

CLÁSICOS PERUANOS

**LA GEOLOGÍA EN EL MUNDO Y EN EL PERÚ
A TRAVÉS DE LA HISTORIA**

**DISCURSO DE ORDEN DEL ING. JORGE A. BROGGI
EN LA CEREMONIA DE APERTURA DEL AÑO ACADÉMICO
DE LA ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS EXACTAS,
FÍSICAS Y NATURALES EN LIMA, 1940**

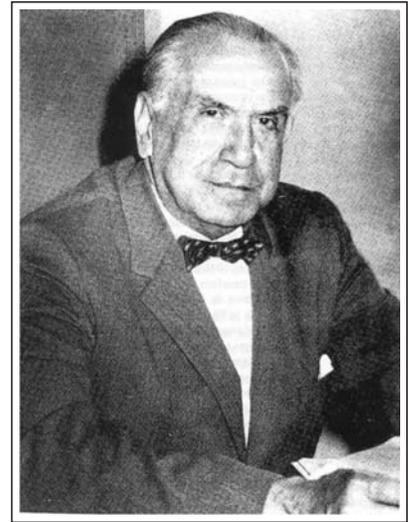
(Publicado en Actas de la Academia, 1940).

Don Jorge A. Broggi, Secretario Fundador y espíritu animador de la Sociedad Geológica del Perú durante sus etapas iniciales, fue uno de los científicos peruanos más eminentes y notables del siglo que termina. Su nombre estuvo unido al de la Geología Peruana.

Nació en Lima el 5 de Noviembre de 1888, hijo del ciudadano suizo Jorge Broggi Marchi y de la dama peruana doña Eloya Morel y Salamanca.

En 1910, a los 22 años de edad, recibe el título de Ingeniero de Minas, dando inicio a una extraordinaria andadura profesional que desenvuelve por más de 50 años. Decía él, "escogí para profesión las cumbres de los Andes".

Pero es en su faceta de mentor y promotor de la investigación donde Broggi destaca nítidamente. En 1944 promueve la creación del Instituto Geológico del Perú, cuyas funciones eran: (a) el levantamiento de la Carta Geológica Nacional, (b) el inventario de las riquezas del suelo y subsuelo del Perú, (c) la formación y capacitación de geólogos, y (d) la labor de cooperación: geológica y geofísica con las entidades internacionales. Fue evidentemente el antecesor de los actuales INGEMMET y el Instituto Geofísico del Perú.



JORGE A. BROGGI
1888-1966

(Extraído de: Víctor Benavides Cáceres , Vol. Jubilar N°5, Sociedad Geológica del Perú, julio 1999)

Debe ser mi primera palabra de gratitud al eminente matemático Dr. Godofredo García presidente de esta Academia Nacional de Ciencias, por haberme designado para dirigiros la palabra con motivo de la apertura del segundo año de sus elevadas actividades.

He vacilado entre elegir, para esta solemnidad, un tema de especialización novedoso u otro de orientación cultural, y me he decidido por el segundo, porque tiene más cabida ante un auditorio policientista. Pero como tampoco puedo apartarme de aquella rama fundamental del saber, a la que he dedicado y dedico las mejores horas de mi modesta vida, os voy a decir algo de la Geología en relación con el progreso humano y con el adelanto de nuestra patria.

La Geología en sus comienzos.- El origen de la Geología se remonta más allá que el de las otras ciencias en el interminable camino del pasado. Sus primeros conocimientos se

pierden en la penumbra de los orígenes de la vida, cuando un animal o un vegetal en forma tal vez inconsciente, condenados a ambular sobre la hidrósfera o la litosfera, encuentran mejor defensa en aprovechar las particularidades fisicoquímicas del medio en que tienen que luchar y supervivir: la Tierra.

Con el advenimiento del primer hombre coincide el del primer geólogo. ¿Por qué se le denomina, habitante de las cavernas más tarde de la edad de piedra, de cobre, de bronce, y hierro Pues sencillamente, porque geólogo intuitivo, supo reconocer las formas fisiográficas del medio terrestre en que vivió y porque supo distinguir los diversos tipos de piedras o rocas, sus propiedades y sus yacimientos.

La civilización se inicia seguramente cuando el hombre salvaje, el Pithecanthropus, descubre la primera herramienta y logra el primer fuego

artificial. Sabido es, que la especie mineral conocida con el nombre de Sílex, desempeña un papel único en esta etapa de su primitiva cultura. Hay muchas especies de Cuarzo pero solamente la Sílex se ofrece con las propiedades de producir chispa y de labrarse en forma cortante. Tampoco es muy abundante, de modo que el hombre, la busca en determinados terrenos y desde luego los sabe diferenciar de otros muy parecidos. Vienen después las edades de los metales, en que su mayor sentido geológico lo lleva a descubrir minerales cada vez más complejos y usar ya las primeras nociones de la física y la química pero siempre como resultado de observaciones geológicas previas.

Pero la verdadera ciencia se inicia con la escritura, es decir cuando el hombre puede expresar en forma indeleble su pensamiento, y es ya de estos tiempos menos remotos, de los que podemos decir algo más concreto.

Pocos como A. de Lapparent, han trazado un cuadro más exacto del nacimiento de una ciencia y en particular de la Geología. Es primero un arte, un conjunto de prácticas y preceptos desafines que se confunden con el Laboreo de Minas, y que responden a las crecientes necesidades del hombre. Vienen después los filósofos o investigadores de las causas de los fenómenos, que poseedores de la escritura y de la enseñanza, hacen escuela. Se suceden pues los ordenamientos de hechos e interpretaciones contradictorias y deficientes, generalizaciones acertadas o equívocas, aplicación de nuevas ramas del saber y por fin la constitución de una ciencia, o sea de un edificio de hechos reunidos o agrupados por un genio ordenador, cementados por la argamaza de la reflexión y la teoría.

Entre los filósofos fundadores de la Geología, los diversos autores están de acuerdo en reconocer a Tales de Mileto (636-540 A.J.), como el primero en tocar un tema netamente geológico, al suponer, ante la observación de los depósitos aluviales de la boca de los ríos, que las aguas podían transformarse en tierras. Siguen después como diez maestros de la gran Grecia: unos que atribuyen los cambios de tierra y mar a las aguas, los neptunistas de la escuela de Tales, y otros, los plutonistas, que los atribuyen a energías volcánicas o del fuego interno, doctrina cuyo fundador Empédocles de Agrigentum (444 A. J.) encuentra la muerte al arrojarse en el cráter del Etna.

Pero muchos miles de años antes, los grandes monumentos de la China, de la India, Babilonia, Egipto y la misma Grecia, revelaban el adelanto que el hombre había adquirido en el conocimiento de las piedras ornamentales, el metal, las tierras de cerámica y las piedras preciosas. Tal vez pues algún día se encuentre una literatura más antigua, que delate, aunque solo sea en forma descriptiva, los conocimientos mineralógicos y petrológicos de aquellas antiguas culturas.

Las primeras referencias sobre la existencia de restos fósiles, se atribuyen a Xenóphanes de Colophon, fundador de la escuela Eleática de filosofía, que floreció en Grecia 540 años antes de Jesucristo. Las iniciales enunciaciones de la evolución natural de los seres, se pueden encontrar en Anaximandro de Mileto (515-547 A.J.); quien, según Cuvier, sostuvo que el hombre descendía de los pescados. Al gran Aristóteles de Estagira (384-322 A.J.), se deben las primeras descripciones de metales y "fósiles", palabra ésta, que usa para calificar también rocas y minerales como el azufre, ocre y realgar; pero el primer escrito de valor sobre éstos, se debe a su discípulo Teofrasto de Ereso (370—287 A.J.), que escribió un libro especial titulado "Sobre las Piedras", el que por 1800 años debía constituir la obligada obra de consulta sobre minerales y rocas, productos naturales que no se alcanza a separar hasta el advenimiento de la Química.

Entre los griegos menos remotos, débense a Agatarco (181-146 A.J.), las primeras descripciones de yacimientos de oro del Nilo, que posiblemente existían en explotación en las vecindades con Abisinia; y al describir que el amarillo metal se encuentra dentro de la roca en venas ramificadas, no solo pone la primera piedra de la Geología Económica, sino también de la Metalurgia.

A la guerrera Roma, le toca solamente el papel de continuadora de la cultura griega, pues no agrega mucho de valor a lo descubierto en Grecia. Desde un siglo antes hasta uno después de Jesucristo, se destacan: Lucrecio, Vitruvius, Plinio el Joven y Séneca. El tercero de ellos ha dejado buenas descripciones de los yacimientos de oro de España y Portugal, de hierro de la isla de Elba y de Bilbao como de otros minerales y piedras preciosas. Son tiempos aquellos, en que los fines prácticos y materiales, imperan sobre la reflexión severa y elevada. Los progresos empíricos son grandes,

pero pocos los filósofos que han dirigido una orientación industrial. La evolución del pensamiento fue pequeña en comparación con la edad helénica.

Transcurren después los catorce siglos de la Edad Media, en que la humanidad se debate en luchas religiosas que originan las interminables del feudalismo. Muchos de los descubrimientos anteriores son olvidados y muy pocos experimentan la acción progresiva del tiempo. Dante, Assisi, Bacon, Magnus de Beauvais y Marco Polo, son escasos faros de luz difusa; y hay que llegar al siglo XVI, para encontrar en la enorme mentalidad de Leonardo de Vinci, la indicación precisa de una nueva ruta y el punto de partida de las orientaciones actuales.

En ese mismo siglo le toca a Bernardo Palissy (1580) defender las ideas ya emitidas por Vinci (1508) sobre el verdadero origen de los fósiles, restos de animales desaparecidos muchos de ellos bajo el mar y encontrados hoy en la cima de las más altas montañas; y a Jorge Agrícola, imprimir su famosa "De Re Metálica" reseña geológica práctica y teórica de lo más completa y acertada sobre los progresos realizados en el arte de conocer y explotar la Tierra. Por los conocimientos tan completos de este genio de Sajonia, puestos de manifiesto en su "De Natura Fossilium", en el día hay acuerdo en considerarlo como el padre de la Mineralogía.

En sus diversas obras (1530-1556), Agrícola corrige las ideas de Aristóteles, Avicena, (1021-1023), Marbodius (1061-1081) y Alberto Magnus (1260) y establece la más completa clasificación de minerales y rocas. Es muy notable la introducción por vez primera del concepto de solución mineralizadora bajo el nombre de "succus lapidiscens" o "fluido lapidificante", pues con ella explica, como hoy se hace, el relleno de tanto yacimiento metálico cuya explotación constituye la nota más saliente de la cultura actual. Más tarde Conrado Gesner, contemporáneo de Agrícola, da a luz otra clasificación que comprende también fósiles.

Pero tiene todavía que pasar un siglo, durante el cual Aldrovandus (1605) emplea por primera vez la palabra Geología en su actual significado, para que el abate danés Nicolás Steno, sorprenda al mundo con su "Prodromus" (1668), en que establece el carácter detrítico o fragmentario de las capas del suelo toscano, su origen por sedimentación en masa líquida y deduzca, con rara sagacidad, el carácter

horizontal del primitivo depósito como el epigénico de su inclinación actual.

Steno logra diferenciar las formaciones ígneas de las sedimentarias y reconoce entre éstas las que son anteriores a la aparición de la vida orgánica, estableciendo secuencia por edades. Es pues en buena cuenta, el fundador de la Tectónica.

Coinciden con las publicaciones del danés, fruto de observaciones en el campo, las reflexiones teóricas del gran Descartes (1664), quien considera la Tierra como un astro con grandes energías interiores acumuladas, que producirían las dislocaciones de la Corteza y su mineralización.

Trascurre otro siglo de la Edad Moderna, hasta la aparición de Abraham Werner (1775-1825), padre de la nomenclatura geológica y de la Geología Económica. Con una irresistible vocación por la enseñanza y una rara comprensión de los fenómenos que habían producido la mineralización de la por 1000 años laboreada región minera de Freiberg, enseña tan sugestivamente como ninguno en esta Academia de Minas; y estableciendo la instrucción práctica en el laboratorio como en el campo, llega a adquirir tanta Fama que concurren discípulos del mundo entero a escucharlo. Napione lo llama el nuevo Sócrates de la Geología. Leopoldo Von Buch, Alejandro von Humboldt y D'Aubuisson de Voisins, son sus discípulos más famosos, que han de revivir la vieja lucha entre neptunistas con su maestro al frente, y plutonistas con el gran escocés James Hutton (1726-1797) que Zittel considera el padre de la Geología Histórica.

Esta lucha tiene por origen la dificultad de viajar y el reducido campo de observación de los geólogos. La influencia de los lugares donde vivieron, donde pudieron observar y meditar, los llevó a generalizaciones peligrosas y la creación de dos doctrinas antagónicas: las de la predominancia del agua o del fuego en la producción de las formaciones visibles de la litósfera. En realidad ambas tenían razón, puesto que los dos agentes habían intervenido en originarlas.

Pero a fines del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX, hay un florecimiento general de todas las ciencias. Vienen al mundo Lamarck, Cuvier, Smith, Lavoisier, Haüy, Lyell y Darwin, astros de primera magnitud, que habrían de iluminar el

firmamento del saber y a cuyas luces la Geología habría de experimentar una completa consagración científica.

Lamarck (1744-1829), fundador de la Paleontología de los Invertebrados, es sobre todo famoso por haber establecido las bases de la Teoría de la Evolución de los Seres.

Cuvier (1769-1839), es el fundador de la Paleontología de los Vertebrados y ejerció en las esferas científicas una profunda influencia por su enorme obra y elevada condición social.

William Smith (1769-1839), al descubrir que determinadas formaciones están caracterizadas por ciertas especies de animales fósiles, se convierte en el padre de la Estratigrafía. Por sus grandes trabajos, también se le conoce como el Padre de la Geología Inglesa.

Lavoisier (1743-1794), con sus grandes descubrimientos en Química, hace posible el establecimiento de la especie mineralógica, que es la especie química natural.

René Justo Haüy (1743-1821), nacido en un pueblo del Norte de Francia, eleva la Mineralogía al rango de Ciencia, como lo dijo Berzelius. Es el fundador verdadero de la Cristalografía, por sus investigaciones matemáticas en tal disciplina.

Lyell (1797-1875) con sus "Principles of Geology", es el que más contribuye a dar a la Geología la firmeza que hoy posee. Antes de él, Cuvier había recurrido a hipótesis catastróficas para explicar la desaparición de grandes grupos de animales; pero Lyell opina por un proceso de evolución lenta, semejante al que ofrece el decurso normal de los acontecimientos a los ojos del hombre. Lyell, es sobre todo, el primer vulgarizador de la ciencia geológica, porque la pone al alcance de las masas, arrancándola, de los predilectos.

Charles Darwin (1809-1882), llena por fin con sus obras un enorme vacío. Es el consolidador de la Teoría de la Evolución y con su escuela el que más contribuye a robustecer los conceptos de la Geología Histórica, estableciendo los vínculos filogénicos de las diversas especies. Se hace sobre todo famoso por sus investigaciones sobre el origen de la especie humana.

Bien se puede decir pues, que declina el siglo pasado y comienza el actual con un afianzamiento completo de la Geología y sus ramas mineralógica y paleontológica.

La Geología Contemporánea.- Como un árbol robusto que demora en crecer, pero cuando llega a la edad adulta echa profundas raíces y cobijadora sombra su copa, así la Geología que desde mediados del siglo último era ya una ciencia hermosa, con los años transcurridos había de convertirse en gigantesco tronco, cuyas ramificaciones, muchas de ellas corpulentas y aptas para constituir entidades independientes, le dan un aspecto imponente y difícil de abarcar con el más grande esfuerzo de la mente. No sólo produce en el espíritu, la satisfacción de explicar muchos acontecimientos del presente o del pretérito y de cubrir así la exigencia de saber del inquieto hombre de hoy, sino que es la directamente responsable de su progreso material, al suministrarle los conocimientos necesarios para que pueda obtener de las entrañas terrestres lo que necesita para dominar el aire y el agua, para comunicarse mejor y para elevar su civilización a los niveles de una cultura jamás alcanzada.

Después de los trabajos de Bravais, Weiss, Miller, Michel, Levy, Gadolin, Federow, Sohncke y Schoenflies en materia cristalográfica, de Brush, Plattner y von Kobell en química pirotécnica, de Sorby, Des Cloiseaux, Fouqué, A. Michel Levy, Mallard, Bertrand, von Lassaulx, Federow, Winchell, Wright, Campbell, Murdoch, Davy, Farnham, Van der Veen y Schneiderhömn, sobre óptica transparente y opaca, como de Dana, Lapparent, Hintze y Niggli en orden taxonómico y de Doelter, Curie, Groth, Voigt, Bragg, Laue, Koksharov, Vulf, Boldyreva y la escuela de Federow en los restantes órdenes físicos y químicos, la Mineralogía es hoy una ciencia de vida propia, dentro de la cual caben muchas especialidades.

Hay varias revistas especialmente dedicadas a esta rama geológica y los museos del mundo entero están llenos de miles de especies minerales, que continúan siendo estudiadas a la luz de la nueva física. Su enseñanza es obligatoria en todas las escuelas y especialmente en establecimientos científicos superiores de Geología y de Minas, y para su aplicación a las industrias extractivas del suelo se preparan cursos de vulgarización, teniendo

en cuenta que lo que se persigue con la Mineralogía es llegar en el más breve tiempo a la mejor identificación de la especie química.

La Petrología, que en buena cuenta es una rama de la Mineralogía, pues estudia las mezclas o asociaciones de minerales para formar conjuntos de grandes dimensiones llamados rocas, sigue un progreso paralelo a la ciencia de que deriva. Reconocidos los orígenes endógeno, ígneo o plutónico y exógeno, sedimentario o neptúnico, se estudia también los tipos de estas rocas que han sufrido transformaciones por incremento de temperatura o presión y que constituyen el tercer gran grupo de las metamórficas o cristalofílicas. La aplicación del microscopio a la determinación de las especies minerales integrantes, que por regla casi general se ofrecen en minúsculos granos, contribuye a darle un empuje considerable, pero pronto se ve que la complejidad de tales asociaciones impone el análisis químico.

La parte taxonómica de esta ciencia es pues todavía incierta, y los esfuerzos de los grandes petrólogos como Fouqué, Michel Levy, Lacroix, Rosenbusch, Iddings, Teall, Brögger, Cross, Pirsson, Washington, Clarke, Tschermak y últimamente de R. A. Daly de Winchell, Johanssen, Fenner, Bowen, Larsen, Harry etc., en la parte de petrología endógena; de Cayeaux, Grabau, Potonié, Twenhofel, Hatch, Rastall, Boswell, Trask, Krumbein y Pettijohn en petrología exógena, y de Van Hise, Sederholm, Termier, Grubennmann y Sander con las escuelas suecas y canadienses en materia de petrología cristalofílica aún parece que no se ha encontrado una pauta sistemática que sirva de segura guía para su conocimiento y estudio. Las tendencias actuales son las de estudiar las condiciones fisicoquímicas en que han consolidado o se han metamorfizado y hacer un estudio mixto de las rocas bajo un punto de vista mineralógico y químico. Con todo, parece aún lejano el día en que dada la complejidad de productos y condiciones de génesis, se puede establecer agrupamientos que faciliten debidamente su estudio y den luces claras sobre su origen. Hay que esperar que los estudios de Geología Estructural, contribuyan eficazmente a este fin.

La Paleontología es una rama que ha progresado bastante al auxilio de la Anatomía Comparada y del creciente reconocimiento de nuevas faunas y floras fósiles. Entre los

maestros de esta ciencia debemos citar a Hall, d'Orbigny, Zittel, Steinmann, Osborn, Gabb, Hyatt, Walcott, Ameghino, Waagen, Bose, Ruedemann, Douvillé, Cushman y otros en Paleozoología y a Ehrenberg, Zeiller, Schimper, Saporta, Scott y otros en Paleobotánica.

En las condiciones actuales, la Paleontología cubre dos fines: uno exclusivamente especulativo, el biológico o filogénico, de reconstruir el camino seguido por los seres en su evolución, y otro de positiva ayuda a la industria, cual es el de suministrar las especies y géneros característicos, que vienen a ser las fichas indicadoras de la edad de las diversas formaciones exógenas. La gran variación de algunos grupos de animales y plantas, ha permitido llevar muy lejos las subdivisiones de la cronología estratigráfica y con ello identificar formaciones de poco espesor, que de otra manera sería poco o nada factible. En los últimos años p. ej., y merced a los trabajos de Cushman y Wayland Vaughan, notables paleontólogos estadounidenses, la clase Foraminífera es una ayuda de gran valor para el descubrimiento de reservorios de petróleo. Una de las deficiencias subsistentes, es la de que no exista aún criterio formal para la designación, de la especie, lo que contribuye a dar una base inestable a la labor paleontológica; esto no parece que dejará de ser así, hasta que los fenómenos biológicos puedan traducirse en fórmulas matemáticas.

La Geología Estructural, Tectónica o Geotectónica como también la denominan algunos geólogos, es otra hija de la Gran Geología que ha experimentado considerables progresos, debido a los estudios de los ciclópeos macizos montañosos y de los relevamientos geológicos operados en la mayor parte de las naciones civilizadas. A este respecto se debe mencionar los grandes trabajos de Albert Heim, Termier, Argand y otros geólogos notables en los Alpes; de Rogers, Dana, Bayley Willis y otros miembros del Geological Survey de E.E. U.U. sobre los Apalaches; de Steinmann y otros sobre los Andes y sobre todo la grandiosa síntesis de Suess, intitulada "La Faz de la Tierra", traducida ya a varios idiomas. En cuestión de formaciones de origen ígneo, deben mencionarse las originales y recientes investigaciones de H. Cloos. Con todos estos progresos, todavía la parte sistemática de la Tectónica deja algo que desear, y es, que faltan frecuentes y buenas secciones naturales para

descubrir las estructuras profundas, particularmente en las poco accidentadas zonas de los escudos continentales. Una mención de valor debe hacerse en este sentido a la industria minera, por las luces suministradas con sus extensas perforaciones, que han permitido relevar estructuras invisibles y desconocidas.

Las frecuentes exploraciones verificadas por todos los ámbitos continentales y los cada vez más frecuentes y eficaces viajes y cruceros oceánicos, han permitido llegar hoy a un conocimiento muy avanzado de las formas externas litoesféricas. La Geomorfología General y Específica, han adquirido pues hoy una gran amplitud, restando tan solo el Continente Antártico y algunos mares, para que el hombre obtenga un conocimiento satisfactorio de las particularidades de forma del astro sólido sobre el cual se asienta nuestra vida. La intervención de filantrópicas instituciones de los principales países, ha sido y es muy eficaz; y son muchos los maestros y hombres de ciencia que se han destacado en esta labor, debiendo mencionarse a Murray, Morris Davis, Walther, Johnson, Penck, Passarge, Bowie, Sapper, Vening, Meisnesz, Byrd y otros más.

La atmósfera como agente de intensa modificación de las formas terrestres, es algo que solamente en los años recientes ha merecido atención. Son muchas las investigaciones que en los años últimos se han hecho con el fin de conocer las particularidades de su dinamismo, las que se perfeccionan cada día. Los Servicios Meteorológicos de los diversos países, rinden mucho en este sentido; pero falta explorar más la estratosfera, en el cual se encuentra seguramente el origen de los cambios troposféricos que afectan los continentes y los océanos. En alcanzar el conocimiento actual, han contribuido en forma destacada Bjerknes y Exner, fundadores de la Meteorología Dinámica, nueva ciencia que ha permitido la previsión del tiempo a corto plazo, como también Napier Shaw, Humphreys, Hobbs, McEwen, etc. por investigaciones semejantes. La exploración de la alta atmósfera como la de las profundidades oceánicas, es muy costosa, y solo puede ser acometida con la cooperación de los grandes filántropos, instituciones muy poderosas o los gobiernos de las principales naciones.

Son grandes las sorpresas obtenidas con los más recientes estudios hidrológicos, tanto oceánicos como continentales, superficiales como subterráneos. La Oceanografía es ya, después de los viajes de Murray y el Príncipe Alberto de Mónaco, una ciencia casi independiente, cuyas actividades continúan gracias a los esfuerzos meritorios de instituciones como la Carnegie de Washington, la Scripps de California, la de Mónaco y la de Hamburgo. Varias otras valiosas observaciones se han agregado, como la reciente del "William Scoresby" en el Pacífico Meridional, financiada por el Gobierno Inglés, y la del "Meteor" por el alemán, sobre el Atlántico. Una particularidad revelada en el borde oceánico, es la de los cañones submarinos, profundas depresiones transversales que se inician de las costas y llegan hasta miles de metros de profundidad, sin relación muchas veces con los valles continentales del presente, de los cuales se juzgó en un principio que eran su continuación bajo el mar. Ninguna de las siete teorías ideadas para explicarlos, es satisfactoria. De otro lado, las determinaciones biológicas, de salinidad, oxígeno, temperaturas, y otras características de masa oceánica, revelan que ésta es de una gran complejidad y más complicado aún su dinamismo. Aún no existe por lo tanto un acuerdo sobre el verdadero origen de las corrientes marinas, ni se explican satisfactoriamente circulaciones verticales con el llamado Upwelling o "movimiento de agua de fondo", responsable de las bajas temperaturas de la Corriente Peruana generadora de las condiciones climáticas de nuestra costa.

La Hidrología Superficial, tanto en su aspecto de estudiar el dinamismo del agua sólida como líquida, ha merecido intensas investigaciones en los años últimos, particularmente de los gobiernos, que miran en el dominio de su conocimiento la solución del problema de asegurar la vida de sus pobladores. Cientos de investigadores se han dedicado a ella, encontrándose todavía bastantes incógnitas. En algunos estados, se ha llegado, con todo, a producir un verdadero control artificial de la circulación superficial o escorrentía. La Hidrología Subterránea, o Hidrogeología ha dado también grandes pasos después de las iniciales investigaciones de Darcy, King y Slichter, permitiendo que hoy se tenga un concepto algo preciso de la circulación por los poros y fracturas de los sedimentos y rocas. Como resultado de estas investigaciones, se ha

establecido una perfecta subordinación del agua subterránea a la superficial, cuyo régimen circulatorio solo estaría regido por las variaciones estructurales de las capas permeables a cuyo través migra. Continúa siendo con todo un enigma el origen de muchas aguas termales, cuya vinculación a focos volcánicos parece evidente.

En materia glaciológica, es también un hecho comprobado, el retroceso de las nieves permanentes, el que manifiesta que atravesamos por una época de calentamiento y sequedad de la troposfera en la cual tenemos que desenvolver nuestra corta existencia. Los últimos estudios estratigráficos, revelan que la Tierra ha atravesado, desde los tiempos en que el reino biológico comenzaba a aparecer, por grandes ciclos universales de variaciones climáticas, pues en las capas anteriores al Paleozoico se ha encontrado, en distintas partes del globo, grandes depósitos glaciares petrificados. La cuestión de la periodicidad en ciclos climáticos, es con todo una cuestión que continúa siendo discutida, pues aunque es evidente el proceso de variación, no se puede establecer su carácter matemático. Causas cósmicas de perturbación milenaria, dificultan seguramente la elucidación del problema.

La Geografía Física, parte sistemática que pretende transformarse en ciencia independiente al concurso de la Fisiografía, la Meteorología, la Hidrología, la Geomorfología y la Biogeografía, ha recibido el impulso de algunos investigadores, como Köppen de Martonne, y las respectivas escuelas alemana y francesa.

En el último cuarto de siglo y con el enorme avance de la técnica, se ha acometido el amplio estudio de las propiedades físicas del astro. Campo de gravitación, magnético, sísmico, eléctrico, térmico, radioactivo de grandes dimensiones, la superficie terrestre ha sido y sigue siendo explorada con métodos particulares que constituyen ya materia de una ciencia muy vasta, la Geofísica o Física del Globo, la que no puede desligarse de la Geología. Los progresos realizados en tan corto tiempo, son enormes; sus perspectivas gigantescas. No solo ha contribuido y contribuye a revelar la existencia de grandes riquezas ocultas en el subsuelo, sino que en el campo de la ciencia abstracta descifra las estructuras más profundas del medio intratelúrico. Como ocurre con todas las ramas del saber, su origen es

radial y se produce como resultado de la conjunción de esfuerzos independientes y simultáneos que parecen respondiesen a un salto de la mente humana. Etvös, Bessel, Hayford, Lambert, Schweidar, Heiland, Ambronn, Gauss, Lord Rayleigh, Schmidt, Bauer, Koenisberger, Maurain, Schlumberger, Lunberg, Sundberg, Rooney, Gish, Wiechert, Zoeppritz, Gutenberg, Mohorovicich, Macelwane, Sieberg, Galitzin, Inglada, Quervain, Wegener, Jeffereys, Love, Jeans, Mintrop, Omori, Mainka, Rothé, Milne, Wenner, Brunner, Heck, Fleming, Geitel, Holmes, Kossmat, Elster, Sokolow, han sido y son sólidos pilares de este nuevo edificio.

La Volcanología, no ha experimentado verdaderos y efectivos progresos desde muchos años atrás, muy a pesar de los observatorios establecidos en Italia y Java y del acopio de datos sobre las actividades de los centros eruptivos de esas comarcas.

La Geoquímica ha dado un buen paso con los importantes estudios de W. Clarke y Vernadski, pero falta todavía mucho que aplicar al conocimiento de las particularidades del planeta.

La Geología Experimental, nacida a la sombra de las experiencias de James Hall en 1815, se transformó en una importante rama científica al notable impulso del genio de Daubrée y sus continuadores, como Meunier, Bayley Willis, Leith, de Sitter, Kuenen y decenas de otros científicos, cuyos trabajos han servido para aclarar el origen de muchos fenómenos geológicos pretéritos y presentes.

La Minerogenia, no obstante constituir la parte de la Geología que más aplicación tiene a la industria, toda vez que los progresos de ésta derivan de la aplicación acertada de sus luces, no ha desarrollado lo deseable. Verdad es que hoy se conoce el origen del carbón, se puede casi afirmar el del petróleo y se tiene ya un concepto más preciso de la mineralización metálica primaria al no sostenerse que sea espontánea o derive de semillas y transformaciones autóctonas; pero a pesar de las grandes explotaciones, falta todavía establecer relaciones claras entre depósitos y magma o roca madre. La aplicación de la Geología Estructural y la Físicoquímica, está llamada a rendir muy buenos frutos en este sentido.

La nueva escuela de geólogos estadounidenses ha contribuido en buena parte a colocar esta ciencia en un pie más alto del que la habían dejado los de Gales y Sajonia. Son muchos los nombres que podríamos citar, limitándonos a Ransome, Emmons, Rice, Lindgren, Spurr, y Graton entre los estadounidenses y a Fuchs, de Launay, Becke, Beyschlag, Vogt, Krusch, Locke entre los europeos dedicados a la investigación de génesis de los depósitos metálicos; Grand'Eury, Fayol, White, Campbell, Ashley, Potonié, Thie-sseny Dowling al carbón, y Sterry Hunt, Hoefler, Newberry, Engler, Clapp, De Golyer, Trask, Krejci Graf y otros, al petróleo.

Los constantes estudios paleontológicos y tectónicos que se hacen en el mundo entero, tanto por los estados como por las empresas particulares empeñadas en apropiarse reservas de petróleo o de carbón, han hecho que la Estratigrafía, aún después de la genial síntesis de Suess, experimente un gran desarrollo.

La Orogenia continúa todavía en el campo de las incertidumbres, muy a pesar de los recientes y apreciables trabajos de Stille, Argand, Fourmarier, Bucher, Haarmann, van Bemmelen, Holmes, Grabau y otros. Como síntesis del actual estado de sus conocimientos, las áreas continentales se pueden dividir en zonas estables o escudos e inestables o geosinclinales. Las cordilleras coinciden con éstas. La inestabilidad de tales zonas, es algo que todavía no se ha elucidado, pues si bien parece que Stille ha probado que a través de los tiempos geológicos, la Tierra tuvo períodos de intensa actividad orogénica separados por largas épocas de quietud, esta quietud no ha sido absoluta, sino que se ha caracterizado por movimientos verticales o epirogénicos de gran frecuencia relativa, pero de poca amplitud. También la teoría mandibular de Suess, que suponía los plegamientos montañosos producidos por la aproximación de dos bloques corticales estables o escudos, tiende a ser desechada para substituirse por la de un arrastre por movimiento de la subcorteza semifluida. La teoría de la Isostasia de Pratt y Airy, que envuelve movimientos verticales, solo es aplicable sobre la base de un substrato de esta condición.

La Paleogeografía, verdadera síntesis o recapitulación de la geomorfología y climatología del pasado, ha recibido importantes perfeccionamientos y correcciones como resultado de los más recientes estudios

estratigráficos. Las cartas de A. d Lapparent, han podido así ser corregidas por Haug y Schuchert, ofreciendo cuadros más próximos a la verdadera repartición pretérita de tierras y mares.

La Geocronología, que por muchos años tuvo por base solamente el criterio evolucionista de los seres y por lo tanto no podía acertadamente recibir una expresión en unidades objetivas de tiempo, ha dado un verdadero salto al aplicarse con éxito favorable los métodos radiactivos por Russell, Kovarik, Holmes y Lane, de los cuales se deduce que las formaciones litoesféricas más antiguas y consideradas como las primeras capas terrestres de la corteza, tienen una edad de cerca de 2000 millones de años. La más concreta y continuada explicación de estos métodos, que son a no dudarlo los menos inseguros, confirman la secuencia de la cronología biogeológica establecida, aunque la duración de los intervalos no guarde relación con el rango conferido a sus diversas divisiones y subdivisiones. Todavía hay que esperar un perfeccionamiento de éste y otros métodos que dan resultados muy distintos, para llegar a tener una escala más próxima a la verdadera.

La Geocosmología, que se halla en el plano de la hipótesis, mal llamada teoría, no ha avanzado preceptiblemente a pesar de los recientes esfuerzos de Chamberlin, Moulton y Jeans. Solo podrá constituirse en una verdadera rama científica, cuando prosperen la Astrofísica y otras ramas conexas. El momento está todavía algo lejano.

Esta es en suma Señores, una apreciación global de los progresos de las diferentes ramas de la gran ciencia geológica y una apreciación restringida de su actual estado. Como se ve, no ha experimentado ninguna detención, pues organizada en época bastante reciente, interviene al unísono en el concierto de las otras fuentes del saber humano y contribuye como ninguna al auge material y síquico de la actual civilización.

La Geología en el Perú.- País conquistado hace más de cuatro siglos por la cultura europea, no podía recibir en un principio sino el mezquino aporte de una ciencia que recién se formaba. No faltan historiadores versados y publicistas seudotécnicos, que nos dan una clara noción de lo que ocurría en esas épocas ya lejanas de empirismo rayano en ignorancia y de antojadizas explicaciones fenomenológicas. Solamente con la llegada de Humboldt, en los

albores del siglo XIX, es que se establece la primera infiltración de la verdadera ciencia geológica, la que también en el viejo continente adquiriría fresca carta de ciudadanía. Con ese gran viajero, se comienza pues por conocer científicamente los minerales objeto de aprovechamiento industrial, al mismo tiempo que se hacen los primeros datos de Geología Económica. La colección de fósiles por él recogida, fue objeto de las primeras descripciones hechas sobre material peruano por Von Buch (1839). Poco después aparecen los estudios de D'Orbigny (1842) y posteriormente los de Hyatt (1875), valiosas descripciones paleontológica sudamericanas. Mas tarde Gabb, publica en 1877, el resultado del examen de una colección de moluscos fósiles remitida por Raimondi.

Antonio Raimondi, ha sido para el Perú su principal figura científica y el padre de nuestra Mineralogía. Gran explorador y coleccionista, reunió un buen museo de minerales, plantas y animales, dedicándose de preferencia al examen y clasificación de las primeras. No era un estratígrafo, tectonista ni tampoco dominaba sino escasamente las otras ramas de la Geología, de modo que su principal trabajo fue de orden mineralógico. Al leer sus voluminosos apuntes de esta disciplina, no hay pues que formarse un juicio excesivo e infundadamente optimista de las riquezas del país, porque trata de muestras escogidas. Para juzgar bien su obra, debe tenerse en cuenta que la Mineralogía no había adquirido gran desarrollo, por lo que no obstante haber sido el introductor del microscopio en el examen de algunos minerales, nunca llegó a poseer la elaborada técnica contemporánea, limitándose a identificaciones químicas de soplete o vía húmeda y a describir los aspectos macroscópicos de minerales y rocas.

En 1881, Gustavo Steinmann, geólogo de Iena y después de Bonn, publicaba descripciones de fósiles peruanos, y poco después Pflücker y Rico, que había estudiado en Alemania, clasifica fósiles por primera vez en el país, por lo que se le puede calificar del introductor de la Paleontología en el Perú. Sus estudios en esta materia (1883), no fueron con todo muy extensos. También Gehrardt y Douvillé, publican cortas notas paleontológicas sobre fauna nacional que se les remite (1897) y (1898).

Tal en síntesis el estado de los conocimientos geológico del Perú, al terminar el siglo, y que

completado con algunos breves informes de Geología Económica, Geografía, Fisiografía, Climatología, daba el convencimiento de que era todavía un campo casi virgen para la investigación respectiva.

Nadie podrá negar la influencia tan poderosa que en el progreso del país han ejercido: la Escuela de Ingenieros, fundada por Eduardo de Habich en 1876 y el Cuerpo de Ingenieros de Minas por José Balta al comenzar el siglo actual. En el primer instituto se dictan las más modernas disciplinas científicas, preparándose personal técnico; en el segundo se estudian los recursos minerales del país. En un principio es necesario traer especialistas extranjeros, pero pronto los nacionales han de sustituirlos con igual eficiencia. En la Escuela de Ingenieros, Carlos I. Lisson dicta las primeras lecciones de Petrología y Geología General, como José J. Bravo las de Paleontología. La Mineralogía era disciplina que regentaban Olaechea, Barranca y Alvarado, en la Escuela el primero y en la Universidad de San Marcos los otros dos maestros. En el Cuerpo de Ingenieros de Minas, se contrata a G. Steinmann y también una misión de técnicos norteamericanos para estudiar los recursos hidrológicos del país, mientras que una pléyade de egresados de nuestro plantel técnico superior, recorren el país en misión de hacer conocer sus riquezas mineras con el poderoso auxiliar de la herramienta geológica. Lisson y Bravo acometen de lleno la tarea paleontológica con materiales exclusivamente del país, o sea con bibliotecas y museos de la Escuela y del Cuerpo. Hay entre ambos una rivalidad, que habría de servirles de estímulo, por lo que el país se beneficia con la buena labor de ambos, tanto en materia petrológica como paleontológica y estratigráfica. La Universidad de San Marcos no es ajena a esta actividad y abre el camino a los dos estudiosos, dando una cátedra de Geología y Paleontología a Lisson y de Geografía Física a Bravo. Ambos se constituyen así en maestros casi absolutos de nuestras actuales generaciones de geólogos.

Para facilitar la enseñanza, Lisson escribe un curso de Geología General, que por falta de apoyo queda aún inconcluso. Bravo solo consigue que sus lecciones de Geografía Física vean la luz después de su prematura muerte. Lisson es un trabajador que no desmaya y desde antes de que publicase su "Geología de Lima y sus Alrededores" hasta hoy, continúa sin tregua a despecho de los

años, la incompreensión y la estrechez de recursos de nuestro medio. El Perú debe estar orgulloso de estos dos raros brotes de sabiduría y de tesón, que abren nuevas y definitivas rutas a las actividades de una ciencia tan noble y esencial para el desarrollo y grandeza del país.

Mientras esto ocurre en nuestro ambiente científico reducido y pobremente auxiliado, investigadores de afuera, con mas medios, con la preparación adquirida en países donde hay grandes museos y bibliotecas especializadas, con mayores recursos para viajar, con la ayuda de expertos en diversas disciplinas y el estímulo de un público que sabe apreciar debidamente el valor de la verdadera tarea científica, guiados por los atractivos únicos que ofrece al geólogo nuestro territorio tan accidentado como representativo, complementan la labor de nuestros científicos entusiastas. La actividad industrial de algunas grandes empresas extranjeras que se establecen para explotar nuestras riquezas, no se sustrae a este movimiento.

Las grandes Universidades e instituciones científicas del extranjero, contribuyen a la aparición de los trabajos de Bowman, Hauthal y Douglas sobre el Sur del Perú, de Steinmann y sus discípulos sobre el Centro; y de Bosworth y Olsson sobre el Norte.

Entre todos estos trabajos, descuella el de Steinmann, intitulado "Geología del Perú", publicado primero en alemán (1928) y después en castellano (1929), obra integral, en que el geólogo de Bonn, con el auxilio de Lisson, Stappenbeck, y Sieberg, ofrece: el primer aunque incompleto mapa geológico del Perú, hace una síntesis estratigráfica y tectónica de los Andes peruanos, añade una descripción de los yacimientos minerales obra del segundo de sus colaboradores y ofrece una reseña de la Seismología Peruana fruto del último.

Debe mencionarse después, la gran obra de Olsson sobre la Paleontología del Noroeste del Perú, o sea más explícitamente sobre la macrofauna fósil de esa zona petrolera, y que comprende todo su Terciario y Cretácico.

La obra de Bowman "Los Andes del Sur del Perú", traducida recientemente al castellano por Nicholson, cuando la original inglesa estaba agotada, ofrece el valor de sus estudios novedosos sobre glaciología; y la de Bosworth sobre

"Geología del Noroeste del Perú", sus amplios estudios sobre el régimen eólico de nuestra desértica costa. Ambos tienen una copiosa documentación local de diferentes órdenes geológicos.

El año próximo pasado llegó al país la comisión presidida por J. V. Harrison profesor adjunto de Geología en la Universidad de Oxford, para hacer un levantamiento y estudio detallado de la zona de los altos Andes centrales de Junín. Pronto verá la luz un primer y valioso informe de esta fructífera exploración. Antes de ella había llegado la que presidía J. V. Gregory, geólogo inglés de prestigio mundial, que encontró heroica sepultura en un apartado malpaso del Urubamba; y aunque este triste fin, no permitió la realización íntegra de su objetivo, sabemos que la parte de los apuntes referentes a su travesía previa por Ica, Ayacucho y Cuzco se remitió a Inglaterra para su arreglo y publicación, la que aún no ha aparecido.

Los departamentos geológicos de la Cerro de Pasco Copper Corporation, con Graton, Mc Laughlin y Walker a la cabeza, como, lo de la International Petroleum con Iddings y Olsson y de la Standard Oil del Perú con Bassler, han realizado muy importantes estudios de Geología Económica o sea de Estratigrafía y Minerogenia. No se debe excluir en esta mención al profesor J. T. Singewald, por su obra "The Mineral Deposits of South América" y otras publicaciones sobre geología de nuestra Selva.

En materia Aerológica, debe mencionarse a Wagner y Korff por sus exploraciones de la alta atmósfera como a Remy, Mostajo y otros observadores sobre la baja.

En Hidrología Oceánica, se destacan, por sus estudios de la Corriente Peruana, Sverdrup, Schott y sobre todo Gunther; mientras que Sutton con sus discípulos lo hacen en la continental de superficie y Elmore, Conkling y otros en la subterránea.

En Geofísica debe mencionarse al Instituto Carnegie de Huancayo, en donde Gish hace sus primeras experiencias sobre el método de Resistividad y a la misión Salfeld por sus estudios sísmicos y magnéticos de Ica y Sechura.

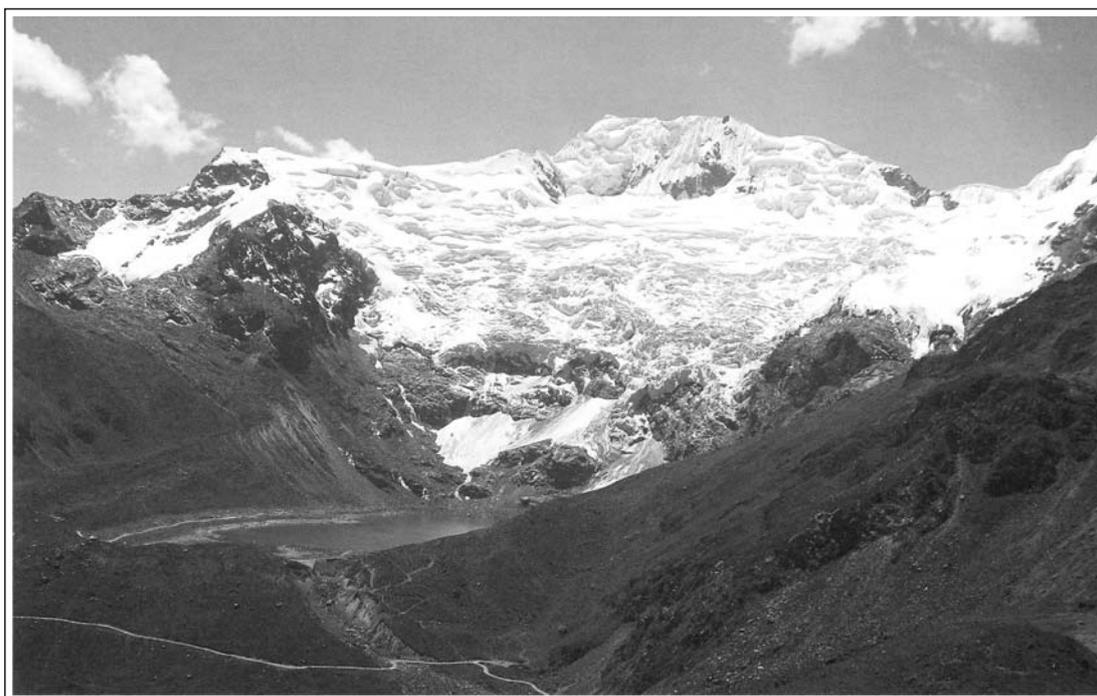
En la rama minerográfica de la Mineralogía, se destacan Orcel, Lindgren, Zevallos y Rivera Plaza. Por último al profesor E.W. Berry de la

Universidad de John Hopkins, se deben sus ya extensos estudios de la paleoflora del país.

Este es un cuadro trazado a grandes rasgos de la contribución al conocimiento geológico del suelo patrio. Muchos otros nombres podríamos agregar a la larga lista citada, pero no deseamos hacerlo en consideración al auditorio, gran parte del cual conoce con exceso lo que nacionales y extranjeros han hecho en estas disciplinas. Para dar término a la reseña, solo falta decir pocas palabras de la Sociedad Geológica del Perú, que fundada en 1924, bajo la presidencia de Lisson y con mira de impulsar la investigación especializada, es la única de la América Latina que continúa con vida, logra la traducción de la obra de Steinmann, publica un gran tomo inédito de Mineralogía de Raimondi y da a luz nueve de su

Boletín, repletos de contribuciones todas originales entre las que se destacan las de Lisson, Petersen, Welter, Boit, Masías y otros.

El Perú es un país grande y bastante favorecido con riquezas muy variadas. Sus Andes gigantescos, atravesados por profundos cañones y con un pasado geológico agitado y convulso, son a no dudarlo la fracción de ese enorme y dormido coloso orográfico que atraviesa la América, en donde el geólogo puede estudiar mejor su estructura. No desmayemos en continuar su investigación, que solamente se ha iniciado. Sus entrañas han de recompensar generosamente a los gobiernos, instituciones y empresas industriales que pongan interés en explorarlo con los refinamientos de la ciencia actual.



Vista del nevado Huaytapallana (5,557msnm), el cual actualmente provee de agua a Huancayo, la mayor ciudad en la cuenca del río Mantaro. El cambio climático podría llevar a su desaparición en pocas décadas. (Fuente: Instituto Geofísico del Perú. Presente y futuro. Lima, 2009).