

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO NACIONAL DE ENSEÑANZA
MEDIA DE TOLEDO

2

EL PASADO DE LA TIERRA

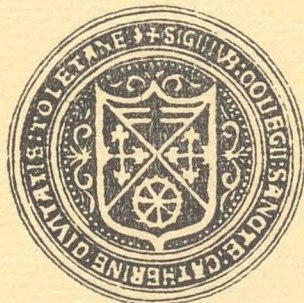
Y EL ORIGEN DE LOS MONTES DE TOLEDO

Discurso de apertura del año académico 1960-61

por

D. Máximo Martín Aguado

Catedrático de Ciencias Naturales



Toledo 1960

EL PASADO DE LA TIERRA
y el origen de los Montes de Toledo

por

Máximo Martín Aguado

Una exposición breve, sugestiva, del pasado más remoto de nuestro planeta. Episodios que desbordan los límites habituales de la Historia Natural de la Tierra y con los que deberíamos componer su Prehistoria Natural.







EL PASADO DE LA TIERRA
Y EL ORIGEN DE LOS MONTES DE TOLEDO

ES PROPIEDAD DEL AUTOR

Printed in Spain

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO NACIONAL DE ENSEÑANZA
MEDIA DE TOLEDO

2

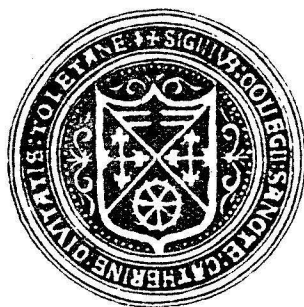
EL PASADO DE LA TIERRA
Y EL ORIGEN DE LOS MONTES DE TOLEDO

Discurso de apertura del año académico 1960-61

por

D. Máximo Martín Aguado

Catedrático de Ciencias Naturales



Toledo 1960



*Excmos. e Ilmos. Señores,
Señoras, Señores:*

Una de las tareas más ingratas del investigador es la de ocuparse en el estudio de algo que, por no estar presente en la cultura de todos, constituye una rareza sin ambiente en el mundo en que se desenvuelve. Necesita poseer una vocación indeclinable para no desalentar o para ser capaz, así y todo, de crear el clima de atención y de ayuda que sus estudios necesitan.

Los estudios sobre la Naturaleza se encuentran, en general, en este caso. Porque, de hecho, las Ciencias Naturales no forman parte, seriamente, de la cultura general.

Esto vale incluso para Toledo que es, por razón de su naturaleza, uno de los lugares privilegiados de España. Porque si este peñón es, en lo histórico, miradero de los siglos, el río que le circunda sintetiza en su existencia la totalidad de nuestra prehistoria, y los montes de que forma parte, esos modestísimos montes que parecen como humillados ante el empuje de las restantes cordilleras peninsulares, guardan el secreto de los más viejos acontecimientos histórico-naturales de nuestro país y también, al decir de algunos, de nuestro propio planeta.

De aquí la satisfacción que nos produce ver cómo, aún así, este viejo Instituto, antigua Universidad, ha sabido mantener viva su preocupación tradicional por los estudios naturales, y cómo en este empeño, algunos de mis más ilustres antecesores en la cátedra, dejaron su nombre unido para siempre a descubrimientos de resonancia universal.

De aquí también la complacencia y gratitud con que he recibido y aceptado la invitación de nuestro querido Director, el Ilmo. Sr. D. Julio San Román Moreno, para disertar sobre un tema de la Naturaleza en este solemne acto de apertura del 116 año académico del Instituto, correspondiente al curso 1960-61.

El tema elegido se centra en el problema geogénico. Es, en esencia, una versión sumaria, y hasta donde es posible personal, de los principales acontecimientos que tuvieron lugar en los tiempos más antiguos de la historia del planeta. Esos tiempos, antes apenas vislumbrados, que las recientes investigaciones astrofísicas y geoquímicas nos van permitiendo contemplar en su verdadera perspectiva, y al cabo de los cuales inscribimos el nacimiento de nuestros montes como el episodio más antiguo del que dan fe sus rocas y con el que se inicia la historia natural de esta comarca.

Desde hace un año, en que me incorporé al prestigioso claustro de este Centro, me he esforzado por hallar la dimensión real que Toledo tiene en el tiempo. Ya en una disertación precedente, destinada a dar cuenta a la Real Academia de Bellas Artes y Ciencias Históricas de la industria paleolítica encontrada por mí en Pinedo, procuré definir en torno al núcleo histórico toledano, tal como podría simbolizarse por el recinto amurallado del peñón, un contorno antehistórico, que podría representarse por el río. Lo que hoy me propongo, aunque a título adicional, es fijar también el límite de un último contorno de este lugar en el tiempo: el de su historia natural pura y simple, sin existencia humana, tal como puede simbolizarse por los Montes de Toledo.

S U M A R I O

I. FORMACIÓN DE LOS ASTROS

- 1.—Expansión universal de la materia.
- 2.—Contracción gravitatoria de la materia.

II. CONSOLIDACIÓN DE LA TIERRA

- 1.—Diferenciación gravitatoria de los planetas y satélites.
- 2.—Diferenciación geoquímica.
- 3.—Consolidación de la corteza terrestre.

III. HISTORIA DEL AIRE

- 1.—Emisión y retención de la primera envoltura gaseosa.
- 2.—Composición del aire primitivo.
- 3.—Diferenciación ulterior de la atmósfera.

IV. HISTORIA DEL MAR

- 1.—Formación del mar. Su volumen.
- 2.—La salinidad oceánica.
- 3.—Geoquímica del mar.
- 4.—Historial marino del sodio.
- 5.—Historial marino del calcio.

V. HISTORIA DE LOS CONTINENTES

- 1.—Los primeros continentes y océanos.
- 2.—El duelo perpetuo entre las tierras y los mares.
- 3.—El nacimiento de los Montes de Toledo.

Apéndice.—GEOCRONOLOGÍA: Relación de los tiempos más antiguos de la Historia de la Tierra en *millones de años*.



I. FORMACIÓN DE LOS ASTROS

1.—Expansión universal de la materia.

Se cree hoy que el Universo es una masa material en expansión que pasó en sus comienzos por todos los estados que median entre un ardiente gas de partículas nucleares desunidas (*Ylem* de Gamow) y una nebulosa mixta de gas y polvo, ya casi fría, semejante a la ideada por Weizsäcker como origen del sistema solar.

En esta fase, y mientras prosigue su expansión, la nebulosa se fragmenta en *galaxias* y éstas en *estrellas*.

Cada estrella disipa luego en su rotación la mayor parte del polvo que contiene, y éste se acumula en los vórtices de turbulencia para formar los *planetas* y *satélites*.

Los últimos restos de toda esta pirotecnia celeste son esos girones de gas y polvo, centrifugados por doquier, que constituyen los *cometas*.

2.—Concentración gravitatoria de la materia.

Al cabo de tan espectacular dispersión, la materia está ya fría, pero al concentrarse gravitatoriamente para formar los astros, eleva por fricción su temperatura.

En las *estrellas*, por su gran masa, se reconquistan de esta manera temperaturas de millones de grados, que devuelven sus materiales a uno de los estados nucleares primitivos. Prende en ellos la ignición alquímica y el Universo vuelve a estar iluminado. En cada estrella renace un universo en miniatura, que camina lenta-

mente, inexorablemente, hacia su fin, enfriándose al ritmo de miles de millones de años.

En los *planetas* y *satélites*, por su masa mucho menor, sólo se consiguen temperaturas de algunos miles de grados. Bastan, sin embargo, para fundir unos materiales y volatilizar otros, y para provocar entre ellos las reacciones químicas capaces de producir toda la diversidad material del mundo que conocemos. Su enfriamiento ulterior progresará al ritmo de millones de años únicamente.

En los *cometas*, por su masa ínfima, la variación térmica correlativa a su formación ha sido inapreciable. No han sufrido, pues, transformaciones químicas ni alquímicas y conservan, prácticamente, su composición primigenia. Su desarrollo se encuentra detenido en la hora cero de la puesta a punto del concierto cósmico. Son como el Limbo de nuestro Universo material: los lugares en los que no sucede nada.

II. CONSOLIDACIÓN DE LA TIERRA

1.—Diferenciación gravitatoria de los planetas y satélites.

En los planetas y satélites los materiales, fundidos y volatilizados, se separan inmediatamente en dos fases: los fundidos forman una esfera interior; los volatilizados, en torno a ella, una atmósfera primitiva.

Más tarde, a medida que estos astros se enfrían, disminuye la agitación térmica de la esfera fundida y se va operando en ella, lentamente, una nueva diferenciación gravitatoria: los materiales más pesados descienden al centro y forman el *núcleo*; los más livianos sobrenadan como escoria en la superficie y constituyen la *corteza*.

En la Tierra y en todos los planetas y satélites de tipo terrestre (Venus, Marte y los satélites mayores de Júpiter y Saturno), el elemento pesado dominante es el hierro, y el metal ligero más común, el silicio. Por eso tienen un núcleo de hierro y una corteza de silicatos.

En los restantes planetas y satélites, tantos gigantes como enanos, el hierro falta o es muy escaso y toda su masa sólida es de silicatos.

2.—Diferenciación geoquímica.

La diferenciación de la masa fundida no es sólo gravitatoria. Es también geoquímica. Ello significa que los distintos elementos no se distribuyeron simplemente según sus densidades, sino también, y sobre todo, según sus afinidades; a veces, incluso, en contra de su

densidad. Así el pesadísimo uranio y, en general, todos los elementos radioactivos, que por su gran masa hubieran sido los primeros en descender al núcleo, se han quedado, en cambio, para bien o para mal, en la corteza, al alcance de nuestra mano.

Tal diferenciación está regida, fundamentalmente, por los dos no metales más comunes en nuestro planeta, el *oxígeno* y el *azufre*, y por el metal más abundante, el *hierro*, cada uno de los cuales se separa con sus afines y edifica su propia esfera. El resultado es que la masa fundida no se distribuye en dos geósferas, sino en tres: un *núcleo* metálico, formado por el hierro y los elementos siderófilos; una *capa intermedia* de sulfuros, y una *corteza* pétreo de compuestos de oxígeno, principalmente silicatos.

De esta manera el oxígeno y el azufre han venido actuando durante la diferenciación geoquímica de nuestro globo a modo de salvavidas de ciertos metales muy pesados (los radioactivos, por ejemplo) que, sin ellos, hubieran descendido al núcleo. Incluso han salvado de su naufragio gravitatorio a una buena parte de la propia dotación de hierro del planeta que, por ellos, se encuentra hoy a nuestra disposición en la superficie.

3.—Consolidación de la corteza terrestre.

La diferenciación gravitatoria y geoquímica de que acabamos de hablar, es sólo una primera tosca separación de los fundidos en tres lotes. Al consolidarse después cada uno de ellos, sufre una nueva y definitiva distribución mucho más afinada de todos sus componentes.

En la corteza, los primeros cristalizados, más densos, en general, que la masa fundida de que proceden, descienden al núcleo y constituyen el *sima* de peridotitas, que acrece por depósito de nuevos cristalizados. Al mismo tiempo los fundidos superficiales, al enfriarse antes, cristalizan también y forman el *sial* de granito, que crece por depósito de otros cristalizados poco densos.

De este modo la consolidación de la corteza terrestre tiende a completarse por crecimiento del *sima* hacia el *sial* y del *sial* hacia el *sima*. Pero aún no ha concluido, porque los radioactivos, geoquímicamente acumulados en la base del *sial*, o transportados hasta él

por las aguas y vapores ascendentes, han mantenido en esa tierra de nadie, a través de toda la geohistoria, temperaturas de algunos miles de grados, suficientes para conservar los materiales en estado subfundido. Existe así todavía entre sial y sima una capa magmática o *salsima* de basaltos, que es la responsable de los fenómenos volcánicos actuales.

No hay que decir cuántas veces debió ser rota y refundida la corteza antes de que adquiriera el espesor necesario para impedir más graves interrupciones. Al principio la superficie entera del planeta sería un hervidero de magmas, como si toda ella fuese un sólo volcán. Más tarde, a medida que la cristalización progresaba, el volcanismo remitiría, terminando por centralizarse, por localizarse en las áreas más débiles.

III. HISTORIA DEL AIRE

1.—Emisión y retención de la primera envoltura gaseosa.

Los gases y vapores emitidos por la esfera fundida hasta la consolidación de la corteza, formaron la primera envoltura gaseosa de los planetas y satélites.

Únicamente los planetas mayores (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno) fueron capaces de retener total o casi totalmente esta atmósfera y la conservan todavía. Todos los restantes, por la menor intensidad de su campo gravitatorio, la perdieron por completo o casi por completo. Los menores (Mercurio, Plutón y la mayoría de los satélites), por simple disipación gravitatoria. Los medianos (Venus, la Tierra, Marte y los satélites mayores de Júpiter y Saturno), en parte por disipación gravitatoria (fuga del hidrógeno y del helio), en parte por disipación térmica (fuga de casi todos los gases restantes), y en parte también por consunción, al reaccionar algunos de sus componentes con los materiales de la masa fundida y quedar incorporados a ella (caso del oxígeno).

Los planetas y satélites menores quedaron para siempre sin atmósfera, puesto que no son capaces de retener ningún gas, ni siquiera a las temperaturas actuales. Los de masa media, en cambio (planetas y satélites de tipo terrestre), lograron impedir la disipación térmica de la mayoría de los gases cuando la temperatura descendió en ellos a unos 2.000 grados y pudieron retener también al fin una envoltura gaseosa.

De estas atmósferas primitivas, volcánicas, deriva el mar. Por eso tan sólo los planetas y satélites con atmósfera poseen océano o una dotación hídrica equivalente al océano.

2.—Composición del aire primitivo.

A juzgar por los gases y vapores emitidos por los volcanes, los componentes más comunes de la primera atmósfera de nuestro planeta y de todos los planetas y satélites de tipo terrestre, debieron ser, citados por orden de abundancia, el *vapor de agua*, el *dióxido de carbono* o anhídrido carbónico y el *nitrógeno*. En cuarto lugar figurarían los compuestos de azufre y después otros muchos vapores y gases. En cuanto al *oxígeno*, tan importante en el aire de nuestros días, debió encontrarse en el de aquel tiempo en proporción insignificante, y procedería, no de los volcanes, sino de la disociación térmica sufrida por el vapor de agua mientras las temperaturas fueron superiores a 1.500 grados, o bien de la disociación fotoquímica de ese mismo vapor en las altas capas de la atmósfera.

3.—Diferenciación ulterior de la atmósfera.

Cada uno de los tres componentes dominantes ha dado carácter al aire durante una etapa de la historia de la Tierra.

Al principio predomina en él el vapor de agua. Por lo mismo designaremos a esta atmósfera con el nombre de *hidroatmosfera*.

Luego, al descender más la temperatura, ese vapor de agua se condensa y precipita para formar el mar. Como elemento dominante queda entonces el *dióxido de carbono*. En atención a él llamaremos a esta atmósfera *carboxiatmósfera*.

En este ambiente nacen las plantas. En primer lugar esos seres incipientes que son las algas y, en concreto, las algas azules y las rojas, que revelan aún en el anacronismo de sus sistemas pigmentarios y en otros muchos rasgos de su organización y de su vida, la rudeza y el primitivismo de aquéllos remotos tiempos. Después, las algas de otros colores, como nuevos tanteos exploratorios de la vida. Y por fin, las algas verdes y los restantes vegetales también verdes.

Todas estas plantas consumen en su fotosíntesis cantidades fabulosas de gas carbónico y desprenden, a cambio, más oxígeno del

que necesitan para respirar. Terminan, pues, por agotar la carboxi-atmósfera y dejan en ella, como inútil elemento dominante, el nitrógeno. Siguiendo nuestra serie de neologismo, esta nueva atmósfera es una *nitroatmosfera*. Pero el único elemento activo que posee es el oxígeno aportado por las plantas. Preferimos conocerla, por eso, con el nombre de *oxiatmósfera*. Es la atmósfera de oxígeno, idónea ya para el desarrollo de la vida animal sobre el planeta; el aire puro que respirará también el hombre al venir más tarde a su paraíso.

Puesto que en la atmósfera de los restantes planetas y satélites de tipo terrestre el oxígeno es muy escaso, debemos entender que en ellos no existen seres vivos o, por lo menos, que la vida no ha tenido en ellos el mismo desarrollo que en la Tierra. En los demás planetas y satélites es seguro que la vida falta: en los menores, porque carecen de atmósfera; en los mayores, porque, a causa de su enfriamiento más intenso, se precipitó también el dióxido de carbono, que forma hoy una corteza sólida sobre su océano igualmente congelado.

El progreso creciente de la vida animal sobre nuestro planeta merma, en principio, la cantidad de oxígeno del aire y hace aumentar en él la de anhídrido carbónico. Pero las plantas responden enseguida a esta modificación con un desenvolvimiento también más floreciente y entre ambos reinos se establece un equilibrio perdurable. Únicamente el hombre ha cometido la temeridad de romperle con carácter irreversible. La devastación forestal que ha realizado y el creciente desarrollo industrial que ahora promueve, han vuelto a elevar la cantidad de gas carbónico en el aire, sin que la menguada vegetación que aún tolera baste para consumirlo. Pero la modificación más temible, verdaderamente fatal, que el hombre ha de introducir en la atmósfera, derivará de sus industrias nucleares. De hecho estamos empezando a vivir ya en una *radioatmosfera*.

IV. HISTORIA DEL MAR

1.—Formación del mar. Su volumen.

Cuando la temperatura descendió en el aire por debajo de la crítica del agua (374 grados), el vapor contenido en ella empezaría a condensarse para formar las primeras nubes. Sin embargo, sería preciso que cayera por debajo de los 100 grados (temperatura de ebullición del agua) para que se produjeran precipitaciones importantes.

Al principio se desarrollarían nieblas muy densas que condensarían el vapor de agua por arriba, transfiriéndole al suelo por su base en forma de gotitas. No hay todavía verdaderas lluvias y el volumen del mar debe aumentar muy lentamente.

Después, al disminuir la cantidad de vapor de agua en el aire y ser también más baja la temperatura, se formarían ya nubes altas y se produjeron las primeras lluvias. Una serie de auténticos diluvios debieron sucederse, más o menos periódicamente durante mucho tiempo, hasta que toda la atmósfera quedó despejada de vapor. Con ello el mar debió aumentar muy rápidamente de volumen y adquirir casi el mismo que hoy posee.

La aportación de vapor de agua realizada desde entonces por los volcanes centralizados ha debido ser muy pequeña. Además, es probable que se encuentre compensada o casi compensada por el agua sustraída en la meteorización y en la sedimentación de las rocas, la cual queda en gran parte fuera ciclo, y que el volumen del mar no haya variado sensiblemente.

Esta relación entre emisión volcánica y gasto de meteorización y sedimentación, decidirá la trayectoria que ha de seguir en el futuro la curva del volumen del mar. Hoy no conocemos bien dicha relación e ignoramos, por consiguiente, si el mar tiende a aumentar o a disminuir de volumen.

2.—La salinidad oceánica.

Entre la hidroatmósfera recién emitida por los volcanes y la corteza terrestre en consolidación, tuvieron que producirse reacciones químicas comparables a procesos neumatolíticos, que mineralizarían intensamente la propia atmósfera. Por lo tanto, el agua precipitada a partir de ella, aportó ya una cierta salinidad al océano.

Por otra parte, el agua todavía caliente de los primeros mares hubo de realizar, hidrotermalmente, una intensa erosión química, que acrecentaría rápidamente su dotación salina. En consecuencia, el mar es, desde principio, de agua salada; quizá, muy salada.

Finalmente, a lo largo de los tiempos geológicos, el mar ha recibido una extraordinaria cantidad de sales procedentes de la meteorización de las rocas. Tan grande es este aporte, que bastaría considerar el realizado durante los últimos 300 millones de años, o sea desde el Devónico, para justificar la salinidad actual. Felizmente, esa cantidad se ha visto compensada o casi compensada por la de sales precipitadas y retiradas del ciclo por los seres vivos, y el incremento de salinidad durante los tiempos geológicos debe haber sido muy escaso. La curva de salinidad debe parecerse mucho a la del volumen.

La trayectoria que esta curva ha de seguir en adelante dependerá de la relación entre aporte meteórico y gasto biológico y de sedimentación. La salinidad actual es del 3 al 3'5 por 100, y existen indicios positivos de que tiende a crecer. Se calcula que cada siglo aumenta en una millonésima del 1 por 100. Si este incremento se mantiene con el mismo valor en el futuro, el mar tardará en saturarse, o sea en adquirir una concentración salina del 36 por 100, unos 3.500 millones de años, es decir, tanto tiempo como el que ya ha transcurrido desde su origen hasta nuestros días.

3.—Geoquímica del mar.

En el mar hay elementos muy antiguos, tan antiguos como el mar mismo, y otros de incorporación más reciente.

Entre los primeros figuran cuatro no metales: *cloro*, *bromo*, *boro* y *azufre*, que son los elementos verdaderamente talasófilos, los únicos que se encuentran en el océano en cantidad muy superior a la que puede haber sido aportada por meteorización de las rocas a través de toda la geohistoria. Proceden de los volcanes y en aquellos lejanos días debieron pasar a la atmósfera en forma de compuestos volátiles y precipitarse luego con las aguas, dando a éstas su salinidad inicial.

Entre los segundos se encuentran, con carácter general, los metales, casi todos talasófobos, aunque al fin se concentran también allí en grandes cantidades, pues el mar es una especie de cloaca del mundo a la que va a parar, en definitiva, cuanto existe en el planeta. Precisamente por eso es una fuente inagotable de riqueza. Por fortuna, la mayoría de ellos se precipitan tan pronto como ingresan en las aguas, a causa de la descomposición hidrolítica de sus sales, y quedan fuera del ciclo activo de las mismas. Gracias a esta especie de «suicidio» de los metales, el mar no está envenenado por el mercurio, el arsénico, el plomo y el cobre, y la vida es posible en él.

4.—Historial marino del sodio.

Los más talasófilos de todos los metales son el *sodio* y el *calcio*, los cuales, aunque litófilos por naturaleza, parecen destinados a incorporarse por entero al mar, cambiando definitivamente de habitat. Recuerdan el caso de esos animales que, pese a su organización absolutamente terrestre, se han acomodado a vivir en las aguas y hoy se desenvuelven en ellas casi con el mismo título que los animales originalmente acuáticos.

La incorporación del *sodio* al mar ha corrido y sigue corriendo a cargo del *cloro*, que se combina ávidamente con él, dando la genuina sal marina: el *cloruro sódico*. La sal que ha predominado siempre en el océano y la que seguirá prevaleciendo, y cada vez

más, en el futuro, pues aunque todos los vivientes hacemos un extenso consumo de ella, no compensamos el aporte que el mar recibe por lixiviación de los continentes

De esta manera el sodio parece destinado a dar al mar las características más acusadas de su vejez. Quizá un exceso de cloruro sódico sea tan connatural de la senilidad oceánica como la arteriosclerosis de la nuestra.

5.—Historial marino del calcio.

La incorporación del *calcio* al océano ha corrido y sigue corriendo a cargo del *dióxido de carbono*, el cual, previamente combinado con el agua, le ataca y moviliza en forma de *bicarbonato*. Cuando esta sal adquiere una cierta concentración en las aguas, desprende el dióxido de carbono que contiene y se insolubiliza, precipitándose en forma de *carbonato*. Lo mismo sucede cuando el mar tiene que abastecer de gas carbónico a la atmósfera.

El mar es, en efecto, el gran regulador de la cantidad de dióxido de carbono del aire. Es su caja de ahorros o, mejor, su caja de compensación. Si hay exceso de él en la atmósfera, el mar le absorbe lentamente, hasta que ambos igualan su tensión; si defecto, le emite rápidamente. Cuando el equilibrio está logrado hay cincuenta veces más gas carbónico en el agua que en el aire.

Podemos imaginar ahora lo que debió suceder cuando la hidro-atmósfera se convirtió en carboxiatmósfera por precipitación del océano. El mar recién formado tuvo que absorber tales cantidades de dióxido de carbono, que se convertiría en un océano de agua de Seltz.

Las algas fueron las primeras plantas en aprovechar, para su fotosíntesis, aquella abundancia de gas carbónico en las aguas. Al consumir parte de él, forzaban, además, al mar a absorber el que aún retenía el aire, contribuyendo así a convertir la carboxi-atmósfera en oxiatmósfera.

Pero por lo menos a partir del Carbonífero, el signo de esta emisión cambió radicalmente. El desarrollo adquirido entonces por las plantas terrestres fué tal, que el consumo principal de anhídrido carbónico pasó a realizarse en el aire. Para reponerle, el mar emite

de continuo, tanto el que posee aún libre, como el combinado en forma de bicarbonato. A costa de esta sal se precipitan así, desde entonces, cantidades enormes de carbonato cálcico, que dan nuevo carácter a los sedimentos marinos y ponen a disposición de los vivientes una excelente materia prima para construir corazas y esqueletos.

Raros son los organismos de aquellas lejanas épocas que no sacan provecho de esta abundancia, derrochando el calcio en sus estructuras. Así, los primeros Vertebrados, los peces Placodermos, no sólo elaboran con él su primeros esqueletos, sino que además se acorazan al modo de las tortugas. Los Invertebrados, más modestos, le utilizan tan sólo para protección exterior: conchas de los Moluscos y Braquiópodos; políperos de los corales y madreporas; caparazones de los Foraminíferos. Hasta las algas, contagiadas de esta fiebre defensiva, se incrustan de carbonato, imitando a los corales. Y lo consiguen tan bien, que hace poco más de un siglo el hombre no había caído aún en la cuenta de que estas algas coralinas eran plantas y no animales.

Este despilfarro conduce, con el tiempo, a una escasez sensible del calcio en las aguas. Ciertos grupos de animales lo acusan en seguida. Los peces, por ejemplo, cambian de indumentaria, reemplazando su antigua coraza de escudos por su actual lóriga de finísimas escamas, que compensa su defecto protector permitiéndoles mayor libertad de movimientos. Y los anfibios, que habían iniciado también su existencia como seres de cabeza acorazada, quedan completamente desnudos. Pero otros muchos grupos de animales siguen insensibles al cambio. Y si el consumo que hacen hoy de calcio se mantiene con el mismo ritmo en lo sucesivo, dentro de unos 150 millones de años habrá una verdadera penuria de este elemento en las aguas. Correlativamente, esos animales tendrán que renunciar a sus estructuras calizas o reemplazar al calcio en ellas por otros elementos.

En la actualidad el signo de la emisión del dióxido de carbono ha vuelto a invertirse. La deforestación y el desarrollo industrial han elevado de nuevo el nivel de gas carbónico en el aire, y el mar no ha terminado aún de absorber el exceso. No es de esperar, sin embargo, que sea éste el principio de una nueva era de monstruos acorazados.

V. HISTORIA DE LOS CONTINENTES

1.— Los primeros continentes y océanos.

Al consolidarse la corteza terrestre el sial, la capa granítica, debe resultar o tender a resultar, como las esferas restantes, una envoltura continua. ¿Por qué, entonces, se encuentra ahora en fragmentos o acumulada en los continentes y falta, en cambio, en las verdaderas cuencas oceánicas?

Dos teorías diferentes pueden dar cuenta de este hecho.

La primera se refiere al origen de la Luna. Para ciertos investigadores nuestro satélite no se habría desprendido de la Tierra durante la fase nebular, como los satélites de los restantes planetas, sino más tarde, cuando nuestro globo era ya una masa fundida en trance de consolidación. La parte desprendida fué, principalmente, un trozo de la corteza. La cicatriz de este desprendimiento, carente por eso de sial, sería la cuenca del Pacífico.

En este supuesto la Luna equivale a todo un continente puesto en órbita alrededor de la Tierra, y así la aventura actual de su conquista tiene aún algo más de nuevo descubrimiento de América repetido a la escala cósmica. Falta muy poco tiempo para que dispongamos de datos directos en pro o en contra de esta hipótesis.

La segunda se refiere a las corrientes magmáticas de convección. La escoria siálica recién consolidada flota en el magma hirviente como la espuma sobre los líquidos en ebullición y, como ella, resulta dislocada y transportada por los borbotones que ascienden hasta la superficie. Sus fragmentos se acumulan en los puntos de convergencia de las corrientes y forman los escudos continentales.

Las áreas en que brotan los borbotones magmáticos quedan despojadas de sial y constituyen las cuencas oceánicas. Esta circulación magmática subsiste todavía bajo el sial consolidado, aunque ya sin fuerza para producir desplazamientos importantes en las almadías continentales.

Si las dos hipótesis fueran ciertas podrían complementarse en una sola versión de la siguiente manera:

Al desprenderse la Luna el resto del sial forma un continente único, un *pangea*, tal como el invocado por Wegener en su teoría de las traslaciones continentales. Bajo él circulan las corrientes de convección en régimen constante, equivalente al de los alisios y contraalisios en la atmósfera. Los contraalisios magmáticos, desplazándose del Ecuador a los Polos, le impulsan de continuo en dos direcciones opuestas y terminan por escindirle en dos bloques. Uno de ellos deriva hacia el Norte: *Laurasia*; el otro, hacia el Sur: *Gondwana*. Entre los dos se abre una nueva cuenca oceánica, la del *Tetys*, que circunda ecuatorialmente al globo y se cierra, como el aro de un anillo en su escudo, en la cicatriz del *Pacífico*.

Los dos primeros hipotéticos bloques continentales: *Laurasia* y *Gondwana*, y las dos primeras supuestas cuencas oceánicas: *Pacífico* y *Tetys*, pudieron estar ya configurados cuando todavía no se había depositado el mar. Al hacerlo, el agua colma las cuencas y hasta pudo llegar a cubrir los continentes, formando un *panthalasa*. Aún en este caso, los dos continentes y los dos océanos se individualizarían pronto. En efecto, el mar gravita fundamentalmente sobre las cuencas y las hunde. En compensación, los escudos continentales, el otro platillo de la balanza, emergen del sima y sobresalen de las aguas.

Primero lo hace, al parecer, Laurasia, a expensas del cual se forman Eurasia y Norteamérica, separadas por el Atlántico Norte, de apertura muy reciente. Después surge Gondwana, de cuya repetida fragmentación proceden la Antártida, Australia, la India, Africa y América del Sur, separadas por el Indico y el Atlántico Sur, abiertos antes que el Atlántico Norte.

Pero no es una simple fragmentación de los primitivos escudos síalicos lo que conduce a la formación de los actuales continentes y océanos, como pasamos a ver a continuación.

2.—El duelo perpetuo entre las tierras y los mares.

Desde el principio, continentes y océanos se encuentran como en pugna por ocupar la mayor superficie posible del globo, y este duelo perpetuo ha sido el principal responsable de todas las mudanzas geográficas del mundo. La explicación de este fenómeno es la siguiente:

Al aflorar sobre las aguas los primeros escudos siálicos, entran de lleno en el ciclo exógeno del planeta. La meteorización disgrega sus rocas. Las aguas circulantes las transportan, llevándolas, en definitiva, al mar. El mar mismo los acosa, haciendo retroceder continuamente la línea de costa, que es el frente de batalla.

Bajo esta acción implacable, los continentes ceden terreno y reducen su extensión. Pero no sucumben fácilmente, porque en la misma medida en que son arrasados emergen del sima, como barcos descargados, no dejándose invadir por las aguas mientras conservan espesor suficiente para seguir saliendo a flote.

Por otra parte, los materiales denudados se acumulan en los fondos oceánicos (*geosinclinales*) y de allí son exondados por las fuerzas orogénicas, que los pliegan, edificando con ellos un reborde montañoso en torno al primitivo escudo siálico. Estas montañas representan el avance victorioso de las tierras sobre el mar y pueden sumar una extensión mayor que la pérdida por retroceso de la línea de costa.

La contienda no termina con esta revancha. El relieve joven así creado exalta otra vez la acción demoledora de los agentes de la dinámica externa, que batallan incansablemente hasta aniquilarle. Nueva retirada continental. Nueva acumulación en los geosinclinales. Nueva orogénesis. Y otra vez volver a empezar. Siempre igual, como en el eterno retorno. De este tejer y destejer está hecha la historia geológica entera del planeta.

Nueve han sido, en lo que hasta hoy sabemos, las revoluciones orogénicas desencadenadas en la Tierra como respuesta de sus fuerzas internas, constructivas, a la acción destructora de los agentes externos. Las seis primeras, designadas a menudo con el nombre

de plegamientos *huronianos*, tuvieron lugar durante la Era Arcaica, y adosaron a los restos del hipotético escudo laurásico las tierras subpolares de Eurasia y Norteamérica. Las otras tres completaron la arquitectura continental del mundo a lo largo de las Eras siguientes. La *Caledoniana*, de la primera mitad de la Era Primaria, añade a las tierras huronianas europeas una nueva banda de terrenos más meridionales, emplazados a la altura de Escocia. La *Herciniuna*, del final de Era Primaria, suma a ellos las tierras mesoeuropeas y, como un apéndice meridional de las mismas, los primeros afloramientos de nuestro país. Y la *Alpina*, del Terciario, yergue los Alpes y las restantes cordilleras actuales.

Como consecuencia de este desarrollo hacia el Sur de los continentes boreales y de un desarrollo parecido hacia el Norte de las tierras australes, el Tetys desaparece. Su último resto actual es el mar Mediterráneo.

(Para una localización en el tiempo de todas las orogénesis, así como de las principales incidencias narradas en esta disertación, véase el Apéndice).

3.—El nacimiento de los Montes de Toledo.

Para los geólogos de hace 40 años, y aún menos, era indudable que los Montes de Toledo representaban un fragmento de la primitiva corteza terrestre. Como esta fué, con toda probabilidad, de granito, casi todos los macizos graníticos se interpretaban como restos de ella. La misma significación se daba al neis y a otras rocas afines.

Posteriormente las ideas han cambiado y hoy se tiene la evidencia de que, en la mayoría de los casos, todas estas rocas se formaron en las distintas orogénesis, a expensas de los mismos materiales que constituyen las montañas.

De acuerdo con esto no son, quizá, ni el granito ni el neis las rocas más antiguas de nuestros montes, sino los sedimentos que les rodean y de los que ellos mismos pueden proceder en última instancia. Figuran aquí, en primer lugar, los terrenos infracámbricos recientemente reconocidos por Lotze hacia el Puerto de San Vicente. Después, las pizarras cámbricas de los cerros de Layos y Nambroca.

Y por fin, las cuarcitas silúricas difundidas por doquier, y cuyos cantos, redondeados por el río, sirvieron a los primeros habitantes del Tajo para fabricar sus útiles de piedra.

Todos estos terrenos son marinos, según revelan sus fósiles. La naturaleza de sus materiales indica, además, la profundidad a que se depositaron. Las pizarras infracámbricas y cámbricas, de grano más fino, son antiguas arcillas batiales. Las cuarcitas silúricas, de grano más grueso, proceden, en cambio, de arenas litorales.

De aquí se sigue que hasta el final de la Era Arcaica (Infracámbrico) y comienzo de la Primaria (Cámbrico), el emplazamiento correspondiente a nuestro país formaba aún parte de los abismos del Tetys, si bien llegaban ya hasta ellos los materiales más finos arrancados a las tierras huroñianas paleoeuropeas: las arcillas que, andando el tiempo, se convertirían en pizarras. En el Silúrico, la orogénesis Caledoniana acerca más las costas hacia nuestros dominios; los fondos marinos quedan en situación sublitoral y, sobre ellos, se depositan las asenas destinadas a convertirse en cuarcitas. Por último, en el Carbonífero, la orogénesis Herciniana construye con todos estos materiales una gran cordillera de arrumbamiento armónico que es el primer esbozo de nuestra península.

De esta primera altiva cordillera hercínica española forman parte nuestros montes como elementos esenciales del primer decorado orográfico peninsular. Hoy pesan sobre ellos más de 200 millones de años y, aunque hace unos 50 fueron remozados por la orogénesis Alpina, ya no son más que ruinas venerables.

Toledo, Septiembre de 1960.

APÉNDICE

GEOCRONOLOGÍA

Relación de los tiempos más antiguos de la Historia de la Tierra en millones de años. (Los valores que nos sirven de referencia proceden, principalmente, de Harrison Brown, 1957, y de Arthur Holmes, 1944. Todos ellos redondeados).

- 6.000 Máxima antigüedad de los elementos deducida por el estudio del *plomo 207* derivado del *uranio 235*.
- 5.000 Mínima antigüedad de los elementos deducida por el estudio del *yodo 129*.
- 4.500 Edad probable del sistema solar.
Fase nebular de la Tierra.
Fase fundida.
Emisión de la primera atmósfera.
- 3.500 Fase escoriiforme.
¿Desprendimiento de la Luna?
Retención de la primera atmósfera (*Hidroatmósfera*).
Precipitación del mar.
Conversión de la *Hidroatmósfera* en *Carboxiatmósfera*.
- 2.700 Edad de las rocas más antiguas datadas hasta ahora de un modo preciso por procedimientos radioactivos.
Fase sedimentaria.
- 2.000 Aparición probable de los primeros vivientes: algas, bacterias.
Se inicia la conversión de la *Carboxiatmósfera* en *Oxiatmósfera*.
- 1.750 Primera orogénesis: Manitoba.
- 1.600 Segunda orogénesis: Marealbiense.
- 1.300 Tercera orogénesis: Noruegosamiana.
- 1.150 Primer fósil conocido: *Corycium* (alga convertida en carbón).
- 1.050 Cuarta orogénesis: Suecofeniana.

- 900 Carbón de algas en abundancia: *shunguita*.
«Estromatolitos» calizos de algas azules.
Bacterias fósiles reconocibles.
Primeros animales fósiles conocidos (caliza).
- 800 Quinta orogénesis: Kareliana.
- 600 Sexta orogénesis: Charniana.
Edad mínima de los terrenos más antiguos conocidos hasta ahora
en Toledo.
- 500 Fin de la era arcaica y con ella de los tiempos más antiguos de la
Historia de la Tierra.

A partir de este momento, los terrenos conservan mejor su carácter sedimentario y contienen numerosos fósiles que permiten reconocerlos inequívocamente. Son, pues, como los documentos escritos de la geohistoria.

Estos últimos 500 millones de años se distribuyen en las conocidas eras Primaria, Secundaria, Terciaria y Cuaternaria, cuyo detalle puede verse en los textos ordinarios de Geología. Acontecimientos que interesa seleccionar para esta relación:

- 320-310.—Séptima orogénesis: Caledoniana (Silúrico-Devónico).
250-200.—Octava orogénesis: Herciniana (Carbonífero-Pérmico).
70- 20.—Novena orogénesis: Alpina (Era Terciaria).

*Este trabajo se acabó de imprimir
el 1.º de Octubre de 1960.*

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO
NACIONAL DE ENSEÑANZA
MEDIA DE TOLEDO

1. **Notas a un viaje por la cuenca
del Ebro.**

Discurso de apertura del año académico 1958-59, por el *Dr. D. Fernando Jiménez de Gregorio*, Catedrático de Geografía e Historia.

Toledo, 1958.

2. **El pasado de la Tierra y el origen
de los Montes de Toledo.**

Discurso de apertura del año académico 1960-61, por *D. Máximo Martín Aguado*, Catedrático de Ciencias Naturales.

Toledo, 1960.

