

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS
EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

DISCURSO

LEÍDO EN EL ACTO DE SU RECEPCIÓN

POR EL EXCMO. SEÑOR

D. JUAN GAVALA Y LABORDE

Y

CONTESTACION

DEL EXCMO. SEÑOR

D. AGUSTIN MARIN Y BERTRAN
DE LIS

EL DÍA 27 DE ENERO DE 1960



MADRID
GRAFICAS REUNIDAS, S. A.
HERMOSILLA, 110
1960

EL ANCLAJE DE LAS MASAS
CONTINENTALES

SEÑORES ACADÉMICOS:

Es norma usual, que encuentro muy lógica, de quienes leen en la Academia su discurso de ingreso, presentar excusas por aceptar, sin grandes merecimientos, un puesto tan preeminente en nuestro mundo científico; manifestación de modestia que ha de suponerse siempre sincera, porque aunque el recipiendario haya consagrado su vida al estudio de las ciencias, y se haya encariñado con la investigación en alguna rama del saber humano, ha de sentirse necesariamente empequeñecido al comparar su preparación científica con la de tantos sabios ilustres como forman parte de esta docta Corporación y con la de tantas personalidades eminentes como han desfilado por esta Casa desde la época ya lejana de su fundación. Y si es así, bien podréis figuraros cuál será mi estado de ánimo al presentarme aquí hoy, después de un examen de conciencia en que ésta me acusa de no haber dedicado a la Ciencia pura sino las pocas horas que me quedaron libres a lo largo de una vida profesional bastante activa, y es difícil en estas condiciones profundizar en una disciplina cualquiera, por mucha que sea la afición al estudio y grande el deseo de desentrañar las complejas cuestiones que se plantean a diario al amante de la investigación.

No acierto a comprender qué os ha impulsado a invitarme a colaborar en las tareas de la Academia. No habrá sido seguramente lo que hayáis podido descubrir en los escritos que tengo publicados sobre temas geológicos, que son los que más me han atraído siempre, ni mi contribución al estudio de la fauna malacológica española, porque si bien me he pasado muchos años las vacaciones en las costas meridionales de la Península rastreando fondos marinos para recolectar moluscos, y he llegado a reunir una numerosa y rica colección con muchas especies nuevas para la Ciencia, y multitud de ejemplares que, por su perfecto estado de conservación, son poco frecuentes aún en los museos, no he podido todavía, por falta material de tiempo, publicar los resultados de tan interesante labor. Habré de creer, pues, que os habéis acordado de mí como posible luchador que comparta vuestro empeño en buscar la verdad y propagarla con la palabra y con la pluma, que es en definitiva la misión de las Academias, porque, contra lo que el vulgo cree, son éstas puestos de lucha y no cómodos recintos donde disfrutan de un apacible descanso los veteranos de las Letras y de las Ciencias.

En ese aspecto prometo prestar con entusiasmo ayuda a vuestra tarea, y aun cuando ya los años han mermado no poco mis aptitudes para el trabajo, me sabrá infundir nuevos arrestos el recuerdo de Ingenieros tan eminentes como Madariaga, Palacios y Azpeitia, que pertenecieron a esta Casa y fueron en tiempo queridos profesores míos en la Escuela de Minas, y el de otros insignes investigadores, como Mallada y Sánchez Lozano, que fueron mis maestros en el Instituto Geológico, y la memoria de aquel hombre tan inteligente, estudioso y constante en la labor diaria, mi inolvidable amigo D. Joaquín González Hidalgo, maestro entre los maestros en la Ciencia Malacológica, que logró contagiarme su desmedida afición al

estudio de los moluscos y al que tuve la honra de proporcionar multitud de datos inéditos, muchos de los cuales utilizó en sus publicaciones sobre la fauna malacológica española. La erudición de Hidalgo en esta rama de la Historia Natural era realmente asombrosa, y sólo así se explica que pudiera escribir obras tan documentadas y completas como la «Monografía de las especies vivientes del género *Cypraea*» y la «Revisión de las especies del género *Cochlostyla*», inserta en «Estudios preliminares sobre la fauna malacológica de las Islas Filipinas», libros clásicos hoy en la bibliografía malacológica universal y que tan agotados dejaron los temas de que tratan, que nada sustancial se ha podido publicar luego sobre esas materias.

* * *

A esos recuerdos, tristes para mí, viene a unirse en estos momentos el de la pérdida del ilustre Académico a quien voy a sustituir en la Sección de Naturales, el preclaro investigador D. Luis Lozano Rey, que consagró su vida al estudio de la Naturaleza y en especial al de las faunas ibéricas.

Había nacido Lozano Rey en Madrid, en 1879, y, apenas terminados sus estudios universitarios y prestado sus primeros servicios docentes en la Universidad de Barcelona, destacaron de tal modo sus dotes de Naturalista, que ya en 1908 fué nombrado conservador de Osteozología del Museo Nacional de Ciencias Naturales, y poco después Catedrático de Zoografía de vertebrados en la Universidad Central. Como premio a su incansable labor científica fué pensionado para ampliar estudios en el Museo de Historia Natural de París y en los de Londres y Viena, siendo entonces cuando empezó a especializarse en Ictiología, ciencia a la que se dedicó de lleno durante el resto de su vida. Con motivo de sus estudios ictiológicos realizó cam-

pañías de exploración por comarcas del litoral y del interior de la Península, por Baleares, Canarias y las costas africanas de Marruecos y el Sahara, y en mérito a sus trabajos referentes a Zoografía y Biología marinas fué nombrado en 1930 Biólogo Asesor de la Dirección General de Pesca, y en 1941 Profesor Agregado al Instituto Español de Oceanografía.

Lozano Rey fué un competentísimo Ornitólogo, y a él se debe, según el sabio profesor D. Eduardo Hernández Pacheco, la clasificación de multitud de ejemplares que por precipitados traslados se habían ido acumulando desordenadamente desde hacía medio siglo en las salas del Museo; pero sus estudios e investigaciones más profundas las realizó Lozano Rey, como queda dicho, en el campo de la Ictiología. El manuscrito del primer tomo de su notable obra «Ictiología Hispana», que trata de «Los peces fluviales de España», había sido premiado por la Academia en el concurso de 1931, y su publicación fué tan favorablemente acogida por el público que rápidamente se agotó la edición. En el concurso de 1937, le fué premiado su trabajo sobre «Peces ganoideos y fisóstomos», y en el de 1945 el de «Peces isoclistos, subserie torácicos.—Parte primera», sorprendiéndole la muerte cuando estaba preparando la segunda.

En su discurso de ingreso en la Academia, el 10 de junio de 1953, desarrolló Lozano Rey el tema «Riqueza faunística de la Península Ibérica» y presentó un acabado estudio de los factores determinantes de esa riqueza: situación geográfica, acentuado carácter peninsular del territorio hispano, temperatura, humedad, iluminación solar, relieve del terreno, profusión de ríos y lagos, e influencia de la fauna de países próximos, extendiéndose en consideraciones muy atinadas sobre la importancia de los estudios faunísticos, la aportación de España y de otros

países a esta clase de investigaciones, la necesidad de fomentarlas y el modo de conseguirlo. El contenido de este discurso es altamente consolador, porque hace ver cuánto se ha trabajado en España por el progreso de la Historia Natural y la alta estima en que se tienen en el extranjero las obras publicadas por naturalistas españoles, no sólo sobre faunas de nuestro país sino también sobre faunas exóticas. Ya cité dos importantísimas obras de González Hidalgo, y a ellas podrían añadirse las de mi querido profesor D. Florentino Azpeitia «Las Melanopsis vivientes y fósiles de España» y «Conchas bivalvas de agua dulce de España y Portugal», dos interesantísimos trabajos que fueron publicados en las Memorias del Instituto Geológico y Minero de España.

* * *

Al recibir la gratísima noticia de que la Real Academia de Ciencias, con benevolencia para mí aún inexplicable, me había designado miembro suyo, fué mi primera intención, en el deseo de seguir el camino marcado por mi ilustre antecesor, preparar un estudio sobre «La riqueza malacológica de las costas meridionales de España», riqueza realmente excepcional por verificarse a lo largo de ellas la fusión de las aguas del Atlántico y del Mediterráneo y por lo variado de la composición y relieve de los fondos marinos, pero al hacer el guión del discurso me di cuenta de que el tema no era el más apropiado para un acto como el de hoy, pues hubiese cansado inevitablemente a mi auditorio con el repetido uso que habría tenido que hacer de nombres científicos y la mayor parte sin conexión con los caracteres distintivos del género o especie a que se aplican. Así, cambié de parecer y decidí hablaros de otra de mis aficiones favoritas, la Geología, no para tratar

ningún tema concreto y profundo, que muy posiblemente no habría sabido desarrollar, sino de ciertos rasgos del relieve terrestre a los que no parece que se ha concedido gran importancia, y hasta podría decirse que han pasado inadvertidos, y también de ciertos fenómenos que dejaron impresa su huella en la corteza de nuestro Globo, y sobre cuyas causas los geólogos no se han puesto aún de acuerdo. Unos y otros son, a mi juicio, dignos de análisis, y he creído que podría presentar cierto interés dar a conocer mis particulares puntos de vista sobre la materia. Pero he de pedir perdón de antemano por si lo que voy a exponer a continuación no logra excitar vuestro interés, ni siquiera despertar vuestra curiosidad.

* * *

Hay que confesar que de nuestro Globo se conoce todavía muy poco. Ni siquiera a rasgos salientes de la estructura de la corteza se les encuentra explicación medianamente satisfactoria, y las causas que hayan podido producirlos son aún motivo de acalorada discusión por parte de geólogos y geofísicos. De día en día se van conociendo hechos nuevos que obligan a modificar hipótesis e interpretaciones, y la cuestión se complica a medida que se descubren rasgos hasta ahora desconocidos del relieve submarino, cuya investigación, a pesar de los poderosos medios de que dispone hoy el Oceanógrafo, no puede llevarse a cabo metódicamente ni con la minuciosidad y precisión que fueran de desear. Episodios recientes así lo demuestran.

En los últimos días del mes de julio del año 1958, el submarino atómico «Nautilus», de la Armada Norteamericana, emprendía una travesía de 1.800 millas bajo los hielos del

casquete polar, aventura arriesgadísima que había de llevarle desde el Mar de Chuckchi, en el Pacífico, hasta el Mar de Groenlandia, en el Atlántico, pasando por el Polo. A partir del 30 de julio, y durante dos días consecutivos, estuvo intentando su tripulación sumergir la nave bajo la banca de hielo sin poderlo conseguir, por no encontrar ningún punto en que la lámina de agua entre el fondo del mar y la cara inferior de la banca tuviera siquiera 90 metros de espesor, espacio mínimo que el Capitán Anderson estimaba necesario para la segura maniobra del barco. El 31 de julio, a los 72° 45' de latitud N. y 165° de longitud O., se encontró alguna mayor profundidad, pero poca aún: sólo 33 metros. Por fin, el día 1 de agosto, a las cuatro horas treinta y siete minutos de la madrugada, al Norte de Punta Barrow, la sonda acústica acusó bruscamente una profundidad de 126 metros. Ese rápido aumento de la profundidad del mar fué debido a haberse situado el «Nautilus» sobre un cañón o valle submarino, antiguo curso de un río que desde Punta Barrow se dirige hacia el Norte y se va ahondando paulatinamente hasta alcanzar las aguas profundas del Océano Artico. Sin la existencia de ese cañón submarino no hubiera sido posible iniciar la travesía bajo los hielos polares, y la gloriosa hazaña del «Nautilus» no habría llegado a consumarse. Salvado ese obstáculo, el camino quedaba libre: el 3 de agosto, a las once horas cuarenta y cinco minutos de la noche, el «Nautilus» navegaba bajo el Polo Norte, y el día 5, a las cinco horas treinta y nueve minutos de la mañana, emergía en aguas libres del Atlántico, entre Spitzberg y Groenlandia.

Ese rasgo de la topografía submarina de la costa septentrional de Alaska, que hizo posible la hazaña del «Nautilus», no es un caso aislado. Son ya varios los cañones submarinos que se conocen y que, en puntos muy distantes entre sí, surcan las plataformas continentales. Su des-

cubrimiento data, sin embargo, de pocos años a esta parte y es de suponer que se reconozcan muchos más cuando las sondas acústicas se prodiguen y se pueda ir dibujando con cierta aproximación la topografía del fondo de los mares. Las sondas de ese tipo, de que están dotados actualmente muchos navíos, y que permiten registrar de modo continuo el perfil del fondo, están ampliando el escaso conocimiento que hasta hoy teníamos del relieve submarino, y en plazo no demasiado largo podrán los geólogos contar con muchos datos fidedignos, de los que hoy carecen, en que apoyar sus lucubraciones sobre la estructura de la corteza. Pero cada uno de esos hallazgos plantea un nuevo problema a la Ciencia geológica, que harta desgracia ha tenido hasta ahora con verse forzada a establecer hipótesis y a interpretar fenómenos complicados, ignorando lo que ocurre en las tres cuartas partes de la superficie del Globo.

Ese fenómeno de los cañones submarinos, por no ser todavía bien conocido, trae perplejos a muchos geólogos de nuestros días. Al parecer, esos valles estrechos y de laderas muy pendientes que serpean por las plataformas continentales e incluso surcan las laderas de pendiente vertiginosa que van en busca de los abismos oceánicos, guardan innegable relación con grandes corrientes fluviales de la época actual. El cañón del Hudson, por ejemplo, en la costa atlántica de América del Norte, uno de los mejor estudiados y que tiene más de 150 kilómetros de longitud, comienza en el estuario de ese nombre. El Congo, el Ganges, el Indo, el Columbia, el San Francisco y el Misisipí prolongan sus cauces actuales por otros tantos cañones submarinos, y hasta el Cañón de Cabo Bretón, que no se ha podido relacionar con ningún río de Francia, parece ser prolongación de una antigua boca del Adour.

Es difícil admitir que esos cañones submarinos se hayan

originado por un proceso de erosión distinto del que preside la formación de las redes fluviales de nuestros días, y lo primero que cabe pensar es que fueron excavados en época en que la plataforma continental estaba emergida, y que más tarde, por hundimiento de las masas continentales o, lo que es lo mismo, por elevación del nivel del mar, quedaron sumergidos. Y apoyándose en la relación que, como acaba de decirse, guardan con ríos de nuestra época, opinan algunos geólogos que se trata de fenómenos muy recientes, posiblemente de la época de la gran expansión de los hielos en la Era Cuaternaria, cuando ingentes masas de agua de los océanos se acumularon en forma de hielo sobre los casquetes polares y el nivel de los mares tuvo que ser, en consecuencia, bastante inferior al de nuestros días. Este supuesto choca, sin embargo, con una dificultad seria, pues no se cree posible que el descenso del nivel de las aguas marinas llegase por ese motivo a ser tan grande como para que quedaran emergidas, no sólo las plataformas continentales, sino también el comienzo de las rápidas vertientes oceánicas, cosa que tendría que haber ocurrido para que el fenómeno pudiera explicarse en su integridad, ya que esas vaguadas submarinas tienen a veces el fondo a más de 1.000 metros por debajo de la línea actual de costas. Para soslayar esta dificultad se han propuesto teorías basadas en la posible acción erosiva de masas de fango empujadas por los heleros durante su período de avance, teorías que no creo que hayan llegado a convencer ni a sus propios propugnadores; pero esto es, por desgracia, bastante frecuente en el campo de la Geología: si no se capta pronto el proceso que determinado fenómeno haya podido seguir en su desenvolvimiento, si con nuestros limitados conocimientos no se acierta pronto con una explicación satisfactoria de cada una de las incidencias del proceso, se pretende buscar precipitadamente otras

soluciones que, por lo general, no resultan del todo convincentes. Y no digamos nada si la labor del geólogo se ve interferida por la del geofísico, pretendiendo éste que la teoría esbozada por el primero no se ajusta a leyes y principios que él considera definitivos e invulnerables.

Otro rasgo del relieve submarino, descubierto durante la pasada guerra mundial, es el que podríamos llamar de las «Montañas truncadas». Se trata de un grupo de más de 150 montes de forma redondeada y laderas muy pendientes, cuya parte superior, enteramente plana, parece haber sido barrida por las olas. Hállanse situadas entre las Hawai y las Marianas, donde la profundidad del Pacífico es de unos 4.500 metros, en tanto que las planicies con que terminan las montañas se hallan entre 800 y 1.500 metros bajo la superficie de las aguas. Para que el agente denudador hubiese podido ser la ola marina, es evidente que, durante el proceso de ataque, el fondo del mar habría tenido que estar mucho más alto que ahora y sometido a ascensos y descensos para permitir erosiones de ese tipo a distintos niveles. Es este otro asunto que, como el de los cañones submarinos, no se ha explicado hasta ahora satisfactoriamente. Sobre los dos me voy a permitir luego dar mi opinión, pero antes quiero exponer algunas ideas que han de ayudarnos a una lógica interpretación de estos fenómenos y a la de otros hechos más importantes aún, que me propongo someter también a vuestra consideración.

* * *

Hasta hace poco, y a falta de datos en contra, se admitía que los fondos de los mares profundos eran superficies relativamente planas. Es cierto que se conocía, desde que se hizo el tendido de los primeros cables intercontinentales, la Cordillera Central del Atlántico, cuyos picos más

altos sobresalen del nivel de las aguas y forman las Azores, las Rocas de San Pablo y las Islas de Santa Helena, Ascensión, Tristán Da Cunha, Gough y Bouvet, y se conocía también de antiguo la profunda fosa de Mindanao, frente a las Filipinas; pero se suponía que tanto aquella cordillera como esta fosa eran casos excepcionales de un fondo marino plano o a lo sumo de relieve muy atenuado.

Pero en el verano de 1947 el buque explorador sueco «Albatros», que zarpó de Göteborg y durante quince meses estuvo reconociendo fondos marinos, pudo comprobar ya en la travesía del Atlántico, entre Suecia y el Golfo de Méjico, cuán accidentado es el relieve del fondo de este Océano; por rara excepción registró la sonda unas cuantas millas consecutivas de fondo plano, y el lecho del mar subía y bajaba por escalones gigantescos de uno o varios kilómetros de anchura.

En el Pacífico, las irregularidades del fondo impidieron al «Albatros» emplear muchos de sus aparatos científicos, que a veces quedaban aprisionados, posiblemente entre las paredes de grandes grietas.

Como caso excepcional puede citarse la gran planicie submarina que descubrió al SE. de la Isla de Ceylán y que se extiende durante más de 200 millas; pero los sacatestigos no pudieron obtener allí muestras del fondo, que al parecer está formado por lavas endurecidas, vomitadas en proporciones gigantescas por volcanes submarinos. Los geólogos del «Albatros» consideran este área equivalente a la extensa meseta basáltica de la parte oriental del Estado de Wáshington y a la de Daccan, en la India, paraje este último donde coladas basálticas superpuestas miden más de 3.000 metros de espesor.

El «Atlantis», del Instituto Oceanográfico Woods Hole, que durante estos últimos años se ha dedicado con asiduidad al estudio de la Cordillera Central del Atlántico, ha

encontrado áreas llanas o de escaso relieve de cierta extensión entre las Bermudas y el pie de la Cordillera, y también a Levante de ésta. Sólo algunos montículos, probablemente de origen volcánico, interrumpen la monotonía de esas extensísimas llanuras, que no deben haber experimentado alteraciones de importancia durante períodos de larguísima duración, pues se hallan cubiertas de espesores enormes de sedimentos propios de mar abierto.

No es ésta ocasión de mencionar, ni aun de pasada, los descubrimientos que a partir de la última guerra mundial se han hecho y se continúan haciendo como consecuencia del empleo cada vez más extendido de la sonda acústica, pero hasta regiones del Océano que habían sido hasta ahora terreno vedado para esta clase de estudios van cediendo sus secretos.

Así ocurre con el Océano Glacial Artico, en donde las dificultades para sondear han sido hasta ahora grandes, toda vez que una capa de hielo de cuatro a cinco metros de espesor cubre de modo permanente su superficie. El primer sondeo que se intentó en el área del Artico fué el hecho por Peary, en 1909, a pocas millas del Polo, pero la sonda se rompió al llegar a 1.500 brazas. En 1927, Wilkins hizo un sondeo a 550 millas al Norte de Punta Barrow y obtuvo 2.975 brazas. Hasta el año 1940 sólo se habían hecho en el Océano Artico unos 150 sondeos, pero es de esperar que como resultado de nuevos viajes submarinos bajo los hielos del casquete polar se disponga pronto de un mapa bastante exacto del relieve del fondo de este Océano, y seguramente serán muchas las sorpresas que nos tiene reservadas. Por de pronto, el «Nautilus», en su triunfal viaje del año 1958, precisamente el 2 de agosto, a los 76° 22' de latitud, cuando navegaba sobre un fondo de 2.000 brazas, vió marcar a la sonda bruscamente una profundidad de sólo 500, y es que comenzaba

a cruzar una cordillera submarina de 3.000 metros de altura y de 70 millas de ancho, según la ruta que seguía el submarino, y de la que no se tenía, por supuesto, la menor noticia. En el Polo, la profundidad medida fué de 4.090 metros. El 5 de agosto, cuando sólo faltaban 60 millas para alcanzar las aguas libres del Mar de Groenlandia, la sonda, que iba señalando 1.000 brazas de profundidad, marcó casi repentinamente 2.500. En esta región (80° 20' N., 2° E.), exploraciones hechas por la tripulación del «Nautilus» un año antes, con más de 1.500 sondeos, sólo habían indicado profundidades poco superiores a 1.500 brazas, y de la fosa que ahora se hallaban cruzando no había la menor indicación en la carta.

No se sabe aún si la Cordillera Central del Atlántico, que hasta hace poco se suponía terminaba en las proximidades de Islandia, continúa o no bajo el casquete polar hasta las costas de Siberia, y se sospecha que tal cosa pueda ocurrir, porque a lo largo de la parte conocida se sitúa una línea de epicentros de sacudidas sísmicas que se prolonga a través del Artico, y donde se producen temblores de tierra es razonable suponer que existan abruptos relieves montañosos.

Continúe o no más allá de Islandia, la Cordillera del Atlántico Central es acaso el relieve más importante de nuestro Globo. Por el Atlántico Sur se prolonga hasta el grado 50 de latitud, se curva hacia el Este por debajo de Africa y llega hasta el Océano Indico. Su trazado general es paralelo a las líneas de costa de los continentes que encierran el Atlántico, con una marcada inflexión a la altura del Ecuador, frente al saliente del Brasil y al entrante del Golfo de Guinea. La longitud reconocida es superior a 16.000 kilómetros y su anchura desde el pie de las estribaciones occidentales hasta el de las que van a morir al Atlántico Oriental es doble que la de los Andes.

Nada se puede aventurar respecto a la época geológica en que esa cordillera se formó. Si hubiera de juzgarse por el estado de conservación de su áspero relieve habría de suponerse que era de edad relativamente moderna, pero no se debe olvidar que más de 1.500 metros de agua cubren la mayor parte de sus picos, y una cordillera a tal extremo sumergida se halla fuera del alcance de la acción desnudadora de la mayor parte de los agentes de erosión conocidos. Ni el viento, ni la lluvia, ni los hielos, ni las nieves pueden atacarla y sólo corrientes submarinas muy profundas serían capaces de modificar, y en escasa medida, sus más delicados elementos estructurales. De no ocurrir nuevos movimientos en la corteza terrestre, la Cordillera del Atlántico podría conservar sus rasgos actuales cuando los Andes, el Himalaya y los Alpes hubieran sido ya arrasados y sus dominios convertidos en penillanuras.

Ni en el Pacífico ni en el Indico existen cordilleras sumergidas que puedan compararse en longitud con la del Atlántico, pero tampoco es llano el fondo de estos mares. Las Islas Hawai son los picos de una cadena de montañas que corre a través del Pacífico Central con longitud de 3.700 kilómetros. En el Pacífico Oriental una amplia meseta enlaza la costa de Sudamérica con las Islas de Tuamotú, y en el Océano Indico una larga cadena se extiende desde la India hasta la Antártica, en gran parte más ancha y sumergida a mayor profundidad que la Cordillera del Atlántico.

La edad geológica de esos relieves sumergidos nos es, como dije, absolutamente desconocida, y habrá que esperar aún muchos años a que los estudios oceanográficos, hoy tan en boga, permitan que nuestras lucubraciones a este respecto cuenten con alguna base real en qué apoyarse.

Véase, pues, cuántos elementos de juicio nos faltan

para poder formarnos una idea siquiera rudimentaria de las vicisitudes por que ha debido pasar la corteza terrestre, o mejor aún, su parte más superficial, hasta quedar plasmado el actual relieve de los continentes y de los océanos.

* * *

Hace treinta y cuatro años que en esta misma Sala y en presencia de algunos señores Académicos que, afortunadamente, están en estos momentos atentos a mis palabras, exponía mi querido compañero, compañero de carrera y de promoción, Pedro Novo, la posición incómoda del geólogo «desde que Ciencias más modernas que la Geología habían ido restringiendo a un tiempo su campo y su responsabilidad, y también sus facultades para generalizar».

Pueden considerarse hoy fuera del campo de la Geología — decía entonces Novo — la formación de la individualidad terrestre y la determinación de la forma del Geoide, problemas que nos dan resueltos, o por lo menos pretenden dárnoslos resueltos, la Astronomía y la Geodesia. Si queremos penetrar en el interior del Planeta es la Sismología la que se cree con exclusivo derecho a determinar las propiedades físicas de las masas, entre ellas la elasticidad; la Geodesia nos dirá cuál es, aparte de la forma del Planeta, su densidad, estudiando para ello las variaciones de la gravedad, con lo cual se va fijando, al parecer, la distribución de la materia y algunas de sus condiciones a diversas profundidades. En resumen, la Geología ha de circunscribirse al estudio de la corteza y con las limitaciones que le impone el desconocimiento de lo que ocurre bajo las aguas de los océanos, que ocultan a nuestra vista las tres cuartas partes de la superficie del Planeta.

Pero yo entiendo que, a pesar de esas limitaciones y de esas interferencias por parte de ciencias más modernas, el papel del geólogo es el más lucido, y sus deducciones las que más crédito deben merecer. Porque el geólogo, dentro de su campo de acción, baraja sólo hechos consumados, basa sus conocimientos en cosas tangibles, aun cuando no siempre acierte a interpretar su proceso evolutivo ni la causa inmediata o mediata que produjo el hecho que analiza. Cuando el geólogo dice, por ejemplo, que tales o cuales capas sedimentarias forman la parte superior de una montaña y que su base está compuesta por capas de edad geológica *más antigua*, es, o fundándose en que las primeras están horizontales o poco inclinadas y las segundas presentan buzamientos mucho más fuertes, o porque en la primera serie halló restos fósiles de edad posterior a los que pudo encontrar en la segunda. Si dice que en tal o cual punto de un continente el fondo del mar estuvo en la época siluriana formado por granito, diorita o terrenos estratocristalinos es porque en algún corte natural ha podido comprobar que bancos de cuarcitas o de pizarras silurianas descansan sobre masas de diorita, granito o de rocas propias del terreno arcaico. Y si habla de empujes horizontales, de fuerzas tangenciales que hayan actuado en una zona plegada, es porque ha podido observar que los pliegues están volcados hacia una u otra banda del área de sedimentación, o incluso arrancados de sus raíces y arrastrados, pocos o muchos kilómetros, hasta ser depositados, como gigantescos bloques erráticos, sobre las formaciones que cerraron el ciclo sedimentario y tapizaron en plan de depósitos transgresivos las zonas de borde del geosinclinal. Y aun en estos casos, el geólogo se guardará de afirmar de modo rotundo cuál de las dos masas rígidas que encuadraron el área de sedimentación fué la que por su empuje ocasionó tales dislocaciones, pues sabe bien

que, tratándose de movimientos relativos, empujes en sentidos opuestos pueden producir efectos análogos.

Cuenta, pues, el geólogo, en esos casos que quedan mencionados y otros innumerables que podríamos citar, con datos que suministra la observación directa, datos de que carece el geofísico cuando trata de sentar conclusiones respecto a la naturaleza y condiciones físicas del medio en que se desarrollan determinados fenómenos en las partes profundas de la corteza terrestre.

Por ello creemos que al deslindar los campos de la Geología y de la Geofísica corresponde indiscutiblemente a la Geología describir los fenómenos que se han desarrollado en la parte accesible de la corteza, consecuencia final de los cuales es la distribución actual de tierras y mares, de montañas y llanuras, es decir, el relieve de nuestro Globo, y a la Geofísica indagar las condiciones en que deben encontrarse las zonas profundas para que esos fenómenos hayan podido producirse; nunca negar los fenómenos en sí so pretexto de que no se avienen con las características que el geofísico atribuye a esas zonas inferiores, pues no es razonable pretender que los hechos consumados se ajusten y se amolden a concepciones que no descansan en una base real y tangible, y que no son, además, comprobables.

* * *

Cuando en 1914, Wegener, en su obra «El origen de los Continentes y de los Océanos», trató de demostrar que las masas continentales se habían desplazado en épocas pasadas y que posiblemente su desplazamiento continuaba en nuestros días, se suscitaron, como sabéis, grandes controversias, y puede decirse que pocas de las ideas originales de Wegener quedaron en pie.

De acuerdo con Suess, Wegener dió por hecho que la capa exterior de la corteza está formada por *Sial*; que debajo de éste se halla el *Sima*, y que el núcleo del Globo es *Nife*. Pero no admitió, como Suess, que la capa de *Sial* cubriera toda la superficie de la tierra, sino que la limitaba a las áreas que ocupan los continentes, en tanto que el fondo de los abismos suponía que correspondía a la capa exterior del *Sima*. Sobre esta capa sería sobre la que podrían desplazarse las masas de *Sial* de los continentes.

No es nuestro propósito discutir la teoría de Wegener, ni sería ésta ocasión adecuada para ello. Sin embargo, no estará de más recordar que Wegener no fué consecuente con sus propias ideas porque cuando trató de hacer coincidir el continente Africano con el de Sudamérica, como si pretendiese encajar dos trozos de un cartón desgarrado, intentó yuxtaponer, no las líneas que en uno y otro continente marcan el pie de las abruptas laderas continentales, que son las que, según él, separan el *Sial* y el *Sima*, sino los bordes o límites de las plataformas continentales, que nada tienen que ver con dichas líneas, pero que, aunque no muy exactamente, son las que se corresponden en Africa y América del Sur. Es un defecto de muchos de los razonamientos de Wegener; algunas sugerencias realmente brillantes las desluce luego con errores de este tipo.

En cualquier teoría que admita el desplazamiento de las masas continentales, el punto débil es la dificultad de explicar la causa que pueda originar tales movimientos. Wegener admite dos direcciones principales de movimiento: hacia el Oeste y hacia el Ecuador. El movimiento hacia el Oeste lo atribuye, al menos en parte, a efectos de marea en la tierra sólida. La atracción del Sol y de la Luna haría, según él, deslizar la capa externa de la corteza sobre el interior, y este movimiento pudo haber sido mayor en

épocas pasadas si, como es probable, la Luna tuvo entonces un movimiento de rotación más rápido. Esta fuerza es muy pequeña, pero lo mismo que en el caso de otras fuerzas invocadas lo importante es el tiempo, pues con tiempo suficiente aun fuerzas pequeñas pueden producir efectos apreciables. El movimiento hacia el Ecuador de una masa continental de *Sial* depende de la posición del centro de gravedad de la masa que se desplaza respecto a su centro de flotación, y la fuerza de desplazamiento tiene su valor máximo a los 45° de latitud, mas aún allí es sólo dos o tres millonésimas partes de la gravedad. Algunos físicos pretenden que esas fuerzas son incapaces de producir movimientos de las masas continentales, pero el que ellos no conozcan las verdaderas causas, si existen, no quiere decir que éstas no puedan existir.

Hemos sacado a colación la teoría de Wegener, aun cuando creemos que tal como la expuso su autor no puede ser admitida, porque la idea que la inspira se aviene, en muchas ocasiones, con las causas que parecen haber influido de modo decisivo en la repartición de tierras y mares y en el modelado de algunos rasgos característicos del relieve de nuestro Globo, como dentro de poco veremos. Y porque, si no en las proporciones pretendidas por Wegener, ciertos desplazamientos de las masas continentales parecen bien patentes, y desde luego necesarios para explicar desde el punto de vista geológico esos rasgos a que aludo.

Pruebas geológicas concluyentes no se podrán aportar mientras se desconozca la estructura de las tres cuartas partes de la superficie del Planeta, vedada a nuestro estudio por la masa de agua de los océanos, y son peligrosas y a nadie convencerían generalizaciones que partieran de conocimientos limitados e incompletos.

* * *

Claro es que, a pesar de lo que dijimos antes, no insistiríamos en admitir ciertas ideas de Wegener si los geofísicos rechazasen de plano toda posibilidad de desplazamiento de los continentes, pero, lejos de ello, son varias las teorías que recientemente se han expuesto para explicar dicha posibilidad. Tales son: la teoría de radiactividad de Joly, la de los continentes deslizantes de Daly y la de las corrientes de convección de Holmes. Como curiosidad, haremos un breve comentario de una de ellas. Joly supone, como Wegener, que los continentes están formados por *Sial* y el fondo de los océanos por *Sima*. Los primeros tendrían en este caso una densidad de 2,67, semejante a la del granito. Obedeciendo a los principios de la Isostasia, los bloques de *Sial* tienen que estar compensados, es decir, que por cada unidad de *Sial* que sobresalga del *Sima*, cuya densidad es 3,00, tiene que haber ocho unidades por debajo. Joly deduce de ahí que las masas de *Sial* deben tener 30 kilómetros de espesor. Ahora bien, todas las rocas, dice Joly, son radiactivas y están produciendo calor al desintegrarse cuerpos como el torio y el uranio en elementos de menor peso atómico, y en cantidad tal que todo el calor que la Tierra pierde en la superficie puede ser suplido con creces por la radiactividad de las rocas del *Sial*; por tanto, no hay gradiente de temperatura en la base de éste, que, si tiene 30 kilómetros de espesor, se hallará a una temperatura de 1.050°.

Bajo los océanos, las condiciones cambian. No hay *Sial*, o a lo sumo una delgada capa, de modo que el calor desarrollado por la radiactividad en las capas altas del *Sima* se perderá por conductibilidad en las aguas del mar. Pero en capas más bajas el *Sima*, por efecto de su propia radiactividad, se hallará a mayor temperatura, y ésta irá aumentando con la profundidad hasta llegar a una zona en que el basalto esté a temperatura de fusión. Las

capas más bajas aún ya no podrán perder calor por conductibilidad al contacto con las superiores, es decir, que bajo los mares ocurrirá con las capas inferiores del *Sima* lo mismo que ocurre con las capas altas de éste que se encuentran bajo el *Sial* de los continentes.

Mas si el substrato llega a fundir ocurrirán, dice Joly, cambios muy importantes en la superficie de la Tierra. Ante todo, la dilatación del *Sima*, al fundir, aumentará el radio terrestre, y las masas continentales se alejarán del centro del Globo, o lo que es lo mismo, subirán de nivel. Pero por disminuir la densidad del *Sima* al fundirse, las masas de *Sial* se hundirán más en él y, en definitiva, las aguas de los océanos desbordarán sobre los continentes, originando transgresiones marinas en gran escala. Bajo los océanos, donde no hay *Sial*, el aumento de radio, y por tanto de la circunferencia de la Tierra, producirá grietas de tensión y por ellas ascenderá basalto fundido de las capas inferiores. Todos estos fenómenos son de desarrollo muy lento y en su completo proceso pueden transcurrir, supone Joly, millones de años.

Durante el período de fusión, en que los continentes puede considerarse que flotan en el *Sima*, los efectos de marea pueden ser muy importantes y, en definitiva, producir un movimiento hacia el Oeste de las masas de *Sial*. Este es un punto importante del proceso teórico, porque precisamente por este medio es como se explica que pueda escapar el exceso de calor producido por radiactividad. Este escape tiene lugar, como se ha dicho, por el fondo de los océanos principalmente, y si las masas continentales no se desplazaran por el impulso de la marea, algo catastrófico podría ocurrir bajo ellas. Pero el desplazamiento hacia Occidente de los continentes permite a los océanos ocupar las áreas que aquéllos ocupaban antes y dar escape así al calor acumulado en el substrato.

Las teorías de Daly y de Holmes conducen a resultados parecidos y ambas pretenden demostrar que el movimiento de las masas continentales es algo fundamental en la evolución de nuestro Planeta. No queremos presentar ni un breve resumen de ellas por no alargar demasiado esta exposición y porque se han divulgado ya bastante, pero es importante saber que los geofísicos de nuestros días, no sólo no rechazan la posibilidad de que los continentes se desplacen, sino que consideran sus desplazamientos resultado inevitable de las condiciones que reinan en el interior de nuestro Planeta. Lo que todavía se discute es si esos movimientos son continuos o no y si obedecen a alguna ley de periodicidad.

Antes de terminar esta digresión haré notar, una vez más, que todas esas teorías geofísicas se basan en supuestos y más supuestos, cuya dosis de realidad el hombre no tiene medio de comprobar; pero se echa de ver en las teorías propuestas al respecto, estén basadas en la radiactividad, en efectos de marea, en la precesión del eje de la Tierra, en el hundimiento de bloques de la corteza bajo el peso de sedimentos acumulados en los geosinclinales o en corrientes convectivas, que todas parten del supuesto de una uniformidad de espesor de las sucesivas capas de la corteza terrestre y no tienen en cuenta la posibilidad de que la primitiva corteza careciese de la homogeneidad que ellos le atribuyen, cuando parece altamente probable que desde el comienzo de los tiempos geológicos la corteza tuviera más espesor en unas áreas que en otras y, por lo tanto presentara distinta resistencia al plegamiento y a los desplazamientos horizontales en unos puntos y en otros. Y del mismo modo que la Geología demuestra que determinadas áreas de la superficie terrestre han resistido al plegamiento desde los tiempos precambrianos, han podido existir masas de *Sial*, masas continentales, que por

las condiciones de lo que podríamos llamar «anclaje» en el substrato, se hayan opuesto más tenazmente que otras a cambiar de posición, originando cierta irregularidad en el desplazamiento general y uniforme invocado por las teorías. No es ésta, ciertamente, una idea nueva, pues hay geólogos que opinan que las guirnaldas de islas del Pacífico Occidental formaron un día cuerpo con el continente Asiático y que al desplazarse éste hacia Occidente quedaron atrás por su fuerte adherencia al substrato. A mi juicio, si las masas de *Sial* flotan sobre un substrato de composición distinta, las superficies de contacto no serán en general de curvatura uniforme, sino que presentarán irregularidades y en unos puntos alcanzarán mayor profundidad que en otros, si se admite un equilibrio isostático perfecto; y habría que conocer la orientación de esas irregularidades para juzgar de qué manera una masa de *Sial* puede obedecer a una fuerza que tienda a provocar su traslación en un sentido determinado. Porque es evidente que si la masa de *Sial* es solicitada a moverse de Este a Oeste y las crestas o salientes de su cara inferior se orientan según los meridianos, la resistencia al desplazamiento será mucho mayor que si dichas crestas se orientan en el sentido de los paralelos.

Esa irregularidad de la cara inferior de las masas de *Sial*, si la consideramos flotando sobre un substrato de *Sima*, es la que en definitiva ha de determinar su grado de «anclaje». Ahora bien, cada masa continental está integrada por cierto número de elementos tectónicos que se fueron soldando entre sí en el decurso de las edades geológicas y que paulatinamente fueron aumentando la compacidad y rigidez del conjunto, pero el acrecentamiento de los bloques por esas sucesivas soldaduras no puede continuar indefinidamente si, como parece, las masas de *Sial* están condenadas a navegar por un océano de *Sima*, por-

que el profundo enraizamiento y fuerte «anclaje» de algunos de sus elementos ha de contribuir a su disgregación, haciendo que parte del bloque continúe su avance dejando tras de sí, retenidas por una fuerza irresistible, jirones de la masa primitiva. Y otro efecto que puede producir el desigual «anclaje» es el de desviar la masa flotante de la trayectoria que seguiría si actuara sin entorpecimientos la fuerza que impulsa la traslación.

Todas estas contingencias pueden presentarse, sin duda, en los desplazamientos, grandes o pequeños, de los continentes, y se comprende cuán difícil ha de ser para el geofísico determinarlas por el cálculo, y más aún predecirlas. Mucho más fácil ha de serle, supongo yo, encontrar explicación adecuada a los hechos comprobados que el geólogo pueda someter a su examen y que induzcan a suponer que son resultado de ciertos procesos cuya causa primera está todavía por concretar, pero que sin duda han contribuído en gran medida al modelado del relieve terrestre.

* * *

Expuestas estas ideas base, voy a referirme ahora a algunos fenómenos, cuya causa originaria ha sido para mí obsesión constante, y citaré hechos concretos, que, no sé por qué, no parecen haber impresionado a los geólogos ni a los geofísicos. Tal vez sea mi falta de preparación la que me ha hecho fijar la atención en ellos, pero bueno será hablar de algunos, porque podría ocurrir que el sacarlos a la luz del día contribuyera a su esclarecimiento.

Eduardo Suess, el genial geólogo austriaco, escribió al comienzo de su famosísima obra *La Faz de la Tierra* estas palabras: «Si un observador situado en el espacio celeste se acercara a nuestro Planeta y, después de separar las

fajas de nubes que oscurecen la atmósfera, contemplara la superficie del Globo tal como se ofrecería a su vista en el curso de una rotación diurna, acaso ningún otro rasgo de su relieve llamara tanto su atención como el estrechamiento progresivo de los continentes hacia el Sur. Esta es, en efecto, la particularidad característica de nuestro Mapamundi, como se ha advertido siempre desde que se conoce su aspecto general, y aunque se ha tratado de explicar esa particularidad con la hipótesis de una acumulación de aguas marinas hacia el Polo Sur en la época actual, no debe ser esa la causa del fenómeno, pues una acumulación de aguas alrededor del Polo Norte no determinaría formas análogas en el trazado de las líneas de costa; por lo tanto, aquella forma debe estar en relación con la estructura misma de las partes exteriores del Planeta.»

Nadie, que sepamos, ha conseguido explicar la causa de esa terminación en punta de los continentes, y seguramente no será uno solo, sino varios, los motivos de que los continentes presenten esa configuración especial. Así, la Península Indostánica, limitada por fallas marginales, no debe equipararse a este respecto a la punta de América del Sur, en donde una alta cordillera, cada vez menos arropada por la rígida masa del Brasil, se sumerge bajo el mar. La punta Sur de Groenlandia, si esta Isla es una masa separada de América del Norte por hundimiento de una faja intermedia, o es masa desgajada de ella y que ha quedado rezagada al desplazarse Norteamérica hacia Occidente, la dirección de la costa primitiva del continente y la de la grieta a lo largo de la cual se produjo la segregación, explicarían el estrechamiento progresivo de la Isla hasta terminar en punta en Cabo Farewell. Más difícil de explicar es el caso de Africa, pero hay que convenir en que es también el menos llamativo.

Pero yo creo que tanto o más que esa característica

del relieve terrestre, que según Suess impresionaría a un observador que contemplara desde el espacio la distribución de tierras y mares en nuestro Planeta, habría de llamarle la atención el que el continente de América del Norte esté muy desplazado hacia el Oeste con relación al de América del Sur, y que el continente Asiático esté igualmente muy desplazado hacia Poniente con relación al continente Australiano, admitiendo que el primero, desde el punto de vista geológico, se halle limitado, por Sur y Occidente, por el Valle del Ganges, el Mar Caspio y los Urales. Y también le extrañaría ver que tanto América del Norte y América del Sur, como Asia y Australia, están enlazadas por tierras emergidas, más o menos dispersas, pero que en conjunto forman dos grandes arcos cuya convexidad mira al SO.

Prescindiendo de detalles propios de la diversidad inherente a todo fenómeno natural, si el imaginario observador de Suess, después de haber visto desaparecer por su derecha las tierras asiáticas, cerrara sus ojos y no los volviese a abrir hasta que el Globo en su giro comenzara a mostrarle los continentes del Nuevo Mundo, es posible que creyera que volvían a pasar ante él las áreas continentales de Asia y Oceanía. No se puede negar que la posición relativa de las masas que constituyen cada grupo: las de las dos Américas por un lado, y las de Asia y Australia por otro, es por demás parecida, y no parece razonable admitir que esa semejanza haya sido consecuencia casual de causas de diferente índole y cuyo modo de actuar haya sido distinto en un caso y en otro. Son demasiado similares los efectos para que las causas hayan podido ser en esencia distintas.

Permítasenos pasar por alto, de momento, la especial configuración del conjunto continental formado por Europa y Africa, y sigamos fijando nuestra atención en los

dos grupos de continentes primeramente mencionados. En las Américas, entre el Golfo de Méjico y la costa Sur del Mar Caribe, las tierras que enlazan los continentes Norte y Sur ocupan una zona de la corteza en la que alternan montañas que elevan sus picos a gran altura y fosas en las que el fondo del océano alcanza profundidades muy grandes, signo inequívoco de su desquiciamiento: parece como si en el desplazamiento común hacia el Oeste de las moles gigantescas de América del Norte y América del Sur, una de ellas, América del Norte, se hubiese anticipado y al mismo tiempo se hubiera aproximado a la otra encorvando y desgarrando la zona intermedia que en un principio las unía.

En las longitudes antípodas el relieve del Planeta es en un todo semejante. La Península de Malaca, las Islas de Sumatra y Java y la de Timor forman una cresta saliente comparable a la Cordillera de América Central; el Mar de la China y el de Banda ocupan posiciones relativas semejantes a las del Golfo de Méjico y el Mar Caribe, y las Islas de Borneo, Célebes y Molucas corresponden a las Antillas. Aquí, como allí, alternan las altas montañas y las fosas profundas. Parece ser, pues, otra zona de la corteza retorcida y desgarrada por el desplazamiento de Asia con respecto a Australia.

Para que la semejanza sea aún más completa, tanto la faja de las Indias Orientales como la de las Antillas han sido escenario, en diversos períodos de la historia de la Tierra, de intensa actividad volcánica, prueba de las grandes fracturas que afectan por igual a estas dos áreas de la corteza, sometidas a análogas dislocaciones. Esa actividad ha decrecido en la época actual, pero presentes están aún en la memoria de muchos las catástrofes de Krakatoa y La Martinica. Krakatoa era una pequeña isla situada en el Estrecho de la Sonda, entre Java

y Sumatra, donde existía un antiguo volcán. En 1680 se había producido allí una ligera erupción, y doscientos años después una serie de terremotos. En la primavera de 1883 comenzó a salir humo y vapor por las grietas del cono volcánico, y el 27 de agosto la isla en masa hizo explosión. Tras una serie de erupciones que duraron dos días, desapareció la mitad Norte del cono, y la irrupción en el cráter del agua del mar convirtió aquellos lugares en un verdadero infierno. Cuando las erupciones decrecieron, la isla, que tenía 450 metros de altura sobre el mar, se había transformado en una caldera, con su fondo a 300 metros bajo las aguas. La explosión dió origen a una ola de 35 metros de altura que barrió las poblaciones del Estrecho y causó la muerte a decenas de millares de personas; se sintió en las costas del Océano Indico y hasta en el Cabo de Hornos. El ruido de las explosiones se oyó en Filipinas, en Australia y en Madagascar, casi a 4.000 kilómetros de distancia. En Martinica, cuando la erupción de la «Montagne Pelée», el 8 de mayo de 1902, sólo quedó un superviviente de los 30.000 habitantes de la ciudad de San Pedro: un preso confinado en un pequeño recinto de gruesos muros, que pudieron resistir la lluvia de piedras y el calor.

Pero volvamos al punto principal. A mi parecer tanto el continente de América del Norte como el continente Asiático se han desplazado hacia Occidente más que América del Sur y Australia, y a la vez se han acercado hacia el Ecuador, y como consecuencia de dichos movimientos las zonas intermedias, comprimidas fuertemente, se han arqueado y hendido en fajas paralelas, que al separarse unas de otras dieron origen a depresiones o fosas profundísimas. Las fajas exteriores conservan una curvatura regular; las interiores, más comprimidas, se rompieron en segmentos, resultando, o curvas deformadas, o líneas onduladas o poligonales. Esto último explicaría la diversa

orientación de las islas que corresponden a cada segmento: Grandes y Pequeñas Antillas y grupo de Borneo, Célebes y Molucas. Este tipo de deformación concuerda con las teorías mantenidas por Wegener y otros geofísicos de que las masas continentales del Hemisferio Norte se han desplazado hacia Occidente y hacia el Ecuador. Queda por explicar por qué los continentes de América del Norte y de Asia se han desplazado mientras América del Sur y Australia han permanecido inmóviles o se han desplazado menos, ya que en definitiva para que el fenómeno que consideramos se haya producido basta que haya habido movimiento relativo entre los continentes boreales y australes. El motivo de la inmovilidad o de la menor movilidad de los continentes australes podría buscarse en su mayor «anclaje» o en su menor masa, que implicaría una menor sollicitación por parte de las fuerzas de desplazamiento que han actuado y acaso actúen aún sobre ellos.

* * *

Pasemos ahora revista al tercer grupo de continentes. La distribución de tierras y mares en el conjunto Euroafricano no se parece en nada a la que presentan las Américas y el conjunto Asiático-australiano. Forman parte de él: la India, la Península Arábiga y los territorios de Europa y Africa. En vez de constar de una parte boreal y otra austral unidas por guirnaldas de islas, se trata, más bien, de un inmenso continente dividido en dos por el Mar Mediterráneo. El territorio, situado al Norte de este mar, sirve de pedestal a una serie de altas cordilleras que comienzan en España con los Pirineos y la Penibética, sigue con los Alpes y los Cárpatos y, por las montañas de Turquía, se empalma con las Cordilleras Asiáticas, que al-

canzan su máxima elevación en el Himalaya. Ahora bien, mientras que en territorio asiático los pliegues están volcados hacia el Sur, en territorio europeo lo están hacia el Norte, por lo cual, si se exceptúan los Alpes Dináricos, las demás cordilleras europeas del sistema alpino parecen deber su estructura a empujes procedentes de la mole africana; es decir, que si las mesetas asiáticas se desplazaron hacia el Sur durante el plegamiento alpino, el continente Africano propiamente dicho, aparentemente, se desplazó hacia el Norte. Esta es la conclusión a que en líneas generales llegan la mayor parte de los geólogos europeos.

Pero yo creo, sin embargo, que la estructura del conjunto Euro-africano que ahora estamos considerando es resultado de un desplazamiento hacia el SO., tanto de Africa como de Europa, y que en ciertos momentos incluso pudo ser mayor el desplazamiento de Africa. Se funda mi creencia en que las zonas de hundimiento, depresiones y fosas no se hallan nunca a espaldas de las cordilleras, sino en su antepaís, como ocurre con el Valle del Ganges, con el Golfo Pérsico y la Mesopotamia y con el Adriático, antepaíses respectivos del Himalaya, de las montañas de Persia y de los Alpes Dináricos. Pero el Mediterráneo no es el antepaís de los Alpes, volcados hacia el Norte, sino una fosa de hundimiento situada a su espalda, debida, a mi juicio, a una fractura, con desplazamiento de Africa en dirección S. o SO. posterior a la formación de la Cordillera Alpina. A ese mismo desplazamiento se debería la fosa del Mar Rojo, con sus ramificaciones de Suez, del Golfo de Akaba y de la depresión del Jordán, y el Golfo de Aden, y, muy probablemente, también el Canal de Mozambique.

Si el continente de Asia se desplazó hacia el Ecuador y hacia el Oeste, Europa, que está soldada a él y forma su vanguardia, no pudo sustraerse a ese movimiento y hubo de ejercer presión sobre Africa. Se dirá, acaso, que

si las capas sedimentarias que se depositaron en el geosinclinal mediterráneo durante toda la Era Secundaria y gran parte de la Terciaria fueron empujadas de Norte a Sur ¿por qué no atracaron los Alpes en la costa africana?; pero esto no es en realidad una objeción, porque cuando dos moles rígidas se aproximan es imposible saber cuál de las dos ejerce mayor presión sobre el área intermedia, y en este caso, por ser la masa de Africa mucho mayor que la de Europa, pudo ser el choque con ella el que ejerciese mayor presión, en tanto que después de formados los Alpes y mejor anclada ya en el substrato la costa europea, pudo continuar avanzando hacia el Sur el continente Africano a mayor ritmo que el Europeo y, al despegarse de éste, producir las fosas del Mediterráneo actual, el hundimiento del Egeo, el Mar Rojo, el Valle del Jordán y el Canal de Mozambique. El mapa de esta parte de la Tierra muestra efectivamente a Africa como masa despegada de Europa, de Arabia y de Madagascar. Arabia pudo estar más sólidamente unida a la India, y Madagascar mejor anclada en el substrato del Océano Indico, y haber quedado por eso retrasadas ambas en su movimiento hacia Occidente. No debe considerarse éste, caso excepcional. Groenlandia y las islas americanas del Artico ofrecen una posición análoga respecto a América del Norte, y las guirnaldas de las Kuriles, el Japón, Ryu-Kyu y Formosa respecto a Asia.

Si mis supuestos fueran admisibles, los rasgos principales de la parte de la corteza emergida serían consecuencia de una causa común: el desplazamiento de las masas continentales hacia Occidente y hacia el Ecuador, desplazamiento más pronunciado en unas áreas que en otras, según la intensidad de las fuerzas actuantes y la mayor o menor resistencia opuesta al movimiento por el diferente anclaje de esas mismas masas. Moles excesivamente rígidas desde la época Paleozoica, como Africa, las regiones septentrio-

nales y centrales de Europa, los escudos americanos, la meseta asiática, la India y Australia, en donde la corteza no cedió para dar origen a geosinclinales en la Epoca Secundaria, y rodeadas de mares profundos, han visto sus bordes corroídos por desplomes y corrimientos, dando origen a costas del tipo de las del Océano Atlántico y del Océano Indico. Cuando, por el contrario, se formaron en ellas o en sus bordes grandes geosinclinales, como en la parte occidental de las Américas y en la oriental de Asia, con la consiguiente surrección de cordilleras, las costas han tenido que presentar el aspecto de las que caracterizan al Pacífico.

Depresiones largas y estrechas de la corteza, como el Mar Rojo y el Canal de Mozambique, se consideran por lo general como fosas de hundimiento comprendidas entre fallas paralelas. No puede negarse la posibilidad de que ocurran hundimientos a lo largo de estrechas fajas, pues es fenómeno que se observa a veces en el interior de los continentes, pero la forma especial de la fosa del Mar Rojo, con su cambio brusco de orientación en el Estrecho de Bab-El-Mandeb y su bifurcación por el extremo opuesto a uno y otro lado de la Península de Sinaí, más parece deberse a un desplazamiento horizontal del territorio lindante con una grieta que a un hundimiento entre dos fallas paralelas. Wegener intentó acoplar América del Sur y Africa, guiándose por la semejanza de las líneas de costa de ambos continentes, y trató de encajar el saliente de Pernambuco en el entrante del Golfo de Guinea, distante 45° de longitud. Al lado de tan colosal desplazamiento, el del continente Africano, que yo propugno es de dimensiones minúsculas, y el encaje de la Península Arábiga con la costa oriental de Africa, entre el Mediterráneo y el Golfo de Aden, sería perfecto a poco que la mole africana se volviese a desplazar hacia el Nordeste. La distribución

de tierras y mares del conjunto Euro-africano quedaría, pues, satisfactoriamente explicada por el movimiento hacia el Sudoeste tanto de Euro-Asia como de Africa, el posterior despegue de estas dos grandes masas continentales a lo largo del Mediterráneo y del Mar Rojo y un pequeño avance póstumo de la mole africana.

Si las ideas que he expuesto no chocan con alguna nueva teoría geofísica que vuelva a negar toda posibilidad de que se hayan producido en el transcurso de los tiempos geológicos desplazamientos de las masas continentales, tendríamos una explicación bastante racional, a mi juicio, de por qué los continentes se nos ofrecen con la posición y forma que hoy vemos, formas que, como ya dije, puede haber sido ligeramente modificada por hundimientos y desplomes periféricos y por la acción erosiva del mar sobre las costas.

* * *

Para el geólogo que investiga el relieve de nuestro Planeta es anonadante pensar que el de los continentes no es sino una parte, y no la más importante, del relieve general de la corteza, ya que las tierras emergidas no ocupan sino la cuarta parte de la superficie total del Globo. Queda por conocer el relieve de las inmensas áreas ocultas por las aguas oceánicas, y lo que es más difícil aún: explicar las causas que han motivado ese relieve y cómo ha evolucionado éste en el transcurso del tiempo. La lámina marina es para el geólogo ese simbólico velo de Isis a que aludía mi compañero Novo en su discurso de ingreso en la Academia, pues aun suponiendo que dentro de unos años, que no han de ser pocos, se llegue a conocer el relieve de los fondos oceánicos con aproximación parecida a como se conoce hoy el relieve de la tierra firme, quedará por acometer otra tarea aún más difícil y penosa:

la de determinar, a fuerza de obtener testigos, la edad o edades geológicas de cada relieve, ya que sólo así se podrá conocer el papel que cada uno ha desempeñado en la evolución del relieve general de nuestro Planeta.

De que el relieve de las cordilleras submarinas se halle, al parecer, bien conservado, ya dije que no podía deducirse que fueran de formación moderna, porque hallándose fuera del campo de acción de los agentes meteóricos no están sujetas a la denudación que sufren las cordilleras de la tierra firme; así, la Cordillera del Atlántico lo mismo podía ser de edad alpina que de edad herciniana o caledoniana. En la inmensidad del Pacífico también existen relieves sumergidos, y tanto la verdadera causa de su origen como su edad se desconocen. Este Océano guarda los mayores secretos para el geólogo, y sus grandes profundidades son un serio obstáculo para el estudio de su relieve, como su inmensidad es otra barrera para su metódica investigación.

Algunos científicos han supuesto que esa inmensa depresión del Globo tenía por fondo la capa de *Sima* y que la capa de *Sial* fué lanzada al espacio, cuando se hallaba todavía en estado semifluido, por efecto de la marea solar, cuyo período de oscilación llegó en algún momento a coincidir con el período de oscilación propio de la tierra líquida, y en apoyo de este aserto se aduce que la densidad de la Luna es 3,3, en tanto que la de la Tierra es 5,5, lo que parece dar a entender que la Luna no participa del núcleo férreo de la Tierra y que se compone sólo de granito y de algo de basalto de las capas exteriores del *Sima*. Sin embargo, se han encontrado masas graníticas en algunas de las grandes islas de Oceanía. Desde luego, hay extensas zonas en el Pacífico en donde no se descubren relieves submarinos, lo que parece dar a entender que las fuerzas orogénicas, las de plegamiento al menos, no han

actuado en esos dilatados espacios desde épocas remotísimas.

De la antigüedad de los fondos de los océanos actuales dan fe los enormes espesores de sedimentos depositados tanto en el Atlántico como en el Pacífico y el Indico. En puntos muy apartados de las costas, adonde no llegan ya detritus procedentes de la tierra firme, los geólogos del «Albatros» y del «Atlantis» han medido recientemente espesores de sedimentos de más de 3.500 metros en el Océano Atlántico, a uno y otro lado de la Cordillera Central, y de más de 300 metros en el Indico y en el Pacífico. Las medidas se hicieron provocando la detonación de cargas explosivas y registrando el primer eco, que proviene de la superficie de la capa de sedimentos, y el segundo eco, de la capa rocosa que constituye el verdadero fondo marino. Ha sorprendido a los científicos la gran diferencia de espesor entre los sedimentos del Atlántico y los del Indico y el Pacífico, y se cree posible que la capa total de sedimentos en los dos últimos océanos esté separada en dos partes por interposición de una capa de lavas, que a los efectos de la reflexión del sonido actuaría del mismo modo que el fondo rocoso del mar. El ritmo de sedimentación en los distintos océanos no se conoce aún bien, aunque se sabe que es muy lento, y capas de 3.500 metros de espesor necesitarán sin duda para depositarse varios millones de años.

Ocurre preguntar si bajo el enorme peso de varios miles de metros de sedimentos el fondo de los océanos no habrá cedido y se habrá producido un hundimiento general. No es imposible si las capas inferiores de la litosfera están sometidas a un proceso de contracción, pero dislocaciones importantes no deben haberse producido desde épocas antiquísimas en el área del Atlántico, pues las altas mesetas de la Cordillera Central están cubiertas con más

de 1.000 metros de espesor de sedimentos, y sólo los altos picos están desnudos, es decir, sin cubierta de depósitos pelágicos, que por lo visto las corrientes marinas han impedido que se formen.

* * *

Algunos curiosos fenómenos, descubiertos en estos últimos años en la cuenca del Pacífico, tal como el de las «Montañas Truncadas» a que me refería al principio, podrían explicarse por el progresivo hundimiento de su fondo. Esas montañas, que parecen como arrasadas en su cumbre por erosión marina, podrían haber estado expuestas a la acción de las olas en edades geológicas pasadas, como supone Hess, el geólogo que las descubrió durante los años de la pasada guerra mundial, pero habría tenido que ser antes de la aparición de los corolarios constructores de arrecifes; de lo contrario, y aun cuando se hubiesen hundido luego hasta quedar sumergidas a gran profundidad, serían hoy unos atolones más entre el sinnúmero de que está salpicado este Océano en las zonas tropicales.

Creo, sin embargo, que la labor de erosión que ha dado su forma peculiar a las «Montañas Truncadas» debería más bien atribuirse a las corrientes marinas que circularon por esa región del Pacífico en épocas geológicas más o menos remotas. Sabido es que el Gulf Stream pone en movimiento las aguas del Atlántico hasta 1.600 metros de profundidad, y algún poder de denudación han de tener, por tanto, otras muchas corrientes marinas hasta profundidades parecidas. En el Pacífico, a la corriente ecuatorial del Norte vienen a concurrir muchos brazos derivados de la corriente del Japón, algunos de los cuales pasan precisamente por los parajes donde se hallan las «Montañas Truncadas».

Pero no sería acertado comparar las corrientes marinas de hoy con las que pudieron circular por los mismos lu-

gares en épocas pasadas, en la triásica o en la jurásica, por ejemplo, cuando no existía aún el Istmo de Panamá y la corriente ecuatorial del Atlántico Norte se unía a la ecuatorial del Norte del Pacífico en vez de virar en el Golfo de Méjico para dar lugar al Gulf Stream. Todo ese sistema de circulación marina pudo ser entonces mucho más activo y, en consecuencia, producir erosiones más enérgicas y a mayores profundidades.

Rodeados de misterio, como se ofrecen hoy a nuestra contemplación, este y otros fenómenos parecen apuntar a la gran antigüedad de las cuencas oceánicas, que tal vez daten de los tiempos precambrianos, de cuyas cordilleras sólo quedan como recuerdo los restos que constituyen las masas rígidas que sirvieron de núcleo o embrión a los actuales continentes.

Con el nivel a que se mantuvieron las aguas de los océanos en determinada edad geológica relacionan también algunos geólogos, según ya se dijo, el otro fenómeno que cité al principio de esta disertación, y al que se debió el éxito conseguido por el submarino «Nautilus» bajo los hielos del casquete polar ártico: el de los cañones submarinos.

Que esos cañones fueron excavados por corrientes impetuosas no ofrece la menor duda; pero corrientes impetuosas no las concebimos sino en ríos de fuerte pendiente y grandes caudales, y si una corriente fluvial, por impetuosa que sea, llega al mar pierde al momento su poder de erosión, por encontrar su cauce ensanchado casi hasta el infinito y, por tanto, la velocidad de sus aguas reducida a cero. Es cierto que los cañones submarinos están en prolongación de los cauces de grandes ríos de nuestra época, lo que demuestra que han sido excavados en tiempos relativamente recientes, cuando las redes fluviales de los continentes tenían ya sus características actuales. Forzoso será,

pues, admitir, puesto que esos valles submarinos existen, que hace poco tiempo relativamente, digamos uno o dos millones de años, el nivel del mar era inferior al de ahora, pero inevitablemente surge esta pregunta: ¿Es que en los comienzos de la Era Cuaternaria, por mucha agua que se hallase acumulada en forma de hielo en los casquetes polares, pudo descender el nivel de los océanos hasta la cota en que desembocan los cañones submarinos? Como los cálculos más favorables limitan esa cifra a 100 metros, poco más o menos, hay que pensar en otra causa que haya podido ocasionar descensos de las aguas marinas mucho más fuertes, y sólo dos vienen a la imaginación: una, un descenso efectivo del fondo de alguno de los grandes océanos que perdurara durante el tiempo necesario para la excavación de los cañones; otra, un régimen de mareas que produjera fuertes descensos periódicos de los mares. Las dos son hipótesis atrevidas, porque si ocurrió lo primero, si el fondo de un océano se hundió, ¿cómo pudo restablecerse la situación primitiva? Habría que apelar a la surrección de alguna cordillera submarina en época muy moderna o a la expansión de lavas de volcanes submarinos en proporciones gigantescas.

Acaso futuras exploraciones del fondo de los océanos puedan indicar otras causas, pero, a mi juicio, es mucho más lógico atribuir la formación de los cañones submarinos a corrientes producidas por el juego de mareas. Un río, por la sola acción de su propia corriente, es incapaz de excavar un cañón submarino, pues, como antes dije, cuando una corriente fluvial, por caudalosa que sea, llega al mar pierde casi instantáneamente la velocidad y con ello su poder de erosión; a duras penas consigue conservar el fondo de su cauce al nivel que tenía al alcanzar la línea de costa, y la mayoría de las veces tiene que subir en contrapendiente para salvar una barra, parte del aparejo o

cordón litoral, por cuya construcción y reparación trabaja incesantemente el mar.

Pero supongamos que en determinado período de la historia de la Tierra el nivel del mar haya estado más bajo que en la actualidad. No es preciso que haya sido mucho: admitamos 50 metros, cifra que encaja en el posible descenso de los océanos por acumulación de hielo en los casquetes polares. El río entonces prolongaría su cauce, su valle de erosión, a través de la plataforma continental hasta alcanzar el nuevo nivel de las aguas marinas y probablemente con mayor pendiente que en tierra, si el descenso del nivel del mar se produjo en un período de tiempo relativamente corto. Ya con esto tendríamos explicada la formación del primer tramo de lo que es hoy valle o cañón submarino. Si luego el nivel de los océanos subió de nuevo por fusión de los hielos, el río volvería a perder su poder de erosión a partir de la nueva línea de costa y se restablecería más o menos enteramente la antigua barra, pero persistiría más allá un tramo de valle submarino que la acción de la marea podría haber seguido prolongando y profundizando por la razón siguiente: no hay una sola gota de agua en los océanos, ni siquiera en los abismos más profundos, que se sustraiga a la fuerza que engendra las mareas. Las olas producidas por los vientos no afectan a las masas de agua que se hallan a más de 100 brazas de profundidad, ni las grandes corrientes oceánicas ponen en movimiento las situadas a más de 1.000 ó 1.500 metros; en cambio hay pruebas concluyentes de que las mareas afectan a la masa entera de las aguas oceánicas desde la superficie hasta el fondo. Citaré un caso. En el Estrecho de Mesina, corrientes opuestas de marea crean remolinos gigantescos como el de Carybdis, que agitan las aguas del Mediterráneo a tanta profundidad que peces de las regiones abisales, con ojos atrofiados o por el contrario

de un tamaño exagerado y con cuerpos provistos de órganos fosforescentes, son arrojados a las playas en tal cantidad que ha permitido al Instituto de Biología Marina de Mesina formar una curiosísima colección de la fauna abisal. Por otra parte, las masas de agua que ponen en movimiento las mareas son realmente enormes. En la bahía de Fundy, en la costa atlántica de los Estados Unidos, donde se producen las mayores mareas conocidas (15 metros de diferencia de nivel entre pleamar y bajamar en las Sicigias), se ha calculado que 100.000 millones de metros cúbicos de agua entran y salen dos veces al día por efecto de la marea. Pero sin recurrir a cifras tan fantásticas, bien podemos imaginarnos la erosión que pudieron producir masas de agua de parecida entidad al entrar y salir diariamente en los tramos de esos valles submarinos que afectaban a la plataforma continental y cuya profundización se hallaba ya bastante avanzada; y una vez alcanzada la arista que separa la plataforma continental de la pendiente ladera que bordea el abismo, la erosión podría ya acelerar su ritmo y en un período relativamente breve alcanzar puntos situados a profundidades de 1.000 y más metros. Y se comprende que esos valles submarinos se hayan excavado en forma de cañones por la falta de afluentes laterales, que son los que ensanchan los valles principales en la mayoría de nuestras redes fluviales.

Por los perfiles transversales que con las sondas acústicas se han conseguido en muchos de los cañones submarinos se ve que se trata más bien de valles muy estrechos, de laderas muy pendientes, que de cañones propiamente dichos, como el del Colorado, que requieren para su formación que el río vaya cortando capas más o menos horizontales de rocas de cierta consistencia.

Shepard describe el cañón submarino del Hudson, uno de los mayores de la costa atlántica de Norteamérica, como

un valle largo y estrecho que se prolonga más de 150 kilómetros por la plataforma continental y está separado por una barra de poco calado del estuario del Río Hudson. Presenta, por lo tanto, el carácter que, como antes dije, deberían presentar estos valles submarinos en el caso de que su formación y sus causas originarias hubiesen sido las que supuse hace unos momentos.

Pero cualquiera que haya sido la causa determinante de los cañones submarinos es indudable que para su conservación precisa que alguna corriente los mantenga limpios de sedimentos, porque las zonas por donde se desarrollan pertenecen en su mayor parte a las plataformas continentales, zonas donde no sólo se depositan los materiales arrastrados por los ríos desde la tierra firme, sino que en general están sometidas a la acción niveladora de las olas de superficie. Por tanto, si alguna corriente marina no estuviese efectuando constantemente una labor de limpia, quedarían rellenos en un plazo de tiempo más o menos corto. Y no parece que existan otras corrientes marinas que puedan efectuar esa labor que las corrientes de marea.

La teoría que hemos esbozado fallaría si se llegara a encontrar cañones submarinos en costas donde el juego de mareas es poco perceptible, pero hasta ahora todos los que se han descubierto corresponden a ríos en cuya desembocadura la oscilación de la marea es bastante considerable.

No se nos oculta lo peligroso de recurrir a la acción de las mareas para explicar fenómenos de erosión en áreas sumergidas, y más si nos referimos a épocas algo distantes de la nuestra, porque el mecanismo de las mareas es harto complicado, ya que no sólo depende de la atracción que sobre las aguas ejercen la Luna y el Sol, causa primordial, sino de una serie de factores que imposibilitan toda gene-

ralización. La atracción de los cuerpos celestes pone las aguas en movimiento, pero cómo y cuánto subirán éstas de nivel en un punto determinado depende de circunstancias locales y, por lo tanto, no se puede teóricamente predecir. Lo más que se ha llegado a explicar científicamente son las diferencias observadas en cuanto a ritmo y amplitud de las mareas en ciertas partes del Globo, diferencias que son a veces importantes en sitios relativamente próximos. Sabido es que hay costas, como las del Atlántico, donde prevalece el ritmo normal de dos pleamares y dos bajamares cada veinticuatro horas, pero hay otras en que sólo se produce una pleamar y una bajamar por día, y algunas, como, por ejemplo, las de la Isla de Tahití, donde la pleamar y la bajamar se producen a la misma hora todos los días y no con el retraso de cuarenta y ocho minutos que corresponde a la acción lunar. Y es que a los efectos de la marea los océanos deben considerarse divididos en cuencas, en cierto modo independientes, que tienen un período determinado de oscilación propia según su extensión y profundidad, oscilación que al combinarse con la acción lunar puede producir resultados muy diversos. Tahití se halla situada en el eje o nodo de una cuenca cuyo período de oscilación coincide con el que corresponde a la acción lunar y las aguas no sienten, por así decirlo, en los alrededores de la Isla, la atracción de nuestro satélite y predomina en consecuencia el ritmo impuesto por el Sol.

No he querido tocar sino aquellos procesos en que creí que podía contribuir con el simbólico grano de arena, si no a su recta interpretación, por lo menos a abrir camino para el estudio de posibles soluciones, lo cual es siempre útil, porque de las discusiones que se promueven alrededor de una hipótesis, aunque sea descabellada, puede surgir un rayo de luz.

* * *

Y no quiero terminar sin repetir una vez más que todas las teorías que se han formulado acerca de la estructura de la corteza terrestre descansan en supuestos que no es posible comprobar, y que aunque las que se basan en la contracción del núcleo siguen considerándose ortodoxas, no se puede negar, por los acortamientos de la corteza que suponen las plegaduras, que algún desplazamiento de sus capas altas sobre las inferiores ha tenido que producirse, bien de un modo continuo, bien de modo esporádico, en el transcurso de las edades geológicas.

Por otra parte, no hay que olvidar que casi todos los fenómenos que las teorías pretenden explicar se hallan confinados en una capa de la corteza de 5.000 metros de espesor, que es la diferencia entre la altura media de los continentes y la profundidad media de los océanos. Del resto del Planeta nada se conoce por observación directa. Podemos haber sido testigos de un terremoto u observadores de algo ocurrido en épocas pasadas, como, por ejemplo, la formación de una cordillera, pero las causas, tanto del terremoto como del levantamiento orogénico, radican en zonas profundas que se hallan fuera del alcance de nuestros sentidos. Ello nos induce a hacer suposiciones sobre la constitución interna del Globo y a admitir que tal o cual cosa pueda haber ocurrido, capaz de producir el efecto que contemplamos. Con frecuencia nos referimos al tiempo como factor importante en la producción de los fenómenos geológicos, pero es más fácil hablar de millones de años y de la duración de la época cambriana o de la época triásica que formarse idea cabal de lo que esos períodos de tiempo significan.

Infinidad de enigmas quedan todavía por descifrar, lo que nos impide imaginar siquiera, por mucho que se eche a volar la fantasía, la verdadera causa de los procesos en virtud de los cuales presenta nuestro Globo su faz actual.

A pesar de todo, nuestro conocimiento de la corteza terrestre ha aumentado considerablemente en los últimos años y es de esperar que continúe aumentando, y a mayor ritmo aún, en los venideros; se propondrán nuevas teorías, que se discutirán y caerán probablemente en el descrédito, pero el choque de unas y otras ideas conducirá seguramente a una interpretación cada vez más acertada de la estructura de la corteza.

Es posible que mis lucubraciones sean pura fantasía, pero a mi edad no queda tiempo sino para exponer problemas que nos han preocupado durante años y han torturado nuestra inteligencia sin haber logrado tal vez ningún resultado concluyente. Por ello he de rogar una vez más a este ilustre auditorio me perdone el que con tan pobre bagaje me haya atrevido a abusar tanto de su benévola atención.

DISCURSO
DEL
EXCMO. SR. D. AGUSTIN MARIN Y
BERTRAN DE LIS

SEÑORES ACADÉMICOS:

El Presidente de la Academia me ha proporcionado una gran satisfacción al designarme para que conteste a D. Juan Gavala y Laborde en el reglamentario discurso de ingreso en la Academia. Mas no me expreso bien al decir que es satisfacción lo que ha llevado a mi espíritu esta designación; es más, mucho más; es emoción, emoción profunda. La satisfacción viene a ser como una impresión de momento, superficial, mientras que la emoción llega a lo más hondo de nuestro ser para dar suavidad y optimismo a nuestros sentimientos. No en balde desde que entró Juan Gavala en el Instituto Geológico, en 1911, hasta el presente, nuestras vidas han ido parejas, ocupándonos las mismas inquietudes, con excepción de su afición malacológica, aunque en eso mismo tuve con él alguna relación, pues por encargo de la familia de mi querido maestro y amigo D. Florentino Azpeitia publiqué una necrología del mismo, en la que describí los ejemplares más salientes de su colección de conchas.

De esta relación científica y profesional ha surgido un afecto fraternal, que es el que me lleva a sentir la emoción que en este momento tengo. Lo único que lamento es que

el sillón que va a ocupar hoy Gavala, no lo hubiera ocupado hace muchos años.

En la vida de Gavala se repartieron las actividades en tres grupos que parecen distintos, pero que en realidad tienen mucha conexión. Ingeniero de Minas joven y con una hoja de estudios sobresaliente, pronto se convenció de que para investigar las riquezas que encierra nuestro suelo, que satisfacen las necesidades y caprichos del hombre, es preciso entrar de lleno en la ciencia geológica, y así puso al servicio de esta ciencia todo su talento y actividad, y comprendió además que tenía que dar muchos pasos por esos mundos de Dios para conseguir una cultura geológica eficaz. Esta difícil empresa la acometió con brío y constancia, y así vemos cómo se acrecienta su fama científica hasta que alcanza la altura en la Ciencia con que ahora le admiramos.

Gavala ha dedicado su actividad geológica principalmente a su tierra, a la que estima y comprende como nadie. Dedicó sus mejores horas de trabajo, ocupándose de descifrar los enigmas que en ella se encierran. Es Andalucía orogénicamente muy complicada, y en el fondo su estructura geológica no ha sido aún explicada, a pesar de que han intervenido en ella los Geólogos de mayor prestigio del mundo. Toda clase de convulsiones la agitaron, y aunque nos parece que con la preocupación alpina de casi todos los Geólogos europeos se debieron pasar éstos en sus apreciaciones al suponer más dislocaciones, más arrastres, más cabalgaduras, más masas movidas de las que en realidad fueron, sin embargo, los trastornos generales y locales han sido enormes, creando una complicación extraordinaria.

Gavala comprendió en seguida que lo primero que era preciso para poner en orden las ideas, era hacer un buen mapa estratigráfico de la región, y, en efecto, publicó en

su juventud el Mapa de las provincias de Sevilla y Cádiz en escala 1 : 100.000. Como en todas las obras de Gavala, se ve lo concienzudo de su trabajo. Sus afirmaciones sobre la naturaleza de un terreno podemos considerarlas como ciertas, porque tenemos seguridad de que habrá tenido en cuenta todos los caminos que llevaran a ese conocimiento. Le consideramos en sus trabajos geológicos con un espíritu de doctrina independiente, y tal vez huya de sugestiones que le puedan hacer otros autores. Le estimamos nosotros con demasiada independencia, como haciendo gala de su originalidad, que nadie le puede discutir. El deseo de apreciar los fenómenos de modo nuevo, tal vez le haya obligado a no tener esa prolificidad escritora de otros autores que se dedican a cosechar en su cerco los frutos que plantaron los vecinos. Razón es ésta que nos ha prohibido el que tengamos en nuestro poder la explicación de ese Mapa tan apreciado por todos los Geólogos. (1)

El primer trabajo geológico que publicó Gavala fué «Regiones Petrolíferas de Andalucía», en 1916. Era en un momento análogo al actual, de recrudecimiento investigador en búsqueda del Petróleo-Rey y aprovechó para su obra las enseñanzas de los pequeños trabajos que entonces se realizaban por Andalucía y la experiencia adquirida en Rumania, a donde fué enviado por el Gobierno, en 1910. Importante es el trabajo que más tarde publicó titulado «Descripción Geográfica y Geológica de la Serranía de Grazalema», en que fijó, como si fuera un notario, los hechos más salientes geológicos de la historia de esas montañas.

Trabajos muy importantes son todos los relacionados con el estuario del Guadalquivir y zonas contiguas, que plasmó en varias publicaciones y en varias de las hojas geológicas del Instituto Geológico y Minero de España en

(1) Más de 700 cuartillas que tenía escritas sobre esta explicación fueron destruidas por una bomba en nuestra Guerra de Liberación. Estaban ya impresas 240 páginas.

escala 1 : 50.000. Varias notas y trabajos publicó además Gavala, todos ellos de gran interés.

Con su gran capacidad de trabajo, al mismo tiempo que procuraba hacer transparente la tierra, trabajaba como Ingeniero, porque desgraciadamente en España se vivía mal en los tiempos en que comenzaba su carrera dedicándose a una sola especialidad, a más de que un Ingeniero de Minas tiene que usar de la Geología como un arma para su trabajo, como lo son la matemática, la electricidad.

En sus tiempos mozos hubo un hecho cuya notoriedad fué grande, pues recogido por los periódicos de la época fué extendida la noticia de su realización por España. Yo me acuerdo cómo le seguíamos con gran interés en el Instituto Geológico, el mismo con que ahora se sigue la hazaña de cualquier as deportivo. El hecho fué éste: la rotura del sifón de La Florida, en la conducción de aguas potables de Jerez de la Frontera. Ocurrió esto hace ya cuarenta y dos años, el 17 de marzo de 1917, poco antes de la celebración de la renombrada Feria de aquella alegre población.

La tubería del sifón fué arrastrada en longitud de 220 metros, así como el puente sobre el que cruzaba el Río Guadalete. Había que reponer ese tramo de tubería, sin puente en que apoyarla y en el punto de mayor presión del sifón.

Para la reparación de esta gravísima avería se consultó con toda urgencia a muchos técnicos, y todos daban como plazo mínimo para su realización cinco meses: es decir, todo un verano sin agua; y aquí surge el paladín, el hombre de acción: Gavala; consultado el 10 de abril, se compromete a hacer la reparación en veinte días, que eran los que faltaban para la celebración de la Feria, si el Gobierno le autorizaba a utilizar unos tubos Manesmann del Instituto Geológico de España. En efecto, el primer día de la

Feria llegó el precioso elemento a Jerez, terminando así aquellos días de sed que sufrían los jerezanos de modo intenso. El triunfo de Gavala fué grande y espectacular, y en la corrida del segundo día de Feria, no fueron los toreros los que recibieron la mayor ovación en la plaza, sino el Ingeniero del Milagro, al que la plaza puesta en pie aclamó, con envidia de Rafael el Gallo y de Belmonte.

Esto pinta lo que es Gavala, pues es curioso que siendo, a pesar de su gran andalucismo, de carácter reposado, porque estudia las cuestiones muy a fondo para que no quede ni una duda en el pensamiento ni una coma en sus escritos, realizara un acto de valentía, de temeridad, de responsabilidad, de rapidez, como el que asombró a Jerez en 1917.

Gavala, como Ingeniero, ha realizado grandes obras que han acrecentado el patrimonio de España desde el punto de vista agrícola y desde el punto de vista industrial. La labor se puede dividir en tres partes: Marismas del Guadalquivir, estudios hidroeléctricos, sobre todo en la especialidad de determinar las condiciones geológicas del terreno para construcción de embalses, y estudios mineros, en donde destaca la gran labor realizada en la Dirección de la Empresa Nacional «Adaro».

La obra llevada a cabo en las marismas de la margen izquierda del Guadalquivir, esa faja de terreno bajo de ocho a 12 kilómetros de anchura que se extiende entre el río y las colinas donde están ubicados los pueblos de Los Palacios y Villafranca, Las Cabezas, Lebrija y otros varios, ha sido gigante. La desecación de estas marismas había sido objeto de varios estudios y anteproyectos por diversos técnicos, pero la aparente imposibilidad de defender aquellos terrenos inundables de las avenidas del Guadalquivir, por un lado, y de las crecidas de los afluentes de la margen izquierda del estuario, por otro, les había hecho desistir. Gavala concibió la idea de encauzar las aguas de los afluentes prin-

principales del estuario, reuniéndolos en cuatro grupos y haciéndolos discurrir por otras tantas fajas de terreno normales al cauce del Guadalquivir, y cuya anchura, de 800 a 1.200 metros, calculó de manera que las aguas de avenida no pudieran rebasar en ningún caso el nivel de las máximas conocidas hasta entonces.

Hace ya un cuarto de siglo que se terminaron las obras de defensa, proyectadas y dirigidas por Gavala, sin que se haya producido todavía la más pequeña avería ni haya sido preciso hacer ninguna reparación en los diques, y ya nadie piensa en la posibilidad de que vuelvan a inundarse los perímetros desecados, cuyas superficies suman en total 26.000 hectáreas. Los diques, con una altura media de 2,50, tienen una longitud total de 116.945 metros y cubican un volumen de 1.246.268 metros cúbicos. Su anchura en coronación varía entre cinco y ocho metros, por lo que sirven de fáciles caminos que rodean cada uno de los perímetros.

Después hubo de prever la eliminación de las aguas de lluvia caídas dentro de los perímetros cercados por diques, pues las lluvias en el país son intensas en el invierno y el terreno, poco permeable, no puede absorber muchas veces la que cae durante el día. Para conseguir este desagüe se construyó una red de canalizaciones, formada por grandes colectores de 25 metros de anchura y de tres metros de profundidad media, a los que afluye una serie de canales de desagüe de secciones menores.

Las redes de desagüe exigieron un movimiento de tierras de 1.676.000 metros cúbicos, por lo que en total fué preciso remover muy cerca de tres millones de metros cúbicos de tierra.

Completan la gran obra de las marismas las redes de canales de riego construídas con las mismas tierras extraídas de los canales de desagüe. Con todo ello se ha conseguido transformar un elemento negativo, como era el agua

empantanada en las marismas, en un elemento positivo que crea riqueza y bienestar.

Existen además, como obras de fábrica principales, las esclusas, instaladas en el cruce de los colectores con los diques que bordean el Guadalquivir y calculadas para que puedan evacuar el agua sobrante de las lluvias en el espacio comprendido entre cada dos pleamates consecutivos.

Las Secciones 1.^a y 2.^a están ya en plena producción, y el Instituto de Colonización ha adquirido la gran extensión de los terrenos desecados en la 3.^a y se están poblando con colonos debidamente asentados. Esta obra ha sido admirada por todos, desde el Rey Alfonso XIII hasta el Generalísimo. Por estas obras le fué otorgada la Gran Cruz del Mérito Agrícola.

En los lugareños, pasmo ha producido el que aquellos parajes pobres y malsanos se hayan convertido en ricos vergeles que proporcionan frutos y flores, que es lo que más conmueve en la obra magna de Dios.

Los estudios hidroeléctricos ocuparon una buena parte de las actividades de Gavala. Llevó a cabo varios proyectos de saltos de agua, pero donde más se manifestó su competencia fué en determinar la relación que existe entre la construcción de obras hidráulicas y las condiciones geológicas del terreno en donde aquéllas van a fundarse. Se consigue con esta clase de estudios procurar la estabilidad y la impermeabilidad de las obras, así como la impermeabilidad del terreno y la del vaso del embalse.

A más de los muchos reconocimientos que llevó a cabo en muchos embalses a requerimiento de la iniciativa privada, buena parte los hizo como miembro de una Comisión dependiente del Ministerio de Obras Públicas, de la que formaban parte los ilustres Ingenieros de Caminos Benavent, Gutiérrez Gándara y Clemente Sáenz, y los asesores Hernández Pacheco, Hernández Sampelayo, Gavala y Ma-

rín, y me produce honda satisfacción que los cuatro asesores hayan sido o sean miembros de esta Academia.

Los embalses en proyecto que estudiamos fueron en gran número, y no olvidaré nunca el afán que poníamos todos en la labor encomendada.

Sus trabajos como Ingeniero de Minas fueron siempre importantes. Desde un principio tomó la especialidad de la investigación y reconocimiento de criaderos minerales. En los trabajos que acabamos de enumerar, llevados a cabo por Gavala en diversos campos de la ciencia y de la técnica, se observa que, en el transcurso de su vida, el camino que sigue o que se ve obligado a seguir, está iluminado por una estrella, la Geología. Todos los trabajos tienen más o menos relación con la ciencia que nos da a conocer o intenta dar a conocer la tierra en donde vivimos. Claro es que en la investigación y prospección de minas, la ciencia geológica es esencial e indispensable. Le ayudó mucho a fomentar esta afición el haber ingresado en los primeros años de su carrera en el Instituto Geológico y Minero de España, en donde se trabajaba con gran entusiasmo a las órdenes de aquel gran Ingeniero y Geólogo, Luis Adaro, a quien tanto debe la industrialización de España. Publicó un libro sobre Criaderos Minerales sumamente interesante. En su vida ingenieril informó sobre muchos asuntos mineros, demostrando siempre su gran competencia y ese don analista que le caracteriza. Es Gavala un andaluz que, sin estar desprovisto de la imaginación que se da por tierras del Sol, piensa y desentraña los asuntos que se ponen a su consideración con una gran profundidad y serenidad. Su modo de escribir, un castellano puro, sin faltar una coma, sin los pequeños defectos en que caen hasta los buenos escritores, representa la limpieza de su concepción en las ideas, y cómo sabe enlazar éstas con lógica y sin derivaciones, que es el modo más directo de llegar a la persuasión.

La labor más importante en este campo de actividades es la que ejerce en la Dirección de la Empresa Nacional «Adaro». Como convivo con él en aquella Casa, conozco bien su modo de trabajar, tal vez con lentitud sajona, pero de labor continua, como exige hacer las cosas bien.

Todo el trabajo que pesa sobre el problema de la investigación del petróleo y sobre todos los demás minerales de que se ocupa la citada Empresa «Adaro», queriendo poner al descubierto la riqueza que encierra España, recae sobre Gavala, y feliz será el día, que compartiremos todos, en que haga su aparición en tierras españolas el precioso líquido y el gas que tanto influye en la economía del Mundo y con cuya ausencia hasta ahora hemos sido castigados.

Tiene Gavala espíritu intranquilo de investigador, y como muy allegado a esta disposición, el de coleccionista. Como hombre de voluntad y de amor propio bien empleado ha conseguido reunir tres colecciones notables, la de malacología, la de filatelia y la de aves exóticas, que llaman poderosamente la atención, y que constituyen expansión a su espíritu en las horas que le dejan libre sus estudios de Geología y los trabajos de Ingeniería. Pero entre estas aficiones no podemos considerar la que tiene a la Malacología como simple violín de Ingres; la dedicación durante toda su vida a esta ciencia es de gran interés por aumentar el haber científico en Zoología de modo importante. Inició sus estudios malacológicos en cuanto acabó su carrera en 1909, por consejo de los profesores Azpeitia y González Hidalgo, que ocuparon sillones en esta Real Academia.

Estos dos Académicos formaron colecciones muy importantes, que fueron donadas a su muerte al Museo de Ciencias Naturales. Gavala ha reunido dos colecciones; la primera, de mérito excepcional, la destruyó una bomba en Madrid, la misma que le originó la gran pena de la muerte de su madre.

En seguida comenzó a formar la otra colección, pero limitada a la fauna española y a algunos géneros exóticos, notables por la belleza de sus especies. Esta colección, en lo que se refiere a España, supera a la primera. La forma, dedicando sus vacaciones a explorar los fondos marinos en las costas gaditanas. Tiene una lancha provista de aparatos dragadores, algunos inventados por él, para recoger las conchas según las condiciones en que se presenta el criadero, habiendo hallado con estos medios ejemplares rarísimos de los pequeños géneros *Mangelia*, *Raphitoma*, *Lachesis*, *Turbonilla*, *Rissoa* y *Marginella*. Se han encontrado varias especies nuevas.

Como ejemplares excepcionales hay que consignar los que Gavala ha conseguido del *Halia Priamus*, Meuschen; *Cardium Hians*, Brocchi; *Modiola Agglutinans*, Cantraine; *Cypræa achatidea*, Gray, etc.

Su afán de coleccionista pudo nacer de un capricho, de un recreo, pero luego se fué convirtiendo en una investigación científica; así, por ejemplo, la colección de aves exóticas pudo adquirirla, en un principio, para adorno y embellecimiento de su casa y jardines, pero luego se convirtió en el estudio científico de las mutaciones de color que se producen en muchos pájaros silvestres cuando se crían en cautividad. Bien conocidas son las muchas mutaciones de color del *Melopsitachus undulatus*, el periquito de Australia: varias tonalidades de verde, azul, amarillo y blanco: 18 en total. Pues bien, después de realizar un sinnúmero de cruces, Gavala llegó a descubrir que una sola mutación, la del color verde claro del pájaro silvestre en verde oscuro T. II, era suficiente para producir todas las demás variedades de color. Este camino, el más corto, fué sin duda el seguido por la Naturaleza, y si tardaron muchos años en aparecer las variedades azules, la tardanza fué debida a que el color de los pájaros verde oscuro T. II, cuando jóvenes, es poco

vistoso y agradable y sistemáticamente fueron eliminados de los «stocks» de cría.

El resultado de esos interesantes estudios, confirmados por la experiencia, fué publicado con bastante detalle en el núm. 34 (septiembre de 1935) de «The Budgerigar Bulletin» con un comentario muy lisonjero de sus editores. «Budgerigar» es el nombre vulgar del *Melopsitachus undulatus* en su país natal, Australia, palabra que quiere decir *pájaro bueno*. «The Budgerigar Bulletin» es la revista que publica «The Budgerigar Society», que cuenta en Inglaterra con innumerables socios dedicados a la cría del simpático pájaro, útil como ninguno, por su gran prolificidad, para el estudio de las leyes de Mendel.

Por su conocimiento de los asuntos mineros fué nombrado por el Gobierno Director General de Minas y Combustibles y condecorado con la Gran Cruz del Mérito Civil por su labor al frente de la Dirección. Por su labor científica le fué otorgada la Gran Cruz de Alfonso X el Sabio.

A mí me parece que al elegir el tema de su discurso, «Anclaje de los Continentes», no sólo ha pretendido proporcionarnos un mayor gozo, sino también que el temperamento andaluz, y reflexivo a la vez, ha querido lanzarse por los campos de la Geología, por la que sentimos los que la hemos tratado un poco una gran atracción, por su ambiente poético y por el afán que produce siempre en nosotros actuar de profeta, de perforar en los tiempos pasados y en el porvenir.

Como habéis oído en su discurso, nos presenta ideas originales que de momento hacen gozar y que después nos harán reflexionar. El tema no puede ser más atrayente. Se trata de Geología de altos vuelos.

A todos nos ha preocupado siempre qué razones hubo para que se formaran las montañas y los valles; qué causas

ha habido y qué fuerzas se han empleado para que la Tierra se nos presente en la forma que lo hace.

No me puedo extender en consideraciones sobre el tema que ha tratado Gavala en su discurso porque he estado aquejado de enfermedades en las que me obligaban al reposo material e intelectual. Hubiera querido volar por los campos de la ciencia por donde con tanta holgura y galanura lo acaba de hacer Gavala, pero me limitaré a dar una primera impresión sobre el efecto que me han producido sus interesantes teorías y de examinar cómo éstas se pueden encajar en las hipótesis de que se han valido los Geólogos para explicar los fenómenos que han dado lugar a la forma actual de la Tierra. Suess con la teoría del geosinclinal, Argand con las relaciones orogénicas de Asia con el Continente Europeo, Wegener con la teoría de la deriva de los Continentes y la desviación de éstos hacia Occidente y hacia el Ecuador y las modificaciones modernas a esta teoría de otros Geólogos, y Stille con la determinación de la intensidad y edad de los movimientos orogénicos e introduciendo en el campo de la ciencia la idea de que más que movimientos catastróficos son movimientos seguidos y continuos, como temblores, los que han producido la actual orografía de la Tierra. Aunque estas teorías son muy discutidas, no cabe duda que han servido para crear una idea que satisface a las primeras impresiones que sentimos todos cuando queremos explicarnos los fenómenos que se presentan ante nosotros.

La más discutida de todas estas teorías es la de Wegener, y Gavala también en su discurso muestra su discrepancia con ella en algunos puntos, sobre todo por considerar Wegener al Continente Africano y el de América del Sur como yuxtapuestos y separados después por conmociones geológicas. Una de las causas en que se funda Wegener para su teoría es la forma que presentan la costa occidental de

Africa y la oriental de América, que parecen se ajustan como piezas de un puzzle, sin embargo no se puede negar que, por ejemplo, la Pampa Argentina tiene su aparente prolongación en la cadena del extremo meridional de Africa, ni se puede negar tampoco la semejanza y situación de las formaciones glaciares del Brasil Meridional, Uruguay, Unión Sud Africana, India y Australia, que marcan bien, como dice Wegener, la estructura y extensión del casquete de hielo, origen de las glaciaciones. También hay que tener en cuenta que el Continente Euro-Asiático podía estar unido al Norte-Americano por presentarse en ellos cordilleras de movimientos de la misma época y con la misma facies.

Parece también fuera de duda que, por razones paleontológicas, la unión de las tierras europeas y africanas con América ha sido un hecho, sobre todo en el principio de la era terciaria, persistiendo en el Neógeno. Es muy curioso que los mastodontes originarios de Egipto, hubieran pasado a Berbería, luego a Europa Occidental y por último desde aquí, durante el Burdigaliense, a los Estados Unidos. De modo que los datos paleontológicos descubiertos demuestran que Europa, el Norte de Africa y América Septentrional han formado parte — por lo menos desde el Nummulítico hasta el Plioceno — de un continente único, y que enfáticamente alguno lo ha considerado como la «Atlantis geológica».

Lo que no cabe duda, a pesar de ser tan discutida la teoría de Wegener, es que todos ven en el relieve actual de la Tierra un efecto de corrimiento de Continentes, del Sial sobre el Sima, y el propio Gavala, en las teorías que nos acaba de manifestar, da importancia suma a esos corrimientos y en ellos se basa el título que da a su discurso de «Anclaje de los Continentes». También parece que por todos los Geólogos se aprecia que esos corrimientos lo hacen en dirección Oeste y en dirección al Ecuador, y Gavala insiste mucho en

esto y sobre todo tiene una concepción muy original en relación con los Continentes Americanos y Asio-Australiano de que las partes boreales de estos Continentes han sufrido una desviación con relación a las australes.

El tema del discurso «Anclaje de los Continentes» es del todo cautivador, y comprendo que, en sus aficiones naturalistas, siempre que Gavala mirara un mapa-mundi surgiera en él una serie de consideraciones que le llevaran a los libros a escudriñar cómo se ha formado y por qué se nos presenta repartido en Continentes, unos y otros con tantas diferencias y particularidades, y sobre todo cómo se relaciona su morfología con su historia estratigráfica. Esta historia es conocida en parte por el hombre, gracias a esos testigos en forma de piedras y fósiles que nos colocan los sedimentos en el tiempo y en el espacio. Es más, hoy día, interpretando fenómenos de la Naturaleza y proceso de formación de minerales, presumimos de conocer la edad de los distintos períodos geológicos en que se ha dividido la historia del Globo.

Hace observar Gavala, con mucha razón, que todas las explicaciones que se han dado de la formación de la Tierra han tenido como base el estudio de sólo una cuarta parte de la superficie del Globo, la que hoy constituye los Continentes, pero para nada se ha considerado el fondo de los mares, y por eso precisamente en su discurso quiere hacernos ver la relación que puede tener este fondo con la tierra firme.

Se ocupa con mucho detalle de los cañones submarinos y de las planicies halladas en los fondos oceánicos, llamadas por él «montañas truncadas». Describe muchos de esos surcos o cañones, principalmente los existentes en la continuación de los grandes ríos, como el Congo, el Misisipí, etcétera, etc.

Da una explicación de la formación de los valles sub-

marinos muy racional y los atribuye a dos causas: primeramente se formó la cabeza de esos valles en la continuación de los ríos, por erosión producida cuando el fondo del mar estuvo emergido, y después por la acción de las mareas, que dieron lugar a corrientes muy fuertes que fueron ensanchando y prolongando el valle primitivo.

A nosotros nos parece que los Continentes y el fondo del mar, a través de los siglos, sufrieron las mismas conmociones geológicas y que la orografía de unos y otros pudiera ser muy semejante; este modo de ver las cosas parece estar de acuerdo con la teoría de Gavala sobre la formación de los valles submarinos.

Hay que considerar que la corteza terrestre, en conjunto, no presenta los cinco Continentes de que nos hablan los libros de Geografía, sino solamente tres, el más oriental el de Asia con su prolongación en Australia, el central Euro-Africano, y el de las dos Américas y que se presenta una cicatriz grande que atraviesa estos Continentes según un paralelo, y que viene desde el Himalaya, pasa al Cáucaso, sigue por los Alpes, Pirineos, Apeninos y Cordilleras Béticas, atraviesa el Atlántico y pasa a las Antillas, y esta línea de montañas viene a ser la que separa las dos partes grandes en que se divide cada uno de dichos Continentes, sobre los cuales Gavala hace observaciones muy interesantes.

Merece hacer observar, como ya lo indicaba Gavala, que existe una depresión bien clara en el antepaís de esa arruga de la corteza terrestre que acabamos de señalar que está representada en el Continente Americano por el mar de las Antillas y del Caribe, en el Continente Euro-Africano por el mar Mediterráneo y en el Continente Asio-Australia-no por el mar de China y de Banda, que presentan, sin embargo, salpicados elementos montañosos donde se asientan las islas de Borneo, Célebes y Molucas con tanta analogía a lo que pasa en las Antillas.

Conviene indicar que, en relación con esta arruga grande de Himalaya-Antillas, se presentan cortando los Continentes fracturas normales jalonadas por cordilleras, algunas de excepcional importancia, como son los Andes, la cordillera submarina atlántica de 116 kilómetros de longitud, los Apeninos, los Urales, que tanto contribuyen a formar el relieve actual de la Tierra y que algunas de ellas han servido para limitar Continentes en la geografía actual.

Como inciso debemos hacer notar que el cruce de la gran línea de menor resistencia Himalaya-Antillas, con la gran cordillera submarina, no se percibe bien y da la razón a Gavala de la falta de investigación de esa gran cordillera, que tiene tapadas sus laderas principales por depósitos pelágicos.

Otra de las cuestiones que preocupan a Gavala es la terminación en punta de los Continentes, que ya había llamado la atención del gran Suess. Da Gavala explicaciones sobre los motivos que hayan podido originar tan extraña forma, no atribuyendo el mismo origen a la terminación en punta de Africa del Sur que a las de los extremos meridionales de los otros dos Continentes.

En todo lo manifestado no he tenido otra pretensión que resaltar las ideas originales e interesantes que ha emitido Gavala en su discurso sobre diversos puntos referentes a la formación del Planeta en que vivimos y la relación de dichas teorías con las opiniones de la tectónica clásica. Hemos de señalar que consideramos las concepciones de Gavala como un avance muy importante en el conocimiento de las causas que motivaron el actual relieve de la Tierra. Lamentamos con Gavala que las investigaciones geológicas y geofísicas, valiéndose de las sondas acústicas, no hayan todavía dado a conocer el relieve, la estructura y naturaleza de los fondos submarinos, tema preferente de su discurso, que de tener los datos que hay que esperar de las nuevas explo-

raciones, hubiera podido ir más lejos en sus teorías. La ciencia, que se ocupa tanto de descubrir los espacios siderales, debía comenzar por conocer bien el suelo que habitamos. Gavala, en el discurso «Anclaje de los Continentes», hace observaciones y reflexiones que necesitan más continuidad en las exploraciones de nuestro Globo, pero representan ya una iniciación de los trabajos que se deben emprender. El discurso, pues, representa una pieza muy importante en la literatura geológica en la parte que se refiere a la orogenia y a la tectónica.

He intentado poner de relieve la hondura y extensión de los conocimientos científicos de Gavala, a pesar de que bien se me alcanza que su valor científico y técnico era bien conocido de vosotros desde el momento que le elegisteis para que compartiera las tareas de esta Academia. Creo que con el discurso que ha pronunciado Gavala y con el repaso de su historial científico e ingenieril estaréis satisfechos de vuestra elección y la Academia se honra contando con Juan Gavala como Académico y el que os dirige ahora la palabra siente la gran satisfacción de este acto, pues de tiempo viene la admiración y el afecto que le profeso.

He procurado presentar al Ingeniero Juan Gavala científico polifacético, con la particularidad de que por cualquier cara que se le mire es un maestro, y la Academia le da la bienvenida y se honra recibéndole en su seno.