

debieron adaptarse, constituye una verdadera Meteorología retrospectiva interesantísima, que puede servir de verdadero complemento al estudio de la actual, ilustrando de una manera muy eficaz la historia de todas las vicisitudes por que ha pasado el globo. Por otra parte, son por demás notables los auxilios que la Física presta á la Geología, con sus teorías del calor, de la electricidad, de la luz, sobre todo desde que reinan en el dominio de la ciencia las doctrinas hoy corrientes de la unidad y correlacion de las fuerzas y de la trasformacion de unas en otras, principios fecundísimos en resultados, y de los que la Geología se sirve como esclarecimiento de sus mas importantes problemas, así como la reciente aplicacion del microscopio á la determinacion característica y ordenacion metódica de los materiales terrestres que oportunamente daremos á conocer.

De los servicios recíprocamente prestados por la Geología, la Botánica y la Zoología, fácilmente puede deducirse el estrecho enlace que une á estos diferentes ramos del saber; con efecto, proponiéndose aquella dar una idea lo mas completa posible del origen y ulteriores desenvolvimientos de los reinos orgánicos, bien puede asegurarse que en este concepto es el mas sólido fundamento de las otras dos, las cuales, si pretenden explicar cumplidamente el reino vegetal y animal, necesitan indispensablemente empezar por la Paleontología; pues solo de esta manera podrán comprender en su totalidad los reinos orgánicos. Pero por esta misma razon, y dado que el organismo así vegetal como animal ha sido creado bajo un plan, siempre el mismo, para poder cultivar con provecho la Geología, es de todo punto necesario que preceda á su estudio un conocimiento cabal de la Botánica y la Zoología, y muy especialmente de la Anatomía comparada.

Con la Mineralogía la enlazan vínculos tales, que casi puede decirse, se confunde con la Geología en un mismo concepto, siendo aquella el estudio analítico, y esta el sintético del reino mineral. De la costra sólida del globo tratan ambas; con la sola diferencia de que la Mineralogía da á conocer, por decirlo así, las letras; y la Geología las sílabas y palabras con que la naturaleza ha escrito la historia de nuestro globo; de donde resulta que sin buenos conocimientos del alfabeto mineralógico, será difícil, por no decir imposible, que podamos leer y formar idea cabal de la combinacion de signos, mas complicados aun que los jeroglíficos egipcios, que permanecen grabados en los estratos terrestres, como expresion fiel de los notables acontecimientos que caracterizan tan peregrina historia. A su vez la Geología, dando á conocer con exactitud el yacimiento de los diferentes minerales, las mezclas ó combinaciones, y la asociacion con otros, constituyendo las diferentes rocas que estudia el geólogo, hasta tal punto dilata los horizontes del mineralogista, y completa el concepto que debe formarse del reino mineral, que sin dichos conocimientos queda reducida su mision á la de un empírico conocedor de mayor ó menor número de especies minerales. Es menester de consiguiente persuadirse, que sin el poderoso auxilio de la Geología, el naturalista dedicado al reino mineral no puede elevarse á una síntesis filosófica del mismo, ni comprender la significacion que estos elementos alcanzan en la composicion del globo, dejando aparte que limitándose al estudio individual de las especies, no será fácil se dé razon de su origen mas ó menos misterioso, ni de las asociaciones y relaciones que las unen entre sí; estudio que á lo ameno, reúne la circunstancia de ser muy importante en sus aplicaciones, excitando vivamente la atencion del diligente escrutador de las cosas naturales.

Otra consideracion estrecha mas, si se quiere, las relacio-

nes entre la Mineralogía y la Geología, cual es la de valerse ambas, ó por mejor decir, el que las cultiva, del mismo método y de idénticos procedimientos para llegar á poseerlas: método que consiste en la observacion minuciosa en la naturaleza misma de los minerales, rocas, fósiles, terrenos, etc., á cuyo propósito deben citarse las admirables frases con que el célebre Valerio terminaba sus lecciones y su obra de Mineralogía: *Ite, filii, decia, emite calceos; montes accedite; vales, solitudines, litora maris, terre profundos sinus inquirite; mineralium ordines, proprietates nascendi modos notate: ita enim ad corporum proprietatumque cognitionem pervenietis; alias non.* Que, vertido algo librerado al castellano quiere decir: «Hijos míos, calzad el coturno mineralógico; subid á los montes; investigad ó explorad los valles, los desiertos, el litoral del mar, y los senos profundos de la tierra; anotad los grupos minerales, sus propiedades y diverso origen; pues solo de este modo, y no de otro, alcanzareis el conocimiento de los cuerpos y de todo lo que á ellos se refiere.» La experimentacion completa en el laboratorio y gabinete de los conocimientos que nos ha suministrado la observacion directa, reproduciendo en pequeña escala las grandes operaciones de la naturaleza, llegando de este modo al cabal conocimiento del origen de las sustancias terrestres, y de todo aquello que mas directamente pueda interesarnos; á cuyo fin concurren de una manera sobre toda ponderacion admirable, el microscopio y la análisis química, hasta el punto de servir estos dos poderosos medios de investigacion, de base sólida y filosófica de las modernas clasificaciones de minerales y rocas.

Para que el conocimiento de las relaciones de la Geología con las demás ciencias naturales sea completo, pudiendo en su virtud comprender la altísima significacion de este moderno ramo del saber, conviene hacer notar que los dos problemas mas importantes que hoy preocupan á los sabios, esto es, el del origen y desarrollo de la vida, y el de la fijeza ó variabilidad sin límites del tipo específico, solo pueden encontrar plausible solucion, si de ello son susceptibles, recurriendo al inagotable tesoro de la ciencia geológica considerada en su mas lata acepcion, como historia completa del reino mineral y orgánico terrestre.

La no menos trascendental cuestion del origen, antigüedad y vicisitudes por que ha pasado nuestra especie, tampoco puede tratarse ni llegar á verdadero esclarecimiento sino basándola en buenos y sólidos estudios geológicos; y es que principiando la historia humana donde la terrestre concluye, confúndense ambas en el mismo punto, conservándose los mas antiguos vestigios del hombre en estado fósil entre los últimos materiales depositados en el globo; de donde naturalmente se deduce que las primeras páginas de nuestra historia, no hay que buscarlas en los archivos, ni en las inscripciones jeroglíficas y cuneiformes del Egipto, ó de la Asiria; sino mas bien en la formacion diluvial del terreno cuaternario, ó quizás en las de sedimento plioceno ó mioceno, donde además de los restos fósiles de nuestra especie, consérvanse los claros vestigios de su incipiente civilizacion, asociado todo á plantas y animales tambien fósiles, y cuya presencia claramente indica las condiciones biológicas que ofrecia el globo á la sazón. De todo lo cual se desprende el íntimo enlace que tiene la Geología con la Historia, de la que con razon puede decirse, es aquella su mas sólido cimiento; habiendo nacido de esta feliz aplicacion de la Geología, un nuevo ramo del saber, que ocupa hoy á muy privilegiadas inteligencias, y que por referirse al estudio y esclarecimiento de los tiempos anteriores á lo que propiamente se ha llamado historia, ha recibido el nombre de Prehistoria.

Lo dicho basta, en mi humilde opinion, para comprender que la Geología constituye una rama científica que, siquiera haya tardado mucho á entrar en el concierto de las demás ciencias y á conquistar el puesto que entre ellas le corresponde, es uno de esos ramos que por su propia índole interesa ó debe interesar á toda clase de gentes, cualquiera que sea su mision en la sociedad; debiendo poseer su conocimiento, siquiera dentro de límites muy variados, tanto el que se dedica á puras especulaciones científicas, cuanto aquel que quiere apoyarse en ella para una de sus múltiples aplicaciones; debiendo en rigor formar parte de la general cultura de todo pueblo que aspire al honroso título de civilizado.

Después de estas consideraciones generales, creo ya llegado el momento de entrar en materia; no sin trazar antes en breves palabras la sucinta reseña de la Historia de nuestro planeta, para que de este modo se comprenda de una sola ojeada y como complemento de lo que precede, la trascendencia suma de lo que nos proponemos desarrollar en la presente obra.

La Tierra y demás cuerpos planetarios, según las doctrinas hoy mas en boga, han pasado sucesivamente por los estados de extraordinaria difusion de la materia universal, aglomeracion en forma de nebulosas ó inmensas vías lácteas, condensacion alrededor de determinados puntos del espacio, que sirvieron como de núcleo, separacion de segmentos de la atmósfera de estos primeros centros, y formacion de otros cuerpos estelares de diferente orden. De manera que la materia ha pasado por los estados siguientes: 1.º de gran difusion; 2.º nebulosa; 3.º centros ó soles; 4.º planetas; 5.º satélites; quizás los aerolitos y los cometas deban constituir en este proceso universal de la materia dos nuevas categorías que completan la serie. El estudio actual de la Astronomía llevado á un punto maravilloso de alcance y exactitud, merced á los poderosos medios de observacion de que hoy dispone, y á los progresos por la ciencia del cálculo realizados, confirma del modo mas satisfactorio esta historia genética universal, admirablemente expuesta á últimos del pasado siglo por el eminente Laplace, en cuyos detalles y pormenores no nos es dado entrar, por no permitirlo la índole de la obra.

Dejando, pues, por sentada y admitida la teoría de tan insigne astrónomo, en lo que se refiere al orden con que han ido formándose los cuerpos todos del Universo, y concretándonos á nuestro objeto principal, que es la Tierra, importa consignar la creencia hoy general de un estado ígneo originario, del que en el cuerpo del libro se darán repetidas pruebas, como consecuencia legítima de la elevadísima temperatura, determinada por la enorme presion que debieron ejercer los materiales que la constituyen, al acumularse alrededor de su núcleo como parece que hoy se está realizando en Saturno, cuya distancia entre el anillo y el núcleo central, va estrechándose de esa manera lenta y secular como por lo comun se realizan las grandes operaciones de la naturaleza.

Contribuirían sin duda tambien á determinar este estado originario del globo, las incalculables corrientes eléctricas que en su seno debieron desarrollarse, y el sinnúmero de combinaciones y reacciones químicas, que en tan vastísimo laboratorio químico, y en presencia unos de otros, todos los elementos conocidos y los que tal vez no han llegado aun á poderse distinguir, se verificaban. Puesto ya el globo en este estado y sometido á las leyes generales de la materia, girando sobre sí mismo y alrededor del sol, describiendo su propia órbita, por una parte se enfrió y por otra fué adquiriendo de un modo lento y paulatino la forma de esferoide achatado en los polos, y abultado en el Ecuador, que ofrece hoy; for-

ma que según lo que acaba de indicarse, no debió ser la primitiva; en la última parte de la obra se confirmará mas esta opinion que aquí no hacemos mas que apuntar, y se procurará tambien referir los ingeniosos aparatos inventados para demostrarlo.

El enfriamiento y la oxidacion en escala proporcionada á las bajas temperaturas de los espacios celestes por donde circula la tierra, y las condiciones especiales en que á la sazón se encontraba la superficie, determinaron el principio de una operacion que todavía continúa, á saber: la formacion de una costra sólida que, oponiéndose á la salida y expansion de los materiales encerrados en su masa, motivaron lo que según la feliz frase de Humboldt se llama volcanismo, uno de cuyos resultados mas importantes fué y es la aparicion de materiales del interior, constituyendo el eje de las principales cordilleras; y las conmociones, rápidas y pasajeras unas veces, lentas y seculares otras, originando los terremotos y oscilaciones de los continentes, expresion fiel de una de las mayores actividades de nuestro planeta.

Empezó, pues, á formarse la costra sólida, que sirve de asiento á la vida vegetal, animal y humana, que hermosa hoy como en otros tiempos la superficie, siquiera por las circunstancias especiales en que se encontraba el globo, bien puede asegurarse no haber sido la vida coetánea de su origen; pues además faltaba á la sazón un elemento de todo punto indispensable para el desarrollo de aquella; es decir, el agua, que por efecto de la temperatura reinante no se concibe pudiera ocupar la superficie, cual la vemos en la actualidad, sino mas bien las altas regiones atmosféricas. Sin embargo, el análisis é inspeccion micrográfica de los materiales de la primera consolidacion y enfriamiento, parecen demostrar de una manera bastante concluyente, que este agente hubo de intervenir en su formacion, siquiera sea bastante difícil de comprender el estado en que se hallaba y podia actuar. Al describir el origen de ciertas rocas, entraremos en mayores detalles acerca de este punto, que mas tarde, ó sea en la Geogenia, ampliaremos oportunamente.

Es bastante probable que el agua, al precipitarse desde las regiones atmosféricas en que se encontraba sobre la superficie aun candente, contribuyera á poner en funcion las acciones y reacciones químicas que en ella se verificaban, contribuyendo tambien al enfriamiento terrestre, y al consiguiente engrosamiento de la costra sólida; participando aquella á su vez del carácter mineral y termal que le comunicaba la zona de reaccion química terrestre, lo cual habia de determinar mas tarde la formacion de los primeros filones metalíferos, según en lugar oportuno demostraremos.

Trascurridos quizás algunos miles ó millones de siglos, cuando ya la superficie ofrecia variados accidentes, de elevacion unos, de depresion otros, por efecto de la salida de materiales del interior y de las conmociones ocasionadas por el plutonismo, y descendido bastante la temperatura terrestre, pudieron ya las aguas permanecer en la superficie, ocupando como era natural las grandes depresiones que desde aquel momento representan los mares, á la sazón inmensamente mayores, alterada la uniformidad de la superficie líquida por un sinnúmero de islas é islotes, que debian formar numerosos archipiélagos.

Con el establecimiento de las aguas á la superficie, coinciden una multitud de acontecimientos importantísimos, que completan la historia de tan remotas edades. La misteriosa aparicion de la vida, la inmediata formacion de la lluvia por el procedimiento que mas adelante explicaremos, la circulacion del agua líquida á la superficie, la descomposicion y acarreo de los materiales emergidos; y por último, el depósito químico ó mecánico de sus detritus en el fondo de los mares,

en forma de bancos ó capas, tales son los hechos que coinciden y puede decirse que arrancan del establecimiento del agua á la superficie del globo.

La sedimentacion en el fondo del mar, aumentando el espesor de la costra sólida de arriba abajo, aunque antagonista en su proceso, puede decirse que completa la accion del volcanismo que procediendo de abajo arriba, arroja materiales en cantidad fabulosa al exterior, contribuyendo á su vez á la consolidacion de la costra del globo. Y como quiera que ocupando los mares tan vastas superficies, forzosamente habia de atravesar la materia ígnea los depósitos llamados de sedimento, de aquí el que los bancos ó capas antes en el fondo del mar horizontalmente dispuestos, sufrieran dislocaciones mas ó menos profundas, que se traducen por el levantamiento é inclinacion que ofrecen, que á veces llega hasta la vertical, y por los cambios notables en la composicion, estructura y aspecto de sus materias componentes; fenómenos á los que llamaremos en lugar oportuno Metamorfismo, al cual, segun veremos, léjos de ser extraña, contribuye el agua de una manera muy eficaz. Todos estos trastornos que lenta ó bruscamente ocurrían á la superficie, efecto natural de la actividad interna y externa del globo, habian de determinar, como era consiguiente, cambios mas ó menos profundos en las condiciones biológicas del globo; cuyos efectos directos é inmediatamente dejaban sentirse en los seres orgánicos, que iban renovándose á tenor de las nuevas condiciones, pereciendo unos y apareciendo otros en su lugar para no verse ya mas la superficie privada de lo que tanto contribuía á hermosearla. Ahora bien, estos representantes de la vida, envueltos entre los materiales terrestres de sedimento, han subsistido, ora ellos mismos, ó sus huellas y despojos, formando parte de dichos terrenos estratificados, pero no ya tal como vivían, sino mas bien transformados en materia mineral, siquiera conservando toda su facies orgánica, convirtiéndose en verdaderas medallas de la creacion, que con el nombre de fósiles, explican clara y de un modo admirable la historia de nuestro planeta.

A los organismos esencialmente marinos, que caracterizan

la vida primera del globo, se suceden los terrestres; y cuando en épocas posteriores se formaron lagos ó grandes depósitos de agua dulce en los continentes, completóse el cuadro orgánico con las plantas y animales lacustres, y los de aguas salobres en las embocaduras de los grandes ríos y en los almajares y pantanos. Continúan entre tanto, por una parte la sedimentacion en el seno de las aguas marinas y lacustres, y por otra todas las manifestaciones volcánicas, cuya salida de materias al exterior, suele poner fin á la sedimentacion donde antes tranquilamente se efectuaba, marcando de esta manera el límite no siempre fácil de precisar de un espacio mas ó menos considerable de tiempo, que se ha convenido en llamar época de la historia terrestre, por los cambios profundos que todas estas operaciones imprimían á la materia, así mineral como orgánica.

De este modo sucediéronse todas las operaciones terrestres; en perpetua lucha los elementos internos encerrados en los abismos por la costra sólida, y al exterior la atmósfera, el agua, primero en vapor, mas tarde en estado liquido, y en tiempos relativamente modernos en forma de hielo y nieve, hasta que llegando, por decirlo así, á la plenitud de los tiempos, aparece el hombre como digno coronamiento de la creacion, en medio de circunstancias adaptables á su organismo, y rodeado de una fauna y flora, que salvas muy cortas excepciones, es la misma que aun hoy hermosea la superficie del globo.

Tal es la somera reseña de las vicisitudes por que ha pasado la tierra, desde su origen hasta nuestros días; siendo la consecuencia lógica de lo expuesto que léjos de haber permanecido siempre en el mismo estado, trabajada por poderosísimos agentes, ha sufrido en su larga y peregrina historia una serie inmensa de cambios y modificaciones, que han determinado lo actual, por donde debe empezarse su estudio, si se quiere formar cabal concepto de lo que antes fué, fundándonos para establecer esta conclusion en la identidad así de la materia que desde su origen la compone, como de los agentes que incesantemente determinan su proleto.

## GEOLOGIA ESPECULATIVA

### PRIMERA PARTE — GEOGRAFÍA

La palabra Geografía, derivada de las dos raíces griegas, *ge*, tierra, y *grafos*, descripcion, si se toma en su mas lato sentido, significa casi lo mismo que la Geología; pero obligados á marcar límites entre los diferentes ramos del saber referentes á nuestro planeta, pues de lo contrario resultaria el caos científico, diremos que es de su exclusivo dominio el estudio de la forma y peso específico de la tierra, datos relacionados ó deducidos de su totalidad, y los variados accidentes que la parte exterior de la costra sólida ofrece con los seres orgánicos que la pueblan.

Para comprender la ciencia tal como hasta el presente se ha considerado en lo que pudiera llamarse su período analítico ó de simple observacion, basta con lo dicho; pero si se quiere completar su concepto y darle el sello filosófico y sintético que se merece, se hace de todo punto indispensable explicar los accidentes que la caracterizan, relacionando los hechos con las causas que los determinan y no mirar tan solo su estado actual, sino remontarse á lo que en otros tiempos fué. Este método, sobre ser mucho mas científico que el seguido hasta aquí, tiene la inmensa ventaja de fijar mejor en la mente la verdadera nocion de los múltiples fenómenos geográficos estrictamente relacionados con los agentes que los determinan, conocimiento exigido hoy por la ineludible ley del progreso.

Por otra parte, no limitando el conocimiento á lo actual, sino examinando tambien los acontecimientos anteriores, se relaciona el principio con el fin, trazando de paso é insensiblemente la historia terrestre y dando por fin á este estudio un atractivo de que antes carecia.

Fundados en estas consideraciones, dividimos la Geografía en dos grandes capítulos, á saber: 1.º Geografía estática y 2.º Geografía dinámica: alguna aclaracion merecen estos dos adjetivos, que aplicados á esta ciencia creo ser el primero en usar.—Aplico la denominacion de *estática* á la Geografía analítica que solo estudia los hechos, y llamo *dinámica* á la que trata de las causas ó agentes que los determinaron y que siguen actuando á la superficie y en el interior del globo.

La estática puede decirse que representa la única Geografía que hasta el presente se ha estudiado y se conoce, constituyendo un largo y enojoso catálogo de nombres, que privados de su natural y mutuo enlace por no relacionarlos con sus verdaderos agentes productores, fatigan la memoria sin hacer entrar en funcion los demás elementos constitutivos del entendimiento, lo cual retrae á muchos de su cultivo.

Conviene, pues, completar la nocion del hecho con el conocimiento de la causa que natural y legítimamente lo determina, y de aquí la necesidad de la Geografía dinámica como su mas genuino complemento. Formando grupos ó asociaciones, por analogías, de los accidentes geográficos, y relacionándolos con sus propias causas, fácil cosa ha de ser alcanzar la significacion que tiene la serie de acontecimientos terrestres que precedió y determinó el estado actual, como parte orgánica de la historia de nuestro globo.

He creído deber insistir en la conveniencia y hasta si se quiere necesidad de esta division de la Geografía en estática y dinámica, 1.º para facilitar la inteligencia del asunto, y excitar en la juventud el interés que siempre despierta el conocimiento de nuestra propia habitacion, no limitándonos á considerarla como hoy es, sino como ha sido, y como será; y 2.º para que se comprenda el íntimo enlace que existe entre la Geología y la Geografía; comparable hasta cierto punto con el que une á la madre cariñosa con la hija agradecida; lo cual fácilmente se alcanza fijando un poco la atencion en que mientras la Geografía tal como se ha considerado hasta ahora trata de hechos sueltos ó mutuamente relacionados, la Geología los esclarece dando natural y sencilla explicacion, no solo de los hechos, sino del porqué, refiriéndolos á causas que forman parte de su complicada historia, y sin cuyo proceso no habria en el globo ese proteísmo que constantemente agita la superficie y el interior, ni tendrían aquellos la importancia que realmente debe concedérseles.

De esta manera considerada, la Geografía forma parte del organismo geológico; de donde fácil es deducir la absoluta necesidad que tenemos, si se quiere cultivar con verdadero provecho, de los conocimientos de aquella; ya que de la composicion mineral, de la estructura y demás circunstancias de los terrenos dependen la mayor parte, por no decir todos, los accidentes de la superficie del globo. Y como confirmacion cabal de este mismo enlace, debe declararse muy alto que sin buenos Mapas geográficos no es posible dar un paso seguro en las exploraciones geológicas.

Ahora, respecto á las denominaciones estática y dinámica con que designo los dos aspectos bajo los cuales puede considerarse la ciencia: el primero corresponde á lo que hasta ahora se ha llamado Geografía propiamente dicha; y creo no ser del todo inexacta la palabra, por cuanto se refiere á todo aquello que vemos hoy constituido en la superficie del globo. En cuanto á la palabra dinámica aplicada á la segunda parte de la Geografía, se refiere á los cambios incesantes que experimenta dicha superficie, bajo la incesante accion de numerosas y variadas causas. Por último, el tratar antes de la estática que de la dinámica, se funda en la necesidad de proceder de lo conocido á lo desconocido, elevándose de los efectos al exámen é investigacion de las causas que los producen; sirviendo el conocimiento de aquellos, y de estas, no solo de complemento científico de la Geografía, sino tambien de natural introduccion al estudio de la Geología, cuyos admirables progresos en los cincuenta últimos años realizados, débense muy principalmente al método que se llama de las causas actuales, cuyos mas pertinaces y entusiastas propagadores han sido el eminente Lyell en Inglaterra y Prevost en Francia, método que consiste en el estudio de lo que hoy pasa á nuestra vista en el globo, ó en otros términos, de la Geografía estática y dinámica, para deducir despues los diferentes estados por que ha pasado nuestro planeta, objeto principal de la Geología.