por la base, sino que se sueldan entre sí por las caras del prisma, hecho que se pone de manifiesto por las impurezas que con frecuencia aprisionan, dando esto por resultado unas formas de embaldosados sumamente curiosas.

Si se tiene en cuenta la constancia de la forma exagonal en la mica de este granito en el contacto con las pizarras, no deja de ofrecer cierto interés la manera de generarse los cristales exagonales en los trozos enclavados, siquiera no sea más que una simple coincidencia.

Observados los bordes de la roca enclavada con atención, resulta que sus varios elementos van como disgregándose del núcleo central é incorporándose al granito que los envuelve, y á tal extremo tiene esto lugar, que á cierta distancia sólo quedan como testigos de este proceso algunos trozos de mica, cuya estructura es en un todo idéntica á la que se halla formando parte de los trozos enclavados, y cuya característica es el estar formada por una innumerable cantidad de cristalitos de esta sustancia, que unas veces se orientan todos paralelamente á una dirección determinada, y otras, por el contrario, lo hacen de una manera completamente irregular.



Si de esto que puede considerarse como un caso de nutrición accidental, pasamos á estudiar otros de índole análoga, pero entre otros materiales de los que constituyen la corteza terrestre, se verá cómo el hecho adquiere una generalidad grande y llega á tener una importancia verdaderamente capital.

Uno de los casos de mayor interés, y que de una manera más evidente pone de manifiesto la importancia de este proceso en la economía del globo terrestre, puede estudiarse en la vecina cordillera Carpetana y á muy corta distancia de la ciudad de Avila.

Como es bien conocido, esta histórica ciudad se halla edificada en el borde septentrional de la gran masa granítica que en la parte central de la cordillera constituye la llamada paramera de Avila.

Este granito, tanto en la misma ciudad de Avila como en sus alrededores, se halla atravesado por numerosos diques de pórfidos cuarcíferos que, como regla general, tienden á orientarse de ONO. á ESE., diques que con frecuencia se hallan cortados por otros de porfiritas que de preferencia se orientan de N. á S.

En uno de estos diques de porfiritas es precisamente en donde pueden estudiarse una serie de fenómenos de tan alto interés en mi juicio, que voy á parar brevemente la atención y á exponer alguno de los hechos más culminantes que su estudio pone de manifiesto.

Se encuentra este dique al O. de la ciudad de Avila, como á un medio kilómetro de la margen izquierda del Adaja, y entre las carreteras de Béjar y Salamanca.

Sus materiales me eran ya conocidos desde hace años, gracias á la bondad del Sr. Quiroga, y las particularidades de su estructura me habían ya llamado profundamente la atención, pero hasta el otoño de 1890 no tuve ocasión de estudiar las condiciones de su yacimiento en el terreno.

La porfirita corta al granito de N. á S. en una extensión bastante considerable, aunque debido á la vegetación y terrenos de acarreo, en los sitios llanos se hace difícil el poder seguir al dique en toda su extensión y marcar ni aun aproximadamente toda su extensión, aunque á juzgar por los diferentes sitios en que aflora debe de ser de consideración.

En la parte al descubierto su espesor es muy variable y con frecuencia se bifurca y ramifica en filetes más ó menos paralelos á la dirección general, entre los que quedan envueltos trozos muy considerables de granito que se distingue de la bien conocida granitita de la cordillera por lo subido de su color rojo, la cual á muy corta distancia puede verse con sus usuales caracteres.

La porfirita es negra de grano fino, y á primera vista en nada se diferencia de innumerables ejemplares de porfiritas de diversos sitios de la cordillera.

Sin embargo, á poco que se fije el observador, verá que no sólo es extraordinario el número de trozos de granito y feldespato rojo que en ella vienen empastados, sino que casi toda su masa se halla literalmente llena de partículas de feldespato rojo en un todo semejante al de las rocas graníticas que en ella vienen enclavadas.

Estudiados con atención los materiales constitutivos de este dique, aun á simple vista se verá que existen dos series de fenómenos. Por ejemplo, en el granito, no sólo la mica se altera y tiende á desaparecer, sino que el cuarzo también disminuye, y en algunos sitios casi llega á desaparecer por completo.

En la porfirita que se halla en contacto con el granito, se ve que ambas rocas se deslien y funden entre sí, de una manera en extremo curiosa.

Sin embargo, cuando el interés que estos fenómenos despiertan crece sobremanera, es cuando se estudian con ayuda del microscopio, y los hechos que entonces se ponen de manifiesto revisten en mi juicio verdadero interés.

En efecto, llevada á sus legítimas consecuencias la serie de procesos que en estas rocas se observan, es posible que numerosos puntos aún oscuros de la génesis de las rocas eruptivas puedan explicarse.

El proceso general que las rocas graníticas ligadas á este dique de porfirita experimentan antes de llegar á formar parte integrante de esta roca, puede definirse como una degradación de todos sus elementos.

De estos, el cuarzo queda como absorbido en la nueva masa que resulta, mientras que la mica se altera por completo y se convierte en clorita, y el feldespato se enturbia, cargándose

de sustancia roja pulverulenta; se rompe y desgaja triturándose al infinito, pero conservando siempre bastante acción sobre la luz polarizada.

Este proceso, idéntico al que en otra ocasión he descrito al ocuparme de algunos pórfidos de la provincia de Sevilla, y que allí parece estar íntimamente ligado á los pórfidos feldespatícos pobres en cuarzo de esa comarca, da por resultado una estructura que pudiera llamársele granofírica negativa; pues así como en las rocas normales de este tipo el cuarzo envuelve y permea todos los elementos de la roca, en ésta, por el contrario, es esta sustancia la que á su vez queda envuelta y corroída. Con efecto, observando cualquier ejemplar de estas rocas, de un sitio no demasiado cerca del contacto, se observa simplemente un granito de grano bastante grueso con abundante cuarzo, mica casi siempre descompuesta y transformada pseudomórficamente en clorita de color verde claro; el feldespato, siempre bastante turbio y de color más ó menos rojizo, mostrando todos estos elementos, con frecuencia la estructura que Rosenbusch llama cataclástica.

En ejemplares en que la acción ha sido más enérgica, el feldespato pierde su transparencia, la estructura cataclástica se acentúa, se tritura en infinitos fragmentos en algunos sitios y se observan como corrientes unas veces irregulares y otras que siguen los planos de crucero de una sustancia más diáfana que el feldespato, y que aparentemente arrastra los fragmentos á distancia.

Simultáneamente que esto sucede en el feldespato, en el cuarzo se observa una marcada tendencia á corroerse y á disolverse en la sustancia felsítica que les envuelve, pasando entonces la roca por un estado en que puede confundirse con muchos pórfidos cuarcíferos.

Aún presta mayor semejanza á estas rocas la frecuencia con que el cuarzo, al ser corroído, afecta la forma exagonal, y la frecuencia con que los fenómenos de penetración y perforación se presentan en un todo semejantes á lo que es propio en esta clase de rocas, siendo á veces difícil el poder diferenciar microscópicamente la roca que resulta á esta altura del proceso del pórfido mejor caracterizado.

Acentúase aún más esta estructura en las proximidades del contacto, reduciéndose la roca á menudísimos fragmentos, y

observándose entonces una serie de fenómenos que son sin disputa alguna interesantes de seguir en sus diversas fases.

Ya en el actual contacto entre la porfirita y la roca granítica, el cuarzo las más veces por completo ha desaparecido, aunque en otras queda aún un residuo considerable.

Forma la roca en el inmediato contacto un agregado constituido por una pasta felsítica que cementa numerosos cristales de contorno, generalmente irregular, de feldespato y de muy vario tamaño, abundante clorita de color verde claro, unas veces en placas ó aglomeraciones de tamaño considerable, y otras en forma de laminillas irregularmente repartidas por la roca, cuyo agregado está tinturado por una sustancia pulverulenta de un rojo ladrillo muy subido.

Si se examinan con el microscopio secciones de aquellos sitios en que ambas masas parecen como desleirse la una en la otra, se pone de manifiesto una serie de fenómenos muy curiosos.

En el contacto de la porfirita negra con la masa francamente granítica roja existe una faja que mide desde varios milímetros á otros tantos centímetros, en la cual se observa que la masa granítica se halla literalmente cuajada de pequeñas partículas hyalinas de acción bastante enérgica en la luz polarizada.

A muy corta distancia se ve que el tamaño de los puntos hyalinos aumenta sobremanera, y ya aunque pequeños, todavía pueden reconocerse los caracteres propios de la augita común.

Simultáneamente que este desarrollo de augita tiene lugar en el seno mismo de la masa feldespática, se generan tanto en el magma felsítico como en los bordes del feldespato, y algunas veces hasta en el interior de su misma masa, numerosos microlitos en un principio escasamente traslúcidos, debidos á la gran cantidad de sustancia roja que aprisionan, microlitos que tienden á orientarse en todas las posiciones posibles.

A muy corta distancia se aclaran y presentan la diafanidad suficiente para poder reconocerse que pertenecen al grupo de las plagioclasas.

Esta zona, que casi puede llamarse indeterminada, es á veces de escasisimo espesor, pues rápidamente todos los elementos se desarrollan y se llega á un espacio constituido por tro-

zos considerables de augita, cristales de plagioclasa, clorita en abundancia, cristales de apatito y una notable cantidad de magnetita, que se desarrolla tanto en la clorita como en el abundante residuo de sustancia roja primitiva que sirve de matriz en este estado del proceso á todos los elementos.

El espesor de esta zona intermedia entre aquella en que el proceso se inicia y en donde la porfirita se halla con todos sus caracteres es, como he dicho, de un espesor muy variable, y casi no puede asignársele un espesor determinado, pues mientras unas veces el cambio está hecho á distancia de poco más de un milímetro, en otras, por el contrario, á los 4, 5 ó más centímetros aún no ha adquirido la porfirita sus caracteres propios, y los restos de la sustancia roja se descubren aun á distancias considerables del contacto, haciéndose imposible el establecer un límite ni aun siquiera aproximado.

Conforme el proceso se acentúa, la sustancia roja se va gradualmente enjugando; el piroxeno aumenta de volumen hasta llegar á formar trozos considerables, aumentando también el hierro magnético sobre manera.

Al mismo tiempo la clorita se concentra en aglomeraciones de tamaño considerable entre los elementos nuevamente formados; el color varía, los tonos amarillos se hacen predominantes y se empieza á observar una epigenesis sumamente notable de este mineral en mica magnésiana, que en la roca que resulta adquiere grande importancia.

En los casos en que la roca granítica conserva un remanente de cuarzo, el proceso se hace, sin embargo, de idéntica manera; el cuarzo se tritura al infinito, y rápidamente desaparece como absorbido en el magma de lo que podemos llamar zona intermedia, pero sin alterar en nada la serie de fenómenos que se observan en el contacto de la porfirita y la roca granítica.

La porfirita, en aquellos sitios más retirados del contacto, y en la que menos trozos del primitivo granito pueden descubrirse, es una roca constituida por un agregado cristalino de cristales de plagioclasa de tamaño considerable, trozos de piroxeno, unas veces de contorno irregular y otras que muestran sus formas regulares muy bien determinadas, clorita en abundancia, mica negra, en general de tamaño pequeño, y abundante magnetita.

El tamaño de los cristalillos de feldespato es generalmente

de 5 mm. en su longitud máxima, pero á veces adquiere más de un centímetro en su máxima dimensión.

Generalmente está algo turbio por una sustancia filamentososa, de acción bastante enérgica en la luz polarizada y que dificulta la determinación de sus caracteres ópticos.

Sin embargo, aunque no con gran frecuencia, se encuentran cristales de transparencia perfecta, y en los que es posible estudiar sus caracteres ópticos.

En esos cristales las laminillas asociadas, según la ley de la albíta, son numerosas; las extinciones tienen lugar bajo ángulos pequeños, tanto en aquellas maclas de extinción simétrica á ambos lados del plano de composición, como en los cristálillos alargados en la dirección de la zona *pg*, caracteres que son los propios de la oligoclasa.

La augita es de color amarillo rosáceo con un ligero tinte violado en algunos trozos.

La forma de estos trozos frecuentemente es irregular, y algunas veces se observan aglomeraciones de un gran número de individuos que ocupan un espacio considerable; otras, por el contrario, las formas cristalinas se encuentran muy bien determinadas, siendo las secciones las usuales de la augita.

Su tamaño es muy variable, pues oscila desde trozos en extremo pequeños á otros que miden más de un milímetro de sección; y algunas de sus aglomeraciones miden bastante más que los cristales sueltos.

La clorita es de color verde y amarillo, y con frecuencia se la observa en sus extremos epigenizada en mica magnesiánica de gran dicroísmo y de acción bastante viva en la luz polarizada.

La magnetita forma trozos de pequeñas dimensiones, repartidos por igual en toda la extensión de la roca, mientras que la apatita, muy abundante también, forma cristales limpios é incoloros muy delgados, pero de gran desarrollo en la dirección del eje cristalográfico.

Tales son los caracteres de esta porfirita, que pudiera servir de tipo de sus congéneres de la cordillera carpetana, siendo una porfirita augítica perfectamente caracterizada.

Sin embargo, por una serie de fenómenos que en su conjunto pueden considerarse como un proceso perfectamente definido, se la ha visto enlazarse con una roca granítica apenas alte-

rada; y haber una unión tan íntima entre ellas, que bien se considere á la porfirita como la última expresión de un proceso determinado, ó como el punto de partida de una acción que de ella emana y que ha modificado al granito, el resultado ha sido que una parte de esta roca, pero cuya cantidad no podemos determinar, ni aun aproximadamente, ha sido asimilada por ella y hecha parte de su propia sustancia.

Entre las rocas volcánicas del cabo de Gata existe un grupo que tiene gran interés con relación al fenómeno de que me estoy ocupando.

Son estas las andesitas micáceas del Hoyazo que recientemente han sido objeto de un detenido estudio por el Dr. Ossan de Heidelberg.

Empastados en esta andesita, vienen grandes trozos de pizarras micáceas, gneis, cuarzo y otros elementos extraños.

Estas rocas, indudablemente extrañas á la andesita, son ricas en minerales accesorios, tales como el granate y la cordierita, minerales tan comunes en todo el arcáico del S. de Andalucía; y además forma parte de su masa una enorme cantidad de fibrolita ó selimanita, mineral que forma membranas en extremo extensas, y en ciertos ejemplares parecen como envolver á todos los elementos de la roca.

Todos los ejemplares de estas rocas que he tenido ocasión de estudiar al microscopio (y cuya preparación es algo difícil, debido á la diferencia de tenacidad que existe entre las membranas de fibrolita y los demás elementos de la roca) están constituidas por gran cantidad de mica magnesiánica, envuelta unas veces por la fibrolita y otras por una masa hyalina, aunque en algunos sitios algo turbia por la gran cantidad de pequeñas partículas de magnetita y de agujas de fibrolita que empasta.

Estas masas hyalinas, sometidas á la acción de la luz polarizada, se resuelven en cuarzo y grandes placas de plagioclasa de limpieza irreprochable y constituidas por la asociación de numerosas lamelas acopladas según la ley de la albita.

La fibrolita, además de formar gran número de agujas, tanto en el cuarzo como en el feldespato, forma grandes membranas constituidas por un apretado tejido de tenuísimas hebras, y que es difícil conseguir lo suficientemente transparentes para poder estudiar sus caracteres ópticos.

La extraña constitución de estas rocas que no tienen su similar en ninguna de sus análogas de la serie arcáica de Andalucía, rocas que á muy corta distancia del Hoyazo afloran con sus caracteres normales, es probable que sea consecuencia de la acción metamorfoseadora de la andesita que los envuelve, que ha producido una serie de acciones secundarias que han dado por resultado un nuevo arreglo molecular de los elementos constitutivos de estos trozos.

Sin embargo, no es en esta serie de acciones secundarias donde reside el interés que estas rocas presentan, sino en la misma andesita, cuya estructura ofrece particularidades de verdadero interés.

Estudiadas secciones de estas rocas al microscopio, lo primero que se percibe es la inmensa cantidad en que todos los minerales que forman las pizarras que en ellas vienen enclavadas se encuentran diseminados por el total de la masa misma de la andesita.

Con efecto, no es sólo la cordierita y el granate los elementos que se encuentran repartidos más ó menos irregularmente por toda la roca, sino que la fibrolita forma hebras y fragmentos repartidos en algunos ejemplares, tan por igual, que con facilidad podría tomarse como un elemento autógeno de la andesita.

Además, no sólo el cuarzo con los mismos caracteres que tiene en las pizarras se le encuentra en abundancia, sino que la mica en muy gran parte se confunde con la que constituye los trozos de micacita.

Si se examinan aquellos ejemplares en que pueda estudiarse el actual contacto entre la micacita y la andesita, se perciben una serie de fenómenos sumamente curiosos.

Se observa, por ejemplo, que la sustancia de la andesita va gradualmente penetrando por los bordes de la roca aprisionada, y triturándola, va como arrastrando paulatinamente los fragmentos á distancia, haciéndose estos cada vez más pequeños, cual si se fueran triturando al infinito y disolviéndose, presentándose un fenómeno análogo, aunque de distinto orden, al observado en Avila; pues así como allí el granito sirve como de materia prima y de una manera casi directa para la constitución de la nueva roca, en ésta parece como si se diluyera en el magma, y de allí contribuyera á la generación de los nuevos elementos de la naciente roca.



Por los ejemplos citados puede verse que el hecho de que los materiales preexistentes que rodean á una masa eruptiva sean absorbidos y asimilados por ésta, no debe ser un caso tan extraordinario como á primera vista pudiera considerarse, sino que no solamente es frecuente, sino que es lógica deducción el suponer que ha ejercido un papel de importancia en la economía del globo terrestre.

---

Es un hecho basado en la experiencia que la observación corrobora y magistralmente expuesto por Rosenbusch en su trabajo «Über das Wesen der Kornigen und porphyrischen Structur bei Massengesteinen», que un magma en estado de fluidez, según las condiciones en que el enfriamiento se verifique, podrá cristalizar por etapas sucesivas, sirviendo acaso el nuevo estado como de disolvente á los elementos previamente generados.

Esto en último resultado puede formularse diciendo que la roca que resulte será sencillamente la resultante de la manera de emplearse las energías propias del magma en función del medio ambiente.

Si por una causa determinada cualquiera, un aumento de energía viniera á concentrarse sobre cualquier punto de la corteza terrestre, sus materiales se hallarían precisamente, pero por razón inversa, en el idéntico estado en que aquel magma pudo hallarse para el estado que le precedió, siendo los procesos análogos, pero de signo contrario, y diferenciándose además por la discontinuidad del espacio de tiempo que los separa, pudiéndose considerar el proceso como continuo en el primer caso y discontinuo en el otro.

Numerosos fenómenos existen, en los cuales sería difícil tarea el decidir de una manera positiva á cual de estos dos procesos pudieran corresponder.

Bien conocidos son los llamados gabarros de la vecina cordillera que en las calles de Madrid en un día lluvioso se destacan en sus aceras como nódulos negros sobre la mancha gris del granito que los envuelve.

Estos nódulos son á veces de una abundancia extraordinaria, como puede verse pasado el segundo túnel á la salida de Avila,

camino de la Cañada, en donde son tan numerosos que el granito en las trincheras remeda en un todo á una pudinga ó conglomerado de cantos negros, aglutinados por un cemento blanquecino.

Bajo el punto de vista de su estructura, estos nódulos están formados sencillamente por un granito de grano más fino que el que lo envuelve, muy rico en mica, cuarzo no muy abundante y feldespatos triclinicos en notable cantidad.

Este granito, más básico que el que lo envuelve, ofrece una serie de fenómenos en un todo semejantes á lo que he descrito al ocuparme de las pizarras que vienen enclavadas en los granitos de Santa Eufemia.

El mismo ataque desde el exterior hacia el interior de la masa aprisionada; la idéntica generación de feldespato orthosa en los bordes, que con frecuencia aprisionan las partículas de mica y demás elementos del gabarro, mientras que otras veces, por el contrario, parece como si las arrojara hacia sus bordes, y en cuyos contornos se aglomeran, y al cual con frecuencia se ajustan, prestando á la roca aprisionada en sus bordes la apariencia de una roca de estructura fluidal.

Como resultado final de este proceso, claramente se percibe que la roca granítica es de formación posterior al gabarro, y que además es más ácida que la del estado anterior, á la que durante un momento determinado iba paulatinamente asimilándose y haciéndola parte de su propia sustancia.

Fenómeno semejante, aunque de un orden inverso, es el que se observa en la Ribera de Cala, en la provincia de Sevilla, y del que tuve ocasión de ocuparme en el *Estudio geológico y petrográfico de la provincia de Sevilla*, páginas 25 y siguientes.

Así como en el proceso que se observa en los gabarros de la vecina cordillera, la roca que resulta es más ácida que la que le precedió; en este caso, por el contrario, la roca resultante es más básica que la primitiva, pues no sólo aumenta la cantidad relativa de feldespato triclinico, sino que el cuarzo disminuye y aun desaparece totalmente en algunos sitios y la mica se transforma en anfíbol.

Difícil es decidir por la simple observación si esta como asimilación de los elementos de una roca primitiva á otra nuevamente formada, es simplemente el resultado del enfriamiento de un magma, durante el cual las relaciones con el medio am-

biente han variado en mayor ó menor grado, ó si estas fases sucesivas han tenido lugar durante períodos de tiempo, separados por un espacio más ó menos largo, en que nuevas energías han cambiado las condiciones de relación entre ambos.

En los últimos veinte años cambios profundos se han ido operando en la manera de concebir los fenómenos dinámicos de que la corteza de nuestro globo ha sido teatro en la sucesión del tiempo.

Con anterioridad á aquella época todos los fenómenos eruptivos y dinámicos eran atribuídos á lo que se llamaba la reacción de la masa interna sobre la corteza frágil que la comprimía, época en que las montañas se consideraban como penetraciones de la masa interna á través de las partes menos resistentes de la corteza terrestre, y que con el nombre de levantamientos se suponía que elevaban los terrenos estratificados hasta dejarlos á considerable altura al empuje de esas fuerzas de expansión del núcleo interno.

Durante este último período, tanto los estudios de detalle como los de conjunto se han ido multiplicando, y al ensancharse el campo de observación se ha ido viendo que mucho de lo que estaba considerado como hecho fundamental se modificaba á la luz que los nuevos conocimientos iban generando.

De esta como depuración de los antiguos conocimientos, ha resultado en la actualidad un concepto en cierta manera anti-tético al precedente, pero que encaja mejor dentro del cuadro de los nuevos conocimientos.

Bajo esta nueva concepción se considera igualmente al globo que habitamos como un esferoide, cuyo diámetro disminuye constantemente por enfriamiento, pero cuya corteza sólida cuando menos se la considera, gracias á los trabajos de Sir W. Thompson y Darwin, como teniendo un espesor en extremo considerable y fuera de toda proporción con lo que anteriormente se consideraba.

Como existe un grado geotérmico, y la conducción de las rocas para el calor no es cero, siendo la temperatura de la parte externa relativamente constante, se deduce forzosamente no sólo que la temperatura de la masa interna tiene que ser superior á la externa, sino que la pérdida de temperatura tiene que verificarse con mayor rapidez en aquella que en ésta.

Como la contracción de los cuerpos está en razón directa de

la disminución de la temperatura, lógicamente se deduce también que ésta tiene que ser mayor en el interior que en las partes exteriores; pero como la corteza tiene que descender siguiendo á la parte central que disminuye de volumen con mayor rapidez que ella, claro es que al descender tiene ineludiblemente que adaptarse á un espacio de menores dimensiones.

Para que esto suceda es necesario que el esfuerzo de la gravedad, que es el que solicita á la masa descendente, se descomponga en dos componentes: uno que obrará en la dirección de la tangente y que estrujará la masa superficial hasta reducirla á ocupar el menor espacio que le corresponda, y otra que la hará descender en la dirección del radio.

Como fácilmente se percibe, el proceso que se desarrolla es eminentemente centripeto, y sin embargo, harto conocidas son las manifestaciones llamadas eruptivas y plutónicas que en todos los lugares de la tierra se ponen de manifiesto.

Prescindiendo ahora de toda esa serie de fenómenos volcánicos eminentemente centrifugos y explosivos, vemos diques, masas y filones de diversos materiales atravesando las partes más superficiales del planeta y llegándonos de sitios que indudablemente se encuentran á gran profundidad.

Algunos geólogos han supuesto que la masa interna ó bien fluida ó en un estado que nos es desconocido, al producirse grietas y aberturas en la costra superficial del planeta, al faltarles la presión asciende y rellena los huecos ó se derrama por la superficie por simple presión hidrostática.

Paréceme, sin embargo, que existe una contradicción entre las condiciones necesarias para la producción de este fenómeno y las condiciones bajo las cuales el enfriamiento se produce, que lleva consigo un estrujamiento tangencial en las partes exteriores del planeta, que por necesidad tiene que oponerse á toda comunicación directa con la masa interna, so pena de cesar en su descenso y faltar entonces la necesaria presión hidrostática.

Cuando por otro lado se considera que todos aquellos materiales eruptivos que conocemos, son materiales en su gran mayoría, cuya densidad es relativamente pequeña, y que sólo como excepción alcanzan valores de más de 3, con relación al agua y que además son todos silicatos en que el oxígeno desempeña un papel de importancia, mientras que la densidad

del esferoide terrestre asciende á 5,5, no puede menos de surgir en el ánimo la sospecha de que es muy posible que todos estos materiales procedan de una profundidad relativamente pequeña, y que con relación á la gran masa terrestre puedan considerarse como superficiales.

Considerado el proceso orogénico en su conjunto, se verá que la nota que lo caracteriza es la desigualdad con que el estrujamiento tangencial se verifica.

Mientras que en unos sitios la corteza terrestre se arruga y se comprime, cuyos pliegues con frecuencia se corren sobre sí mismos, en otros parajes permanece en un estado de rigidez verdaderamente extraordinario.

El descenso en la vertical en unos sitios se verifica de una manera tan lenta y gradual, que casi puede pasar desapercibido, como sucede, por ejemplo, en la parte occidental de nuestra meseta central; mientras que otras veces se precipita el terreno de una manera en extremo violenta, como sucede en los llanos de Lombardía, en los Andes, y en otras comarcas de la tierra.

Estas diferencias ponen de manifiesto, no sólo una gran falta de homogeneidad en los materiales constitutivos de la corteza terrestre, sino una gran desigualdad en la manera como el estrujamiento tangencial se verifica; produciéndose por necesidad resultados eminentemente distintos, según la constitución de aquella parte de corteza terrestre sobre que el esfuerzo tangencial se ejerza.

El conjunto del proceso de adaptación de la corteza terrestre sobre el núcleo interno que disminuye de volumen, se reduce en último término á que mientras unas partes de su corteza se aproximan al centro de una manera relativamente pronunciada, otras por el contrario, quedan como suspendidas, tales son las depresiones oceánicas y las masas continentales.

Se observa además que frecuentemente entre dos zonas de máximo descenso, es donde tiene lugar el máximo de manifestaciones dinámicas.

Estas zonas se ponen de manifiesto, unas veces sencillamente por la compresión de los estratos que se pliegan sobre sí mismos; mientras que otras veces afloran además masas de materiales eruptivos que penetran á través de los estratos rotos y comprimidos que forman el subsuelo.

Basta fijarse en las condiciones bajo las cuales el estrujamiento se verifica, para ver que en efecto entre dos zonas de máximo descenso, debe el esfuerzo tangencial llegar á un máximo.

Al ocuparme del carácter de las dislocaciones de la Península Ibérica, tuve ya ocasión de señalar un hecho que en mi juicio tiene considerable importancia.

En este trabajo hice ver con cuánta frecuencia se observa en el proceso de estrujamiento tangencial los movimientos de charnela, y como en aquellos parajes que se hallan comprendidos entre dos depresiones paralelas, estos movimientos tienen la tendencia á inclinarse de preferencia hacia el fondo de la depresión que los solicita, claro es que los movimientos serán inversos.

Como estos movimientos de báscula pueden considerarse meramente como un alivio momentáneo en el estrujamiento tangencial, el que se transmitiera casi íntegro indefinidamente, claro está que si entre dos depresiones paralelas estos se inclinan hacia el fondo de las mismas, una parte considerable del estrujamiento tangencial vendrá necesariamente á concentrarse sobre la zona intermedia que separa á ambas depresiones, ó sea en aquella parte de la corteza terrestre de mínimo descenso en la dirección del radio: zona cuya mínima resistencia se hallará en la superficie.

Que la cantidad de energía que queda libre en este proceso de adaptación de la corteza terrestre sobre el núcleo interno que disminuye de volumen es considerable, no creo que sea necesario encarecer, basta sólo tomar en consideración la cantidad que quedará libre por cada kilómetro cúbico de corteza terrestre que descienda en la dirección del radio, otro kilómetro de recorrido para formarse una idea de lo colosal de los guarismos de que se trata.

Tomando como ejemplo á nuestra meseta central, puede considerarse que una gran parte de ella ha descendido en la vertical bastante más de un kilómetro desde la época miocena á nuestros días, y en un espesor que nos es desconocido.

Como cada kilómetro de esa masa ha dejado libre un esfuerzo de 3.000 billones de kilogramos ó sean 7 billones de calorías, calor suficiente para reducir á vapor más de 10.000 millones de toneladas de agua, no creo sea necesario ponderar la

magnitud del esfuerzo que se ha gastado en gran parte en el trabajo orogénico.

Dada la desigualdad en la manera de ejercerse este esfuerzo y la enorme cantidad de energía que en él puede emplearse, es natural que sus manifestaciones varíen al infinito.

Si una parte de este esfuerzo se ejerce á cierta profundidad sobre materiales en cierta manera plásticos, y cuya carga no pase de cierto límite, es evidente que todo el esfuerzo podrá emplearse en hacer un trabajo de compresión y plegamiento; materiales que subirán en la vertical, y los agentes atmosféricos se encargarán de modelar en una de nuestras cordilleras de montañas.

Si el esfuerzo se ejerce, por el contrario, sobre materiales más rígidos ó cuya carga es muy grande, entonces podrá suceder que una parte del esfuerzo se emplee en producir movimientos moleculares en aquellos materiales, bien elevando su temperatura y proporcionándoles una fluidez relativa ó avivando afinidades que pudieran estar latentes.

En aquel sitio podrá formarse un foco que irá sucesivamente agrandándose y creciendo á expensas de los materiales adyacentes, y no cesando el flujo de energía llegará el esfuerzo tangencial á hacerse lo suficientemente fuerte para vencer todas las resistencias, y entonces estos mismos materiales podrán subir en la vertical siguiendo la línea de menor resistencia, y penetrando por las capas superiores podrán derramarse por la superficie, como sucede en nuestros fenómenos eruptivos, relevando á esa parte de corteza terrestre del exceso de presión que la comprimía.

¿No podrían los hechos más arriba descritos considerarse como casos particulares de un proceso semejante?

La serie de fenómenos observados en Avila ¿no podrían ser un caso como abortado de este proceso, en que el necesario esfuerzo ha faltado en un momento determinado, y la serie de movimientos moleculares que se verificaban al impulso del flujo de energía recibido en la roca granítica y en los materiales básicos que por ella circularan, al faltar éste por una causa cualquiera han quedado como paralizados en el ser y estado en que á la sazón se hallaban? Mientras que en el caso del granito de la cordillera y de las sienitas de la provincia de Sevilla puede, por el contrario, el proceso haber llegado casi á su

completo desarrollo, y hoy día falta toda prueba tangible que nos muestre las etapas por donde el proceso ha pasado.

Bien sea esta ú otra la interpretación que del hecho pueda darse, el resultado positivo es que rocas eruptivas se presentan á nuestra vista, que en casos determinados absorben y hacen suyos aquellos materiales con que vienen en contacto, y asimilándoles á su propia sustancia cual dotados de propias energías, trasmitiendo á aquellos, ya en cierta manera inertes, la energía necesaria para darles nueva forma y aumentar á sus expensas el propio volumen.

---



MEMORIAS  
DE  
HISTORIA NATURAL.

---

BREVE NOTICIA

ACERCA DE LA ESPECIAL ESTRUCTURA

DE LA PENÍNSULA IBÉRICA,

POR

DON J. MAC-PHERSON.

---

(Sesión del 5 de Febrero de 1879.)

---

Es fenómeno dominante en la estructura de gran número de montañas del continente europeo, y desde hace tiempo señalado, que prescindiendo de trastornos parciales, todas ellas tienen la tendencia á experimentar en su conjunto una visible caída de todo el sistema hácia el Norte, cual si una considerable parte de la masa continental hubiera sufrido un empuje lateral que la hubiera hecho inclinarse en esa direccion.

La manera más marcada como este hecho se pone de manifiesto, reside en la tendencia de los numerosos pliegues que los diversos terrenos estratificados describen, de tener como regla general la rama septentrional más desviada de la horizontal que la meridional, hecho que llega en algunos parajes á producir una verdadera inversion en la natural sucesion de los estratos, pareciendo todos ellos como si buzaran hácia el interior de la masa montañosa al Sur.

Además se observa que es tendencia muy común en las numerosas fallas que surcan el Continente, y con especialidad en las regiones montañosas, que se encuentren los contactos normales en la escala ascendente marchando de Sur á Norte con mayor frecuencia que vice-versa.

Siendo hecho también bastante general que en dos segmentos inmediatos que hayan experimentado oscilaciones en la vertical, la parte superior del más meridional se halla en anormal contacto contra la parte más profunda del segmento inmediato.

Considerada esta serie de fenómenos en su gran generalidad, y prescindiendo de todos aquellos que puedan enmascararlo, pareceme ver con Suëss y otros observadores el resultado de una tendencia general en el continente europeo de caer marcadamente hácia el Norte.

Efectivamente; si recorremos á rasgos tan grandes como los límites de este trabajo lo requiere, la estructura dominante en algunas de las montañas que lo surcan, se verá con toda evidencia cuán general es esta particularidad de su estructura.

Si fijamos primeramente nuestra atención en la gigantesca cordillera que puede considerarse como la verdadera columna vertebral del Continente, y que conocida con el nombre general de los Alpes se extiende sin interrupción desde la Provenza hasta Viena, se verá con marcada constancia que los terrenos más antiguos que forman su parte más elevada parece como si avanzaran hácia el Norte y atropellaran en su camino á los terrenos más recientes que forman la zona exterior de esa masa montañosa.

Conocido es de todos los geólogos el notable eje sinclinal que la Molasa terciaria describe al pié de los Alpes, desde el Ródano á Baviera, hecho que nadie habrá dejado de ver al atravesar, por ejemplo, las bellas montañas que forman la márgen oriental del lago de los Cuatro Cantones, viéndose allí en toda su gigantesca magnitud esa notable inversión de los estratos, apareciendo los depósitos más antiguos que forman el Hohfluh, reposando sobre los recientes conglomerados del Rigi Kulm.

Clásica es también la inversión de los terrenos secundarios que forman el fondo del valle de Chamounix, apareciendo éstos cual si penetraran por debajo de la colosal masa del Mont-

Blanc, así como otros numerosos hechos, tales como las inversiones de la Jungfrau que sería prolijo enumerar.

Si fijamos la atención en el notable corte de Alfonso Favre, desde la Pointe Percée, en las cercanías de Sallanches, á las de Bonneville, el cual puede decirse que sintetiza en sí la estructura que estoy describiendo, se observa que marchando de Sur á Norte se encuentran á media ladera de la Pointe Percée los depósitos jurásicos con buzamiento al Norte, desapareciendo éstos por debajo de la Creta, que con análogo buzamiento forma la cumbre de la montaña.

En la vertiente opuesta de la Pointe Percée indica el corte retazos de terrenos numulíticos y terciarios medios, que con idéntica caída vienen á chocar en anormal contacto en el fondo del valle contra el Trias, que forma la base de la montaña del Reposoir en la opuesta ladera.

Formada la cumbre de esta montaña por los depósitos del Jura, se observa que desde ese punto, en union con los cretáceos y terciarios, forman estos terrenos una série de pliegues cuyos ejes anticlinales presentan todos la particularidad de caer visiblemente hácia el Norte, mientras que los terrenos terciarios, aprisionados en los sinclinales, buzan constantemente hácia el interior de la masa del *Mont-Blanc*.

Patentiza con evidencia este corte que los pliegues no sólo tienen la tendencia de inclinarse marcadamente hácia el Norte, sino que en el caso de fracturarse el terreno, como evidentemente ha sucedido al Norte de la Pointe Percée, se observa que mientras la sucesion de depósitos es perfectamente normal marchando de Sur á Norte, en el contacto anormal de estos depósitos está la parte superior del segmento que forma la Pointe Percée, adosada á lo más profundo del segmento inmediato, cual si todo el sistema hubiera tenido la tendencia de bascular hácia el Norte.

Si de este corte relativamente parcial se pasa á estudiar el general de M. Lory, que corta los Alpes del Delfinado, desde los llanos del Piamonte, en Avigliana, hasta el macizo de la Grande Chartreuse, se observará que en toda su extension domina una estructura semejante.

A primera vista aparece éste dividido en tres porciones distintas, pero que en último resultado son simplemente la exacta repetición la una de la otra.

Considerado en su conjunto, y prescindiendo de detalles de secundaria importancia, aparece la Cordillera Alpina en este sitio como constituida por tres grandes fragmentos desgajados por fallas de colosal magnitud y que han ejecutado diversos movimientos en la vertical.

Estos tres fragmentos están constituidos en su parte más profunda por terrenos estrato-cristalinos y soportan una série más ó ménos completa de sedimentos de diversas épocas, y es de notar que vienen invariablemente en su borde Norte, constituido por los depósitos más recientes de cada fragmento á chocar en anormal contacto contra la parte más profunda del segmento inmediato.

Estas tres porciones en que á grandes rasgos queda dividido el corte, son marchando de Sur á Norte, primeramente la parte comprendida entre el llano del Piamonte y Módane, abrazando la segunda la línea de aguas vertientes entre este pueblo y Saint Jean de Maurienne, miéntras que la tercera da la sección vertical del país entre este último pueblo y el macizo de la Grande Chartreuse.

Los primeros depósitos que afloran en los llanos del Piamonte son los estrato-cristalinos atravesados por serpentinas, série de rocas que soporta un gran espesor de materiales del Trias, cuyo conjunto viene á chocar por falla en el puerto de la Chavière contra el otro segmento que constituye la parte central de la Cordillera, y que constituido en su base por terrenos estrato-cristalinos, soporta un considerable espesor de depósitos carboníferos.

Estos en su borde Norte vienen en contacto con una série de depósitos más recientes hasta el numulítico inclusive, los que á su vez vienen á estar en anormal contacto contra la masa de terrenos cristalinos que forman el tercer segmento, que dominado por el Pic de Frène, viene á estar cubierto en la vertiente opuesta por el espeso manto de terrenos estratificados que en su gran desarrollo forman el macizo de la Grande Chartreuse, y los que por una série de fallas escalonadas descienden á los terrenos bajos del Delfinado.

Como se ve, considerada á grandes rasgos la Cordillera Alpina, presenta en este sitio una sencillez de estructura verdaderamente notable, pues al parecer todos sus accidentes son el resultado de una série de pliegues y fracturas en el terreno

que pueden reducirse á sólo tres grandes fallas, observándose que los tres grandes segmentos resultantes, además de haber experimentado notables movimientos en la vertical, han sufrido también un notable movimiento de báscula en dirección al Norte.

Estructura análoga puede verse en todos los cortes de esta parte de los Alpes, sobre la que tan brillante luz han vertido los trabajos de M. Lory, pues tanto en su corte desde los Alpes occidentales al Mont Thabor, como desde éstos al Dent de Borzin ó en los del Mont Cenis, en todos queda evidenciada esa marcada tendencia en los segmentos resultantes de las numerosas fallas que atraviesan el país, de experimentar un notable movimiento de oscilación hácia el Norte.

Si de los Alpes pasamos á la cadena del Jura, se ve también que los pliegues, esencia de esas montañas, tienen idéntica tendencia de inclinarse hácia el Norte, apareciendo con frecuencia los estratos que los constituyen, como si también penetraran hácia el interior de la masa alpina.

Tanto en el corte entre Courchapoix y Lommyswyl publicado por Vagt en su excelente Manual de Geología, ó en los que acompañan á la noticia sobre la orografía del Jura Dolois de M. Jourdy, se ve á esta zona montañosa constituida por una serie de pliegues y fallas en las que se observa la tendencia, cuando no existen pliegues que lo enmascaran, de caer toda la masa en su conjunto hácia el Norte.

Tanto Hochstetter como Gumbel consideran al Bohemwald y á las montañas orientales de Baviera como el resultado de un empuje lateral que ha arrollado esas masas en dirección al Nordeste.

Fenómenos semejantes observan Beyrich y otros observadores en el Reisen Gebirge y otras montañas alemanas, y Gosselet y Darmoy han demostrado también la manera como los depósitos hulleros de Lieja y Namur se encuentran invertidos y cubiertos en su borde Sur por los terrenos devonianos.

Abandonando la Europa central, y fijándonos en los interesantes cortes del Mont Lozère por G. Fabre, vemos que también la meseta central francesa participa de una estructura semejante.

Prescindiendo en estos cortes de depósitos relativamente re-

cientes, y fijándonos sólo en las relaciones que los terrenos estrato-cristalinos guardan entre sí, se observa que desgajado el terreno por numerosas fallas presenta siempre la circunstancia de buzar estos estratos hácia el Norte, y mientras que de Sur á Norte se presenta un contacto normal entre el granito y el gneiss, por el lado opuesto chocan las micacitas contra el granito, por debajo del cual parecen penetrar.

Si nos acercamos á la gran mole de la Península Ibérica se verá que en el Pirineo domina idéntica estructura que se ha visto dominar en la Europa central.

Como esta cadena montañosa tiene ya un interés directo en la particularidad de estructura que la Península Ibérica presenta, voy á parar sobre ella brevemente la atención, para que pueda verse el contraste que en sus extremos presenta este término final del Continente.

La cadena Pirenáica puede considerarse como extendiéndose por todo el Norte de la Península, desde el extremo occidental de las costas de Galicia á las de Cataluña.

Esta masa montañosa, al igual de todas las cordilleras, está formada por una série de accidentes relativamente de poca extension, que se manifiestan por una série de afloramientos de rocas profundas y que como han tenido lugar á corta distancia los unos de los otros, dan la idea de un eje continuo y cristalino.

Sin embargo, nada hay más distante de lo que se ha entendido por un eje cristalino, que las aisladas manchas graníticas de la Maladetta, del Nouvielle, de Cauterets, de Aguas Calientes, de Luchon ó de Ilhet-Sarrancolin y otras, repartidas con cierta irregularidad por toda la anchura de la Cordillera Pirenáica.

Tanto Magnan como Leymeric en sus interesantes trabajos sobre esta cadena, han demostrado que su constitucion es el resultado de numerosos pliegues en los estratos, hasta el coceno inclusive, estando el terreno desgajado por fallas de considerable magnitud.

En todos los cortes de estos autores se ve tambien la general tendencia de encontrarse con mucha mayor frecuencia los contactos normales marchando de Sur á Norte, que en el sentido inverso, apareciendo la Cordillera en su conjunto como si hubiera experimentado una caída hácia el Norte.

Efectivamente, por cualquier lado que se estudie la cadena Pirenaica, por todas partes se descubren indicios que revelan una estructura semejante.

Si, por ejemplo, paramos la atención en el Alto Garona, y seguimos la perfecta sucesión de depósitos paleozóicos que se observan entre el Pont du Roi y Saint Béat, se ve que marchando de Sur á Norte, se va caminando cada vez sobre terrenos más recientes, hasta que á corta distancia de Saint Béat vienen las calizas liásicas, segun Leymeric, y carboníferas, segun Magnan, á chocar en anormal contacto, contra las masas graníticas que afloran al Norte de este pueblo.

Idéntica estructura se observa en los valles adyacentes de Aure y de Luchon.

Si se sigue el Gave de Pau, desde Saint Sauveur á Gavarnie, se observa que el granito que aflora en las cercanías de Gedre, por debajo de las pizarras antiguas, llega hasta casi el mismo fondo del Circo de Gavarnie, en donde viene toda la série de terrenos antiguos á chocar aparentemente contra las masas de calizas cretáceas del Taillon y el Marbore.

Entre Cauterets y la Raillière se observa un contacto perfectamente normal entre el granito y las pizarras antiguas con buzamiento general hácia el Norte, miéntras que en la vertiente opuesta es notable, por más de un concepto, el anormal contacto entre las calizas silurianas y el granito en el Escalar de Panticosa, viniendo éstas aparentemente á penetrar hácia el interior de la masa granítica al Norte de Panticosa.

Idéntica estructura se observa, tanto en la parte de cordillera que corresponde al valle de Ossau, como en la opuesta vertiente española, que he tenido ocasion de recorrer con el Sr. Mallada.

Prescindiendo de las relaciones que pueda guardar el granito de Aguas Calientes, con los demás depósitos estratificados, es realmente de interés el fijarse en la estructura de la cresta culminante del Pirineo en este sitio.

Miéntras que por el Norte parece cubrir la masa granítica y porfídica del Pico del Mediodía, entre Gabas y la cumbre, una faja de pizarras antiguas, en la opuesta vertiente viene todo el sistema devoniano, con retazos carboníferos á penetrar aparentemente hácia el interior de la masa cristalina, miéntras que bajando por el valle de Sallent, reaparece la for-

macion siluriana por debajo del devoniano, apareciendo todo el sistema cual si penetrara por debajo de la parte más elevada de la Cordillera, miéntras que por el Sur viene la parte inferior de estos depósitos á estar en contacto, unas veces contra los depósitos devonianos y otras contra las masas cretáceas que forman las altas cumbres, entre el valle de Tena y el de Canfranc.

Tambien en este valle se descubren indicios de esta especial estructura.

Constituida su parte más elevada por los depósitos del Trias y aún cretáceos, en las vecindades del Somport aparece á poco el devoniano en gran potencia, en direccion al Sur y saliendo cada vez partes más profundas de esta formacion, vienen estos depósitos cerca de Canfranc, á estar en contacto con las masas cretáceas, que en su parte más elevada forman la Peña Collarada y otras alturas.

Si de esta parte del Pirineo, propiamente dicho, pasamos á su prolongacion, que con el nombre de Cordillera Cantábrica se extiende hasta las costas de Galicia, veremos que tambien allí su estructura responde á una norma semejante, y aunque ménos pronunciados los trastornos, no por eso son ménos elocuentes los accidentes que la determinan.

Si se corta la Cordillera Cantábrica desde el mar al valle del Ebro, como he tenido ocasion de hacer en compañía de mi buen amigo el Sr. Linares, se verá que su estructura, considerada á grandes rasgos, obedece tambien á la dominante en toda la cadena Pirenáica.

Si se abandona, por ejemplo, la costa, algun tanto al Este de San Vicente de la Barquera, y cortando el Escudo de Cabuérniga se sigue el curso del Saja hasta su divisoria de aguas con el Ebro, se observará la siguiente disposicion de los terrenos.

Abandonando los depósitos numulíticos y cretáceos que bordean la costa, se penetra en los liásicos que reposan sobre la masa triásica que á corta distancia forma el Escudo de Cabuérniga.

Forman los depósitos del Lias, al Norte de esta montaña, un pliegue, cuyo eje anticlinal pasa por las cercanías de la Venta del Turujal, y levantada en el Escudo toda la série triásica con buzamiento al Norte, afloran en su base por la vertiente meridional, segun me ha dicho el mencionado Sr. Linares, las



calizas carboníferas de Celis y Carmona; mientras que en anormal contacto y buzando aparentemente por debajo de la masa del Escudo, viene toda la potente serie jurásica que forma la mayor parte de la alta cuenca del Saja, á buzar por debajo de la masa del Escudo.

Desde esta evidente falla obsérvanse plegados sobre sí mismos en una serie de violentos pliegues, los depósitos jurásicos hasta que ya cerca de la línea de aguas vertientes vuelve á aflorar aún en mayor desarrollo la potente serie de depósitos de la época triásica.

Forman las areniscas inferiores de esta formación los más pronunciados accidentes de la cresta en este sitio, y aflorando en la opuesta vertiente y en dirección al Oeste los depósitos carboníferos, van haciéndose cada vez más pronunciados los accidentes, hasta dominar casi por completo los depósitos de esa época en la parte occidental de la Cordillera.

Traspuesto el Puerto de Palombera, repítase el fenómeno que se observa en la base meridional del Escudo de Cabuérniga, y deprimiéndose el terreno en la vertical, vienen las margas irisadas y depósitos liásicos que las cubren, á buzar en muchos sitios aparentemente, por debajo de las areniscas inferiores del Trias.

Por consiguiente, la Cordillera Cantábrica en este sitio parece el resultado de dos fallas principales, y cuyos segmentos resultantes caen de una manera en extremo marcada hácia el Norte; repitiéndose una vez más el hecho de estar la parte superior de cada segmento en su borde Norte, en contacto con lo más profundo del segmento inmediato.

Si se corta la Cordillera aún más al Occidente, vemos en el detallado corte del Sr. D. Guillermo Schulz desde el Puerto de Pajares á Avilés, que su estructura en este sitio parece ser una perfecta repetición de lo que se acaba de describir, aunque representada en partes aún más profundas de la corteza terrestre.

Formada la cresta de la Cordillera en el Puerto de Pajares por los depósitos devonianos, desaparecen éstos á poco por debajo de los carboníferos, que despues de describir una serie de pliegues vienen á chocar por su borde Norte, á semejanza de lo que sucede en el valle de Cabuérniga, entre el Jura y el Trias, contra el devoniano que soporta la creta sobre que está edificada la ciudad de Oviedo.

Al Sur de la sierra de Naranco vuelven á aparecer los depósitos carboníferos que cubiertos por los triásicos y liásicos vienen otra vez á estar en aparente anormal contacto por su borde Norte contra el devoniano que forma la costa al Norte de Avilés.

Como se ve, tambien en este sitio existe la idéntica estructura que domina en toda la Cordillera Pirenáica, y puede decirse que prescindiendo de trastornos de secundaria importancia, toda esta cadena, á semejanza de lo que sucede en la mayor parte de Europa, tiene tambien una marcada tendencia de inclinarse toda ella hácia el Norte.

Pero si de esta parte del Continente pasamos á examinar la estructura dominante en las montañas que accidentan el suelo de la Península Ibérica, veremos, por el contrario, que en gran parte de ellas domina una estructura perfectamente inversa á la dominante en todo el continente europeo.

Así como en las montañas de esta gran region existe una marcada tendencia de caer el terreno, en su conjunto, constantemente hácia el Norte, en la estructura de la Península, parece, por el contrario, descubrirse una tendencia inversa, pues en todas las zonas montañosas que he tenido ocasion de estudiar se observa con idéntica generalidad que en la Europa central, una tendencia á caer todo el sistema hácia el Sur.

Al ocuparme de los fenómenos dinámicos que han contribuido al relieve de la Serranía de Ronda, tuve ocasion de indicar la estructura dominante en este extremo meridional del Continente.

En el corte que acompaña á ese trabajo se observa que no sólo el terreno se ha plegado para acomodarse en el menor espacio posible, sino que todo él tiene la tendencia de inclinarse en su conjunto hácia el Sur, presentando á la inversa de las demás montañas europeas con mucha mayor frecuencia los contactos normales en la escala ascendente, marchando de Norte á Sur, que vice-versa.

Descompuesto este corte en los varios elementos que lo constituyen, puede considerarse como una série de segmentos en que prescindiendo de los diversos pliegues que los diferentes estratos han experimentado, puede representarse en el adjunto esquema, en donde se ven no sólo los movimientos que



los diversos segmentos han ejecutado en la vertical, sino que se percibe además el movimiento de caída que todo el sistema ha experimentado en dirección al Sur.

Córtese la Serranía de Ronda por donde se quiera, y siempre se observará, cuando se la considere á grandes rasgos, idéntica estructura.

Bien se la corte por el valle del Burgo y la Hoya de Málaga, ó por el del Genal, ó por la cresta culminante, siempre se hará visible de una manera más ó menos marcada esa especial constitucion que presta carácter á toda esta comarca.

Si cortamos la Cordillera Bética más al Oriente, por ejemplo, por los Tajos del Gaitan, como he tenido ocasion de hacer en compañía de mi amigo el Sr. Orueta, á quien debo parte de estos datos, veremos que tambien allí domina una estructura semejante.

Siguiendo la vía férrea de Córdoba á Málaga, de Norte á Sur, se observa que al abandonar los terrenos terciarios al Sur de Gobantes, afloran los mármoles rojos del Jura superior, cuyos estratos, despues de describir dos grandes pliegues que se encuentran inclinados hácia el Sur, vienen en su parte superior en anormal contacto contra las calizas probablemente pertenecientes á la série liásica que se encuentran en la base de toda la formacion secundaria de esa parte del país.

Cubriendo á estas calizas por el Sur, se descubre una sucesion de terrenos perfectamente normales, y que pasando por los mármoles oolíticos, se llega á los rojos de la parte superior de la formacion, los que vuelven otra vez á estar por su borde Sur en anormal contacto con las calizas inferiores.

Recubiertas éstas á su vez por los mármoles oolíticos, se observa que todo el sistema con buzamiento al Sur viene á penetrar aparentemente por debajo de las pizarras antiguas que con idéntico buzamiento se ven á la salida de este profundo desfiladero, y que parecen reposar sobre el total de la formacion secundaria.

Si de esta parte de la provincia de Málaga nos trasladamos á la porcion limítrofe con la de Granada, se verá que una estructura análoga sigue tambien dominando en esta parte de la Cordillera Bética.

Si nos fijamos en las elevadas cumbres al Sur de Alhama de Granada, que separan las aguas mediterráneas de las que van

á verterse en el Genil, veremos que la Cordillera está constituida en este sitio por una série de pliegues en el terreno orientados próximamente de N. E. á S. O., y formados por la série de calizas y pizarras antiguas de esta parte del país.

Si se corta el terreno precisamente por su punto culminante en Sierra Tejada, se ve que á grandes rasgos puede considerarse su estructura como semejante á la observada en el extremo occidental de la Cordillera.

Cuando se abandonan los depósitos secundarios al Norte de la Alcaicería, aparecen las pizarras antiguas, cuya série de depósitos forman dos grandes pliegues desde aquí hasta más allá de Sedella, y uno de los cuales forma en su eje sinclinal la masa de Sierra Tejada.

Constituida esta Sierra en su casi totalidad por las potentes calizas magnesianas que ocupan un lugar bastante elevado en toda la série estratificada de esta parte de Andalucía, aparecen las pizarras cloríticas y anfibólicas de la base en el eje anticlinal, entre Sedella y la cumbre, y despues de volver á formar el sinclinal las calizas en el mismo Sedella, viene todo el sistema á estar en contacto por el Sur con las pizarras granatíferas que en toda Sierra Nevada ocupan al parecer la base de la formacion estrato-cristalina.

Desde aquí, en direccion de Velez-Málaga, desaparecen las calizas, y las pizarras cloríticas y anfibólicas de su base, aflorando las pizarras granatíferas por debajo de un gran espesor de pizarras micáceas con gran desarrollo al Sur, y que á su vez desaparecen bajo el nivel del mar ó de los terrenos terciarios de la costa; no volviéndose á ver los estratos de la parte superior de la formacion; disposicion de terrenos que en mi juicio corresponde á una estructura análoga á la señalada en el resto de la Cordillera Bética.

Aún es muy escaso el caudal de necesarios datos que poseo para poder darme cuenta de la estructura de Sierra Nevada; sin embargo, no deja de llamar la atencion el contraste que presenta la regularidad de los pliegues de los estratos de esta Sierra desde la Vega de Granada hasta más allá de la cresta culminante, con la série de fallas que parecen existir en la vertiente mediterránea.

Es probable, sin embargo, que cuando mi amigo el señor Botella publique los numerosos datos que sobre esa comarca

posee, pueda entónces formarse un juicio exacto acerca de su verdadera constitucion.

Pero aún más al Oriente nos es permitido ver indicios de esta especial estructura de la Cordillera bética, gracias al interesante corte del Sr. Cortázar, desde Arboleas al Cerro Gordo, en la provincia de Almería, pasando por las sierras María y de las Estancias, en el cual se ve que por una série de fallas escalonadas vienen los depósitos secundarios que forman la Sierra María á chocar por falla contra el borde Norte de la masa más antigua de la Sierra de las Estancias.

Si de este reborde meridional de la Península pasamos á estudiar la estructura dominante en todo el Sudoeste de este inmenso promontorio, se verá que por todas partes se descubre idéntica tendencia, cuando los trastornos han sido de alguna intensidad, de caer todo el territorio visiblemente hácia el Sur.

Al ocuparme de la estructura geológica dominante en el Norte de la provincia de Sevilla me extendo en algunas consideraciones acerca de la que en mi juicio domina en Sierra Morena y gran parte de la meseta central española.

Allí digo que la Sierra Morena me parece el resultado de una série de accidentes que se han sucedido durante los remotos tiempos paleozóicos, y que con notable constancia se encuentran orientados alrededor de la direccion de N. O. á S. E.

Con posterioridad y probablemente al iniciarse la época triásica, se produjo una evidente falla en direccion de O. S. O. á E. N. E., á la cual parece ajustarse el cauce del Guadalquivir.

Esta quiebra ha dado por resultado que miéntras los trastornos de la region de la Sierra Morena están orientados de N. O. á S. E., á cuya direccion se ajustan la mayor parte de sus innumerables eslabones, la línea de aguas vertientes de la cordillera Mariánica se encuentra cortando á un gran ángulo todos estos accidentes, y que ésta se halle casi invariablemente en los bordes de los grandes llanos de Extremadura y la Mancha, descendiendo el terreno desde allí á la vaguada del Guadalquivir por una série de barrancos de rápida pendiente.

Esta especial estructura lleva necesariamente á considerar esta cordillera como simplemente el desgajado borde de la meseta central española, que gracias á la gran quiebra por donde

corre el Guadalquivir, deja en la actualidad al descubierto la íntima estructura de esa verdadera ruina de cordillera, contrastando con su prolongación al N. O. en Extremadura y la Mancha, tan por igual deprimida, y cubierta en muy gran parte por depósitos recientes.

Prescindiendo ahora de detalles en que ya he entrado al ocuparme de la provincia de Sevilla, señalaré algunas de las coincidencias que en su conjunto estos terrenos presentan.

Al descender de las grandes llanuras de la Mancha á Andalucía por el conocido paso de Despeñaperros, se observa que las cuarcitas que describen numerosos pliegues en la entrada Norte de este paso vienen á chocar por el Sur contra la masa granítica que aflora en Santa Elena, masa que en su borde Sur se halla cubierta por pizarras antiguas, desapareciendo en este sitio el gran espesor de cuarcitas silurianas que se encuentran en su borde Norte en tan inmensa potencia.

Cortada la Sierra Morena aún más al Occidente, siguiendo, por ejemplo, el ferro-carril de las Ventas de Almorchon á Belmez, se observa que mientras las cuarcitas silurianas de las cercanías de Belcazar vienen á estar en la próxima vecindad del borde Norte de la masa granítica de los Pedroches; ésta desaparece por el Sur por debajo de un inmenso espesor de pizarras antiguas, las que ya cerca de Valsequillo están dominadas por las cuarcitas silurianas, las que á su vez lo están por los depósitos carboníferos, viniendo todo este sistema en anormal contacto por su borde Sur contra la masa cristalina de la Sierra de los Santos.

Esta masa se halla á su vez cubierta al Sudoeste por las pizarras antiguas que forman el subsuelo, sobre el que se ha depositado la potente série de calizas y pizarras pertenecientes al cambriano superior ó siluriano inferior de la provincia de Sevilla, viniendo toda esta série de rocas á repetir el idéntico fenómeno de la Sierra de los Santos, á orillas del Huesna y del San Pedro, contra cuya masa granítica parece chocar todo el sistema, pudiéndose seguir este fenómeno hasta los límites casi de la provincia de Sevilla, como ya he tenido ocasion de indicar.

Por consiguiente, también en esta parte de la Península se observa una série de contactos anormales, y al Sur de los cuales es la sucesión de depósitos relativamente normal, obser-

vándose en esta disposición la idéntica tendencia de caer en su conjunto todo el territorio hácia el Sur.

Pero aún más léjos puede trazarse esta estructura; si penetramos hácia el interior de la meseta central y se examina la constitución de la Cordillera Carpeto-Vetónica, se verá que también aquí se observa idéntica tendencia.

Si nos fijamos en la estructura de la Sierra de Guadarrama, se verá que esta sierra parece casi exclusivamente estar constituida por granito y por gneiss, y considerada en su conjunto, presenta una estructura, aunque perfectamente inversa en un todo, semejante á la que G. Fabre señala como dominante en la parte de la meseta central francesa que abraza el Mont-Lozère.

Desde Segovia á Peñalara, por ejemplo, la disposición del terreno parece ser la siguiente:

Edificado este pueblo en los bordes del terreno cretáceo, en su contacto con el granito, se ve á la salida del pueblo, camino de San Ildefonso, cubierto el granito por el gneiss, con buzamiento al SE., siendo notable el contacto de estas rocas por el tamaño de los cristales de feldespato que se encuentran en el gneiss.

Sigue el gneiss dominando hasta un par de kilómetros al Sur de Quitapesares, en donde reaparece el granito atravesado por algunos diques de pórfidos, especialmente en las cercanías del contacto con el gneiss.

Ya cerca de Quitapesares reaparece otra vez el gneiss, que hácia el Sudoeste parece formar parte de la cresta culminante en Monton de Trigo y otras alturas.

Continúa esta roca buzando en su conjunto hácia el SE., hasta que próximo al puente sobre el Balsain, ya cerca de San Ildefonso, vuelve á aparecer el granito atravesado igualmente por diversos diques de pórfidos en el contacto.

Adquiere desde aquí esta roca un gran desarrollo, y mientras al NE. desaparece á poco, hácia el Sudoeste, por el contrario, llega á formar las grandes masas de los Siete Picos y alturas próximas.

A media ladera de Peñalara vuelve otra vez á desaparecer el granito bajo un gran espesor de gneiss, con idénticos grandes cristales de feldespato que pueden verse en el contacto en Segovia.



Forma desde aquí el gneiss y siempre con buzamiento al SE. las cumbres de Peñalara, y con rapidez descienden al valle del Lozoya, ya en la vertiente del Tajo; y aflorando otra vez el granito en el fondo del valle, según el ilustre Prado, vuelve otra vez el gneiss á formar las cumbres en Cabeza de Hierro, y así sucesivamente, hasta desaparecer la Sierra por debajo del espeso manto de terreno cuaternario de la provincia de Madrid.

Esta disposición del terreno parece, en mi juicio, ser el resultado de una serie de fallas; cuyos segmentos resultantes han efectuado una parcial rotación sobre su eje, cayendo todos ellos hácia el Sur, dando razón del por qué, cuando se marcha de Norte á Sur, se encuentra primero el contacto normal entre el granito y el gneiss, caracterizado por la presencia de los grandes cristales de feldespatos, y luego el anormal que coincide con la presencia de las grandes masas porfídicas, cual si éstas hubieran aprovechado en su salida las grandes fallas que atraviesan el país, pareciendo el gneiss en estos sitios cual si penetrara hácia el interior de las masas graníticas.

Esta estructura de la Sierra de Guadarrama parece común á una gran parte de la Cordillera, pues según el Sr. Donayre, en la de Gredos se observa una constitución semejante.

Hácia el Sur de ésta parece también verse una estructura análoga en el corte de los Sres. Egozcue y Mallada, desde Placencia á Trujillo; pero aún más léjos puede seguirse esta especial disposición del terreno, pues según me ha dicho el señor Delgado, la formidable posición de Torres Vedras parece el resultado de una estructura parecida, debida á una serie de fallas que atraviesan el país, ocurriendo que mientras los bordes septentrionales de los fragmentos resultantes caen rápidamente al Norte, por el Sur es esta caída mucho más suave, disposición cuya ventaja no es necesario encarecer para un ejército que domine la costa, como aconteció en la ocasión en que esta posición adquirió su celebridad.

Parece, por consiguiente, que en una gran parte de la Península Ibérica existe una tendencia perfectamente inversa á la que rige en el resto del continente europeo.

Así como en éste se observa, en sus varios accidentes geológicos, una tendencia á inclinarse marcadamente hácia el Norte, en la Península se observa una tendencia análoga, de caer todos sus accidentes hácia un punto determinado, pero

que en vez de ser la caída en esa dirección, se descubre, por el contrario, la tendencia de inclinarse hacia el Sur, coincidiendo este fenómeno con el gradual descenso que en su conjunto el promontorio Ibérico presenta desde la Cordillera Celtibérica al Océano Atlántico y á cuya dirección se ajustan sus grandes ríos.

Contraste es este, notable bajo más de un concepto y que me parece íntimamente ligado al gran problema, de las fuerzas que han dado su relieve á la actual superficie de nuestro planeta.

Cualesquiera que sean las divergencias que en las últimas conclusiones puedan dividir á los pensadores que han tratado de este asunto, en el punto de partida parecen coincidir todos los pareceres, refiriéndose sin excepcion los grandes trastornos de la superficie del esferóide terrestre al enfriamiento secular de nuestro globo.

Por consiguiente, prescindiendo ahora de si hay que considerar al planeta como una masa en estado de fusion en lo interior y cubierta por una película de mayor ó menor espesor, ó si todo él debe de considerarse como una masa perfectamente sólida, puede sostenerse que el diámetro absoluto del globo terrestre ha disminuido en la sucesion del tiempo.

Es hecho tambien, por todos reconocido, que desde los más remotos tiempos paleozóicos, ya la vida existia en el globo, desde el Polo al Ecuador, y como con toda probabilidad, ésta no puede desarrollarse sino en estrechos límites de temperatura, es de suponer que las condiciones del planeta, con relacion al caso que estoy tratando, no pueden ya en esos remotos tiempos haberse separado en gran manera de las dominantes en la actualidad.

De aquí lógicamente se deduce, que desde aquellos remotos tiempos existia un estado de equilibrio en la costra exterior del planeta, entre el calor que perdía por radiacion y el que recibia directamente del foco solar, pudiendo para este caso especial considerarse la superficie exterior del planeta como si hubiera permanecido casi á una temperatura constante, desde los primeros albores de la vida en el globo.

Como además se observa que las grandes dislocaciones que han trastornado su suelo son en gran parte de época posterior á la aparicion de la vida en el globo, debe lógicamente

deducirse que la costra que en un momento dado, y cuya temperatura ha permanecido casi constante, formaba la superficie de un globo cuyo diámetro podía representarse por  $a$ , al acomodarse á un globo cuyo diámetro era  $b$ , y que necesariamente tenía que ser menor que  $a$ , ha tenido forzosamente que plérgarse y acomodarse en el menor espacio superficial que por su contracción la masa planetaria le iba dejando.

Como deducción lógica se presenta el problema en los términos en que Mallet lo ha planteado, siendo evidente en este caso que la contracción debe manifestarse en su superficie por fuerzas que obren en la dirección de la tangente, como natural consecuencia del movimiento de contracción que toda la masa ha experimentado en la dirección radial.

Al considerar el arco de círculo que las montañas del continente europeo describen, y cuya concavidad mira al Sur, y al ver la constante tendencia de todos sus accidentes de inclinarse hácia el Norte, parecia verse en este doble fenómeno la natural consecuencia de la contracción secular del globo, que en este sitio se ejercía de Sur á Norte, tumbándose, si se me permite la frase, la masa continental ante el empuje lateral que por todas partes se ejercía.

Pero cuando se considera á la Península Ibérica, se observa que mientras por su parte Norte parece obedecer por completo á esta circunstancia, por el Sur sucede precisamente lo contrario, pareciendo existir una línea hácia la cual se inclinan en sentido inverso todos los accidentes geológicos del país, que posee en su conjunto una verdadera forma de abanico.

Esta especial constitución hace ver que si efectivamente es la masa más resistente la que en el sentido del movimiento atropella á la que menor resistencia opone, cual si tendiera á invertirla, en la Península Ibérica se hace de difícil aplicación este principio, pues si fuera, por ejemplo, la parte más elevada del promontorio en la Cordillera Celtibérica la que atropellara al Pirineo, en la opuesta vertiente no se observaría el fenómeno en sentido inverso; y no necesito encarecer la fuerza de esta contradicción.

Creo, por lo tanto, que es necesario buscar la solución de esta especial estructura en una fórmula más general, y que dé cuenta de la insuperable contradicción que la Península Ibérica presenta; y me parece que sin salirse de las premisas sentadas al

ocuparme de la contraccion secular de la masa planetaria, pueden lógicamente deducirse las condiciones bajo las cuales esa estructura se hace forzosamente necesaria.

Si la costra exterior de nuestro planeta fuera de una sustancia homogénea, es muy probable que la forma que por su contraccion afectara, entrara dentro de esas leyes que por su sencillez relativa llamamos leyes geométricas.

Sin embargo, como la costra exterior del globo está léjos de responder á esta condicion, pues miéntras unos lugares están formados de materiales dúctiles, de pequeña densidad y áun blandos, en otros vemos dominar rocas de gran tenacidad y resistencia, estando por consiguiente el globo terrestre muy léjos de responder á esas condiciones de sencillez relativa, siendo lógico, por lo tanto, suponer que existen partes en su costra exterior que oponen distinta resistencia al acomodarse á la masa interior que se contrae.

Si suponemos, para simplificar el problema, una sola de esas partes ménos resistentes de la corteza terrestre, es evidente que toda ella tendrá una tendencia á descender en la direccion radial, y que teniendo al mismo tiempo su superficie que acomodarse á un espacio de menores dimensiones, tiene que plegarse, comprimirse y romperse en todo género de formas, subiendo y bajando en la vertical los segmentos resultantes; pero en último resultado, existiendo en la parte de corteza que se contrae un punto de máximo descenso en la direccion radial, punto que lógicamente debe tambien de ser el de menor resistencia para toda la parte cuyo centro de gravedad se encuentre más desviado del centro de la masa planetaria, siendo lícito suponer que cuando la contraccion tangencial pase de cierto límite y venga en la direccion de donde viniere hácia esas líneas ó puntos de menor resistencia, tenderán á inclinarse los diversos accidentes geológicos, como parece observarse en todas las regiones conocidas de la tierra.

Llevando, por consiguiente, este principio á sus legítimas deducciones, me parece ver en el cambio de direccion que se observa en la Península Ibérica, la tendencia á inclinarse hácia el punto de menor resistencia, que miéntras para la Península parece hallarse al Sur del promontorio, para el resto del Continente por el contrario, se encuentra al Norte del mismo.

Efectivamente, si se deja contraer una banda de guta-

percha previamente estirada con dos masas resistentes adaptadas en los dos extremos y entre ellas varios lechos horizontales de una sustancia plástica (betun de vidriero, por ejemplo), y separados los lechos entre sí por pliegos de papel para darles mayor consistencia, y en la parte central, por ejemplo, de la masa que se contrae, se pone un pequeño peso que venga á sustituir la tendencia á descender en la direccion radial, se observan hechos sumamente interesantes.

Al comenzar la contraccion, se observa que se generan á ambos lados de las masas resistentes, uno ó más pliegues cuyos ejes anticlinales quedan perfectamente verticales; pero conforme la contraccion aumenta y el empuje lateral se hace más enérgico, invariablemente se observa que los ejes anticlinales tienden á inclinarse en sentido inverso, y al parecer, cual si los estratos tendieran á penetrar hácia el interior de las masas resistentes, pero de hecho hácia el punto que ménos resistencia opone, que en este caso coincide con la parte que ha permanecido en reposo, efecto del peso que sobre ella gravitaba.

Por esta sencilla experiencia, se repite en pequeño el fenómeno que se observa en la Península Ibérica de caer en sentido inverso y separados, por lo que puede considerarse como un plano todos los varios accidentes geológicos del país, que parecen cual si tendieran á penetrar por debajo de la masa resistente á ambos lados de la misma.

Por consiguiente, creo que el hecho que se observa en la Península es simplemente un hecho particular y dependiente de la contraccion secular del esferóide terrestre y que puede formularse como la tendencia en la corteza terrestre de inclinarse hácia aquellos puntos que con mayor facilidad descenden en la direccion radial.

Fenómeno es este, que creo de trascendencia, pues al mismo tiempo que atestigua la magnitud de los fenómenos dependientes de la contraccion secular del globo, atestigua tambien que si grande es el fenómeno con relacion á las dimensiones del planeta, no es menor la magnitud del guarismo por que puede este fenómeno trazarse en la sucesion del tiempo.

Vemos, por ejemplo, que fenómenos que se han iniciado aún en los más remotos tiempos paleozóicos, como sucede en la Península en la Cordillera Carpeto-Vetónica, ó la Mariánica,

se les encuentra obedientes ya á esta tendencia, cual si fuera dependiente de los fundamentales rasgos del esferóide terrestre.

Siendo, además, probable, que si al igual este principio de toda ley en la naturaleza que permanece vigente, cualquiera que sean las causas perturbadoras que la enmascaren, pueda dar razon de muchas anomalías, tales como la señalada por Suëss en su importante trabajo *Sobre el origen de los Alpes*, al ocuparse del Val Sugana y los Alpes de la Istria, que en sentido inverso al Apenino tienden todas sus dislocaciones á inclinarse hácia el fondo de la depresion del Adriático.

# ENSAYO DE HISTORIA EVOLUTIVA

DE LA

## PENÍNSULA IBÉRICA

POR

DON JOSÉ MACPHERSON

---

(Sesión del 3 de Julio de 1901)

---

### I.

Ha sido hace ya bastantes años preocupación constante de mi pensamiento la razón de ser de la forma actual de la Península ibérica, ese macizo cuadrangular que es, puede decirse, el centinela avanzado del continente europeo, y que se halla precisamente en el cruce de sus más grandes dislocaciones.

Ya en el ocaso de la vida, creo de interés el resumir la impresión que numerosas observaciones puedan haber ejercido en mi ánimo, y aunque sin pretender hacer un estudio completo del asunto, exponer en forma sucinta el cómo entiendo yo la razón de ser de la Península ibérica.

Cuando fijamos la atención en las diversas formaciones geológicas que constituyen la Península, lo que hallamos más profundamente situado y que sirve de basamento á toda la serie sedimentaria son las rocas estrato-cristalinas. ¿Qué son y qué representan estas rocas en la historia evolutiva del planeta y de la región que nos ocupa? Con sólo conjeturas puede contestarse á esta pregunta. Numerosas han sido las hipótesis que acerca de su génesis se han emitido. Para algunos geólogos es la serie cristalina un resto de la primitiva costra del planeta, al paso que otros creen ver en ella una no

interrumpida serie de materiales sedimentarios semejantes á los actuales, pero á cuyos materiales han dado nueva vida fenómenos dinámicos posteriores, originándose nuevas formas entre los elementos en presencia, cuyo resultado son los materiales cristalinos que hoy observamos.

En contraposición á esta teoría hay otros geólogos que sólo ven en dichas rocas una serie de materias eruptivas á las que fenómenos dinámicos han dado la forma estratiforme que hoy poseen. Para otros, por último, son aquéllas el resultado de un estado anterior de la vida del planeta, en que más próximo este al estado astral, representa el momento tal vez de muy larga duración en que la masa acuosa, reducida en un tiempo al estado de vapor, se precipita sobre la aun cálida tierra, y como resultado de este embate primitivo se produjo dicho complejo de rocas.

Los recientes trabajos de Moissan con el horno eléctrico, dan quizás viva luz sobre este asunto. Sabido es que á las temperaturas de 3.000° que se obtienen en este horno, todas las combinaciones que en nuestra química conocemos sufren los efectos de la disociación; y que las únicas combinaciones posibles entonces son las del carbono y el silicio con los diversos metales. Como todo indica que nuestro planeta ha atravesado por una fase estelar, es deducción lógica el suponer que puede haber pasado por temperaturas iguales ó superiores á los 3.000°, en cuyo caso es probable que de las combinaciones que en la Tierra conocemos ninguna fuera posible, y todos los cuerpos estuvieran disociados, salvo los carburos y siliciuros de los diversos metales, que quizás fueron los que formaron la primera costra sólida del globo.

Andando el tiempo el enfriamiento sigue su curso en el planeta, y conforme el tiempo avanza la temperatura disminuye y nuevas afinidades van á generarse.

Llega el momento en que el hidrógeno y el oxígeno y los alógenos entran en combinación en la densísima atmósfera, y dan por resultado la formación del agua y de los hidrácidos.

Progresando el enfriamiento, el agua y los hidrácidos se precipitan sobre la aún cálida tierra. Sabida es la acción de estos compuestos sobre los carburos y siliciuros metálicos, y asimismo que se forman óxidos metálicos é hidrocarburos. Excuso insistir sobre la serie de reacciones que podrían pro-



ducirse en la superficie terrestre en aquel entonces entre los carburos metálicos preexistentes y el agua y los hidrácidos, y como ciertos óxidos pueden haber pasado en disolución á las aguas de los primeros incipientes mares y los insolubles en suspensión dar lugar á una sedimentación en la que dominaba una actividad química extraordinaria, mientras que los hidrocarburos pasaban á la atmósfera á ser quizás el germen de donde la vida iba á nacer y desarrollarse.

Dadas esas condiciones es muy posible que resultara una sedimentación particular, distinta en cierta manera de la actual, pero que andando el tiempo llega á confundirse con ella, y de condiciones tales, sobre todo en un principio, que la cristalización de los óxidos metálicos fuera su nota característica.

Razones poderosas hay sin duda en que fundar las citadas teorías, pues partidarios tienen todas ellas entre los geólogos; pero la última es la que nos parece que da más perfecta cuenta de los hechos observados y la más de acuerdo con el proceso evolutivo que por todas partes observamos.

## II.

Las rocas estrato-cristalinas ó arcaicas de la Península forman un complejo de un alto interés, y en otra ocasión hube de ocuparme de sus principales caracteres en las diversas regiones de dicho territorio.

A grandes rasgos puede este sistema considerarse como constituido por tres tramos principales.

Forma la base un inmenso espesor de rocas gneísicas, de gran homogeneidad y de compacidad extrema en todo el tramo y de una monotonía de constitución verdaderamente extraordinaria.

En general son gneíses de grano grueso, en los que el feldespato forma gruesas glándulas ó masas lenticulares, á veces de gran tamaño, y que prestan á la roca un carácter muy especial. Me parece reconocer este tramo inferior en su parte más profunda al pie de la Peñalara en la cordillera Carpeto-Vetónica, donde aflora un granito gneísico muy curioso y cuyo espesor es en extremo considerable. Superpuesto á este

horizonte se encuentra el medio, que es también de un espesor notable. Este horizonte está igualmente constituido por rocas gneísicas, pero que se distinguen de las inferiores, no sólo por el mayor predominio de la mica, sino por lo mudable de su facies.

Con frecuencia entre estos gneíses micáceos se intercalan lechos y lentejones de calizas cristalinas, ricas en mica ó cipolinos, pizarras anfibólicas y piroxénicas; masas estratiformes de granulitas y otra diversidad de rocas que dan un carácter muy especial á este complejo de rocas; siendo de notar la frecuencia con que diversos minerales, tales como el granate, la cordierita, la wernerita, etc., vienen asociados tanto á los gneíses como á las otras rocas.

A su vez estas rocas se funden por su parte superior con el horizonte superior formado por un enorme espesor de micacitas, ricas también en minerales, que pasan á su vez á las pizarras micáceas y cloríticas, las cuales se funden en muchos sitios con verdaderas filitas, serie de rocas que componen la plataforma sobre que se ha depositado toda la enorme masa sedimentaria que forma hoy día la parte más considerable de la Península.

Allá, de los albores del remoto período cambriano, período de gran antigüedad, pero en el cual la Tierra se hallaba ya en un estado semejante al actual y en el que la vida hacia su aparición, se revelan hechos de inmensa importancia y que vierten radiante luz sobre los primeros orígenes de lo que sería más tarde Península ibérica.

Tanto en el NW. como en el SW., y aun en el centro del país, puede comprobarse un hecho que reviste verdadera importancia. Alrededor y en la proximidad de algunos de los macizos arcaicos que afloran tanto en la región galaica como en Extremadura, se observa que, cubriendo á éstas directamente, existe un gran espesor de pizarras que forman la base de las bien conocidas cuarcitas de bilobites, serie de pizarras que son la base de la formación cambriana de la Península.

En estas pizarras se observa con frecuencia suma que el grano fino del sedimento aumenta de tamaño, y en algunos sitios están llenas de trocitos de filadios y otras rocas, y pasan á constituir verdaderas grauwackas.

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

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

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

### III.

Tres grandes macizos arcaicos existen en la Península.

Uno ocupa la región del NW. en Galicia y parte de Portugal; otro en la región central forma hoy día en parte la cordillera Carpetana, y el otro ocupa la región costera meridional ó mediterránea.

Cuando se estudian estos macizos y se les compara los unos con los otros, el hecho más constante que presentan es la frecuencia con que se descubren en ellos retazos de grandes pliegues orientados constantemente de SW. á NE.

Por ejemplo, en Andalucía se observa hoy día en la cadena litoral ó Penibética una serie de macizos arcaicos independientes, y en todos ellos se ve la idéntica tendencia; basta mencionar el gran pliegue que constituye la Sierra Blanca, al N. de Marbella, en la Serranía de Ronda; el inmenso pliegue que en el Puerto de Sedella se pone de manifiesto, formando una

de las ramas del pliegue las calizas cristalinas de la Sierra Tejea, y del otro las mismas calizas de la Sierra Almirante.

En la Sierra Nevada parecen también revelarse indicios de un gran pliegue tumbado hacia el N. en ese monolito de pizarra, como gráficamente lo describe M. Barrois. Si de allí pasamos á Galicia, el mismo fenómeno volverá á repetirse, á saber: buzamiento de estratos de NW. y de SE. en todos aquellos sitios que se encuentran libres de erupciones graníticas posteriores. Cuando se llega á la ría de Foz desde Rivadeo, y se abandona el cambriano para penetrar en las pizarras arcaicas, vense á todas ellas con buzamientos al SE.; pásanse las asperezas de la Sierra Faladoira, y al llegar á la Sierra Capelada, vuelven á manifestarse los mismos pliegues; buzan las pizarras serpentínicas de las cercanías de Santa Marta de Ortigueira al SE., y á poco los farallones de la costa en Cariño lo hacen al NW. Igual fenómeno se repite en todo el arcaico de Galicia cuando se le considera á grandes rasgos, y todo induce á creer que, á semejanza de lo observado en la cadena litoral, grandes pliegues orientados de SW. á NE. fueron la característica en esta región de las dislocaciones del arcaico.

Si de la región del NW. pasamos á la central, vemos el idéntico fenómeno; por ejemplo, en la parte más elevada de la Sierra de Guadarrama llama la atención el que, salvo en algunos sitios especiales, de que tendré ocasión de hablar, los estratos buzan con gran constancia hacia el SE. Al pronto da lugar esta disposición de los estratos á todo género de suposiciones; pero en el sitio llamado Cerro de la Cruz, en el valle del Lozoya, se encuentra la solución del enigma.

Este cerro, que puesto al descubierto en el sitio por donde el Lozoya corta el valle llamado la Angostura, se ve que está constituido por un agudísimo pliegue y acostado hacia el NW. ( lám. III), hecho que da la clave de ese constante buzamiento hacia el SE. de todo el sistema.

Se ve, pues, que los núcleos arcaicos que hoy observamos, tanto en Galicia como en la región central, como en la cadena litoral, parecen ser el remanente de tres grandes zonas de plegamiento que existían ya como tales al comenzar el período cambriano, el fundamento de lo que iba á ser Península Ibérica. Resulta, pues, que con anterioridad al período cambriano, el terreno ocupado hoy por esta Península experimentó

una serie de presiones tangenciales, que dieron por resultado la formación de tres grandes zonas de plegamiento, orientadas de SW. á NE., y cuyas partes culminantes parecen haber coincidido con las tres zonas mencionadas.

Quizás desde aquella remota época quedaron iniciadas las dos grandes áreas de hundimiento que tan importante papel desempeñan en la economía de la actual Península, cuales son la llamada depresión hispano-lusitana y la del valle del Guadalquivir y valle del Segre en Cataluña.

Así como los sedimentos del comienzo del cambriano indican que en aquel entonces existían tierras emergidas de importancia, los sedimentos que le siguen revelan, por el contrario, un movimiento inverso en el terreno, y que al iniciarse la época paleozoica, la Península formó un gran geosinclinal.

Ascendiendo en la formación cambriana á cierta altura, los conglomerados se pierden, y aun á las grauwackas suceden pizarras satinadas.

En algunos sitios, tanto en la proximidad de los conglomerados, como entre las pizarras, se intercalan lechos de diabasas, á las que acompañan rocas muy curiosas, que parecen corresponder por su composición y estructura á verdaderas tobas volcánicas, todo lo cual induce á creer que durante ese período de hundimiento, estuvo parte de la actual Península sometida á una actividad eruptiva de bastante intensidad.

Sucede á estos lechos pizarreños un gran espesor de calizas y cuarcitas, que forman la mayoría, sobre todo las últimas, de nuestras agrias sierras silurianas. Á estas rocas sigue otro considerable espesor de pizarras ricas en fósiles de la segunda fauna.

Esta serie de sedimentos hace ver que así como los conglomerados del cambriano revelan la existencia de tierras emergidas y mares de poca profundidad, esta serie de depósitos manifiesta, por el contrario, que el fondo del mar ha ido paulatinamente hundiéndose para permitir la enorme cantidad de depósitos que hoy observamos, y todo lleva á suponer que durante las épocas cambriana y siluriana, la Península experimentó un prolongado período de descenso, durante el cual las tierras huronianas ó ante-cambrianas llegaron tal vez á desaparecer por completo, y el mar ocupó quizás todo el ámbito de la actual Península.

Hacia el final del período siluriano, el movimiento de descenso en el terreno parece haber disminuido, cuando menos, en la parte central de la Península, pues los depósitos silurianos de la tercera fauna se hacen escasos y de pequeño espesor, y los del devoniano, no sólo son de exiguo espesor, sino que las erosiones posteriores los dejan reducidos á retazos de poca importancia é irregularmente repartidos por todo el ámbito de la actual meseta.

Por el contrario, en el N. de la Península, en la región cántabro-pirenaica, adquieren tanto los depósitos del siluriano superior, como los devonianos un espesor muy considerable.

Pasado el período devoniano se llega quizás al momento más importante de la historia evolutiva de la Península.

Durante el espacio que media entre el final del devoniano y los albores de la época secundaria, se produce en la Península una serie de dislocaciones y trastornos de inmensa transcendencia y magnitud, y que sumándose con los antiguos de fecha precambriana, prestan, puede decirse, un carácter fundamental á la actual estructura de la Península.

El geosinclinal iniciado en el comienzo del cambriano, experimenta una parada en su descenso, y mientras sigue éste en el N., por el SW, también se nota que el mar carbonífero cubre transversalmente parte de Portugal y de la actual provincia de Huelva, y penetrando por lo que en la actualidad es el valle del Guadalquivir rellena con sus depósitos de caliza de montaña y pizarras, sitios tan próximos á la actual meseta central, como son las Sierras de Espiel y de Palacios, y los pequeños islotes de las cercanías de Fuente Ovejuna; indicando esta serie de fenómenos, que ya en aquella remota época el valle del Guadalquivir jugaba un papel análogo al que le veremos desempeñar desde la época secundaria al plioceno.

En los bordes del mar carbonífero se formaban la serie de cuencas hulleras que hoy día se encuentran denudadas y que en un tiempo deben quizás de haber estado más ó menos unidas por todo el ámbito de la actual Sierra Morena.

Relacionada sin duda con este trastorno del gran geosinclinal de la época paleozoica, se inicia una serie de compresiones en los estratos paleozoicos de colosal importancia, y que fueron acompañados de erupciones de ingentes masas graníticas y porfídicas; masas que en la actualidad prestan un carác-

ter muy especial á toda la región occidental de la Península.

Así como en la compresión precambiana estuvo el país sometido á presiones tangenciales que arrollaron los estratos de SW. á NE. viniendo las presiones bien del NW. ó del SE., en este período las presiones se han ejercido rectangularmente, ó sea próximamente desde el SW. al NE.

Como consecuencia de estas presiones, toda la Península parece haber sido afectada; pero donde se ejerció su acción principalmente, fué en la mitad occidental. El resultado inmediato para esta parte de dicho estrujamiento tangencial, fué la producción de una serie de pliegues en todos los estratos paleozoicos arrumbados de NW. á SE.

Estos pliegues en sedimentos blandos, como las pizarras, son á veces de pequeñísimo radio, pero en los duros, como las cuarcitas y las calizas, le tienen muy amplio, y pueden seguirse sin interrupción desde el extremo NW. de la Península en Galicia hasta el valle del Guadalquivir.

Coincidiendo con este estrujamiento tangencial y tal vez como su consecuencia, hicieron erupción masas ingentes de granitos. Estos no sólo penetraron y rompieron todos los estratos paleozoicos, sino que lo hicieron á través de los arcaicos; los subieron en retazos á la superficie y aun los disolvieron en su masa. Veremos de qué manera estos granitos y los fenómenos que los acompañan, han impreso su sello á muchos de los principales accidentes topográficos del país.

#### IV.

Uno de los fenómenos más curiosos que las dislocaciones presentan en la Península, es lo que puede llamarse la recurrencia en ciertos puntos críticos de las direcciones de las antiguas dislocaciones precambianas.

En efecto, se observa que en los límites de Asturias y Galicia y en el antiguo reino de León, las rocas silurianas y cambrianas al aproximarse á los macizos arcaicos de Galicia, toman una dirección de aquéllos, y por ejemplo las cuarcitas de la Sierra Rañadoiro se orientan de SW. á NE. á semejanza del arcaico contra el que se apoyan.

Desde aquí describen una amplia curva cuya convexidad mira á Poniente y luego, ya lejos del macizo arcaico de Galicia,

vuelven los estratos á tomar su propia direcci3n de NW. á ~~SE.~~ 15

Siguen desde Galicia hacia el S. y SE. las masas graníticas cada vez más pujantes y rodeando numerosas masas de rocas cristalinas, mientras que á Levante se va desarrollando en numerosos pliegues toda la serie paleozoica en las actuales sierras Segundeira, de Peña Negra y de la Culebra.

Al llegar á la depresi3n hispano-lusitana, la acci3n dinámica parece en cierta manera debilitarse, hasta el punto de que las erupciones graníticas casi desaparecen de la superficie en todo el ámbito de esta depresi3n.

Simultáneamente se nota un fenómeno semejante al observado en los límites de Asturias y Galicia, y en el que vamos á parar alg3n tanto la atenci3n, pues da raz3n de detalles importantes del relieve actual de la Península. Vuelven aquí otra vez en las cercanías de la regi3n de plegamiento del centro de la Península á hacerse predominantes las direcciones derivadas. En efecto, una rama de plegamiento en el terreno paleozoico y de erupciones graníticas, continúa por todo Portugal hasta las orillas del río Guadalquivir.

Pero, del otro lado de la depresi3n hispano-lusitana, surge el granito en inmensa masa desde las provincias de Salamanca y Cáceres, forma la ingente masa de la Sierra de Gredos y viene á concluir en la Sierra de Guadarrama entre las provincias de Madrid y Segovia. Esta masa granítica, orientada de WSW. á ENE., en vez de estarlo de NW. á SE. como las restantes, empasta en su seno grandes retazos de rocas arcaicas: una de las más importantes se extiende desde las cercanías de Béjar hasta el S. de La Serrota en la provincia de Avila.

Sigue la masa granítica á Levante con considerable anchura, y después de formar la Paramera de Avila, al llegar á las cercanías de San Martín de Valdeiglesias y Cebrenos, parece que va á desaparecer, á juzgar por las dimensiones de los retazos de rocas arcaicas que empasta, pero por corto trecho, pues pasados los montes del Escorial hace el granito un último esfuerzo, se bifurca en dos ramas ante el macizo arcaico de la Sierra de Guadarrama, y á poco viene á concluir.

El modo que tiene de terminar la erupci3n granítica presenta fenómenos de interés dinámico, pues no sólo pone de manifiesto importantes problemas de orogenia, sino que da su relieve á una de las principales partes de la Península.



El granito, pasados los montes del Escorial, vuelve á quedar libre de retazos de rocas arcaicas y con grande anchura, pero de altura escasa, salvo en el costillar de la divisoria entre la Peña de la Cierva y el Puerto de Guadarrama y alcanza á los límites del macizo arcaico que constituye la parte más alta en la actualidad de la Sierra de Guadarrama. Al llegar aquí el granito en su indicada bifurcación forma una especie de reborde elevado que levanta al gneis á la espalda en toda su extensión.

En efecto, si nos fijamos en la orografía de la Sierra de Guadarrama de las limítrofes provincias, notaremos una serie de protuberancias graníticas apoyadas sobre otra de protuberancias gneísicas. Vemos, por ejemplo, en la provincia de Segovia la serie de macizos graníticos llamados los Picos de Pasapán apoyados sobre el macizo gneísico de la Sierra de Peña del Oso, y á estos montes enlazar con la airosa protuberancia granítica de Tres Picos, que á su vez se apoya contra la gallarda masa gneísica de Montón de Trigo y Cerro Minguete.

Continúa después el reborde granítico á la hermosa montaña de los Siete Picos, punto, como veremos, de la bifurcación del granito; y á las asperezas de la Maliciosa, masa agria de granito que se apoya á su vez contra el gneis de las Guarrmillas.

Desde aquí sigue el reborde granítico por la Sierra de Matalpino y las Pedrizas, apoyado contra la masa gneísica de las Guarramas y las Cabezas de Hierro, hacia la Najarra, antes de llegar á la cual, el granito desaparece, para volver á hacer otra salida en las cercanías de Bustarviejo y la Sierra de la Cabrera, siempre con su reborde gneísico á la espalda, y ya desde allí cesar definitivamente.

El granito, como he dicho, se bifurca al llegar al macizo gneísico. En efecto, desde los Siete Picos avanza una rama al N. en una extensión de unos 20 km. por 5 de ancho, mientras que el contacto al E. se ajusta á la línea W. á E.

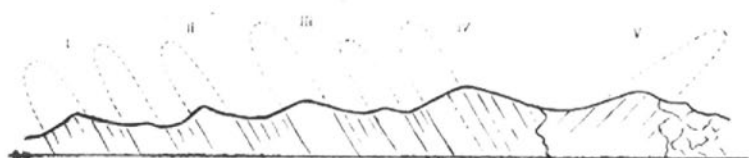
El ramal que penetra al N. presenta particularidades muy curiosas; mientras su borde occidental, ó sea el contacto con el gneis, ocupa casi el fondo del valle, el contacto oriental se eleva en Peña Citores á más de 2.000 m. sobre el mar; desde allí el contacto descende hasta las cercanías del Chorro y la Malaya, donde el granito concluye.

Antes de terminar se observa un fenómeno por todo extre-

mo notable. Ya he indicado que los buzamientos en el gneis en estos montes es al SE. Que estos pliegues en el terreno arcaico son anteriores á la erupción granítica, queda en estos montes plenamente demostrado.

Cuando se corta la cordillera en este sitio, por ejemplo, desde el monte llamado la Atalaya en los alrededores de San Ildefonso á la Peñalara, punto culminante de la Sierra de Guadarrama, se ve que el terreno forma próximamente los restos de cinco grandes pliegues puestos de manifiesto como el adjunto corte indica (fig. 1), por el afloramiento repetido de las rocas gneísicas inferiores.

Fig. 1.

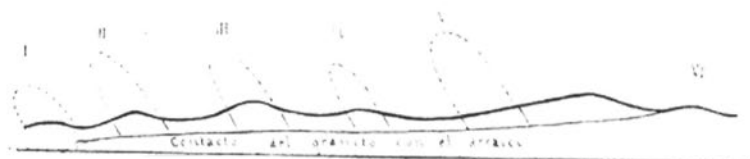


CORTE Á TRAVÉS DE LA SIERRA DE GUADARRAMA.

I. Atalaya. — II. Peñas Buitreras. — III. Rebutón. — IV. Peñalara. — V. Cabezas de Hierro.

Desde Peña Citores, en que el granito corta el pliegue de Peñalara, se hallan los otros pliegues, hasta la Atalaya, cortados como pueden estarlo las hojas de un libro, poniendo de manifiesto esta disposición del contacto entre ambas rocas el que ya el arcaico estaba plegado y ha sido seccionado como con una hoz (fig. 2) cuando la erupción granítica tuvo lugar.

Fig. 2.



CORTE QUE MUESTRA LA MANERA CÓMO EL GRANITO CORTA LOS PLIEGUES DEL ARCAICO EN LAS CERCANÍAS DE SAN ILDEFONSO.

I. Pliegue de la Pedrosa. — II. Pliegue de Peñas Buitreras. — III. Pliegue del Rebutón. — IV. Pliegue de Quebranta Herraduras. — V. Pliegue de Peñalara. — VI. Peña Citores.

En las cercanías del sitio donde el granito concluye, se observa un fenómeno muy curioso, por ejemplo, en la misma Atalaya y en los montes próximos, donde se ve que los buzamientos se hacen hacia el E., ENE. y aun NE., en todo el límite del contacto septentrional.

Al llegar al Chorro, lugar bien conocido de todos los visitantes del Real Sitio de San Ildefonso, por su aspereza y salvaje grandeza, se advierte un interesante fenómeno. El granito llega al límite de su anchura, y desde aquí corre su contacto de N. á S., en vez de W. á E. como venía sucediendo. En este punto se observa lo siguiente: el granito que ha venido en contacto con los gneises inferiores ó glandulares con buzamientos al NE., de repente desaparece en su dirección al E. y con él los gneises inferiores, y corriendo entonces de N. á S., se pone en contacto con el gneis micáceo superior. Pero lo más notable es que el buzamiento de los estratos que iba al NE., de repente cambia al SE., produciéndose una curvatura en ellos que da razón, á mi juicio, de las asperezas del Chorro. En su conjunto la curva que los estratos describen, afecta próximamente forma de bayoneta. El croquis siguiente (fig. 3) podrá dar una idea del fenómeno que al terminar la erupción granítica se produjo. No es sólo aquí donde se observan manifestaciones de esta naturaleza, testimonios de la magnitud de los trabajos orogénicos que se han operado en el territorio del suelo español: si trasponemos la divisoria del Duero y llegamos al valle del Lozoya, veremos una serie de fenómenos análogos á éste, pero que se suceden en sentido inverso.

Situándose en cualquier punto de la cumbre divisoria, en donde se desarrolla el total del valle del Lozoya, nótase que mientras en la Peñalara, por ejemplo, los buzamientos de los estratos son de SE., en las Cabezas de Hierro, en las Guarrañas y en todas las cumbres del reborde gneísico del granito, los buzamientos son de S. y SW. La Peñalara es una montaña de un alto interés. Forma esta masa con su prolongación de las Dos Hermanas una verdadera cuña comprendida entre el granito de Peña Citores por un lado, y el valle del Lozoya por otro, componiendo una masa de gneis independiente y completamente acribillado de diques de granito y microgranito. Desde el puerto del Paular la rodea la banda de gneis del

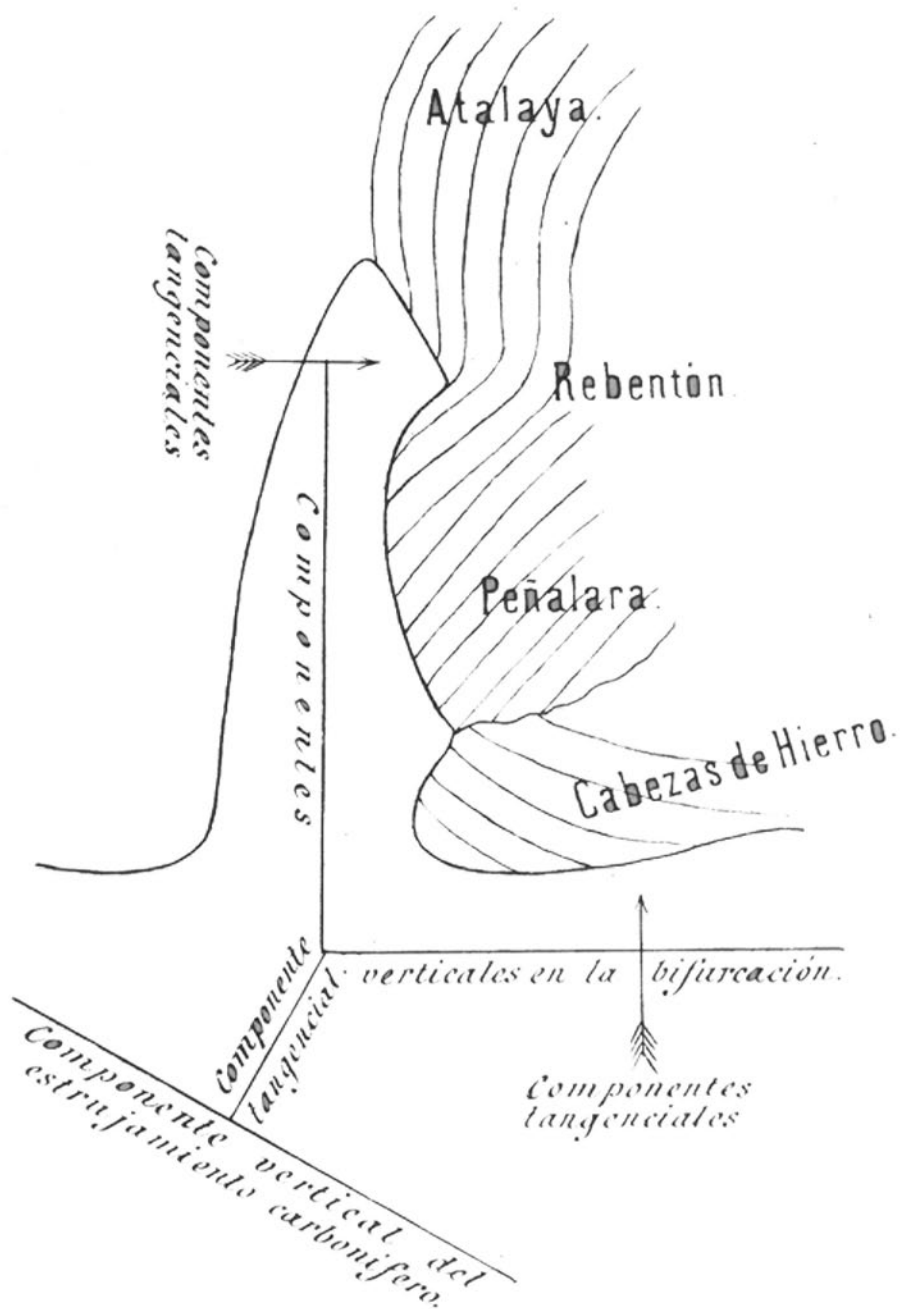


Fig. 3.—Esquema del contacto entre el granito y el gneis en su bifurcación en la Sierra de Guadarrama

valle del Lozoya, y entre ambas se forma este ancho y ameno valle, el único que merezca el calificativo de longitudinal en toda la Sierra de Guadarrama.

Es la Peñalara, como se verá por lo que sigue, el punto que más principalmente ha resistido los embates de la erupción granítica, y desempeña un verdadero papel de horst en estas montañas.

El esquema de la fig. 3 puede dar una idea de la disposición del terreno en su derredor, pues el valle del Lozoya está constituido, en mi juicio, por el macizo de gneis resistente de la Peñalara, verdadero horst de la Sierra de Guadarrama, y otro macizo gneísico arrollado á impulso de la erupción granítica sobre éste, formándose entre ambos la parte superior del referido valle.

Para explicarse esta serie de fenómenos hay que tener en cuenta lo siguiente. El estrujamiento tangencial que tuvo lugar en la época carbonífera, sin duda alguna, ha procedido del SW. Si consideramos, al mismo tiempo, que la dirección que el granito trae en todo la zona carpetana, es en cierta manera una dirección derivada de las antiguas dislocaciones precambianas.

Si además tenemos en cuenta que el granito en este sitio encuentra una resistencia superior á la fuerza eruptiva que le queda en el macizo arcaico, y que al concluir se bifurca en dos ramales, uno orientado de E. á W., y otro de N. á S., cuyas dos direcciones pueden considerarse como las dos componentes en la vertical, y que éstas estarán acompañadas de otras dos tangenciales, una de S. á N. para la rama E. á W., y otra de W. á E. para la rama S. á N. Estas condiciones explican el por qué los estratos en la extremidad del contacto se inflexionan al E. y al NE. en los terrenos de San Ildefonso, y cómo el macizo desprendido del valle del Lozoya se arrolla sobre el de Peñalara, cambiando su buzamiento á la inversa del primero al SW., cual corresponde á estratos orientados de SW. á NE., que se les haga girar bajo la acción de una fuerza tangencial que viniera de S. á N.

De análoga manera quedan explicadas las anomalías que se observan con frecuencia en los retazos cristalinos aprisionados en el granito. Los montes del Escorial, por ejemplo, están formados por un retazo gneísico, por completo bañado en el granito.

Estudiando en sus detalles este trozo de gneis, lo primero que salta á la vista es el que los buzamientos que en los lugares próximos de la Sierra de Guadarrama son al SE., en estos montes son al S. y al SW. Cuando se tienen rocas al descubierto que sean fáciles de seguir, tales como algunos de los lechos de calizas y de rocas verdes, se ve que se arrumban de WNW. á ESE., ó sea, casi rectangulares á su posición primitiva.

La disposición descrita de los islotes de rocas arcaicas en el granito, parece ser un caso general de lo observado en la parte más elevada de Guadarrama, y parece como si envueltos estos trozos en la masa granítica hubieran experimentado un cierto movimiento de rotación, y desprendidos del macizo principal, hubieran tenido la tendencia á orientarse en cierta manera normalmente al sentido en que el estrujamiento tangencial se verificaba.

Resumiendo, pues, lo expuesto, puede decirse que la Sierra de Guadarrama en su parte culminante, es el resultado de lo siguiente.

Estratos arcaicos previamente plegados, desde la época precambriana, en una serie de agudísimos pliegues, como el cerro de la Cruz pone de manifiesto, y confirma plenamente un ligerísimo examen de las rocas de la vertiente del Duero.

Estos pliegues del arcaico se hallan todos ellos acostados, quizás desde su origen, en la época precambriana, y hacia el fondo de la depresión hispano-lusitana.

Con posterioridad viene la compresión carbonífera con sus ingentes erupciones graníticas, las cuales toman una dirección derivada de los antiguos plegamientos; y arrollándolo todo en un principio, forma las potentes masas de la Sierra de Gredos y la Paramera de Ávila; pero al llegar al macizo gneísico de la Sierra de Guadarrama, ésta resiste su empuje, el granito se bifurca y concluye; penetra un ramal hacia el N. de los Siete Picos, rompiendo la masa gneísica; otro más considerable continúa hacia Levante, y dejando á medio destacar otro gran trozo de rocas cristalinas, lo arrolla y lo retuerce contra la masa de Peñalara, verdadero horst, como he dicho, de la Sierra de Guadarrama, y forman entre ambos macizos gneísicos el valle del Lozoya, que tan interesante papel vemos desempeña en lo que sigue.

## V.

Hecho el ligero resumen que precede de la gran desviación de la compresión carbonífera que hoy día tan importante papel desempeña en la estructura de la cordillera Carpeto-vetónica, debemos proseguir con el relato de lo que se observa en la prolongación al SE. de las grandes dislocaciones del W. de la Península.

En efecto, en todo el resto de Portugal al S. del Tajo y en la zona española entera que comprende las provincias de Badajoz, Cáceres, Córdoba, Ciudad-Real, Sevilla y Huelva, se traza toda la misma serie de pliegues y de erupciones graníticas que hemos observado en la región de Portugal, al N. del Tajo, en las provincias gallegas y en las castellanas de León, Zamora y Salamanca. Se advierte, sin embargo, que el límite oriental de las erupciones graníticas aparece trasladado algún tanto hacia el W., viniendo á estar situada por consiguiente toda la ancha faja de pliegues y erupciones más al Occidente de lo que se encuentra en la parte NW. del país. En esta otra mitad las erupciones graníticas, aunque muy considerables, no ocupan la extensión superficial que en el NW.

Los trozos de rocas arcaicas que salen á luz, sobre todo en la zona del plegamiento central, son considerables, en particular la de Portugal, de que Evora forma el centro.

Esta banda de plegamiento se halla de repente cortada por los depósitos más recientes del valle del Guadalquivir; y aquí ya entramos en la época secundaria. Si estudiamos la disposición de los depósitos secundarios, veremos lo siguiente.

La línea de costa durante la época secundaria, tanto en el triásico con sus lagunas litorales y aun en los depósitos más profundos del jurásico, no debe haberse apartado en gran manera de una línea más ó menos sinuosa que, partiendo del actual Cabo de Peñas, en Asturias, penetrara por Castilla la Vieja y llegara á los actuales páramos de Medinaceli; desde allí se dirigía la línea de costa casi de N. á S., cubría parte de la actual Mancha y se incorporaba al gran geosinclinal que á la sazón ocupaba el valle del Guadalquivir.

Seguía desde allí la costa en dirección casi de E. á W., por los límites del actual valle y los Algarves, para desde las cer-

canías del Cabo de San Vicente torcer otra vez bruscamente al N., y no á gran distancia de la costa actual, como lo prueba la línea tan seguida de depósitos secundarios en Portugal, desde el Cabo de Sines y Setubal al S. del Estuario del Tajo, hasta más allá del Amondejo, en Aveiro.

Esta línea de costa parece haber rodeado precisamente la zona de máximo plegamiento y dislocación del gran geosinclinal paleozoico que hemos seguido en sus varios detalles.

Resulta, pues, que al comenzar la época secundaria, aquella masa de terrenos dislocados formó una protuberancia, quizás de altura considerable sobre el nivel de los mares secundarios; protuberancia de rocas graníticas, arcaicas y paleozoicas orientada de NW. á SE., que se extendía desde Galicia ó más allá hasta el valle del Guadalquivir, y de cuya vertiente oriental se avanzaba hacia el E. un considerable promontorio, que hoy día compone la parte más importante, la cordillera Carpetana.

Dicha protuberancia formó durante aquel período una isla, ó tal vez una península unida á tierras más extensas al NW. En confirmación de esto existe un hecho que no deja de tener importancia. A ambos lados del macizo en cuestión perteneciente al período jurásico superior, existe una serie de depósitos de estuario sumamente notables. En la vertiente oriental desde la provincia de Santander, se extiende dicho depósito por las provincias de Burgos y Logroño, como si fueran el desagüe de algún gran río que hubiera venido á verterse en el mar que á la sazón ocupaba el valle del Ebro y la España oriental, mientras que en la vertiente occidental de la protuberancia se hallan una serie de depósitos análogos que indican también los desagües de un gran río que desagaba en el mar jurásico al N. del Tajo. No creo que es demasiado aventurado el suponer que tal vez existían tierras de importancia al NW, de donde procedían los desagües de estos ríos. Sea de ello lo que fuere, el resultado positivo es que esta protuberancia formó en la época secundaria un gran macizo ó cordillera que, dados sus caracteres y el sincronismo que en sus trastornos parece haber tenido con otros análogos del resto de Europa, creo que se debe distinguir con el nombre de cordillera herciniana.

Durante todo el período triásico y jurásico sin duda ha



permanecido el promontorio herciniano en la forma ya indicada, con ligeras oscilaciones en la dirección y forma de sus costas: pero en la época cretácea el mar avanza por Oriente y menos por Occidente, al paso que por el S. parece el mar sufrir un retroceso.

Por las vertientes orientales de la cordillera herciniana penetra el mar por la depresión castellana hasta el punto de dejar sus sedimentos todo á lo largo de la actual cordillera Cantábrica en el reino de León, extendiéndose por toda la meseta central hasta formar golfos que penetraron tan adentro de las anfractuosidades de lo que hoy es cordillera Carpetana, como para dejar sus sedimentos en la vertiente meridional en el actual valle de Lozoya y otros sitios de la provincia de Madrid, y por la vertiente N. hacia dentro del actual valle del Moros en El Espinar. En la parte occidental del geosinclinal del Guadalquivir los depósitos cretáceos posteriores al neocomiano parecen faltar y sólo en la extremidad occidental de la provincia de Cádiz y del Algarve existen algunos depósitos que pueden referirse, no á la creta superior, sino á la que inmediatamente sigue al neocomiense.

Relacionando esta falta de los depósitos cretáceos superiores en cierta parte del valle con la gran discordancia que existe entre el jurásico y el nummulítico, se infiere que mientras se efectuaba el avance del mar cretáceo por la meseta, quedó parte de aquel valle en seco y estuvo sometido á erosiones de gran importancia.

Concluye la época secundaria, tan poco fecunda en trastornos para lo que iba á ser Península, y al iniciarse el terciario comienzan en ella trastornos de capital importancia y que durante dicha época van á cambiar por completo la faz de esta parte del continente europeo.

Retírase definitivamente el mar de la actual meseta. Acentúanse las dislocaciones de la cordillera Cantábrica y de la Ibérica y queda el mar nummulítico limitado por el N., sólo á parte del valle del Ebro; el mar aquí es de pequeña profundidad como lo atestiguan los enormes conglomerados que rellenan gran parte de este valle. Ya en el período de que tratamos parece haberse acentuado sobre manera el relieve del Pirineo, que antes del mioceno va á tomar casi su carácter definitivo.

El pequeño mar eoceno que invade parte del valle del Ebro, parece haber estado limitado hacia Levante por la cadena litoral de Cataluña, mientras que la meseta cerraba el resto de su perímetro, y sólo comunicaba por el N. á través del Pirineo con el mar, que á la sazón cubría la otra vertiente de estas montañas. La cadena litoral de Cataluña presenta, á mi juicio, una estructura sumamente curiosa.

Visitando la cumbre del Monserrat no pueden menos de llamar la atención las siguientes circunstancias: que estando ésta á más de 1.200 m. de altura sobre el mar y sus estratos casi en la horizontal, y formada la montaña por detritus ó cantos semejantes á las rocas que constituyen la cadena litoral; el que está aún en sus mayores alturas se halla siempre muy debajo de las conglomeradas del Monserrat; y que los sedimentos nummulíticos por completo desaparecen desde allí al Mediterráneo.

Parece, pues, cual si la cadena litoral fuera una zona de hundimiento, y en aquel entonces los niveles estaban trocados, sirviendo dicha cadena de límite al mar nummulítico, y que en los trastornos que precedieron al mioceno el terreno de la costa descendió por una serie de escalones como el llano del valle parece indicar, siendo lo que hoy queda de cadena litoral de Cataluña los restos de una antigua bóveda rota y hundida y restos de cuya otra rama está representada por los depósitos secundario y nummulítico de las islas Baleares. Dada la profundidad del abismo que separa á ambas ramas de la supuesta bóveda, no deja de inducir á sospechar esa misma profundidad que violentos trastornos han tenido lugar en aquella zona. La dirección que los conglomerados del Monserrat siguen paralelamente á la línea de la cadena litoral viene á robustecer la opinión de que dicha cadena, con mucho mayor desarrollo que en la actualidad, servía de límites al mar eoceno del valle del Ebro, cuyo cordón litoral representan los conglomerados del Monserrat. Cuestión es ésta que sólo apunto aquí y que nuevas investigaciones podrán tal vez esclarecer.

Por el S. el gran geosinclinal del valle del Guadalquivir vuelve otra vez á descender bajo el nivel del mar. Desde el N. de la protuberancia formada por los cabos de la Nao y San Antonio, el mar cubrió casi todo el ámbito meridional de la

Península y probablemente sólo algunas islas emergían sobre el nivel del mar, como testigos de los macizos arcaicos de la cadena litoral.

Por Occidente los depósitos eocenos tienen escasa representación, cual si la costa de entonces hubiera estado fuera de las tierras actuales, pues sólo en el estuario del Tajo, ó sea en la extremidad de la depresión hispano-lusitana, se encuentran depósitos de ese período.

Avanza la época terciaria, entre el final del eoceno y el comienzo del mioceno y vuelven á experimentarse en la Península trastornos de cuantía.

Inicianse, ó más bien acentúan en esta transición las zonas de hundimiento del valle del Ebro y de las mesetas castellanas, que tan importante papel desempeñan en la elaboración de la Cordillera Ibérica y el Pirineo, y quedan echados los cimientos para la formación de los grandes lagos de agua dulce, sobre todo en la vertiente oriental de la cordillera herciniana que tan especial carácter prestaron á la Península durante la época terciaria.

Por el S. los trastornos son de notable cuantía: la Cordillera Bética adquiere ya gran parte de su relieve actual. Iníciase un estrujamiento tangencial en el S. de la Península; el mar mioceno que ocupa el valle del Guadalquivir queda reducido á un estrecho que avanza sobremanera hacia el N. y cubre parajes que nunca parece haber tocado el mar nummulítico; penetra por las anfractuosidades de la Sierra Morena hasta bien cerca de la meseta central y sus sedimentos cubren hoy día no sólo los depósitos secundarios, sino los paleozoicos y cristalinos; mientras que por Levante penetra el mar en la actual provincia de Albacete, y á juzgar por sus sedimentos debe de haber costeado el actual litoral Mediterráneo y hecho algunas entradas á través de la cadena litoral de Cataluña en Tarragona y Barcelona; cual si ya la mencionada cadena hubiera tenido una forma análoga á la actual.

Por el S. acentúase la Cordillera Bética y forma ésta la costa del estrecho mioceno del valle del Guadalquivir, componiendo este estrecho algunas entradas á través de las anfractuosidades de dicha cordillera, como parece indicar la serie de depósitos miocenos escalonados en las vertientes malagueña y granadina, siendo probable que en aquella época la parte de

rocas arcaicas que hoy forman lo más importante de la cordillera litoral, se extendieran considerablemente hacia el S. y estuvieran quizás unidas al continente africano.

La suposición de que durante la época cretácea estuvo el valle del Guadalquivir fuera del agua y que las calizas jurásicas sufrieron ya grandes denudaciones, se confirma estudiando la constitución de los sedimentos nummulíticos. Son estos en el llano de dos clases: uno de ellos margoso, de color blanco y que en ciertos parajes podía tomarse por una verdadera creta, y llenos de foraminíferos; el otro sedimento es de margas y arcillas de varios colores con lechos intercalados, de calizas muy cristalinas y á veces llenas de *Nummulites*. Pues bien, en la región de la sierra, sobre todo en las cumbres de las calizas jurásicas, estos sedimentos de mares relativamente profundos desaparecen y son reemplazados por lechos de areniscas en general de no muy gran espesor. Parece indicar esto que en el hundimiento que acompañó á la deposición de los sedimentos nummulíticos hubieran las tierras jurásicas permanecido fuera del mar, y sólo hacia el final llegaron á formar bajos fondos en que se depositaban las arenas que hoy observamos, como depósitos de mares de poco fondo.

Como resultado de semejantes trastornos y del relativo avance del mar mioceno, podemos representarnos á la Península al comenzar el mioceno como de forma análoga á la que ha tenido en la época secundaria, pero con la diferencia de que toda la meseta central y el valle del Ebro está emergido. Constituye entonces la cordillera cántabro-pirenaica accidentes de importancia y la Ibérica queda ya grandemente acentuada; mientras que por el S. se dibuja la Cordillera Bética aun destacada de la Península y formando parte tal vez del continente africano.

El interior de la meseta se encuentra aún dividido en dos partes por la gran cordillera herciniana. A ambos lados de esta última se forman dilatados lagos de agua dulce: los de la vertiente oriental son mucho más importantes que los de la occidental; componen los primeros dos grupos considerables separados por la gran protuberancia que de la cordillera herciniana se avanzaba y que hoy día forma parte de la Carpetana, la cual separaba el grupo de Castilla la Vieja y valle del Ebro de los que ocupaban Castilla la Nueva.

Ensanchábase el mar desde el estrecho del valle del Guadalquivir, y abriéndose en ancho golfo, cubría las provincias de Cádiz y de Huelva.

Torcía la costa al W. de los Algarves, y bordeando á cierta distancia las actuales costas de Portugal, penetraba algunas veces tierra adentro y dejaba sus sedimentos en el estuario del Tajo.

Llega á su término el mioceno y comienza para la Península el período de mayores trastornos que esta parte de la corteza terrestre ha experimentado desde el final del paleozoico: la faz de la Península va á cambiar de una manera radical, y tena ya, desde luego, un relieve próximamente análogo al que tiene en la actualidad.

La cordillera herciniana, que ha formado el eje de la Península durante toda la época secundaria y la parte más importante de la terciaria, va á desaparecer como tal eje, y el papel de verdadero horst que por tan largo período ha desempeñado, va á trasladarse más á Levante.

Como he tenido ya ocasión de indicar, el nivel de los lagos miocenos sobre el mar de aquella época no debe de haber pasado de 200 m., á juzgar por la diferencia de altitud que existe entre los estratos horizontales de la formación lacustre y marina que á mayor altura se encuentran.

Son estos niveles de 1.400 m. para los estratos lacustres y 1.200 para los marinos. Para formarse una idea de la magnitud de los trastornos que ha experimentado la Península al terminar el terciario, hay que tener en cuenta que durante el mioceno estaba aquella constituida por la gran cordillera herciniana, cuyos desagües se vertían en los dilatados lagos de agua dulce que en ambas vertientes existían; sobre todo los de la oriental componían una extensa llanura cuyo nivel, como he dicho, escasamente sobrepasaría 200 m. sobre el mar mioceno.

Los trastornos en la meseta en aquella época se pusieron de manifiesto por un descenso de toda la masa de la Península. A ambos lados de una línea más ó menos sinuosa que viene desde la cordillera Cantábrica á las provincias de Murcia y Albacete.

La cordillera herciniana descendió con el resto del país y quedó atravesada, formando en vez de la gran divisoria de

aguas, un obstáculo para ser roto y deshecho por estas. El terreno á ambos lados del nuevo horst, baja por rápidos escalones al Mediterráneo, y de una manera suave y paulatina al Atlántico.

Mientras esta serie de trastornos se verifica, ó quizás con anterioridad, tienen lugar en la Península una serie de manifestaciones volcánicas de cierta importancia. Surgen erupciones en el Occidente de Portugal, donde una serie de basaltos feldespáticos rompe los estratos y ocupan sus afloramientos una extensa zona que se extiende desde el S. del Mondego á Setubal.

Otra serie de afloramientos de importancia ocupa las costas del Algarve. Desaparecen estos en el valle del Guadalquivir, y sólo en el cabo de Gata vuelven á asomar rocas volcánicas.

Si las manifestaciones volcánicas cesan en el valle del Guadalquivir, vuelven á reproducirse en La Mancha, y sobre todo en la provincia de Ciudad-Real, en un núcleo de relativa importancia. Desde allí hasta Cataluña sólo esporádicamente se producen fenómenos volcánicos, pero en Olot y sus cercanías vuelve á presentarse otro núcleo considerable. Se ve, pues, que mientras la Península sufría la serie de trastornos mencionados, se formaba una verdadera cintura de manifestaciones volcánicas en todo su perímetro.

El horst que separa ambos descensos, parte, como queda dicho, de la cordillera Cantábrica, sigue por un buen trecho á la cordillera Ibérica, deja esta para entrar en los páramos de Medinaceli, continúa otro corto trayecto por la cordillera Ibérica para abandonarla definitivamente y formar la divisoria Mediterránea en los llanos de Albacete; va, como he dicho, el descenso rápidamente hacia el Mediterráneo, pero hacia el Atlántico parece haber sido en extremo gradual. Testigos quizás de este descenso sean los numerosos fjords de Galicia. restos, sin duda, de los valles y escabrosidades de la antigua cordillera herciniana.

Al producirse dicho descenso á ambos lados del nuevo horst la antigua cordillera descende, y queda atravesada para ser horadada y demolida por los desagües á que ahora estorba el paso, mientras que la cordillera Carpetana queda en cierta manera como soldada al nuevo horst, y aprovechando parte

de la antigua herciniana, forma hoy día la extensa cordillera que, según se dice en los libros de Geografía, se extiende desde el cabo de Roca en Portugal á los páramos de Medinaceli. Los lagos de agua dulce desaparecen de la meseta y esta toma ya una forma muy análoga á la actual.

Mientras toda esta serie de trastornos se desarrollaba en dicha meseta, el estrecho del valle del Guadalquivir desaparecía y quedaba soldada á la Península la cordillera Bética. Vuelven las presiones tangenciales á comprimir el valle del Guadalquivir. Pliéganse los terrenos miocenos en la parte baja del valle, mientras que los que se hallan ocupando la porción central de la cordillera permanecen á grande altura, como son los depósitos de las cercanías de Baza y de Guadix y de la mesa de Ronda, en donde permanecen los bancos miocenos horizontales á 1.200 m. de elevación.

Desde allí bajan por una serie de escalones sin perder su horizontalidad como acontece en los terrenos de Ronda (800), Mesas de Villaverde (600), Hacho de Alora (300) y Hacho de la Pizarra (164), cual si la vertiente mediterránea hubiera sufrido un acentuado descenso mientras el resto del valle se plegaba, y descendiendo, parte por debajo del nivel del actual Mediterráneo, hubiera tomado ya la cadena litoral de Andalucía la forma que afecta en la actualidad.

Al comenzar el plioceno, la forma de la Península no debe de haber diferido en gran manera de la que en la actualidad posee, pues el mar ya ocupaba escasa parte de su perímetro, así es que, salvo el golfo que aun penetraba por la depresión del Guadalquivir, último resto de ese gran geosinclinal y que cubría una parte importante de las provincias de Cádiz y de Huelva y que llegaba quizás hasta cerca de la actual Córdoba, estaba limitado á algunos senos más ó menos extensos y profundos, los cuales entraban por entre las asperezas de la cadena litoral mediterránea, cuya forma debía ya irse aproximando en gran manera á su relieve actual. Concluye el plioceno, y con él los últimos trastornos de importancia que han afectado á la Península.

Adquiere sus perfiles definitivos la cordillera Bética en Andalucía, coincidiendo con los últimos trastornos alpinos.

Pliéganse los estratos pliocenos de la provincia de Cádiz de manera bastante enérgica, aunque sin llegar á la violenta

compresión de los eocenos y aun miocenos, y se entra ya en lo que se llama período cuaternario.

Durante este tiempo persisten en la meseta algunas lagunas de importancia, sobre todo al pie de las cordilleras Cantábrica y Carpetana; débil recuerdo de los grandes lagos de agua dulce de la época anterior, lagunas en muy gran parte alimentadas por los desagües glaciares de estas montañas.

Numerosas son las pruebas que pueden aducirse de que han existido glaciares en estas montañas. Basta una rápida excursión por las cumbres del Guadarrama para encontrar las señales por todos sitios del pulimento de las paredes de los valles y de acumulaciones de cantos, de guijos, arenas y de arcillas. Lo que en cierta manera falta son lo que se llaman las morrenas terminales, lo cual no debe extrañar considerando que el deshielo de los glaciares se efectuaba en lagunas, y claro está que la enorme acumulación de cantos que en los límites de las lagunas con la sierra se encuentran, deben de representar la serie de detritus que los glaciares cuaternarios vertían en esas lagunas.

Algo semejante á esto se observa en la Sierra Nevada, donde los conglomerados de los montes de la Alhambra son tal vez los detritus glaciares que se vertían en la inmensa laguna de la Vega durante la época cuaternaria.

Los restos glaciares del barranco de Lanjarón confirman también este mismo supuesto, pues no es verosímil que un fenómeno de tal naturaleza fuera á estar limitado á un punto solo de la sierra.

Mientras se desarrollaba y concluía el período cuaternario, iban los agentes atmosféricos dando cima á la escultura de sus montañas en función de su estructura interna, abriendo los valles é imprimiendo su carácter definitivo á este extremo meridional del continente europeo.

Tales son, en rápido resumen, las varias vicisitudes por que la parte del globo que iba á ser Península Ibérica ha pasado en la sucesión del tiempo, y á la luz de estos hechos vamos á estudiar algunos de sus principales rasgos actuales y ver de qué manera se relacionan con la serie de fenómenos que queda bosquejada.



## VI.

Hasta la saciedad se ha repetido que la Península es de forma trapezoidal y que se halla atravesada por la cuenca de cinco grandes ríos, sin contar los de menor cuantía, que como las cuencas del Miño, del Júcar y el Segura, son de relativa importancia. Dichos cinco grandes ríos se hallan separados entre sí por seis principales sistemas de montañas; cinco que se desarrollan aproximadamente con cierto paralelismo, y el resto que las corta todas transversalmente.

Son estos sistemas de montañas el Cántabro Pirenaico en el N., que por el S. vierte sus aguas al Ebro, limitado por las asperezas de la cordillera Ibérica al S.

Entre la parte de la Cantábrica y la Carpeto Vetónica corre el Duero, al paso que el Tago tiene su origen en parte de lo que se considera cordillera Ibérica y desapareciendo junto á Lisboa, se halla limitado entre la cadena Carpetana y la llamada Oretó-herminiana.

De los otros ríos, el Guadiana y el Guadalquivir tienen, por ejemplo, el último, un amplio valle, adosado por un lado contra las escabrosidades de la cordillera Mariánica y que en suave pendiente se extiende hacia el S. hasta incorporarse á la divisoria de la cordillera Bética, mientras que el Guadiana se forma en un anómalo é irregular valle entre la inconexa cordillera Herminiana y los derrames aun más inconexos que vienen de la Mariánica.

Vamos, pues, á parar brevemente la atención sobre estos elementos del relieve de la Península é indagar qué relación tienen con la serie de sucesos que hemos visto desarrollarse en los tiempos pasados en la parte de corteza terrestre que iba á ser Península Ibérica. Empezaremos con la cordillera Cantábrica, que es, sin duda, uno de los elementos más curiosos é interesantes en toda la Península. La cordillera Cantábrica, á primera vista, parece una prolongación del Pirineo, y, sin embargo, por sus elementos casi puede decirse que no tiene con él conexión alguna. Arranca la cordillera en el mismo Pirineo en el gran nudo inconexo de las Provincias Vascongadas.

Si se fija el observador en lo que precede verá que esa parte del país es precisamente el fondo del gran geosinclinal que

ocupó la Península durante toda la época secundaria y precisamente en su cruce con la depresión hispano-lusitana. En este sitio la creta adquiere un espesor extraordinario, como acontece, por ejemplo, en el pozo artesiano de Vitoria; espesor que es probable tengan también los demás terrenos secundarios. Ya indiqué que al acabar el período cretáceo la Península experimentó un estrujamiento tangencial en su tercio NE., y este trozo de las Provincias Vascongadas es el efecto de dichas presiones en el fondo del geosinclinal.

Este siguió por algún tiempo á nivel relativamente bajo, hasta el punto de ocupar todo el fondo del valle actual del Ebro un mar de bajo fondo, pero de considerable extensión durante el período nummulítico. Por consiguiente, esta zona montañosa de las Provincias Vascongadas representa, en mi juicio, el punto donde se encontraba en la época secundaria el máximo de depresión del antiguo geosinclinal de aquella época, y que, al verificarse el estrujamiento tangencial del final del cretáceo ó comienzos del terciario, se plegó simultáneamente con las dislocaciones que acentuaron el Pirineo, cuyos jalones principales existían ya desde remota época por un lado y las dislocaciones en cierta manera paralelas de la cordillera Ibérica.

Este nudo montañoso, lazo de unión entre el Pirineo que acaba, puede decirse, en la provincia de Guipúzcoa, y la verdadera cordillera Cantábrica, constituye una serie de montes inconexos que no pasan de 1,500 m. en su mayor altura y de una complejidad extraordinaria y que difícilmente pueden someterse á un orden determinado. Conforme se sale de la provincia de Vizcaya, donde ya aflora en grandes zonas la creta inferior arrumbándose de NW. á SE., y se penetra en la de Santander, van aflorando cada vez terrenos más antiguos de la serie secundaria; mientras más á Poniente se camina, toma la cordillera un carácter más y más determinado.

Cortando la cordillera, por ejemplo, desde San Vicente de la Barquera á la divisoria de aguas en el Puerto de Palombera, aparece formada en ese sitio por tres segmentos diferentes separados entre sí por tres grandes fallas. Constituye el primero el terreno cretáceo con un resto de nummulítico en el Cabo Oriambre y otros sitios y afloramientos jurásicos y triásicos en toda la zona de Cabezón de la Sal y Treceño; hacia el S. aflora el segundo miembro constituido por los depósitos weal-

denses y los afloramientos liásicos de la base del Escudo de Cabuérniga. Esta hermosa montaña está formada por areniscas triásicas, las que en rápido talud descienden al S. y en cuya base asoman ya rocas aparentemente carboníferas en algunos sitios. Vuelven estos depósitos á estar en anormal contacto con las rocas jurásicas superiores, las cuales componen una serie de rápidos y violentos pliegues en todo el valle del Saja ya cerca de la divisoria, y volviendo á salir á luz las margas y areniscas triásicas en gran potencia que forman la divisoria entre las aguas del Cantábrico y las del Ebro en el Puerto de Palombara; pasado el Puerto, pónense nuevamente en anómalo contacto las rocas triásicas superiores y liásicas con las areniscas triásicas inferiores; forma el terreno otra serie de pliegues análogos á los anteriores y á cierta distancia, ya en la cuenca del Ebro y abordando la del Duero, se levanta la Sierra de Híjar, repitiendo otro de los escalones que desde San Vicente de la Barquera hemos visto desarrollarse hasta lo alto de la divisoria; pero ya en este siendo el comienzo de la cordillera Ibérica uniéndose con la Cantábrica próximamente en el sitio llamado Peña Labra. Desde aquí la cordillera Cantábrica no sólo adquiere altura, sino que gana en la profundidad de los terrenos que salen á luz. Los secundarios desde el E. de la Peña Labra describiendo una amplia curva cuya concavidad mira á Poniente, y bordeando el gran promontorio de caliza carbonífera abandonan las costas españolas por el Cabo de Peñas.

Adquiere en este sitio de la Cantábrica gran desarrollo el carbonífero inferior, alcanzando su mayor altura de 2.600 m. en los famosos Picos de Europa, constituidos por caliza de montaña, y desde allí, conforme penetramos en la provincia de Oviedo, van saliendo cada vez terrenos más antiguos que descubren otra amplia curva, pero cuya concavidad mira á Levante. Son estos: primero el terreno devoniano; sigue á este el siluriano y el cambriano con las grauwaekas y conglomerados de su base, y por último, se llega á la región gallega con sus rocas arcaicas y graníticas. Entramos ahora de lleno, no sólo en la antigua cordillera herciniana, sino en las aun más antiguas dislocaciones precambrianas.

Resulta, pues, que la cordillera Cantábrica es el resultado de una serie de trastornos que, como hemos visto, se han

sucedido desde remota antigüedad, y puede dividirse en cuatro elementos principales. En primer lugar, hallamos el macizo gallego, con sus dislocaciones precambrianas que arrumbaron sus estratos de SW. á NE. Viene el estrujamiento herciniano y los terrenos paleozoicos se arrumban en grandes pliegues orientados de NW. á SE.; pero en la proximidad del macizo arcaico toman una dirección derivada y se orientan sus pliegues de SW. á NE. y de N. á S.; mas luego á cierta distancia del macizo arcaico recobran su plegamiento natural, produciéndose por tanto una curva muy marcada que se observa en el terreno y cuya convexidad mira á Poniente, formándose precisamente en el eje de esta curva la divisoria de aguas. Transcurre la época secundaria, y la cordillera Cantábrica forma parte de la antigua herciniana; pero al terminar el secundario se inicia la formación de las cordilleras Pirenaica é Ibérica, y los pliegues y trastornos de esta última vienen á sumarse á los ya existentes de esa parte de la herciniana; el Pirineo adquiere su último relieve y queda la cordillera Cantábrica como soldada á estas montañas por el comprimido fondo del gran geosinclinal del valle del Ebro.

Viene, además, á complicar y á indeterminar la cordillera Cantábrica el que desde que se incorpora al macizo gallego, sigue las vicisitudes de este macizo, y desde allí y por el Bierzo y las provincias de Zamora y Portugal, forma una serie de alturas y escabrosas sierras, que orientadas de NW. á SE., son los restos que aun quedan subsistentes de la antigua cordillera herciniana.

Estas alturas, que desde la Peña Trevinca, en Galicia, se extiende en ancha zona con diversos nombres, tales como las Sierras de Lerez, de Marao, de la Culebra y Peña Negra, hasta encontrarse bruscamente cortados por el Duero.

Se ve, pues, que la cordillera Cantábrica puede considerarse como obra de la influencia que los terrenos arcaicos de Galicia previamente plegados en la época precambriana, ejercieron sobre el plegamiento herciniano; terrenos arrugados, que fueron en parte cubiertos por la serie secundaria y con posterioridad nuevamente arrollados y dislocados por la serie de presiones tangenciales que han dado por resultado la formación de la cordillera Ibérica.

Como he indicado, desde la Peña Labra se desprende lo que

ya tiene la suficiente independencia para ser considerada como cordillera Ibérica. Constituye la cordillera en este sitio un fragmento semejante á los que se ha dicho forman la cordillera Cantábrica en la provincia de Santander.

Ocupa el triásico con retazos de liásico el fondo del valle del Ebro en su parte superior; surgen otra vez las areniscas triásicas en la Sierra de Híjar y en la vertiente opuesta; ya en la cuenca del Duero aflora el carbonífero y, por último, el devoniano. Desaparece en anormal contacto bajo el triásico toda esta serie de rocas y conforme marchamos al SE. la cordillera Ibérica no va sólo bajando en altitud sino también en la profundidad de los terrenos que salen á luz. El triásico desaparece bajo el jurásico, y éste, á su vez, bajo el cretáceo, y, por último, estas rocas bajo espeso manto de depósitos miocenos lacustres.

Hemos llegado á la depresión hispano-lusitana; piérase aparentemente la cordillera Ibérica; pero al E. de Burgos vuelve á emerger, y á elevarse á considerable altura en las sierras de La Demanda y San Lorenzo, á semejanza de lo que sucede al Pirineo en la provincia de Guipúzcoa.

Sigue desde aquí la cordillera Ibérica á gran altura, formada por terrenos cretáceos, en vez de los silurianos y carboníferos con sus intercalaciones de liásico y jurásico, que distinguen á la Sierra de La Demanda. Pasados los Picos de Urbión vuelven otra vez á aflorar los terrenos profundos en El Moncayo y la Sierra de Tablada, y aquí se produce uno de los fenómenos mas curiosos que tan anómala cordillera presenta.

Deja ésta de ser la divisoria de aguas de Duero y Tajo; y mientras la verdadera cordillera se dirige al SE. á través de las sierras de la Virgen, de Vicer y de Algaren cortadas por el Jalón y continuando por la Sierra de Cucalón y la de Sant-Just hasta incorporarse en la provincia de Castellón á las altas mesetas cretáceas que distinguen á esa región de la cordillera litoral, la divisoria entre el Duero y el Ebro toma una dirección por extremo anómala.

Desde El Moncayo, en vez de seguir la divisoria por la Sierra de la Virgen, tuerce aquella al SW. por los páramos terciarios elevados á mas de 1.100 m. sobre el mar; sigue por ellos hasta incorporarse á las rocas triásicas y jurásicas de los altos de

Barahona y la Sierra Ministra; rocas yacentes en la horizontal y elevadas á 1.200 ó 1.300 m. sobre el mar.

A poco que la atención se fije sobre esta disposición del terreno, no podrá menos de verse un efecto de las dislocaciones que acompañan á la nueva disposición de la Península cuando la cordillera herciniana cambió su posición relativa. Desde la Sierra Ministra por las parameras en Molina y la Sierra de Albarracín continúa la divisoria de NW. á SE. pero por terrenos levemente desviados de la horizontal hasta los Montes Universales, mas este trozo de divisoria parte ya las aguas del Tajo, tanto de las del Ebro como del Guadalquivir.

Desde aquí á la verdadera cordillera Ibérica, va acentuándose cada vez más el plegamiento en el terreno. A partir de los Montes Universales, vuelve otra vez la divisoria á abandonar la dirección de NW. á SE. y marcha nuevamente al SW. hasta los Altos de Cabrejas por terrenos terciarios. Desde aquí la divisoria mediterránea y oceánica puede decirse que no tiene relación alguna con la cordillera Ibérica; sigue por los llanos de la Mancha hasta incorporarse á los terrenos triásicos de la Sierra de Alcaraz y ya se une, en realidad, al sistema bético. En el entretanto todas las cadenas montañosas y sierras de las provincias de Cuenca, Teruel y Valencia, se han ido incorporando y fundiendo con las alturas de la cadena litoral. En resumen, en la dislocación terciaria el horst que existía en el eje de la gran cordillera herciniana, se traslada á la Ibérica, su paralela; pero por razones algún tanto obscuras, al llegar al Moncayo el horst, abandona á ésta y se dirige al SW., quedando la cordillera segmentada en dos partes: una que forma el borde de la meseta castellana, y otra, en Aragón, que es cortada y destrozada por los derrames de los bordes de esta misma meseta, cuyo borde descende con suma rapidez al Mediterráneo y con mucha mayor lentitud al Océano.

En la Sierra Ministra y en los Altos de Barahona se forma la divisoria entre el Duero y el Tajo. En este sitio, á los 1.300 m. sobre el mar, con sus estratos triásicos horizontales, difícilmente se sospecharía que se le pudiera tomar como origen de la cordillera Carpetana. Forma aquí ésta una serie de páramos y alturas inconexas, constituidos por rocas triásicas y algunos retazos jurásicos escasamente desviados de la horizontal, salvo en accidentes que tendré ocasión de señalar, pero elevados á

más de 1.300 m. sobre el mar. Continúa la divisoria ondulante y estas rocas desaparecen bajo las cretáceas de la masa de Sierra Pela. Esta montaña, formada por rocas cretáceas de escasos trastornos en su cumbre y cubierta por un conglomerado, que el Sr. Palacios refiere á la base del mioceno, puede considerarse como el punto más eminente que subsiste del nuevo horst formado en la Península después de la época miocena.

En la Sierra Pela, á los 1.469 m. de altura sobre el mar, puede considerarse radica el origen de la cordillera Carpeto-Vetónica.

Desde allí surgen de la divisoria los terrenos silurianos que forman en la Sierra de Ayllon la divisoria de aguas entre el Duero y el Tajo; desaparecen á poco en la vertiente N. por debajo de los depósitos cretáceos y el manto cuaternario de Castilla la Vieja; pero en la vertiente S., en las provincias de Guadalajara y Madrid, adquiere un gran desarrollo y componen una serie de ásperas y elevadas cumbres, de las que las más importantes son el Pico Ocejón, el Altorrey y las sierras de la Mujer Muerta. Pasada esta gran zona de terreno paleozoico, surgen, formando la divisoria los terrenos arcaicos, primero, las micacitas, y después, los gneis, y aquí se llega á la erupción granítica de que tan extensamente nos hemos ocupado. La divisoria, desde la Sierra Pela, cambia de rumbo y se dirige al SW., ajustándose á la dirección de los pliegues arcaicos y por ella llega á la Somosierra, punto en que ya los trastornos que acompañaron á la erupción granítica se acentúan en términos de influir en la constitución de la cordillera. En este sitio toma ésta ya el nombre de Sierra de Guadarrama, y es de tal interés, que vamos á parar brevemente la atención en algunos de sus rasgos distintivos.

Desde la Somosierra á Peñalara, la divisoria de aguas entre el Duero y el Tajo, sigue próximamente al SW., como por lo que antecede se comprende debe suceder, pues salvo en su extremidad, ó sea, desde el Puerto del Mal Agosto á Peñalara, se inclina la línea divisoria próximamente de N. á S. Aquí hemos visto que el granito se bifurca ante la masa arcaica que le resiste; uno de los ramales corre de N. á S., y el otro, el principal, de W. á E., y arrolla el gran trozo de gneis de Cabezas de Hierro y la Najarra sobre el macizo de Peñalara, formando

entre ambos el valle del Lozoya. Preséntase aquí un fenómeno de un alto interés, pues pone de manifiesto la manera cómo la pendiente se verifica de un modo suave desde el horst de la Sierra Pela hacia el Océano. Según ya he indicado, está formado el valle del Lozoya por la masa de gneis que constituye la divisoria entre el Duero y el Tajo, de la que Peñalara y las Dos Hermanas, componen el extremo de la cuña y el macizo gneísico de las Cabezas de Hierro y la Najarra, que he hecho ver cómo la erupción granítica ha arrollado sobre el macizo de Peñalara.

Entre estas dos crestas gneísicas se forma el valle del Lozoya. Constituyó éste en la época cretácea un golfo ó seno que ha dejado sus depósitos en todo el fondo del valle y que comunicaba con el mar cretáceo, el cual ocupaba el geosinclinal del Ebro y actual reino de Valencia. Como en la actualidad los sedimentos cretáceos en estratos horizontales que llenan el fondo de este valle se encuentran á un nivel inferior, no sólo al de los estratos de Sierra Pela, sino al de los más próximos de la misma banda que dentro del valle pasan al N. del Cerro de la Cruz, todo lo cual hace ver que con posterioridad á la época cretácea se formó el plano inclinado que he dicho existe desde el nuevo horst hacia las costas del Océano.

Si, para fijar los hechos, observamos que en la Sierra Pela se halla el cretáceo cubierto por los conglomerados terciarios á cerca de 1.500 m., mientras que en el valle del Lozoya los estratos cretáceos escasamente alcanzan 1.200 m. en las cercanías de Rascafría, y que la distancia que los separa es de unos 100 km., se verá que está próximamente es la pendiente que existe en toda la meseta desde las costas de Portugal á la Sierra Pela, ó sea un descenso aproximado de 1.500 m. en 500 km. Desde la Sierra de Guadarrama la cordillera Carpeto-Vetónica, pasados los afloramientos de rocas gneísicas de los montes de El Escorial y Cebrenos por la Paramera de Avila, se incorpora á la Sierra de Gredos. Esta ingente masa granítica, después de alcanzar la mayor altura de toda la cordillera en la Plaza de Almanzor á 2.628 m., concluye con el Cerro Calvitero de 2.400 m., y desde allí la divisoria sufre una profunda modificación. Alzase de repente al N. la masa granítica de la Sierra de Gredos, y bajando puede decirse desde allí al llano, sigue por él hasta que se incorpora á la Peña Gudina, en la



provincia de Salamanca. Aquí precisamente la cordillera entra en la depresión hispano-lusitana. El granito desaparece y forman el subsuelo las rocas cambrianas y silurianas.

Desde la Peña Gudina vuelve otra vez la divisoria á dirigirse al SW. por las sierras de Peña de Francia y de Gata, siendo de notar que mientras la línea de aguas vertientes de estas sierras corre de SW. á NE., al modo como la depresión hispano-lusitana, sus estratos se hallan arrumbados de preferencia de NW. á SE., como todos los de la zona que corresponde á la antigua cordillera herciniana.

Desde la extremidad SW. de la Sierra de Gata, tuerce la divisoria al W. por las sierras de las Mesas, é incorporándose á las masas graníticas de Portugal, é inclinándose al N., llega hasta las cercanías de Guarda. Desde aquí se une la divisoria á la Sierra de Estrella; alcanza otra vez alturas de cerca de 2.000 m., y sigue entonces la divisoria por granito y cambriano al SW., hasta que se incorpora á los terrenos secundarios al N. del estuario del Tajo paralelamente, al cual sigue la divisoria y termina en el Cabo Roca, última estribación de la bella serrezuela de Cintra. Véase, pues, cuán compleja es la cordillera Carpeto-Vetónica.

En la meseta castellana toma su arranque en la parte más elevada del horst en Sierra Pela, incorpórase allí á la parte que hemos estudiado, como un apéndice de la antigua cordillera herciniana, y al llegar á la depresión hispano-lusitana, vemos que la divisoria oscila, y por último, se une á una parte de dicha antigua cordillera por la cual sigue, é influida siempre por la dirección de la depresión hispano-lusitana continúa la divisoria paralelamente al curso del Tajo, hasta concluir en el Océano al N. de Lisboa. Se ve, pues, que la cordillera Carpetana es función de tres grandes trastornos: primero el importante plegamiento precambriano, las erupciones graníticas que acompañaron al poderoso estrujamiento herciniano y, finalmente, los trastornos que cambiaron la faz en la Península antes de concluir el terciario.

El primer trastorno se grabó de una manera tan indeleble, que á pesar de la enorme importancia de los otros, éste ha impreso su sello á todos los accidentes de la cordillera. En efecto, vemos que su divisoria es con frecuencia oscilante; unas veces corre al SW., otras al W., y otras al N., mientras que

sus accidentes topográficos y geológicos varían en sus direcciones; pero el hecho fundamental es que la cordillera, considerada en su conjunto desde la Sierra Pela al Cabo Roca en Portugal, se orienta próximamente de WSW. á ENE.

Queda dicho que desde los Montes Universales, la divisoria mediterránea dejaba toda conexión aparente con la cordillera Ibérica y se dirigía á los altos de Cabrejas, divisoria del Tajo y del Júcar por un lado, y del Guadiana por otro. Esta divisoria entre Tajo y Guadiana es en extremo anómala, y vale la pena de parar brevemente la atención sobre ella. Desde los altos de Cabrejas, la divisoria sigue incierta por los llanos terciarios de la Mancha, y después de varias inflexiones, se incorpora á la Calderina, primer asomo de cuarcitas silurianas de los llamados Montes de Toledo.

Constituyen estos Montes uno de los enigmas de más difícil solución, en mi juicio, de cuantos ofrece el estudio de la Península. Forman los alrededores de la ciudad de Toledo, una masa de gneis muy semejante al de la vecina cordillera Carpetana, atravesados por grandes afloramientos de granito.

Al S. de estas masas graníticas y gneísicas, y orientadas de E. á W., sale á luz el siluriano, mientras que al N. se halla todo cubierto por el espeso manto terciario y diluvial del valle del Tajo. Los buzamientos más frecuentes que he podido observar son al SE. y S., para hacer aún mayor el parecido con los montes del otro lado del Tajo. Los filadíos y cuarcitas cambrianas y silurianas, arrumban de WNW. á ESE., según el Sr. Cortázar, y pasada la estrecha faja de cuarcita que forman la divisoria al S. del granito y del gneis de Toledo, se penetra en el laberinto de los Montes de Toledo, masa siluriana de una aspereza extraordinaria. ¿Es la masa gneísica y granítica situada al S. de Toledo una derivación en pequeño, semejante á la observada en la cordillera Carpetana, ó ha estado en alguna época conexiónada con ésta, siendo el valle del Tajo en este sitio una bóveda hundida y rellena por los sedimentos terciarios? Cuestión es ésta difícil de resolver; y sólo existe un dato que puede verter alguna luz no sobre la esencia del fenómeno, sino para demostrar que la topografía ha sido muy distinta, por ejemplo, en la época secundaria.

Obsérvase que el Tajo viene por un ancho y dilatado valle corriendo con relativa mansedumbre, á la histórica ciudad de

Toledo, y en ésta se nota que el terciario, blando y de fácil erosión, sigue por el N.; y el río, en vez de continuar por él, cambia de repente de curso para penetrar en el agrio y escabroso valle que rodea á dicha ciudad, y después de describir esa inexplicable curva, y de realizar tan colosal trabajo de desgaste, vuelve otra vez al llano terciario para continuar su curso como antes de entrar en este anómalo torno. Basta fijarse un momento en las circunstancias del río, para reconocer que no es el Tajo actual quien ha labrado aquel extraordinario cauce, sino que ha aprovechado los restos de alguno antiguo cuando las condiciones topográficas eran otras, y que recubierto por los depósitos terciarios, fué defendido de las erosiones; de esta suerte, el río lo que ha hecho ha sido, sencillamente, limpiarlo y utilizar el trabajo que ya estaba previamente realizado.

Desde los Montes de Toledo la divisoria entre Tajo y Guadiana sigue al W. y aun al NW., hasta incorporarse á la Sierra de Guadalupe y las Villuercas, y desde allí, unas veces de SW. á NE. y otras de SE. á NW. y aun de N. á S., se forma la divisoria primeramente con el Tajo y luego con el Sado y otros ríos costeros de Portugal, á través de las escabrosidades de la antigua cordillera herciniana. El río Guadiana es de una anomalía extremada. Fórmase en su primera parte por los derrames de las mesetas y estepas terciarias de la Mancha, uniéndose con los derrames que vienen de la Sierra de Alcaráz y bordes de la meseta, hacia el valle del Guadalquivir.

Todos estos derrames se juntan en las cercanías de Ciudad-Real, y á poco vuelve sobre sí mismo el río y pierde el curso de SW. á NE., que sus principales afluentes traían, y se dirige al NW. hasta las cercanías de la Sierra de Guadalupe, pareciendo todo indicar que el río se va á verter en el Tajo. Esta dirección de SE. á NW. del Guadiana, indica ser el resultado de la ancha y agreste faja de guarcitas silurianas que desde la Peña de Francia en la provincia de Salamanca, se extiende por la Sierra de Guadalupe y las agrias sierras de la Alcudia y Madrona se dilata hasta Despeñaperros. Por demás interesantes son estas cumbres silurianas, las cuales, durante la época secundaria y terciaria, deben de haber constituido uno de los accidentes orográficos más notables de la zona exterior de la antigua cordillera herciniana.

Antes de penetrar en la Sierra de Guadalupe el Guadiana

recobra su antigua dirección y oscilante curso, mientras corta toda la serie de terrenos que formaban el eje de la primitiva cordillera. Pero antes de llegar al macizo arcaico de Évora, el río tuerce hacia el SW. y al SSW., otras veces francamente al S., al paso que en la última parte de su curso, se inclina al SE. y SSE. para verter en el mar, en el golfo de Cádiz, junto á Ayamonte.

¿Es la resistencia del antiguo macizo arcaico comprendido entre la depresión hispano-lusitana por un lado y el valle del Guadalquivir por otro, el que hace al Guadiana seguir tan anómalo curso? Cuestión es ésta que no me atrevo ni siquiera á contestar en hipótesis: trabajos posteriores quizás aclaren el asunto; pero lo cierto es que queda el Guadiana comprendido entre los enigmáticos Montes de Toledo y esta extraordinaria curva.

Llegamos al valle del Guadalquivir, que como ya he indicado, queda entre la extremidad de la antigua cordillera herciniana y la parte de la actual meseta que ha hecho el papel de horst en la adaptación terciaria por un lado y la cadena litoral de Andalucía por otro.

La línea de aguas vertientes entre este río y el Guadiana, como puede suponerse, es en extremo irregular, y unas veces la cuenca del Guadiana penetra dentro de lo que parece ser el valle del Guadalquivir, y otras, por el contrario, son las que afluyen á este río las que parecen pertenecer al Guadiana.

Durante la mayor parte de su curso, viene este río como adosado á las vertientes de Sierra Morena, que no es otra cosa que la terminación de la cordillera herciniana en el gran geosinclinal del valle del Guadalquivir.

El río recibe por la derecha los afluentes más ó menos torrenciales que proceden de aquella sierra, los cuales son relativamente de curso corto, mientras que por la izquierda desembocan dos grandes arterias que vienen de la cadena litoral: uno es el Guadiana Menor y el otro el Genil; juntas ya sus aguas más allá de Córdoba, recibe antes afluentes por ambas márgenes, y pasando por Sevilla, se vierte en el Océano Atlántico por Sanlúcar de Barrameda.

Como se ha visto, desde remota época ha estado el valle de que tratamos separado del resto de la actual meseta, por una serie de fallas más ó menos continuas y orientadas aparente-

mente de SW á NE., ó sea paralelas, al gran plegamiento precambriano. Sus dislocaciones predominantes se han manifestado con desviación escasa de esta dirección por una serie de violentos pliegues de distinta época, que han afectado á todas las formaciones secundarias y terciarias.

Pero uno de los hechos más curiosos en la constitución del valle, es la manera como han repercutido en su estructura los trastornos que dieron por resultado la formación de la cordillera Herciniana.

Considerando el complejo de montes que forman la cordillera Bética en conjunto, se ve que está constituido por los siguientes elementos. Bordea la costa mediterránea una serie de macizos cristalinos que, sin aparente conexión unos con otros, surgen todo á lo largo del litoral entre el Estrecho de Gibraltar y el Cabo de Palos. El primero que aflora en la proximidad del Estrecho es el macizo cristalino de la Serranía de Ronda. De la misma manera como este macizo aparece en las cercanías del Guadiaro, se oculta bajo el manto paleozoico y secundario de los montes de Málaga.

Vuelve á salir á luz otro macizo cristalino en las sierras Tejea y Almijara, que á su vez desaparece también bajo el gran espesor de rocas secundarias y terciarias de las Guajaras. En la Sierra Nevada, y á corta distancia, se alzan con gran espesor los terrenos cristalinos.

Córtase nuevamente la continuidad en la provincia de Almería; pero cada vez va siendo la interrupción por menor espacio, hasta que los terrenos cristalinos desaparecen de una vez en el Cabo de Palos.

A la espalda de esta inconexa serie de macizos cristalinos, se levanta la cadena secundaria de Andalucía. Si se fija en ella el observador, percibirá que á cada eslabón de la cadena litoral corresponde una verdadera protuberancia de terrenos secundarios. Por ejemplo, como sostenido por el macizo de la Serranía de Ronda, está el grupo de mantos de las provincias de Cádiz y Málaga; contra el grupo cristalino de las sierras Tejea y Almijara, se halla el considerable de las montañas de Loja, y por último, contra el macizo de la Sierra Nevada, uno de los más importantes de Andalucía, las montañas de Jaén, donde descuellan las cumbres de la Sierra Magina, á más de 2.100 m. sobre el mar.

En la línea de unión de estos varios macizos secundarios se observa también una cierta correspondencia con lo dicho respecto á la cadena litoral.

A semejanza de lo que acontece en esta cadena, vuelve otra vez aquí á interrumpirse la continuidad del macizo, si bien de una manera mucho menos marcada y remedando en cierto modo las interrupciones de los eslabones cristalinos, pero por donde el Guadiana menor aprovecha para abrir su cauce de N. y NW. en el Guadalquivir.

Vemos por ejemplo, que entre el macizo de la Serranía de Ronda y el de las montañas de Loja, las formaciones secundarias han sido en gran parte denudadas ó han bajado de nivel, observándose á las terciarias dominar la cumbre; y mientras las montañas liásicas alcanzan alturas de 1.700 m., los montes del Torcal que las separan, apenas si llegan á los 1.300 m. en las calizas jurásicas. Entre los montes de Loja y las sierras de la provincia de Jaén, vuelven las capas terciarias á ocupar la parte más elevada del espacio que los separa, y así sucesivamente, haciendo ver como si existiera en los pliegues secundarios que están orientados de WSW. á ENE. una cierta ondulación normalmente á sus crestas. Si de la orilla izquierda del Guadalquivir pasamos á su margen derecha y observamos el carácter de las dislocaciones de la Sierra Morena, que en último resultado son los que dieron su relieve á la antigua cordillera herciniana, veremos una estructura que en cierta manera se refleja en lo que acontece en la parte meridional del valle de este río.

Si cortamos el terreno desde la gran protuberancia de cuarcitas silurianas que hemos visto extenderse desde la Sierra de Peña de Francia, en la provincia de Salamanca, hasta Despeñaperros, comprobaremos que desde allí á las costas del Océano existen tres grandes zonas de dislocación. La primera se manifiesta por poderosas masas graníticas con sus retazos empastados de rocas cristalinas, que desde la Sierra de Montánchez, en la provincia de Cáceres, se extienden por Los Pedroches hasta las orillas del Guadalquivir en la de Jaén.

Viene otra hilada de cuarcitas silurianas desde la Sierra de San Pedro, en la provincia de Cáceres, á la de Hornachos, en la de Badajoz, y por los montes de Belmez y Espiel, en la de Córdoba, llega á concluir también á orillas del Guadalquivir.

A semejanza de lo observado en la otra gran hilada de cuarcitas silurianas, vuelve á salir á luz otra zona de afloramientos graníticos y cristalinos desde el W. de la Sierra de Portalegre, en Portugal, por toda Extremadura á la Sierra de los Santos, en la provincia de Córdoba, y concluir igualmente á orillas del Guadalquivir. Desde aquí hacia el W. desaparecen las cuarcitas, y en su lugar forman el terreno la serie de calizas de *Archæocyathus* que constituyen otra especie de sinclinal entre los afloramientos graníticos y cristalinos de la Sierra de los Santos, y el otro gran afloramiento granítico y cristalino que desde las cercanías de Evora, en Portugal, se extiende más ó menos irregularmente por las provincias de Huelva y Sevilla, hasta desaparecer también como los anteriores á orillas del Guadalquivir.

En estas tres zonas de dislocación de la parte SW. de la meseta, los tres eslabones cristalinos en que está segmentada la cadena litoral de Andalucía, se hallan precisamente en su prolongación al SE., y si consideramos á estas zonas como tres grandes anticlinales del plegamiento carbonífero de la Península, no podremos menos de reconocer que existe una gran probabilidad de que el fenómeno que se observa en toda la extensión de la cordillera Bética sea el resultado de un cierto plegamiento transversal que experimentó el enorme geosinclinal del valle del Guadalquivir á impulso de las presiones tangenciales que en aquel entonces de manera tan indeleble se grabaron en todos los detalles de la actual Península Ibérica.

Dadas estas condiciones, los tres macizos cristalinos de la Serranía de Ronda, de la Sierra Tejea y Almirajara y el de la Sierra Nevada, pueden corresponder á otros tantos anticlinales que en la meseta se observan, y las tres depresiones de los montes de Málaga, de la zona entre las alturas de Loja y las sierras de Jaén y el espacio formado por depósitos cretáceos superiores, por donde corre el Guadiana menor á los tres sinclinales que en la meseta representan las tres hiladas de rocas silurianas que prestan carácter especialísimo á la actual Península. Se ve, pues, que las dislocaciones transversas que tan importante papel desempeñan en la cordillera Bética, parecen estar en íntima dependencia con el plegamiento que durante la época carbonífera afectó á esta parte del globo, y que el que-

brantamiento que entonces tuvo lugar en la estructura de este valle, aún presta una cierta inestabilidad á la comarca, y se manifiesta todavía por los fenómenos sísmicos que en distintas épocas han agitado esa porción de la Península.

Estas regiones, como es sabido, son tres, que vibraron unas veces al unísono y otras independientemente. Comprende una de ellas la región de Murcia y Almería, otra parece tener su foco entre la Sierra Nevada y los montes de Málaga, famosa por la intensidad de sus manifestaciones sísmicas en época relativamente reciente. Por último, la región más débil, se encuentra entre los montes de Málaga y la Serranía de Ronda.

## VII.

Réstame sólo hablar de la influencia que los diversos trastornos por que la Península ha pasado en la sucesión del tiempo, puedan haber tenido sobre la estructura actual de la cordillera litoral mediterránea.

A lo largo de toda la costa mediterránea de la Península, se eleva una serie de alturas que comenzando por las montañas de la Serranía de Ronda, terminan en el Cabo de Creus, en Cataluña.

Cuando se estudian estas alturas, se ve que mientras en la región costera del S., comprendida entre el Estrecho de Gibraltar y el Cabo de Palos, afloran las rocas más profundamente situadas en la escala geológica, como son las cristalinas; desde el Cabo de Palos á Cataluña, son estas rocas reemplazadas por los depósitos secundarios y aun terciarios.

Al N. del promontorio formado por los cabos de la Nao y San Antonio, la cadena litoral parece interrumpirse y confundirse los montes costeros de la región valenciana con las estribaciones tanto de la meseta, como de la cordillera Ibérica. Sin embargo, en algunos parajes del litoral valenciano, como son la Sierra de Espuña y de la Espina, afloran rocas paleozoicas en las escabrosidades de sus valles, cual si á cierta profundidad se encontraran las rocas antiguas en la zona litoral.

Desde la provincia de Tarragona afloran ya en masas considerables las rocas paleozoicas y atravesadas á veces por las graníticas. Aún se acentúa esto más en la provincia de Barcelona,



y aquí las montañas litorales adquieren una cierta importancia, por ejemplo, en el Mont Seny, pero sin salir á luz las rocas cristalinas como sucede en Andalucía; sólo en la provincia de Girona, en el Cabo de Creus, afloran materiales correspondientes á ese horizonte. Ya he tenido ocasión de extenderme acerca de la estructura de esta parte de la cadena del litoral, y de cómo tal vez lo que constituye la bóveda de estas montañas se encuentra roto y hundido en el fondo del Mediterráneo, entre las Islas Baleares y el litoral español. Cuando se considera que durante la época secundaria estuvo una considerable porción de la Península formando parte de un vasto geosinclinal que se extendía por un lado desde Asturias y el Pirineo al Mediterráneo, y por otro por el gran geosinclinal del valle del Guadalquivir, no puede menos de verse en esta aparente segmentación de la cadena litoral de la costa Mediterránea, las consecuencias de semejante hundimiento, que en la parte central casi ha llegado á borrar la influencia del antiguo plegamiento precambriano, el cual parece, sin embargo, haber prestado á las costas mediterráneas de la Península, la dirección SW. á NE. que hoy día ofrecen.

Aunque ciertamente los datos son todavía insuficientes para poder abordar no pocos detalles, parecen, sin embargo, que cuando se considera á la Península en su conjunto del modo que lo hemos hecho en este ensayo, gran número de sus accidentes actuales quedan explicados como consecuencia de las vicisitudes anteriores que esta parte de la corteza terrestre ha experimentado durante la sucesión de los tiempos geológicos.

### Explicación de la lámina.

#### LÁMINA III.

Pliegue muy inclinado en el gneis del Cerro de la Cruz en el valle del Lozoya.

El pliegue cerca de su cabeza se halla roto, y la parte superior ha deslizado algo sobre la inferior.



HACHPERSON, F. G.

Fotografía de Hauser y Menet. Madrid

EL CERRO DE LA CRUZ EN EL VALLE DEL LOZOYA