

Serge Raynaud de la Ferrière

**LOS
PROPOSITO PSICOLOGICO**

TOMO XVI

NUESTRA TIERRA



INTRODUCCION

Entre todos los espectáculos que ofrece nuestro planeta, la vista de un volcán en erupción es quizás el más impresionante. Ese vómito de fuego saliendo de las entrañas de la tierra tiene algo indescriptible...

Lo que es también muy sorprendente, es la aparición súbita, en medio de las aguas, de una porción de tierra, y la desaparición de tierras que se engullen súbitamente en el Océano. Este fenómeno es debido igualmente a los volcanes.

El pqrdrino de todas las montañas de fuego del globo es Vulcano⁽¹⁾ situado en las Islas Eolinas en el Mediterráneo el cual no tiene más que una o dos erupciones por siglo.

Por el contrario, el Izalco, en América Central, no ha conocido ningún reposo desde hace dos siglos; nacido en 1770 de una hendidura al pie del volcán Santa María, se ha elevado cerca de 2.000 metros sobre el nivel del suelo sobre el cual se ha edificado.

Sin embargo el más elevado es el Mauna-Kea. Mientras que se cita siempre el Monte Everest como el más alto del mundo (8.800 metros), el volcán Mauna-Kea, que es uno de los 5 colosos de la Isla Hawai, tiene más de 5.000 metros bajo el nivel de Pacífico y su cima es de 4.268 metros sobre el nivel del Océano. Así pues, medida de la base a la cima, es la montaña más elevada de nuestro globo, ya que la altitud del Everest no se cuenta desde la base que reposa en el Himalaya, sino desde la altura sobre el nivel del mar. En fin, el Mauna-Kea, fue primeramente un volcán submarino como el Stromboli, el Etna, los volcanes de Islandia, de las Comores, de la Reunión y de las Azores.

Las Islas Azores son un lugar de predilección para las erupciones submarinas. Sin remontarnos muy lejos, ya el 10 de Octubre de 1720, cerca de la Isla de Tercere, un fuego se elevó del mar; el 19 del mismo mes, una isla hecha de fuego y de humo se presentó, arrojando a lo lejos grandes cantidades de ceniza, mientras que encima de todo el mar flotaban las piedras-pómez. En 1757 cerca de San Jorge, un grupo de 18 islitas aparecieron súbitamente, pero hoy en día no queda ninguna huella de ellas. En 1811, ese volcán dio origen a una isla de 1610 metros de contorno y 100 metros de altura, se le dio el nombre de Sabrina, pero no vivió más que

¹ Se sabe que Vulcano era el Rey del Fuego en la mitología romana, por deformación "Vulcanus" y "Volcanus" han terminado por ser sinónimo y es así que el término "volcan" ha nacido.

algunos meses. En fin, en 1837 y en 1867, nacieron y desaparecieron todavía de ese modo numerosas islas en la región²).

A veces se considera erróneamente la más formidable explosión volcánica, la erupción submarina. El Krakatoa que fue proyectado a pedazos a millares de metros de altura en 1883, era una isla de 800 metros. El ruido fue oído a 4.000 kilómetros de distancia. Mató a 40.000 personas. Fue aniquilado en algunos segundos solamente. En 1928 reanudó su actividad y pudo verse la aparición de una isla, la cual fue bautizada como Anak-Krakatau (el hijo de Krakatoa); pero, algunos meses más tarde, el mar había ya transformado la isla en un bajo-fondo. En 1933, el Anak-Krakatau reapareció por una violenta erupción, después se enrasó de nuevo. En 1939, el Niño de Krakatoa logró sobrevivir al fin y actualmente ese volcán se presenta bajo la forma de un anillo casi negro de escorias, colocado sobre el azul intenso del Estrecho de la Sonda. El interior del anillo, el cráter propiamente dicho, está ocupado por un apacible lago de un extraordinario color de sangre (mientras que antiguamente era de un verde-azul). Ese mismo color se encuentra en el lago-cráter del Irazu en Costa Rica; esa coloración es debida no a sales minerales como se creyó primeramente, sino más bien a micro-organismos.

EL AUTOR

² *Por un retardo en la edición (el texto estaba terminado desde Junio de 1957) he sabido a través de la prensa del nacimiento de una nueva isla en esos parajes. En efecto, en el mes de Octubre de 1957 (mientras que nuestra publicación no había salido aún de la imprenta) tomó forma la décima isla de las Azores. De un mar liso, el 28 de septiembre manifestándose primeramente por torbellones de humo blanco, chorros de cenizas, de pómez, lapilli, etc., la "Ilha Noeva" (la Isla Nueva), como fue llamada, apareció al lado de Fayal. La nueva pequeña tierra tenía 700 metros de diámetro y una centena de metros de alto. Resistirá el Océano o se engullirá de nuevo bajo las aguas? A la hora en que imprimimos este folleto, lo ignoramos todavía.*

NUESTRA TIERRA

Podemos leer en un artículo de A. Vandel, Profesor en la Facultad de Ciencia de Tolosa: "La historia del globo terrestre se extiende sobre dos o tres millones de años. Solo nos es conocido el período de los tiempos históricos (tres o cuatro mil años) con alguna certeza; sobre los tiempos geológicos (alrededor de cuatrocientos millones de años desde la era Primaria), nuestros conocimientos no son sino fragmentarios y en gran parte, hipotéticos; más allá, no hay más que puras suposiciones.

El origen de los continentes, de los montes, de los océano, de los abismos, ha constituido en todo tiempo, al mismo título que el origen de los mundos y el de la vida, un misterio apasionante que la humanidad permanece impotente a dilucidar y que sirve solamente de tema a fábulas desprovistas de todo fundamento científico.

Los progresos de la física del globo y la interpretación de la documentación suministrada por el estudio de los fósiles (paleontología), han permitido hoy, bosquejar una teoría sobre la evolución de la corteza terrestre desde una época muy alejada.

La "deriva" de los continentes, tal como la ha imaginado Wegener, parte de un continente único que se habría dislocado y cuyos fragmentos, rocas ligeras flotando sobre rocas más densas y relativamente fluidas, habrían partido a la deriva sobre el globo y formarían los continentes cuya forma nos es familiar al presente. Esa audaz concepción, muy discutida todavía, agrupa en su favor numerosas presunciones. Es ella quien arroja alguna luz en particular, sobre el enigma biológico de la emigración de las anguilas y quien recorre de una manera satisfactoria, el origen del mecanismo de los pueblos actuales y justifica las anomalías de la repartición geográfica de las especies de la fauna y flora vivientes y de los fósiles.

Hemos evocado en muchas ocasiones, sea en estos *Propósitos Psicológicos*, sea en otros escritos, o durante nuestros cursos y conferencias en el pasado, estas cuestiones que, una vez más, vamos a reanudar ahora sin embargo con más detalles.

Es un hecho que el hombre parece querer quedarse siempre "estancado" en sus primeros conocimientos. Es necesaria la fuerza de un genio para hacerle cambiar sus concepciones y hacerle admitir que nuevas teorías han intervenido en el Saber humano. En seguida, el espíritu queda confundido por haber permanecido tanto tiempo atado a concepciones que le parecen de pronto tan pobres e incoherentes a la vista de la nueva teoría, que seduce por su resplandeciente frescura y su luminosa simplicidad.

Si existe una noción familiar que cada uno de nosotros conserva en su memoria desde la infancia, es seguramente bien la imagen de nuestro globo, de sus cinco continentes, de las cadenas de montañas que los surcan y de los océanos que los separan. Nada de sorprendente pues, que esa imagen nos haya parecido tan definitiva y que por instinto la hayamos conservado para darnos cuenta del aspecto de la tierra en las épocas pasadas pues el espíritu humano se complace en la estabilidad y repugna todos los cambios.

La faz de la tierra, tal como ella se nos aparece hoy en día, no es más que la expresión fugitiva y momentánea de un dispositivo esencialmente cambiante. Las concepciones que dan cuenta acerca de la faz de la tierra y de su génesis, se han fundamentalmente modificado en estos últimos años. Las mismas bases de la geografía, de la geología y de la física del globo se han encontrado conmovidas.

Esas nuevas concepciones pueden ser expuestas en los dominios que se ocupan de la física del globo, pero los biólogos tienen sin embargo, la palabra a decir. En efecto, son las exigencias biológicas las que se encuentran precisamente en el origen de todas las teorías que se han esforzado en dar cuenta de los cambios sufridos por la faz de la tierra durante el curso de las épocas pasadas.

He aquí la razón. Los organismos vegetales y animales han sufrido profundas transformaciones durante el curso de los períodos geológicos. Las formas simples aparecidas primero han sido progresivamente reemplazadas por organismos más complejos. Es ese hecho, que uno no podría poner en duda y el que se designa bajo el nombre de "evolución". El movimiento evolutivo no se desenvuelve de una manera uniforme. Cada grupo evoluciona a su

hora y siguiendo modalidades que le son propias. Con la crisis evolutiva terminada, la historia del grupo se encuentra finalizada (A.Vandel:"La evolución del mundo animal y el porvenir de la especie humana", 1942).

Aquello que es cierto sobre el tiempo, lo es también sobre el espacio. Todo grupo zoológico o botánico toma nacimiento y comienza a diversificarse en el interior de una región limitada que constituye un verdadero "centro de creación".



Las diferentes razas nacidas de ese proceso de diversificación se irradian alrededor de ese "centro de creación" prolongando progresivamente el área de extensión del grupo (³).

Un botánico inglés, J.C. Willis, ha sostenido -y su argumentación parece sólidamente establecida- que la extensión de un grupo es tanto más grande cuanto su fecha de aparición es más antigua. Es así que la evolución de los caballos ("Equinae") se ha desenvuelto enteramente en América del Norte durante el curso de la época terciaria; de allí, ellos han emigrado en varias ocasiones hacia América del Sur, Euroasia y Africa; hecho curioso e inexplicable: los caballos han desaparecido de América, su patria de origen, al final de la era cuaternaria. Ellos no fueron reintroducidos sino hace algunos siglos por los conquistadores españoles.

La historia de los camellos ("Camelidae") es análoga. Su diferenciación se ha realizado, durante el terciario, en América del Norte. Ellas han persistido hasta el cuaternario, desapareciendo después. Pero, habían dado antes dos descendencias que se han expandido en el plioceno, una en América del Sur, la otra en Africa y Asia. La primera es la cepa de las llamas, la segunda, son los camellos propiamente dichos.

Los elefantes tomaron nacimiento en Egipto al inicio del terciario. Pero desde el mioceno, se esparcieron por toda el Africa, Europa y Asia. Inclusive se extendieron por las dos Américas, donde fueron representados ricamente al final del terciario y del cuaternario ("Tetrabelodon", "Mastodon", "Elephas atlanticus" e "Imperator"). Su área de dispersión actual, que es considerablemente reducida y nítidamente en desunión (Africa y Asia tropicales), es el signo manifiesto de la regresión de ese grupo.

Es bien evidente que la extensión de un grupo se encuentra limitada por los obstáculos físicos que se oponen a la dispersión

³ El zoólogo italiano Rosa ha pretendido que una misma especie animal puede tomar nacimiento en dos puntos alejados del globo; las diferentes cepas se habrían desarrollado más tarde siguiendo vías paralelas. Esa teoría llamada de la "Hologénesis, explica de manera muy simple, los hechos de discontinuidad constatados a menudo en la repartición geográfica de las especies. Ella está contradecida desgraciadamente, por todos los datos paleontológicos. La historia del grupo prueba que éste ha aparecido en una región determinada, puesto que se ha irradiado en los territorios vecinos. Las especies en vía de regresión no sufren sino en algunas partes de sus áreas de repartición primitiva. Es ello lo que explica los casos de discontinuidad geográfica.

activa o pasiva de sus representantes. Las formas litorales marinas han podido propagarse a lo largo de las costas, pero han sido detenidas por los abismos. Los organismos terrestres y de agua dulce han visto sus áreas de extensión limitadas por los océanos, las altas montañas, los desiertos, etc.

Uno debe preguntarse, cómo organismos litorales análogos y a veces idénticos, pueblan los bordes opuestos de los océanos; cómo esos organismos terrestres han podido emigrar de un continente hacia otro. Pero hay algo mejor. Desde hace mucho tiempo, zoólogos y botánicos han sido conmovidos por el hecho paradójal de que la flora y la fauna de continentes diferentes ofrecen entre ellas a menudo mayor semejanza que aquellas que ocupan regiones alejadas del mismo continente. Es así que la fauna de África del Sur presenta curiosas afinidades con la de América del Sur, mientras que es radicalmente diferente a la del África del Norte. Las semejanzas que uno descubre entre las faunas de Madagascar y de la India, entre las de América del sur y Australia, son innegables a pesar de las enormes distancias que separan esos continentes los unos de los otros. Los ejemplos más frecuentemente invocados son los relativos a los vertebrados. Es así que los Marsupiales son hoy localizados por una parte en Australia y en Tasmania, y por otra en América Meridional y Central ("Sarigues, Coenolestes"). Los Lamantinos, poderosos herbívoros, cuyo aspecto recuerda al de las focas, están representados por tres especies: dos pueblan las desembocaduras de los ríos sobre la costa oriental de América y la otra es propia de los estuarios del África Occidental. Los Dipneustes, curiosos peces anfibios, encierran tres géneros actuales: el género "Ceratodus", localizado en Australia, en algunas riberas de Queensland; el género *Protopterus* con tres especies que pueblan el África tropical y el género *Lepidosiren* propio de la cuenca del Amazonas.

Esos ejemplos clásicos y frecuentemente citados, no son en realidad excelentes. Todos han sido prestados de dos grupos antiguos, hoy en día en plena regresión.

Su historia paleontológica prueba que su repartición fue en épocas geológicas anteriores, mucho más extensas de lo que ellas son ahora. Las áreas limitadas que ocupan en la hora actual, no constituyen sino los últimos refugios en vía de desaparición.

Sabemos que los Marsupiales han ocupado en el Terciario, casi toda la totalidad del globo. Los ancestros de los Lamantinos actuales han sido descubiertos en Egipto y en Europa. Los Dipneustes constituyen un grupo de peces que fue largamente

representado y abundantemente expandido al final de los tiempos primarios.

En el Secundario el género "Ceratodus" era todavía casi cosmopolita.

Ejemplos muy demostrativos son todavía dados por los Invertebrados. En efecto, si los medios de dispersión particularmente poderosos de ciertos organismos tales como las plantas de granos o los pájaros, permiten rendir cuenta en cierta forma de su paso de un continente a otro, esas emigraciones se convierten en increíbles cuando se trata de organismos a los cuales las posibilidades de transporte sobre largas distancias están totalmente ausentes, tales como los gusanos de tierra, los caracoles o las cochinillas. Esa es la razón por la cual los zoólogos han examinado con una atención muy particular la distribución de esos organismos.

Los gusanos de tierra del género "Microscolex" pueblan América del Sur, Australia y Nueva Zelandia, el Africa del Sur y Madagascar así como las islas perdidas en los Mares del Sur: Macquaria Campbell, Crozet y Kerguelen. El género "Megascolex" no se encuentra sino en la india y en Australia. El transporte pasivo de los gusanos de tierra a través de los inmensos espacios oceánicos parece absolutamente increíble.

El caracol de los jardines (*Helix Hortensis*) se encuentra en Europa occidental, en Islandia, en Groenlandia, en la Tierra Nueva, en Labrador y en el este de los Estados Unidos. Los Moluscos terrestres de la familia de los "Acavidas" se reparten en cuatro subfamilias que pueblan respectivamente: la primera, América del Sur; la segunda, el Africa Austral; la tercera, Madagascar, los Seychelles y Ceilán; la cuarta, Australia, Tasmania y las Filipinas. Los peripatus, seres vermiformes que se colocan en la cuenca de los Articulados y que constituyen los tipos de animales con débil poder de diseminación, se encuentran en todas las tierras australes y, por el contrario, no traspasan hacia el norte el Trópico de Cáncer. Una pequeña cochinilla (*Styloniscus magellanicus*) ha sido cosechada en la Patagonia, en la Tierra del Fuego, en Australia, así como en las Islas Fackland (Malvinas), Crozet, Posesión, Auckland y Campbell.



Los ejemplos precedentes podrían ser multiplicados. Las analogías que son señaladas no son el gaje de la flora y la fauna actuales. Los paleontólogos han establecido que semejanzas del mismo orden han existido en todas las épocas geológicas.

Pero, debemos todavía el lugar al autor de "Cómo se habría modelado la faz de la tierra". El Prof. A. Vandel escribe: "Mientras que la estabilidad de los continentes y de los océanos ha sido un dogma que nadie soñaba poner en duda, una sola explicación parecía susceptible de rendir cuenta acerca de esas analogías fáunicas y florísticas. Ella consistía en echar "puentes continentales" entre los diferentes compartimientos de la corteza terrestre. Zoólogos, botánicos, paleontólogos, han usado y abusado de esa explicación; para ellos no era más que un juego el lanzar inmensos "puentes" a través de los océanos, cuando la repartición de las formas animales y vegetales lo exigía, libres de engullirlos en el fondo de las aguas en la época siguiente, luego que su papel de vida de paso hubiese terminado. Es así que Europa y América del Norte habrían sido religadas por una serie de puentes surgientes, hundiéndose después y en varias ocasiones, durante el curso de las épocas geológicas.

Es preciso reconocer que tal explicación está lejos de ser satisfactoria, aún del único punto de vista biológico. No basta ligar dos continentes para que su fauna y su flora sean idénticas. La dispersión de los seres vivientes no se produce sino con una extrema lentitud. La uniformidad de la fauna y de la flora de dos continentes reunidos por un punto continental no podría ser alcanzada sino durante el curso de duraciones inmensas. Basta subrayarlo con algunos ejemplos.

Hemos visto que la fauna y la flora del Africa Septentrional difiere en todos los puntos de la del Africa del Sur. Los elementos comunes a las dos Américas son poco numerosos a pesar de su unión por un "puente continental" típico; mucho mejor todavía, a pesar de la gran estabilidad del zócalo asiático, la fauna y la flora del Asia Menor no presentan ningún parentesco con las del Extremo Oriente.

La teoría de los puentes continentales aparece por otra parte absolutamente inverosímil bajo la mirada de los datos de la física del globo. La existencia de puentes continentales, o aún aquella de inmensos continentes, tales como el Continente Gondwana que

habría englobado al Carbonífero, a América del Sur, la mayor parte del Africa, la India, Australia y la Antártida, ponen condiciones de equilibrio manifiestamente inadmisibles.

El análisis de las medidas de intensidad del peso ha conducido a los geofísicos a reconocer una diferencia fundamental, en cuanto a su naturaleza, entre los zócalos continentales y los océanos. Los zócalos continentales están constituidos por materiales ligeros, mientras que los fondos oceánicos están formados por elementos pesados. (ver Figura I).

El estudio de las velocidades de propagación de las ondas sísmicas conduce a resultados análogos.

ESQUEMA DE LA "ISOSTASIA"

Según AIRY



Fig. I

Los continentes estarían formados de materiales menos densos (sial) que flotarían a la manera de icebergs sobre los materiales más densos (Sima) de la profundidad de la corteza terrestre. A cada parte del sial que emerge del sima, le correspondería una parte que se hunde, de tal manera que la masa total de la corteza terrestre sea igual en todos sus puntos, lo cual confirma el hecho de que el peso no cambia sensiblemente de intensidad entre los continentes y los océanos.



El gran geólogo austriaco E. Suess, ha dado el nombre de "sial" al conjunto de sustancias relativamente ligeras que constituyen la corteza terrestre. El nombre de sial recuerda los dos elementos esenciales que entran en su composición: El *silicio* y el *aluminio*. El granito y el gneis son las rocas más representativas y las más frecuentes de la corteza terrestre. El sial reposa sobre una capa profunda: el "sima", constituido esencialmente de *silicio* y de *magnesio*. La roca más representativa de esa capa es el basalto.

El sima estaría representado en profundidad por una sustancia todavía más pesada y básica: la "dunita". Los zócalos continentales están formados esencialmente de sial; el fondo de los océanos, de sima (ver Figura II).

CORTE DE LA CORTEZA TERRESTRE
A TRAVES DE UN ZOCALO CONTINENTAL (IZQUIERDA)
Y UN FONDO OCEANICO (DERECHA)
según WEGENER



Fig. II

Wegener admite que la corteza terrestre está constituida por una superposición de materiales de densidad creciente a medida que uno se hunde hacia el centro de la tierra. Los zócalos continentales estarían principalmente constituidos por granito de hasta 30 kms. de profundidad. Ese granito reposaría sobre una capa de basalto y, en fin, el basalto reposaría sobre una capa ultrabásáltica llamada dunita. Al contrario, el fondo de los océanos no estaría constituido sino de basalto, que en el caso de vastas extensiones como el Océano Pacífico, no recubriría enteramente el fondo de dunita (este esquema es por otra parte, enteramente hipotético).

El sima posee una rigidez que recuerda a la del acero, no excluye sin embargo, una cierta elasticidad y aún una viscosidad que a decir verdad, debe ser extraordinariamente fuerte y difícil de apreciar en el estado actual de nuestros conocimientos. El aplastamiento de la tierra en los polos, a continuación de su

rotación alrededor de su eje, otorga por otra parte la prueba certera de la viscosidad del globo terrestre.

El sima reposa pues sobre el sima al nivel de los zócalos continentales. La diferencia de densidad de esas dos substancias implica el juego de relaciones expresadas por el principio de Arquímedes. Por otra parte, se comprende bien que los estados de equilibrio no son alcanzados sino con una extrema lentitud, en razón del coeficiente de viscosidad extraordinariamente elevado del sima. Las regiones más elevadas de la corteza terrestre, es decir las montañas, deben tener como contrapeso, masas correspondientes hundidas en el sima, de la misma manera que la porción emergida de un navío no representa sino una parte del casco. Es a esa interpretación de la composición del globo terrestre que se le da el nombre de "isostasia". La exactitud de esa concepción está probada por medidas directas. Es a esa interpretación de la composición del globo terrestre que se le da el nombre de "isostasia". La exactitud de esa concepción está probada por medidas directas. Es así cómo ha sido establecido que los broqueles escandinavos y canadienses, se han hundido en el cuaternario bajo el peso de las bóvedas glaciares que los recubren, el primero de 250 metros más o menos y cerca de 500 metros el segundo. Esos broqueles se elevan actualmente alrededor de un metro por siglo, a continuación de los deshielos de sus revestimientos glaciares.

La teoría de los puentes continentales no ha podido ser conservada y su abandono ha coincidido con la aparición de una nueva concepción cuyas consecuencias se han revelado de una extraordinaria fecundidad, y cuyas repercusiones se han extendido a los dominios más diversos de la geografía, de la física del globo, de la climatología, de la geología y de la biología. Esta concepción es la obra del geofísico Alfred Wegener. Su primera expresión data de 1912.⁽⁴⁾

⁴ Esa exposición completa ha sido dada en una obra titulada "la Génesis de los Continentes y de los Océanos". Las 4 ediciones de esta obra, aparecidas en 1915, 1920, 1922 y 1929 muestran el desarrollo progresivo de la concepción inicial y el alargamiento de sus bases que se fundan sobre los hechos de más en más numerosos y precisos. No hay ninguna duda que Wegener habría enriquecido su concepto con puntos de vista originales, si él no hubiese encontrado la muerte en 1930 sobre la inlandsis groenlandesa durante una expedición científica destinada a verificar la exactitud de su teoría

Wegener cuenta que la primera idea de su interpretación le vino cuando, al mirar un mapa del Atlántico, quedó sorprendido por la notable concordancia que aparece entre las costas del África occidental y las de América del Sur.

La geología ha establecido la "permanencia" de los grandes zócalos continentales. Su emersión data de las épocas geológicas más antiguas. Los mares han decentado solamente y recubierto temporalmente sus regiones costeras durante el curso de transgresiones marinas, sin alterar jamás verdaderamente su integridad.

Pero esa noción de permanencia que no podría ponerse en duda seriamente, ha sido unida a aquella de la fijación que es sin embargo muy diferente.

La idea fecunda de Wegener fue justamente la de dissociar esas dos nociones. Para él, los zócalos continentales representan dos formaciones permanentes, pero no fijadas *las unas en relación a las otras*. Los zócalos continentales han sufrido "traslaciones" en el curso de la historia geológica de la tierra. La concepción de la isostasia de la cual acabamos de ver los principios, se encuentra en perfecto acuerdo con la idea de traslaciones de los zócalos continentales, constituidos por los elementos ligeros de sial, flotando sobre la capa más densa del sima subyacente. Wegener admite que en el carbonífero superior⁵, todos los continentes se encontraban reunidos para constituir *un bloque único*. La fragmentación de ese bloque por fallas de más en más largas, habría determinado la formación de los zócalos continentales actuales. Las fuerzas que han provocado la fragmentación del bloque primitivo permanecen aun desconocidas para nosotros. Ellas están representadas quizás, por las corrientes de convección que se producen en la sima, entre las regiones oceánicas frías y los zócalos continentales más calientes. En cuanto a la "deriva" de éstos en la superficie del globo, ella es probablemente la consecuencia de algunas fuerzas muy simples: todos los continentes tendrían tendencia a derivar *hacia el Oeste*, en razón de la atracción

⁵ La incertidumbre reina aún completamente sobre el estado del globo antes del período carbonífero. Es probable que la capa de sial formaba, en la aurora de los tiempos geológicos, una envoltura continua alrededor del globo. Las razones de su reducción permanecen en la obscuridad. G.H. Darwin admite que una parte de la corteza terrestre se habría desatado para constituir la Luna. La colocación de ese fragmento desatado estaría representado por el Océano Pacífico.

ejercida por el Sol y por la Luna. Por otra parte, los bloques continentales se acercarían al Ecuador bajo la influencia de la fuerza centrífuga.

Las "consecuencias" de la teoría de Wegener son innumerables. La seducción que ejerce la teoría proviene justamente del hecho que ella da cuenta, con una maravillosa desenvoltura, de particulares disparates a primera vista que ella reúne y funde en un todo armonioso. Basta echar una ojeada sobre un mapa-mundi para constatar que muchos de los zócalos continentales terminan en puntas "dobladas" *hacia el Este*. Ese es el caso de la Tierra del Fuego, de la Antártida y de la extremidad meridional de Groenlandia.

La teoría Wegeneriana da cuenta ampliamente de esa particularidad, admitiendo que las extremidades tales han sufrido un cierto retardo durante el curso de su deriva hacia el Oeste comportándose como reatas.

"Las guirnalda de islas" que se extienden en arco de círculos *al Este* de la mayoría de los zócalos continentales, representan para Wegener los restos desatados de los continentes que éstos abandonan en el curso de su traslación hacia el Oeste. Tal es la guirnalda de las islas Niponas que se extienden desde las Kuriles a Formosa y que corresponden a un resto desatado de las costas orientales del zócalo asiático; o aún Nueva Zelanda, que parece no haber sido aislada de Australia sino desde el Terciario; las grandes y las pequeñas Antillas reunidas antiguamente a América Central; las Orcadas meridionales abandonadas por las puntas de América del sur o de la Antártida.

La teoría Wegeneriana renueva hasta en sus fundamentos las concepciones relativas a la génesis de los océanos y de las cadenas de montañas. De los océanos que cubren hoy día la superficie del globo, uno sólo corresponde a un océano primitivo: el Pacífico. Los otros océanos no representan sino hendiduras resultantes del estallido de un bloque primitivo, alargadas por las derivas de los zócalos continentales. El Atlántico no es más que una inmensa fosa que se ha abierto entre Europa y América. Su alargamiento es la consecuencia de la separación de sus labios que ha progresado de sur a norte en el curso de los períodos geológicos.

El Mar Rojo, que separa el África, representa el primer estadio de la formación de un Océano (⁶).

Es preciso distinguir cuidadosamente los Océanos de los "mares epicontinentales" tales como La Mancha, el Báltico, el Mar de Java, etc., que no representan sino inmersiones - más o menos extensas y temporarias - de las regiones pertenecientes a los zócalos continentales. Esa distinción confirma la diferencia fundamental que se debe mantener entre los zócalos continentales y los Océanos.

En fin, la teoría de Wegener aporta una nueva interpretación del génesis de las cadenas de montañas. Hasta una época reciente se admitía que los pliegues que han dado nacimiento a los relieves montañosos han tenido por origen la contracción de la corteza terrestre, resultando ella misma del enfriamiento del globo. La teoría de la contracción se ha derrumbado desde el día en que el estudio de la radioactividad ha establecido que la tierra tiene tendencia a calentarse, o al menos, a quedar en un equilibrio térmico.

Para Wegener, los pliegues que han dado origen a las cadenas de montañas son una "consecuencia de las traslaciones continentales". La cadena de los Andes y de las Rocosas, que eleva su inmenso espinazo a lo largo del borde occidental de América, representaría la serie de pliegues engendrados por el rechazo del zócalo americano en el curso de su deriva hacia el Oeste, contra el resistente bloque de sima constituido por el fondo del Pacífico. La Cadena Alpina sería el resultado de la compresión ejercida por el zócalo africano contra Europa.

En cuanto a la inmensa guirnalda de pliegues himalayanos dispuestos en semicírculo, del Hindokush hasta Birmania, sería la consecuencia de la formidable presión ejercida por el Hindú contra el zócalo asiático.

Es necesario, para disipar las dudas, hacer resaltar que la teoría de Wegener se encuentra hoy día confirmada por observaciones precisas tomadas de las disciplinas más variadas.

Algunas medidas de longitudes, efectuadas en épocas alejadas las unas de las otras, han probado la realidad de las traslaciones

⁶ El ejemplo es muy típico aquí. El desgarramiento del Continente Africano, que comienza en la depresión del Mar Muerto y continúa por el Mar Rojo, está jalonado por una serie de Lagos (Nyassa, Tanganyka, Kivu, Alberto-Eduardo, Alberto-Rodolfo). El alcanza en ciertos puntos del África un ancho de 50 a 80 kilómetros y un desnivel considerable; la fosa del lago Tanganyka, con una profundidad de 1.700 a 2.700 metros, está bordeada de cadenas que alcanzan hasta 3.000 metros de altitud. El desgarramiento, cuyas huellas se encontrarán hasta la Colonia del Cabo, se halla quizás en vías de alargamiento. Ella nos da en todo caso una imagen de aquello que puede ser el nacimiento de los Océanos Atlántico e Indico.

continentales. Es así que ellas han establecido que Groenlandia se traslada de manera cierta en relación con Europa. Esas observaciones constituyen una prueba *directa* de la exactitud de la teoría wegeneriana.

La teoría de Wegener da aún la solución de un problema de orden climatológico, considerado hasta aquí como particularmente complejo y enredado. Se trata de la repartición en las épocas pasadas, de zonas climáticas y a continuación de floras y faunas.

Las zonas climáticas actuales están dispuestas en una serie de anillos aproximadamente paralelos al Ecuador: zona ecuatorial caliente y húmeda rodeada de zonas templadas coincidiendo con los trópicos; zonas templadas y húmedas limitadas por las bóvedas polares ártica y antártica. Sabemos que los climas no han tenido en las épocas geológicas anteriores, la repartición que ellos presentan en nuestros días. En el Carbonífero, una flora de carácter nítidamente tropical recubría las regiones hoy día gélidas de Spitsberg y de Groenlandia, mientras que los glaciares se extendían sobre la India y Africa del Sur. El clima de Europa ha sido tropical o subtropical durante la mitad del terciario, mientras que durante el cuaternario, una parte importante del continente ha estado recubierta de glaciares.

Para dar cuenta acerca de esos cambios de clima, los cuales han traído ellos mismos profundas modificaciones de la fauna y de la flora, se ha invocado a traslados concomitantes de los polos y el ecuador. Pero esa explicación chocaba hasta aquí con insolubles dificultades. Si señalamos sobre un mapa las huellas dejadas por enfriamientos (morrenas, rocas estriadas) durante la época permo-carbonífera, propone el Profesor Vandel, obtendremos la imagen de los continentes australes actuales recubiertos de hielos; las estrias de las rocas y los depósitos morrénicos lo testimoniarían en el Africa del Sur, en las Islas Fackland (Malvinas), Argentina, Brasil, India y Australia. Por el contrario, ningún enfriamiento ha sido descubierto durante el carbonífero en el hemisferio Norte. Esta es una primera singularidad de la cual parece difícil darnos cuenta. Además, si se busca definir el lugar más favorable que debe ocupar el polo sur para dar cuenta de los congelamientos carboníferos, uno está obligado a darle una posición al Sur-Este del Cabo de Buena Esperanza. Si se adopta esta interpretación, los glaciares de América del Sur, de la India y de Australia se encontrarían a una latitud inferior a 10 grados. Es decir que un clima polar debería tratar con rigor hasta bajo los

trópicos. Esta hipótesis es pues completamente increíble y no puede ser retenida.

La teoría de Wegener resuelve de la manera más simple y más luminosa esas antinomias aparentes. La interpretación de Wegener implica en efecto, que todos los continentes del hemisferio Sur se encontraban reunidos en la época carbonífera, en un bloque único y compacto. Si uno admite que el Polo Sur ocupaba entonces en ese bloque compacto una posición central, todos los depósitos glaciares del carbonífero vendrían a disponerse sin dificultad alrededor de ese punto. La antípoda de ese punto, es decir el Polo Norte, emergería en medio del Pacífico septentrional. Nada de sorprendente pues, es que la bóveda polar septentrional, que no reposaba en el carbonífero sobre ningún zócalo continental, haya desaparecido sin dejar huellas.

La repartición de depósitos de naturaleza toda diferente, confirma la exactitud de la interpretación wegeneriana. Los depósitos de carbón representan los restos de una vegetación lujuriosa que no ha podido desarrollarse sino bajo un clima caliente y húmedo. Ahora bien, si de traza sobre la reconstrucción wegeneriana del globo, en la época carbonífera, las ubicaciones de los depósitos de carbón, se constata que ellos se disponen sin dificultad a lo largo del ecuador correspondiendo a los polos precedentes definidos.

Se puede así continuar los ejemplos ya que todos los datos de observaciones se agrupan en un todo armonioso desde el instante que se acepta la teoría wegeneriana de la reunión en la época carbonífera, de las tierras emergidas en un zócalo continental único.

En fin, la teoría de Wegener que ejerce profundas repercusiones sobre la climatología y a continuación sobre la biografía, tiene aún muchas otras.

Michaelsen ha mostrado que la repartición de los gusanos de tierra de la familia de los "Megascolécidos", que parece hoy tan aberrante, se convierte en completamente normal si se admite la interpretación wegeneriana. Esa familia ha debido diferenciarse en una época en la cual las tierras que la hospedan actualmente, es decir, América, el Africa, la India oriental y Australia, estaban reunidas en un bloque común. El desparrame de las diferentes descendencias en la época actual no corresponde a un fenómeno de dispersión activo, él representa simplemente el resultado de la dislocación del continente primitivo y de la deriva de los zócalos continentales.

La repartición de los peripatus se explica de la misma manera. Ellos continúan habitando las tierras ocupadas al final del primario. Pero en esa época, esos territorios estaban reunidos en un bloque común poseyendo una fauna y una flora homogénea; ese bloque corresponde a aquello que los geólogos han designado desde hace mucho tiempo bajo el nombre de continente de Gondwana.

La teoría de Wegener da cuenta de una manera luminosa de la repartición del caracol de jardín. Las estaciones ocupadas hoy por ese molusco jalonan muy regularmente el inmenso inlandsis que ha recubierto en el cuaternario las regiones septentrionales de América y de Europa, todavía muy cercanas la una de la otra en esa época. La repartición del Reno se explica de la misma manera así como lo ha establecido el Dr. Jacobi. Recientemente, el Dr. Jeannel, profesor de entomología en el Museo de Historia Natural de París, ha reunido en una obra magistral, rica en documentos personales e ideas originales, incontables ejemplos relativos a la repartición de los insectos (La Génesis de las faunas terrestres, "Elementos de Biogeografía", 1942). El muestra que la teoría wegeneriana es, de todas las interpretaciones propuestas, aquella que permite dar cuenta de la manera más coherente y más satisfactoria las múltiples particularidades que presenta la repartición de los insectos actuales y fósiles. Aun otro ejemplo. El gran zoólogo Cuenot ha escrito: "El Océano Pacífico tiene una fauna muy rica que encierra reliquias conocidas en el estado fósil en el secundario y el terciario antiguo". Tales son los nautilus, la forma actual más cercana de los ammonites; el molusco "Pleurotomaria" y el braquiópodo "Lingula" que persisten sin cambios desde el cambriano; de los Moluscos bivalos del género "Trigonia" conocidos desde el inicio del secundario, etc. La teoría de Wegener rinde cuenta fácilmente de la antigüedad de ciertos representantes de la fauna pacífica. Es, en efecto, el único Océano cuya existencia remonta a la aurora de los tiempos geológicos y cuya permanencia se opone a las vicisitudes de otras extensiones oceánicas.

Así la teoría de Wegener aporta en dominios tan diversos como la geografía, la física del globo, la climatología, la paleontología, la biología, vistas nuevas y fecundas. Es demasiado temprano para traer sobre ella un juicio definitivo, pero podemos desde ahora, reconocer su inmenso interés.

Podemos decir al presente una palabra sobre lugares que fueron largo tiempo rodeados de misterio: las grutas y las cavernas.

André Glory, Doctor en Prehistoria de la Universidad de Tolosa (Francia) escribe ("Al descubrimiento del mundo subterráneo", 1943): "Una ciencia nueva ha nacido: la espeleología, que sabe explicar el nacimiento, la vida y la muerte de las cavernas. Es la circulación de las aguas subterráneas, aguas de lluvias o pérdidas de ríos, las que horadan bajo la tierra esos precipicios, esas galerías, esas salas, después los abandona para hundirse más profundamente en el suelo. Es ella también quien las reviste de esas cristalizaciones magníficas que hacen la admiración de los turistas. Siguiendo las aguas en sus recorridos subterráneos uno puede remontarse al origen de ciertas fuentes y poner en evidencia el peligro de sus poluciones. En fin, las cavernas no han estado siempre deshabitadas y se han encontrado las huellas (dibujos, utensilios, cenizas, osamentas) de los primeros hombres que buscaron refugio en ellas contra las bestias y el frío.

Desde todos los tiempos, el mundo subterráneo ha interesado al hombre. Desde los Orígenes de la humanidad las tribus prehistóricas buscaban en las cavernas un refugio eficaz contra el frío y los carnívoros voraces que hubiesen podido atentar contra sus vidas (⁷).

Es en Chu-Ku-Tien, a 50 kms. de Pekín que fueron encontradas en 1922 las primeras huellas de la más remota industria humana. Cenizas, huesos trabajados y cuarcitas talladas, estaban amontonadas sobre un espesor de 50 metros en una hendidura calcárea primaria (ordoviciano), antigua gruta de techo derrumbado. Ahora, esos vestigios se remontan a la aurora de la Era Cuaternaria. Es así que la China hasta Europa y el sur del Africa, los diversos progresos humanos se han sucedido en todas las edades, en las cavidades subterráneas. En el Musteriano, el trabajo de los huesos y la invención del buril; en el Aurignaciense, las primeras esculturas humanas; en el Solutrense, la aguja de ojo para la costura de las pieles; en el Magdaleniense, las pinturas policromas y en el

⁷ Las grutas de Rouffignac en Francia, descubiertas en 1956 por le Profesor Laugier tienen 10 kilómetros de galerías y una muchedumbre de dibujos de mamuts, caballos, etc. Se las llama a menudo "Grutas de los combates de Mamuts", ya que si hay 180 dibujos de estos animales en todas las cavernas del mundo, hay en Rouffignac únicamente, unas 120 representaciones de mamuts.

Neolítico, la agricultura y la crianza de los animales domésticos (Ver Propósitos Psicológicos, n° VI, vol I, Ed. G.F.U. Lima, Perú).

Más tarde, las cavernas fueron abandonadas. Si el mundo greco-romano se ocupa de ellas, es para poblarlas de narraciones fabulosas y mitológicas. La Edad Media les temía y hacía vivir en ellas a dragones y hadas malvadas. En fin, los tiempos modernos las redescubren y estudian los arcanos.

Bien inconscientemente, el traperero Hutchins, al perseguir un oso herido, penetró en 1809 en la "Mammoth Cave" de los Estados Unidos. Él descubrió allí la caverna más grande del mundo. Siguió en seguida los descubrimientos sucesivos un poco en todas partes, hasta que se fundaron las sociedades espeleológicas con los sabios que revelaron al público las bellezas de ese mundo subterráneo.



Cada caverna tiene su historia y se puede conocer su nacimiento, seguir su crecimiento y aún predecir su muerte. A menudo, esa historia es sensiblemente la misma para todas las grutas de un masivo montañoso o de una región, ya que esas grutas tienen el mismo origen y su evolución se efectúa bajo la influencia de las mismas causas. Pero de una región a otra del globo, se observa al contrario una gran variedad en el origen, la edad y la evolución de las cavernas, lo cual hace difícil la elaboración de una teoría general. Sin embargo, es posible despejar algún carácter de conjunto. El punto de partida de la existencia de esas cavernas reside en los pliegues de la corteza terrestre, pliegues que dan nacimiento a las cadenas montañosas y a las depresiones de la superficie del globo (como ya lo hemos visto).

La litósfera sólida no se pliega sin romperse en un cierto número de lugares. Sobre las rocas que la constituyen se observan efectos de torsión, de compresión, de laminaje y de trituración. Nos interesan sólo los dos primeros porque ellos son los únicos que hacen aparecer, en las rocas, intersticios por los cuales el agua se infiltra comenzando su trabajo de desgaste de las rocas. Los efectos de la "torsión" sobre una placa rocosa indeformable han sido estudiados experimentalmente sobre un "modelo reducido": para ello una placa de vidrio rectangular es sometida a la torsión por medio de un torno. El torcimiento que ella sufre hace aparecer un doble sistema de rajaduras dispuestas en ángulo recto. (Fig. III)

RESQUEBRAJAMIENTO DE UN ESPEJO BAJO
EL EFECTO DE UN ESFUERZO DE TORSION
(Experiencia de DAUBRÉE)



Fig. III

Sometiendo un espejo a una torcedura como si él fuese plástico, lo transformaría en un helicoides de eje a-b, dicho espejo se resquebraja siguiendo un sistema de rajaduras en ángulo recto. Un fenómeno análogo puede dar lugar durante las deformaciones de la corteza terrestre, a rajaduras de la roca o "diaclasas" orientadas perpendicularmente las unas a las otras; es por eso que se observa a menudo que el curso subterráneo de un río toma un recorrido en zig-zag mientras que la dirección general de ese curso debería ser rectilínea.

Esas roturas, las han observado los canteros desde hace mucho tiempo en las capas plegadas de las rocas y la han dado el nombre de "junturas". Los terrenos calcáreos están particularmente impresos por esa torcedura y se observan en ciertos terrenos hendiduras verticales u oblicuas, llamadas diaclasas, que cuando se puede seguirlas, alcanzan varias centenas de metros de alto y de largo.

La "compresión" da lugar a resquebrajamientos rocosos que son menos perceptibles. Se obtiene un sistema análogo de hendiduras conjugadas aplastando dos bloques de cera para moldear por medio de la prensa hidráulica. Esas dos especies de accidentes, diaclasas y resquebrajamientos por compresión se completan por las fallas y las junturas de estratificación. Cuando la corteza se rompe en profundidad, una de las dos partes, a menudo separadas, se traslada hundiéndose. Las rocas en contacto a lo largo de esa línea de fractura pueden ser entonces ser de dureza y de naturaleza diferentes. La "falla" podrá ser derecha u oblicua según los lugares de dislocación donde se ramificará con otras fracturas laterales.

En fin, cuando una capa sedimentaria se superpone a otra, deja entre ella y la siguiente, un mínimo espacio horizontal que uno llama "juntura de estratificación". Es por las diaclasas, los resquebrajamientos, las fallas y las junturas de estratificación que el agua va a atacar la roca alargando los rompimientos que ella encuentra profundizando grutas y cavernas.



Los dos tercios o los cuatro quintos de las aguas meteóricas que caen en la superficie del suelo se evaporan o son fijados por los vegetales, el resto chorrea sobre el suelo o se infiltra. Solicitada por la gravedad, el agua de infiltración aprovecha todas las hendiduras naturales para descender a un nivel tan bajo como le es posible. Hasta dónde llegará ella?

Se encuentra agua a profundidades del orden de 4.000 metros y quizás a más aún, en los barrenos más profundos ejecutados hasta el día de hoy en la búsqueda del petróleo. Existe sin embargo, un límite a esa infiltración: la presión interna de las capas de la litósfera hace desaparecer los vacíos de la dislocación. Ese límite está teóricamente valuado en 10.000 ó 12.000 metros. Por otra parte, a esa profundidad, el agua no puede existir al estado líquido ya que la temperatura traspasa los 365 grados que es el punto crítico del agua. Pero en realidad, si se encuentra agua a grandes profundidades bajo tierra, no nos interesa tanto, como ella no circula ya que, quedando estancada no desgasta la roca.

Para que el agua circule bajo la acción de la gravedad, es preciso que resalga de la tierra bajo la forma de manantial o surtidor. Una caverna está pues, a una altitud comprendida entre la zona de infiltración o la gruta que da nacimiento al curso del agua subterránea y del surtidor. La profundidad de las grutas será pues a lo más, igual a la diferencia de nivel entre esos dos puntos.

Los masivos calcáreos más amplios como los Alpes, el Jura, los Pirineos, ofrecerán grutas de 200 a 300 metros, mientras que aquellos de los Causes no darán más que profundidades de 100 a 200 m. en término medio.

Entre esas dos altitudes, el curso del agua subterránea, va a cavar su lecho hasta que el perfil en largura de éste, tienda hacia una curva límite llamada por Surell en 1838, perfil de equilibrio absoluto. El perfil es alcanzado, es decir, la excavación de la caverna se detiene cuando el aporte de materiales estabilizados (arenas, guijarros, limo, arcillas) en su lecho inferior, hace equilibrio entre la erosión y la corrosión de las aguas de penetración. (Esas fases de excavación se reconocen por dos clases de fenómenos: los unos químicos y los otros físicos. Nosotros no los estudiaremos aquí).

*CORTE ESQUEMATICO QUE EXPLICA EL ORIGEN
DE LOS SURTIDORES A CHORRO DE AGUA
INTERMITENTE*

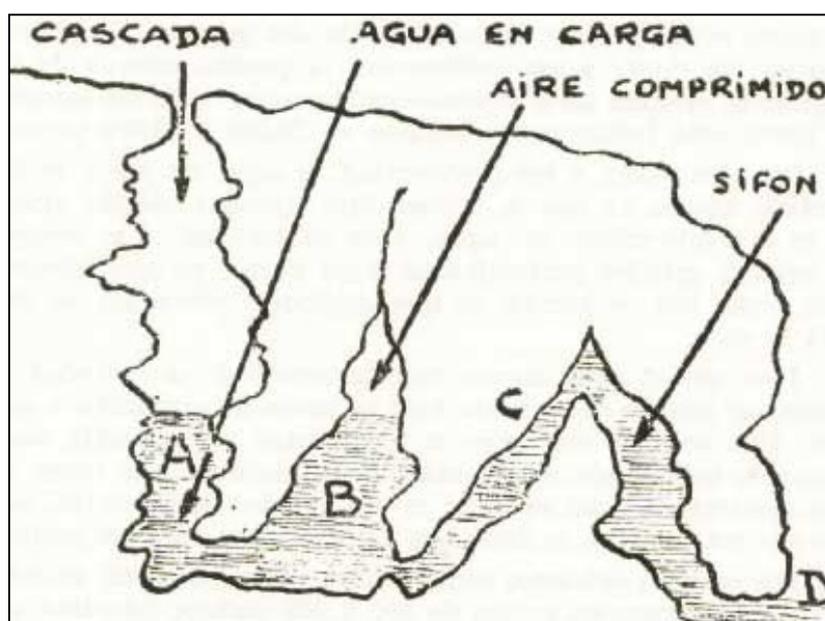


Fig. IV

El agua que cae de la cascada se acumula en la chimenea A, en la sala B donde ella comprime el aire que la sobrepasa y en la rama montante C del sifón. Cuando su nivel alcanza el codo de la galería que forma el sifón, éste comienza bruscamente y el surtidor D se esparce tanto tiempo como quedará el agua en A y B después de lo cual el sifón se desagrega y el ciclo recomienza.

Las dimensiones de las cavernas son extremadamente variables y difíciles de apreciar a causa de sus numerosas ramificaciones.

Según el Profesor Andrés Glory, la caverna del Mamut en el Estado de Kentucky en los Estados Unidos, va apenas más allá de 100 Kms. y no 350 como se había escrito antiguamente. Sin embargo, por sus comunicaciones con las cavernas vecinas (White y Dixon) su longitud puede ir más allá de 250 kms. La Carlsbad Cavern en Texas alcanza cerca de 50 kms. En Europa, la Eisriesenwelt (situada a 1.700 metros de altitud cerca de Salzburgo, en Austria, presenta un dédalo de 30 kms. mientras que la de Postumia (Adelsberg) no tiene sino 23 kms. de galerías. Curiosa horadación aquella de Agtelek que reunía subterráneamente Hungría y Eslovaquia bajo la frontera por una comunicación de 18 kms. Hay aún aquella de Dachstein en Austria con 13 Kms; la de Lapa de Brejo en el Brasil (6 Kms.); Han-sur-Lesse en Bélgica (5 Kms). En Francia, el río subterráneo de Bramabiau (en el Gard) ha cavado una randa de 10 Kms. de galerías; en fin, la gruta explorada por P. Chevalier en 1943: el Hoyo de Glaz (en el Isere, Francia) a profundidad de 443 mts.; la cavidad mide 9.300 m. de expansión de los cuales 1.100 m. de pozos verticales (⁸). En fin, la más vasta cámara subterránea se encuentra en Trieste, su bóveda alcanza 138 metros de altura y 240 metros de largo y la más alta vertical de un sólo chorro en el Abismo Revel en Italia, con 316 metros.

⁸ En 1958 ó 1959 se espera descubrir el curso subterráneo de la Sorgue y entonces la gruta Juan NUEVO en Vaucluse, Francia, será una de las más profundas del mundo (¿700 metros?).

Es preciso decir, en fin, una palabra sobre las estalactitas y las estalagmitas que se presentan generalmente bajo la forma de tubos de diámetro variable pendiendo del techo hacia el suelo según las leyes de la gravedad. Ellas poseen en sus ejes un fino canal de un diámetro comprendido entre dos y cinco milímetros por donde pasa el líquido saturado. La pequeña gota de agua terminal queda suspendida largos momentos en la extremidad del canal y depone sobre el borde circular, una ligera película de carbonato de calcio cristalizada. Cuando el aire es calmo, el esparcimiento y la saturación de agua son constantes, el tubo de cristal crece regularmente y puede alcanzar una longitud de dos metros. Centenas de esas pajas traslúcidas decoran el techo de ciertas grutas, pero el agua que se rezuma de la bóveda y a lo largo de las paredes, recubre en olas sucesivas el exterior de la varilla que crece entonces en espesor. El exterior quedará más o menos cilíndrico si el chorro es regular pero tomará una forma cónica si la llegada del agua es irregular. Aserrándolos, se puede ver una sucesión de círculos concéntricos semejantes a la altura de un árbol. Las corrientes de aire, rigurosas en ciertos pasajes estrechos, puede hacer rebotar el agua sobre el lado y hacer desviar la estalactita que se inclina ligeramente o desciende en oblicuidad.

Al caer en cadencia hacia el suelo, la pequeña gota de agua excava primero una pequeña cúpula. El choque y el estallido del agua, libera el gas carbónico por evaporación; el carbonato se depone alrededor de la cavidad y sube una vara, una columna según el esparcimiento de agua. Generalmente las cascaditas producen poderosos y masivos montecillos.

Cuando la bóveda es particularmente alta, la gota se aplasta contra el suelo en una multitud de gotitas de diámetro muy pequeño. Esas salpicaduras forman entonces alrededor del pilar central, largas hojas espesas que se enganchan las unas sobre las otras, dando al conjunto el aspecto de una palma.

Si la gota aérea es desviada en su descenso, ella construye una columna torcida, de curioso porte falso que toma a veces la forma de grandes bayonetas. Las causas físicas y mecánicas modifican en cada caso la disposición del depósito de calcio construyendo las formas más extravagantes: especie de estatuillas evocando mujeres veladas, animales conocidos, bajeles con torrecillas, arbustos, colas, etc., y todas las otras formas singulares que esas estalagmitas pueden ofrecer.

Las cavernas están habitadas por animales que no ven jamás. Los animales cavernícolas huyen de la luz, pero no constituyen especies particulares ya que ellos se relacionan con aquellos que viven fuera. Sus caracteres raciales se han modificado talmente en la oscuridad que ciertos naturalistas han creado para ellos géneros especiales. Sus tegumentos se han descolorido, sus cuerpos se han convertido en translúcidos, mientras que los órganos de la vista se atrofian y aun, desaparecen. Aquellos del tacto y del oído adquieren por compensación, un gran desarrollo. Los animales de los grandes fondos marinos han sufrido por otra parte, la misma transformación. Mientras más numerosas son las especies, más acentuadas se han operado las modificaciones sensoriales. Los especialistas han enumerado más de trescientas variedades de insectos; han encontrado además: arácnidos, miriápodos, crustáceos, moluscos, vertebrados, etc... Entre los insectos: coleópteros (anophthalmes), optópteros, cucarachas, langostas, insectos de patas largas con antenas y palpos desmesuradamente alargados. Las ratas del género neotama tienen grandes ojos pero no ven más. Ciertos peces (amblyopsis spelaens, Lucifraga dentata) han perdido sus ojos. En revancha, ciertas larvas han adquirido el poder de emitir fulgores resplandecientes.



Henos aquí en un estadio que nos permite citar un artículo muy interesante ("El Ozono atmosférico, gas indispensable al mantenimiento de la vida sobre la tierra") del Prof. Charles Fabry, de la Academia de Ciencias, quien escribe: "La atmósfera terrestre encierra al lado del azoe, del oxígeno, del gas carbónico y de gases raros bien conocidos (helio, argón, neón, xenón, kryptón) otro gas, en cantidad extraordinariamente débil, repartido en altitud de una manera sorprendente a primera vista, y cuya desaparición en la superficie de la tierra ocasionaría consecuencias catastróficas para los seres humanos. Se trata del ozono, el poli-madre del oxígeno, pero poseedor de propiedades esencialmente diferentes; él se forma en la muy alta atmósfera y sobre todo en las regiones polares, por la acción de la radiación ultravioleta del sol sobre las moléculas del oxígeno.

Son algunos miligramos de ozono en las alturas de la estratósfera que permiten a los seres vivientes subsistir sobre la tierra, ya que ellos juegan el papel de pantallas selectivas frente a la radiación solar, dejando pasar las radiaciones indispensables a la síntesis clorofiliana de los vegetales y a aquella de la vitamina antirraquítica entre los animales superiores, mientras que ellos detienen las radiaciones ultravioletas cuya acción esterilizante haría de la tierra un desierto.

Actualmente es un hecho bien conocido que cantidades infinitesimales de ciertos cuerpos pueden tener una enorme importancia para la vida humana y para la vida en general sobre nuestro planeta.

El caso más banal es aquel de los venenos: con un gramo de estriknina se puede matar al menos veinte personas y ciertas toxinas son mortales a dosis aún mucho más débiles. Se trata ahí de acciones nocivas, pero desde el descubrimiento de las vitaminas y de las hormonas, se conocen sustancias no vivientes cuya presencia en la alimentación del hombre es necesaria: ellas se revelan no por las enfermedades que causan, sino por aquellas que son debidas a su ausencia, enfermedades que son curadas por la asociación de los alimentos de una cantidad increíblemente pequeña de vitaminas. En el mismo aire, cuerpos existentes en muy débiles proporciones se revelan como necesarios. El aire, formado principalmente de oxígeno y de azoe, contiene una muy débil cantidad de gas carbónico no respirable; pero necesario sin embargo a la

vida vegetal. Es de él que bajo la acción de ciertas radiaciones solares, todos los vegetales verdes extraen sus sustancias, fenómeno grandioso sin el cual la vida vegetal y a continuación la vida animal tal como nosotros la conocemos, desaparecerían de nuestro planeta. Y sin embargo, la proporción de ese gas en el aire es bien pequeña: cerca de 1/2.000 en volumen o en peso; un gramo por metro cúbico de aire. Es de allí, y del agua que ellas extraen del suelo, de donde los árboles saben elaborar sus maderas: los yacimientos de hulla son formados, es de ahí que vienen el aceite de oliva, el azúcar de las remolachas y la glucosa de las uvas que se convertirán en el alcohol de vino.

El ozono atmosférico va a otorgarnos todavía un ejemplo de la importancia de los "pequeñísimo". La acción, es cierto, es menos directa que en los casos que acabamos de citar; el ozono no actúa como elemento nutritivo o asimilable, ni como veneno o antídoto, actúa él como *protector* para impedir que las radiaciones nocivas venidas del Sol destruyan la vida sobre la tierra; él forma sobre nosotros una especie de quitasol que *filtra* la radiación solar quitándole aquello que le es útil o necesario. La proporción de ese gas existente en nuestra atmósfera es sin embargo extraordinariamente débil; si estuviese uniformemente repartido, la proporción en volumen no sería sino de 1 sobre 4'000.000, o si se prefiere: un litro que pesa cerca de 2 gramos, en 4.000 metros cúbicos (el volumen de una gran sala de 20 metros por 20, y 10 metros de altura).

El nombre de ozono viene de una palabra griega que quiere decir "tener olor" y su nombre está bien escogido ya que ese gas está afligido de un olor muy fuerte y particular que permite descubrirlo en mucho menos de un millonésimo en el aire. Uno se encontrará seriamente incómodo después de una estancia de una media hora en un aire que contenga 4 miligramos por metro cúbico (o sea en volumen, una proporción de 2 millonésimas).

Por otra parte, es por su olor que el ozono se ha revelado, hace más de dos siglos, alrededor de máquinas eléctricas en actividad, pero durante largo tiempo ese olor no fue relacionado a un compuesto químico definido y fue mirado como "el olor de la electricidad". Es solamente en 1840 que los trabajos de Schoenbein (de Bale, Suiza), que se desarrolla la idea que se está en presencia de un gas definido, una especie química a la cual se le ha dado el nombre de "ozono" antes de que se conociera su composición; respecto a este tema, las hipótesis más diversas han sido sucesivamente emitidas.

La dificultad en el estudio del ozono consistía en que no podía obtenerse sino en el estado de vestigios diluidos en una enorme proporción de aire o de oxígeno. Los débiles medios con que se disponía de aire o de oxígeno. Los débiles medios con que se disponía bastaron, con bastante ingeniosidad, para establecer la constitución química de la molécula de ozono: esa molécula está formada únicamente de átomos oxigenados ya que se puede obtener ozono haciendo pasar el efluvio eléctrico a través del oxígeno puro e inversamente, la destrucción del ozono por el calor da únicamente oxígeno.

Es preciso concluir: el ozono no es más que oxígeno? Sí y no, eso depende del sentido que se le de al "oxígeno". Existe el *átomo* de oxígeno, que los químicos representan por el símbolo "O", pero que no puede subsistir en libertad sino durante un tiempo muy corto, en el estado de extremo enrarecimiento, ya que esos átomos se unen dos a dos y quedan unidos dando la *molécula* de oxígeno (fórmula "O₂") de la cual está formado el gas que nosotros respiramos.

Cuando uno dice: "el agua es una combinación de hidrógeno y de oxígeno" es del átomo de oxígeno que se trata; pero en la frase: "el aire es una mezcla de azoe y de oxígeno", se trata de la molécula. El ozono no es el átomo "O" ni la molécula "O₂"; su molécula está formada únicamente de átomos de oxígeno, pero ella contiene tres: la fórmula química del ozono es "O₃".

Cuando esa molécula se descompone, lo cual ocurre fácilmente bajo la acción del calor, O₃ se descompone (n O₂ + O y en seguida, los átomos "O" se unen dos a dos, de manera que no queda sino un gas de oxígeno ordinario.

Hoy día se sabe obtener el ozono gaseoso perfectamente puro, estable a la baja temperatura pero poco agradable de manejar, ya que en ciertas condiciones su descomposición en oxígeno se hace con una violenta explosión.

Se puede medir su densidad al estado gaseoso y por consiguiente obtener su peso molecular; mientras que el átomo "O" tiene por peso atómico 16 (número escogido como base de los pesos atómicos) el oxígeno vulgar "O₂" tiene por peso molecular 16 por 2 = 32 y el ozono 16 por 3 = 48. El misterio de "olor de la electricidad" (que no tiene nada de eléctrico) se encuentra aclarado.

No puede ser aquí cuestión de estudiar en detalle las propiedades químicas del ozono. Digamos simplemente que ese gas es un poderoso oxidante capaz de producir, a la temperatura ordinaria, oxidaciones de las cuales el oxígeno es incapaz.

En los locales donde existen muy fuertes tensiones eléctricas, es imposible evitar la formación de algunos efluvios y por consiguiente la producción de ozono; las oxidaciones que resultan en particular sobre los metales y sobre la superficie de los baños aislantes, no carecen de inconvenientes para el material, y esa es una de las razones por las cuales se ha tomado la decisión de poner a pleno aire las estaciones de aparejamiento y de transformación eléctrica a alta tensión.



Llegamos aquí a un terreno en el cual la química da la mano a la "ciencia de las radiaciones", ese capítulo tan apasionante de la física, y por ella, a la astrofísica.

Es un problema de espectroscopía astronómica el que ha revelado la importancia de esa absorción y el papel que ella juega sobre la tierra. La luz que nos viene del sol o de una estrella, contiene el conjunto de las radiaciones simples que forman una serie continua, y son por consiguiente de un número infinito; cada una está definida por su longitud de onda, longitud muy pequeña que se expresa ordinariamente en diez millonésimas de milímetro, unidad en la escala que se designa bajo el nombre de angström (abreviación: Å), nombre del físico sueco que la empleó primeramente.

Las radiaciones visibles, son aquellas que se escalonan de 4.000 a 8.000 Å, pero esta doble limitación viene únicamente del achaque de nuestro ojo desde que uno se sirve de otros receptores que en la mayoría tienen también sus achaques o si se prefiere sus cegueras, pero no las mismas que el ojo; se percibe que la serie de radiaciones continúa por los dos lados y que las radiaciones no forman sino un islote en un océano mucho más vasto.

Del lado de las grandes longitudes de onda, más allá del rojo, se encuentran las radiaciones infrarrojas; mientras que el lado de las pequeñas longitudes de onda, se encuentra el ultravioleta, que se estudia como se hace con los rayos X por la fluorescencia de ciertas pantallas, o mejor, por la fotografía.

Hay de todas maneras para el estudio de los ultravioleta, una servidumbre bastante desagradable: el vidrio, esa materia endita de los ópticos, que pierde su transparencia y se convierte en inutilizable para las radiaciones cuyas longitudes de onda son inferiores a 3.500 Å más o menos. Felizmente, el cuarzo o cristal de roca, silicio natural cristalizado, viene a suplir al vidrio deficiente y con su ayuda se llega rápidamente a prolongar los ultravioleta hasta la longitud de onda de 1.800 Å; para emplear el lenguaje de la acústica se puede decir que los ultravioleta se extienden desde entonces sobre más de una octava, extensión

superior a aquella del dominio de las radiaciones visibles. Son fuentes artificiales de luz, en particular la chispa eléctrica entre canales de metal, quienes abrieron ese nuevo dominio.

Cosa curiosa, la luz solar tan magníficamente intensa en el dominio visible, queda muy atrás en el ultravioleta; ninguna radiación solar podía ser descubierta en las longitudes de onda inferiores a un cierto límite situadas hacia 2.950 Å.

Dos hipótesis se presentaban: o bien a causa de una debilidad del Sol las ondas cortas del ultravioleta no son emitidas, o bien es la atmósfera terrestre que les sirve de pantalla. Un estudio cuidadoso de la cuestión hecha en 1879 por Alfredo Cornu muestra que esa última hipótesis es la buena, ya que a medida que el Sol descende hacia el horizonte, sus rayos que atraviesan la atmósfera más oblicuamente, están obligados a traspasar un espesor de aire cada vez más grande; ahora bien, se constata que el espectro ultravioleta se extiende cada vez menos hacia las pequeñas longitudes de onda. Es eso lo que se ve en las fotografías del espectro solar tomadas cuando el sol se encuentra más alejado del Zenit. Quedaba por saber cuál era en la atmósfera, el gas responsable de esa absorción. A. Cornu, muy prudentemente, se limitaba a concluir que era "uno de los elementos permanentes" contenidos en el aire, lo cual eliminaba el vapor de agua, siempre presente pero en proporciones extraordinariamente variables, sin que esas variaciones actúen sobre el límite del espectro solar.

Casi en la misma época, en 1881, el químico británico Hartley descubrió las notables propiedades absorbentes del ozono en la región ultravioleta. El gas del cual él se servía, obtenido por la acción del efluvio eléctrico sobre el oxígeno era muy pobre en ozono ya que la proporción de ese gas en volumen no era sino 1/2.000.

Colocado en un tubo largo de un metro, cerrado en los dos extremos por láminas de cuarzo, esa mezcla gaseosa era equivalente a una capa de ozono gaseoso puro que tenía solamente un espesor de 0.5 mm.

Estudiando a través de ese débil filtro la radiación producida por una chispa eléctrica, Hartley encontró una larga banda del ultravioleta que estaba completamente absorbida; fijó los límites de esa fuerte absorción a las longitudes de onda 2.930 y 2.320 Å con un máximo de absorción a 2.560.

Apoyándose sobre los trabajos de Cornu y sobre los análisis químicos de Honzeau, Hartley emitió las hipótesis que el gas

responsable del corte del espectro solar no es otro que el ozono. El preveía aún, apoyándose sobre ciertas constataciones meteorológicas hechas en el observatorio de Montsouris, que la muy alta atmósfera debía ser mucho más rica en ozono que el aire en el cual nosotros vivimos. Su memoria termina por una frase que amerita ser citada: "Yo pienso que el espectógrafo fotográfico (cámara-espectroscopio) tal como lo he utilizado, puede convertirse en un instrumento meteorológico de gran valor a causa de la extraordinaria sensibilidad a los rayos ultravioleta y a la absorción por los vestigios ínfimos de diversas sustancias y en particular por el ozono".

Se sabe todo el desarrollo que ha podido seguir, desde los Buisson, Fabry, Cabannes, Duffay, R.J. Srutt (convertido en Lord Rayleigh después de la muerte de su padre en 1919), Jausseran, Rouard, y en fin E. y V.H. Regener de la Hochschule de Stuttgart, quienes en 1934 hicieron el audaz ensayo de la espectrografía del ultravioleta en balón-sonda. El espectrógrafo óptico de cuarzo está provisto de un obturador que es periódicamente soltado y rearmado; las poses sucesivas son tomadas sobre una misma placa que se traslada ligeramente después de cada pose, lo cual una vez revelado representa una placa con una serie de espectros. Se ha podido explorar así la atmósfera hasta una altitud de 30 kilómetros.

En resumen, el ozono atmosférico contribuye al equilibrio térmico de nuestro planeta. Se tienen excelentes razones para pensar que si la atmósfera media está a muy baja temperatura, algo así como - 60 grados C. hasta 10 o 12 kilómetros, al atmósfera altísima no es fría y llegaría probablemente a + 50 grados C. hacia 100 kms. y quizás aún más a muy grandes altitudes. La radiación solar absorbida por el ozono, entra ciertamente por algo y esa caliente cobertura arriba de nosotros debe actuar sobre el equilibrio térmico de nuestra tierra.



Todo ser viviente, animal o planta, para desarrollarse y vivir, necesita un alimento que recibe del medio que lo envuelve. Se puede colocar bajo esta rúbrica, tanto los productos gaseosos tomados del aire como los sólidos y los líquidos tomados al mundo mineral a otros seres vivientes.

Una planta toma del suelo casi toda su agua, algunas sales minerales y productos del ázoe, pero tomará del aire el gas carbónico del cual fabricará los hidratos de carbono que forman sus tejidos. En cuanto a los animales superiores, ellos dependen enteramente para su alimento del mundo vegetal, los unos directamente, los otros por medio de los animales de los cuales se nutren.

La desaparición de la vida vegetal sobre la tierra equivaldría a la desaparición casi total de la Vida, al menos, de aquello que puede llamarse la "vida superior".

En definitiva, toda vida depende de la función "clorofílica" que permite a las plantas verdes, arrancar de la atmósfera el carbono necesario a la fabricación de su substancia.

En todo ese complicado conjunto de reacciones químicas que encadena los unos con los otros, la mayoría de los seres vivientes, exige aún la intervención de radiaciones que el Sol envía al planeta, radiaciones que deben penetrar hasta el suelo, allí donde existe la Vida. La química biológica comprende en su base, una parte importante de fotoquímica, ciencia difícil, cuyos principios comienzan a desprenderse, pero cuyo detalle es extraordinariamente difícil de precisar. Las diversas radiaciones pueden, por otra parte, actuar de manera completamente diferente, y en la naturaleza, esas acciones diversas son mezcladas.

Mientras que ciertas radiaciones actúan de una manera útil y aún necesaria, otras se comportan como verdaderos venenos. Tanto para los vegetales como para los animales y el hombre, queda mucho por hacer antes de comprender enteramente esa fotoquímica biológica.

Es en el caso de los vegetales que la importancia de las radiaciones es más evidente. Todos los crecimientos de los vegetales verdes, por consiguiente una gran parte de la alimentación del mundo animal, está ligado a la acción de radiaciones. Cuales son para ese uso importantes las radiaciones eficaces?

Todas aquellas que son absorbidas por la clorofila, materia verde de las hojas, y esa substancia de fuertes bandas de absorción en el rojo y anaranjado así como en el azul. Estamos aquí en presencia de una reacción química que exige un enorme desgaste de energía; se trata de descomponer las moléculas de gas carbónico esparcidas en la atmósfera, moléculas que se encuentran entre las más estables de la química; al poner en libertad su oxígeno, mientras que el carbono por un proceso especial, da finalmente hidratos de carbono. Es ahí que se encuentra sin duda el fenómeno más grandioso de la química biológica, y es en realidad un fenómeno fotoquímico.

Por la función clorofílica, los ultravioletas, que tienen a menudo una misión importante en la fotoquímica, no son particularmente eficaces y aquellos de las radiaciones que llegan abundantemente al suelo, hasta la longitud de onda de 3.000 Å, no son nocivos en nada. Pero las ondas ultravioletas más cortas, por ejemplo aquellas de longitud de onda inferior a 2.900 Å, actúan sobre los vegetales como venenos y son justamente aquellas contra las cuales somos protegidos por el ozono de la atmósfera altísima.

A que se debe esa acción mortal de ciertas radiaciones invisibles que se extienden sobre los seres muy diversos, aún en el hombre, sobre las porciones del cuerpo, como la conjuntiva del ojo, que no es protegida por la epidermis?

Probablemente a la acción de esas radiaciones sobre casi todos los coloides que son coagulados o disueltos. Sea como sea, esa acción mortal puede ser puesta en evidencia de muchas maneras, la más correcta y la más elegante es la de hacer actuar sobre un cultivo de muy pequeños organismos, todas las radiaciones extendidas en un gran espectro, de tal manera que cada punto del cultivo sea sometido a una radiación pura bien definida.

L. Raybaud desde 1910 ha intentado ya experiencias que fueron renovadas de una manera muy feliz sobre diversos vegetales, pero la misma experiencia triunfó sobre seres muy diversos, en particular sobre los microorganismos, los microbios y los bacilos. Si el ozono desapareciera, todo el mundo vegetal desaparecería también.

A decir verdad, la radiación solar tal como nosotros la recibimos a través de la atmósfera, contiene un poco de esos centelleos nocivos para los microorganismos, los hongos, etc...

Es bien conocido que esos seres se desarrollan mal al gran sol y eso justifica el aforismo según el cual "el sol sana".

De esas radiaciones que sanan porque matan, quedan justamente bastantes. Esa acción sobre los vegetales interesa directamente al hombre y a los animales superiores que toman del mundo vegetal casi todo su alimento. Para el hombre hay también un grupo de radiaciones útiles y aún necesarias, que se encuentra principalmente en los ultravioleta y vienen a unirse a las radiaciones mortales para los vegetales.

La necesidad de ciertas radiaciones para mantener al hombre y sobre todo al niño, en buena salud, resulta de experiencias tan viejas como la especie humana; los niños criados en los locales privados de luz del día se convierten en raquíticos y no se desarrollan; una cura de sol o en su defecto, de luz artificial rica en radiaciones ultravioletas, los conduce a la salud. Por cuál mecanismo? Se sabe hoy día que eso se relaciona con la necesidad en el organismo de ciertas *vitaminas* en el caso actual, de la vitamina antirraquítica. Las vitaminas son las sustancias necesarias a dosis es verdad, extremadamente débiles, pero que el organismo no sabe fabricar sin ayuda; las radiaciones ultravioletas son esa ayuda necesaria.

El hombre se encontraría así en una situación bien delicada si las cosas no se hubiesen arreglado por ellas mismas con la intervención del velo del ozono tendido sobre él. El centelleo emitido por el sol es extremadamente rico en radiaciones de todas las longitudes de onda, comprendidas las ondas ultracortas del extremo ultravioleta.

Si todas esas radiaciones llegaran al suelo, el mundo vegetal no existiría, el alimento del hombre y de los animales superiores sería imposible. Eso es lo que sucedería si el ozono desapareciera; la humanidad moriría de hambre. Pero si la proporción de ozono atmosférico fuese por ejemplo desapareada (lo cual podría suceder por una modificación del centelleo solar), las radiaciones necesarias a la producción de vitamina "D" serían enteramente absorbidas y la vida humana sería amenazada por el raquitismo. La continuación del milagro de la vida sobre la tierra está suspendida a la presencia de algunos miligramos de ozono en la atmósfera inaccesible.



Vengamos ahora a los límites de los dos mundos. "A las fronteras de la Materia y de la Vida", tal el título de un artículo del Profesor A.Vandel que emite una opinión tan pertinente: "La distinción absoluta de lo viviente y de lo no viviente es una idea enteramente moderna".

La creencia en la generación espontánea que fue en siglos pasados el sentimiento universal, tendía el puente entre el dominio de lo viviente y el de la materia inorgánica.

Van Helmont, a mediados del siglo diecisiete, creía todavía en la generación espontánea de los ratones. Buffon atribuía el mismo origen a las tenias y las ascárides. Fueron los descubrimientos pasteurianos quienes abrieron el abismo entre lo viviente y lo no-viviente. Hoy día, sonados descubrimientos vienen de nuevo a llenar el abismo, no a resucitar la creencia en la generación espontánea, pero a mostrarnos el paso de la estructura química a la construcción orgánica. Los progresos de la técnica experimental (invención de ultramicroscopio electrónico y de la ultracentrifugación) han puesto en evidencia las curiosas propiedades de los virus-proteínas, gérmenes patógenos que, con la estructura de moléculas gigantes, poseen ciertas propiedades de la materia viviente (multiplicación, asimilación). El estudio de los virus-proteínas nos permite definir más claramente los atributos de lo viviente y asir mejor las etapas y la significación profunda de la complicación orgánica que parte del átomo para llegar al hombre.

Hasta una época muy reciente se ha creído que los elementos más pequeños compatibles con la vida eran las "bacterias", seres más simples que los animales y los vegetales unicelulares (protistas), pero poseyendo sin embargo todas las características esenciales a los seres vivientes.

Es cierto que los biólogos teóricos de finales del siglo XIX habían imaginado la existencia de partículas compuestas de un pequeño número de partículas diferentes las unas de las otras y que representarían según ellos, los edificios más simples que poseen las propiedades vitales ("biofores" de Weismann, "pangenes" de De Vries); pero se trataba ahí de inducciones teóricas que se apoyaban sobre ninguna observación concreta.

Desde la época pasteuriana los virus, agentes patógenos no podían ser percibidos por los mejores microscopios y atravesaban

los filtros empleados corrientemente en bacteriología (bujías Chamberland). Esa es la razón por la cual se les designaba, hasta hace poco tiempo todavía, con los términos de "virus invisibles" o "virus filtrables".

Tales son, entre los virus que atacan al hombre, los virus de la gripe, de la poliomielitis, de la viruela, de la fiebre amarilla, y de la rabia. Entre aquellos que parasitan nuestros animales domésticos, citemos los virus de la fiebre aftosa, de la peste bovina, de la peste porcina, del sarcoma de las gallinas, del pringosamiento de los gusanos de seda, etc... Entre los virus que atacan a las plantas, los mejores estudiados son aquellos que determinan las enfermedades conocidas bajo el nombre de "mosaicos". Ese término de mosaico es debido a que el virus determina sobre los órganos de las plantas, especialmente sobre las hojas, manchas de un verde pálido las unas, verde oscuro las otras, convertidas más tarde respectivamente en blanco amarilloso y carmelita. Citemos a título de ejemplo, el virus del mosaico del tabaco y aquel del mosaico del pepino, los virus X e Y de la patata, el virus del achaparramiento del tomate, etc...

Durante largo tiempo se ha creído que el virus se diferenciaba de las bacterias tan solo por su talla más reducida. Las propiedades de esos agentes patógenos, "invisibilidad" e imposibilidad de ser detenidos por los filtros, no se debía, se pensaba sino a las imperfecciones de nuestra técnica.

En efecto, sabemos hoy día fotografiar los virus gracias al ultramicroscopio que utiliza la propagación de los electrones en lugar de las ondas luminosas y que permite obtener de 20.000 a 40.000 aumentos. Por otra parte, podemos recoger los virus haciéndolos pasar sobre filtros de colodión cuyos poros son capaces de detener esos elementos ultramicroscópicos. No podría hablarse hoy, pues, ni de virus invisibles, ni de virus filtrables.

Desde el punto de vista de sus actividades patógenas, los virus se comportan como bacterias. Ellos provocan "enfermedades infecciosas" análogas a aquellas que son debidas a las bacterias. Basta inyectar un poco de savia de una planta atacada por el mosaico a una planta sana para ver aparecer en esta última los síntomas de la enfermedad. El virus de la patata es transmitido por el pulgón, el de la fiebre amarilla, por los mosquitos del género "Aedes".

Los virus, mucho menos que las bacterias, no nacen por "generación espontánea". Ningún argumento serio nos permite creer que los virus aparezcan espontáneamente en el interior de las células de sus huéspedes. Ellos son siempre introducidos; su origen

es siempre exógeno. Así, nada en su comportamiento parece separar los virus de las bacterias. Es preciso notar sin embargo, que los virus son *obligatoriamente parásitos*. No se les puede cultivar como a las bacterias sobre medios sintéticos. No pueden ser multiplicados sino en *material viviente*.

Se los ha podido cultivar, pero solamente sobre embriones o cultivos de tejidos.

Basta haber recordado el estado de espíritu que reinaba hace algunos años todavía, para comprender la sorpresa que conmovió al mundo científico cuando se enteró en 1935 que el biólogo americano W. M. Stanley había logrado obtener el virus del mosaico del tabaco al estado puro y "bajo la forma de cristalización". El virus fue recogido por ultracentrifugación. Las centrifugaciones normales que giran a algunos millares de vueltas por minuto, son incapaces de asegurar la sedimentación de partículas tan ligeras como el virus; pero el resultado es obtenido por las centrifugadoras girando a 20.000; 50.000 y aún 100.000 vueltas por minuto. El virus así recogido cristaliza bajo la forma de finas agujas. Los resultados de Stanley fueron rápidamente confirmados y extendidos a otros virus. Los virus X de la patata, el virus del mosaico del pepino y el del achaparramiento del tomate fueron obtenidos al estado cristalizado. Los virus están desprovistos de membranas envolventes, ese elemento tan característico de todos los seres vivientes. En una palabra, la forma del virus, tal como la revela el microscopio electrónico parecería corresponder más bien a una estructura química que a una organización vital.

La obtención de virus puros y cristalizados ha permitido emprender el análisis químico. Este ha probado que el virus del mosaico del tabaco no representa nada más que una "molécula de núcleo-proteína", de ahí el nombre de "virus-proteína que se le ha dado. Esta conclusión se aplica probablemente a todos los virus.

Recordemos que las nucleoproteínas que constituyen los elementos esenciales del protoplasma y en particular del núcleo, están formadas por la asociación de una substancia proteicas y de ácido nucleico. Las materias proteicas representan asociaciones complejas de ácidos animados: los ácidos aminados se asocian para formar polipéptidos (tales como la peptona); los polipéptidos se combinan para formarlas sustancias proteicas. Las materias proteicas están así constituidas por varias centenas de ácidos aminados asociados en cadenas.

Las búsquedas de Stanley y de sus émulos, suscitan una apasionante cuestión: los virus-proteínas, representan cuerpos químicos o seres vivientes?

Esa cuestión conduce a buscar los criterios de lo viviente.

El fenómeno vital por excelencia, específico de la vida, es la "asimilación". Un cristal de cloruro de sodio crece si está sumergido en una solución madre que encierra moléculas de cloruro de sodio *idénticas* a los elementos que constituyen su propia substancia, y no crece cuando está sumergido en una solución de cloruro de potasio. Ese es el fenómeno de *crecimiento* y no de asimilación. Los seres vivientes asimilan, es decir, que ellos absorben materiales extraños diferentes de su propia substancia y los transforman en una materia semejante a la suya. Es a esa transformación que se le da el nombre de *asimilación*. Este fenómeno se encuentra en la base de la reproducción y de la multiplicación. Ahora bien, es cierto que los virus "asimilan"; Stanley ha hecho notar que el virus del mosaico del tabaco ataca no solamente al tabaco, sino también a un gran número de otras plantas. En resumen, los virus deben ser considerados por el hecho de que ellos asimilan, como seres viviente. De esta afirmación resulta que las propiedades características de la vida son capaces de manifestarse en la escala molecular. Si, los virus-proteínas deben ser considerados como seres vivientes, pues ellos representan sin duda las formas vivientes más simples de todas las que nosotros conocemos.

No podría considerárseles sin embargo como la llave que resolverá el origen de la Vida. Ellos son, en efecto, *obligatoriamente* parásitos de organismos superiores, animales o vegetales, a la existencia de los cuales su multiplicación está ineludiblemente ligada. No se debe pues ver en ellos los representantes retardados de las primeras formas vivientes aparecidas sobre la tierra.

La mayoría de los biólogos los consideran como los representantes degradados y simplificados por el parasitismo de organismos más complejos, de bacterias probablemente.

Los virus se parecen extraordinariamente al "nucleoide" o núcleo primitivo, puesto en evidencia por Piekarski, entre las bacterias. Ese núcleo parece formado de una molécula de nucleoproteína. Los virus no son tal vez sino bacterias reducidas a sus núcleos. La ausencia o la reducción del citoplasma sería la razón por la cual los virus son incapaces de multiplicarse en medios sintéticos -y no lo es menos -, y es eso lo que da a los virus su extraordinario interés - pues ellos nos ofrecen la "imagen" más

exacta que nosotros posemos de los estadios que han marcado el paso de lo no-viviente a lo viviente. Los virus no son los únicos arreglos de orden molecular susceptibles de presentar las características de lo viviente. Se sabe que los caracteres hereditarios se encuentran bajo la dependencia de muy pequeños corpúsculos: los "genes" encerrados en los cromosomas. Ahora bien, los genes parecen presentar las más grandes afinidades con el virus.

Los "genes" (cuestión que ya hemos estudiado ampliamente y analizado en nuestros folletos precedentes) son incapaces como los virus, de llevar una vida autónoma. Los unos y los otros no pueden multiplicarse sino en el interior de los organismos superiores. Su modo de multiplicación parece ser semejante.

Las dimensiones de los genes y de los virus son de un mismo orden de tamaño. Los genes de la mosca de vinagre, "*Drosophila melanogaster*" miden 50 "milimicrones" (el milimicrón es la milésima de micrón o millonésima del milímetro).

Los genes están esencialmente constituidos, como los virus, por núcleo-proteínas. Ciertas anomalías, como la empenachadura de las hojas, son producidas por un virus bajo la influencia de factores hereditarios, es decir, de genes. Los genes están destinados a sufrir bruscos cambios a los cuales se les da el nombre de "mutaciones". Los virus presentan fenómenos análogos. Ellos son objeto de variaciones bruscas que se traducen por diferencia de virulencia o de sintomatología.



Una conclusión notable se desprende de las búsquedas cuyos principales resultados han sido resumidos ahora y que el autor de "A las fronteras de la Materia y de la Vida" sintetiza así: "Los virus constituyen verdaderos intermediarios entre las moléculas proteicas y los seres vivos unicelulares". De las primeras, poseen la forma, la estructura y la composición química, así como la forma cristalina. De los segundos, tiene la facultad de multiplicación y el poder de asimilación. Los virus representan los términos de paso que reúnen la materia inanimada arreglada siguiendo el tipo químico, a la materia viviente organizada sobre el modo biológico.

Los "bacteriófagos" descubiertos por el biólogo d'Herelle, y que atacan a las bacterias, representan probablemente formas intermediarias entre los virus-proteínas y las bacterias. Ruska ha mostrado con la ayuda del microscopio electrónico, que los bacteriófagos tienen la estructura organizada; están formados de una "cabeza" estructurada y de una ceja terminal. Los bacteriófagos secretan poderosas diastasas, lisinas que disuelven las bacterias. D'Herelle ha mantenido siempre que el bacteriófago representa un ser viviente. El le ha dado el nombre de "Protobios bacteriophageus".

Al lado de las sustancias plásticas que representan los materiales con los cuales los organismos vivos hacen la síntesis de sus tejidos y las sustancias energéticas que ellos queman para producir trabajo y calor, los seres vivos recurren a cuerpos de una extrema diversidad y que presentes en cantidades siempre muy débiles y a veces infinitesimales, no son menos indispensables a la vida. Los más conocidos han recibido el nombre de hormonas, vitaminas, oligoelementos, diversos (zinc, manganeso, etc...); ellos comandan todas las reacciones de asimilación, dirigen el crecimiento del individuo, intervienen en la contracción de los músculos, etc. Su acción es comparable a la de los catalizadores de reacciones químicas, y como ellos, son sensibles a la acción de dosis muy pequeñas de sustancias inhibitorias, dicho de otra manera, de "venenos". Los organismos vivos se han así revelado como detectores ultrasensibles. Son los únicos "instrumentos" de medida apropiados al estudio de esas sustancias, cuyas cantidades puestas en juego en esos fenómenos biológicos desafían las balanzas más perfeccionadas.

Así se expresa el gran sabio francés Pierre Devaux en un artículo lleno de detalles interesantes. ("Los seres vivos reactivos ultrasensibles para los microanálisis químicos").

En los cuerpos humanos la proporción normal de níquel, cobalto, aluminio, titanio, boro, yodo y arsénico necesaria a la vida, varía de 1/10 a 1/100 y aún 1/1.000 de miligramo por kilogramo. Cuando uno busca la acción del manganeso sobre un enmohecimiento negro "Aspergillus niger", es imposible emplear recipientes de vidrio que cedan bastante manganeso para falsear el resultado; operando en aparatos de platino o en cuarzo fundido, se ha podido demostrar que 1/100'000.000 de manganeso asegura la evolución normal del enmohecimiento y que una dosis 100 veces más pequeña manifiesta todavía su presencia por un aumento sensible de la cosecha.

"A la última dilución de una parte de manganeso en 10 millones de partes del medio nutritivo, es decir de 1 gr. de metal en 10.000 m³, el suplemento de cosecha en relación a la levadura sin manganeso (medida en materia seca), alcanza *21 millones de veces* el peso de manganeso introducido".

Gabriel Bertrand ha dado a estos elementos activos, verdaderos "gobernadores" de la vida, el nombre de *oligoelementos*; en este estado particular, cuya verdadera naturaleza será clarificada quizás por la ciencia del mañana, se oponen a los elementos simplemente "plásticos" que forman la materia del ser viviente.

El modo de acción de esos elementos oligárquicos los relaciona claramente con los "catalizadores", hoy día clásicos en la industria química; éstos parecen provocar una serie de reacciones sin entrar ellos mismos en las combinaciones; en realidad, además de las acciones puramente físicas de absorción superficial y de condensación local, intervienen a menudo en dos combinaciones sucesivas, de las cuales la primera los engancha, mientras que la segunda les restituye la libertad.

Naturalmente numerosas experiencias tuvieron lugar en laboratorios, pero los elementos minerales no son los únicos en actuar en dosis muy débiles. La farmacopea oficial ha debido preocuparse de la dosificación biológica de los medicamentos particularmente activos, tales como el digital o los arsenobenzoles.



Los biólogos conocen entre otras, otras categorías de sustancias orgánicas que actúan en dosis extremadamente débiles: las "hormonas" y las "vitaminas". Se sabe que las hormonas son sustancias químicas secretadas y vertidas en la sangre por las "glándulas de secreción interna" y cuyos efectos específicos se manifiestan selectivamente a distancia sobre tal o cual órgano, gracias al transporte efectuado por los "humores": linfa y sangre.

Mientras que los sistemas nervioso, vegetativo y cefaloraquídeo pueden ser comparados a la red telegráfica del organismo, las hormonas constituirían "mensajes neumáticos" que transportan bajo forma material las incitaciones de los diversos centros pilotos.

Es así que la "hormona testicular" influye sobre el desarrollo del sistema piloso y la morfología de la laringe: que la "insulina" secretada por el páncreas interno, asegura la regularidad de la tasa glicémica sanguínea. Gran número de esas sustancias, la insulina en particular, son indispensables a la vida del mamífero; la eliminación quirúrgica del órgano productor o el trasiego de la hormona provoca inevitablemente la muerte.

Otras hormonas tales como las "hormonas sexuales" sin ser estrictamente indispensables, son sin embargo de una gran utilidad para el organismo.

Entre los organismos superiores, la necesidad de una coordinación en la actividad de miríadas de células constitutivas, impone la existencia de un sistema regulador.

El sistema nervioso es el elemento esencial, el sistema hormonal es el complemento. Sólo las hormonas son capaces de actuar sobre las células aisladas, tales como los fagocitos, arrastrados por el torrente sanguíneo o que circulan con la linfa en los intersticios de los órganos para la caza de los microbios.

Los órganos, por el contrario, son susceptibles de dos clases de control; así, un fragmento del tubo intestinal separado del cuerpo del animal inmerso en una solución nutritiva mantenida a temperatura constante, continúa contrayéndose rítmicamente bajo la acción de "centros nerviosos locales" diseminados en sus mismas túnicas y a proximidad; en el animal intacto, esas contracciones son controladas (y así sucede igualmente para los otros órganos de la vida vegetativa) por los dos sistemas nerviosos

"autónomos": el "simpático" y el "vago", cuyos efectos son antagonistas. El simpático acelera el corazón, el vago lo disminuye; el simpático relaja los músculos del intestino y el vago refuerza su contracción.

Excitación, inhibición, tales son las dos "fases" de la regulación vital que nosotros encontramos igualmente en el dominio de las hormonas y en el de los nervios. Al lado del antagonismo simpático-vago, encontramos el antagonismo de los productos de secreción de las diversas glándulas: una inyección de adrenalina (secreción de la médula suprarrenal) aumenta la tasa de la glucosa sanguínea; una inyección de insulina (secreción del páncreas interno), la disminuye. Los dos sistemas, por otra parte, trabajan con mutuos intercambios, las glándulas endocrinas actúan a través de sus hormonas sobre el sistema nervioso el cual rige a su vez parcialmente la secreción glandular. Las glándulas, además parecen ellas mismas subordinadas a una de entre ellas : la hipófisis, pequeña glándula bilobular disimulada bajo la base del cerebro y que constituye el "director de orquesta" del vasto conjunto endocrino.



Y, aquí, una cuestión importante se plantea: aquella dualidad de los "nervios-glándulas" es tan absoluta como se afirma? Es P. Devaux quien explica: "El modo de acción del nervio en ciertos casos, no debe ser comparado a aquel de la glándula? Y el nervio motor, lejos de ser asimilado a un conductor eléctrico siguiendo las concepciones clásicas de Arson, de Lapicque y de sus alumnos, no es más bien una especie de "glándula alargada" que vendría a segregar al contacto del músculo una sustancia excitante o calmante?

Tal es la revolución que permite encarar en la fisiología el descubrimiento de la aparición de dos sustancias químicas características: la "acetilcolina" y la "adrenalina", en los puntos precisos de la innervación de los músculos lisos⁹) del sistema orgánicos vegetativo y al nivel de las articulaciones celulares en los ganglios nerviosos. Siguiendo la naturaleza de ese "mediador" químico, se puede distinguir así dos categorías de nervios vegetativos. Los primeros parecen actuar por liberación de una sustancia de tipo acetilcolina: el efecto producido por su excitación es análogo a aquel que ejerce esa sustancia, puesta en contacto del músculo liso (o del tejido de la glándula comandada); por otra parte, los agentes farmacológicos que modifican la acción de la acetilcolina, ya sea para reforzarla o para prolongarla (eserina), ya sea para disminuirla o abolirla (atropina) actúan en el mismo sentido sobre el efecto producido por la excitación de esos nervios. Se ha podido, por otra parte, demostrar en ciertos casos que la excitación de dichos nervios libera efectivamente una débil cantidad de sustancia, que si ella no es la acetilcolina, es al menos muy vecina. Estos nervios son llamados "colinérgicos". Los nervios de la segunda categoría se les denomina "adrenérgicos", actúan liberando la adrenalina o la simpatina, sustancia muy parecida (las pruebas demostrativas son análogas).

Desbordamos en este punto, el marco del capítulo que nos habíamos propuesto y veremos en el próximo folleto, las cuestiones que continúan esta exposición.

Es preciso mencionar sin embargo que estos textos no son la última palabra de la Ciencia, sino simplemente algunas bases

⁹ Se sabe que estos músculos, a la inversa de los músculos estriados, están sustraídos de la acción de la voluntad y reservados a las funciones puramente vegetativas.

más o menos ciertas de las investigaciones actuales, o mejor aún, el estado de conocimiento científico de hace una decena de años.

Es preciso recordar, por otra parte, que no tenemos la intención de poner al lector al corriente de los últimos acontecimientos, sino más bien de ofrecer una especie de standard del Saber.

Repitámoslo aún, que no se trata para nosotros de dar una enseñanza técnica, sino más bien de formar un espíritu de Síntesis y es en ese sentido que, como lo hemos dicho ya, es preciso trasponer los elementos para extraer los principios de esa "Búsqueda de la Verdad".

En fin, es en esa idea que ofrecemos periódicamente estos "Propósitos Psicológicos" en general y particularmente los capítulos sobre "Nuestro Universo", "Nuestra Tierra" y el próximo folleto "Nuestro Organismo".

Junio 1957

