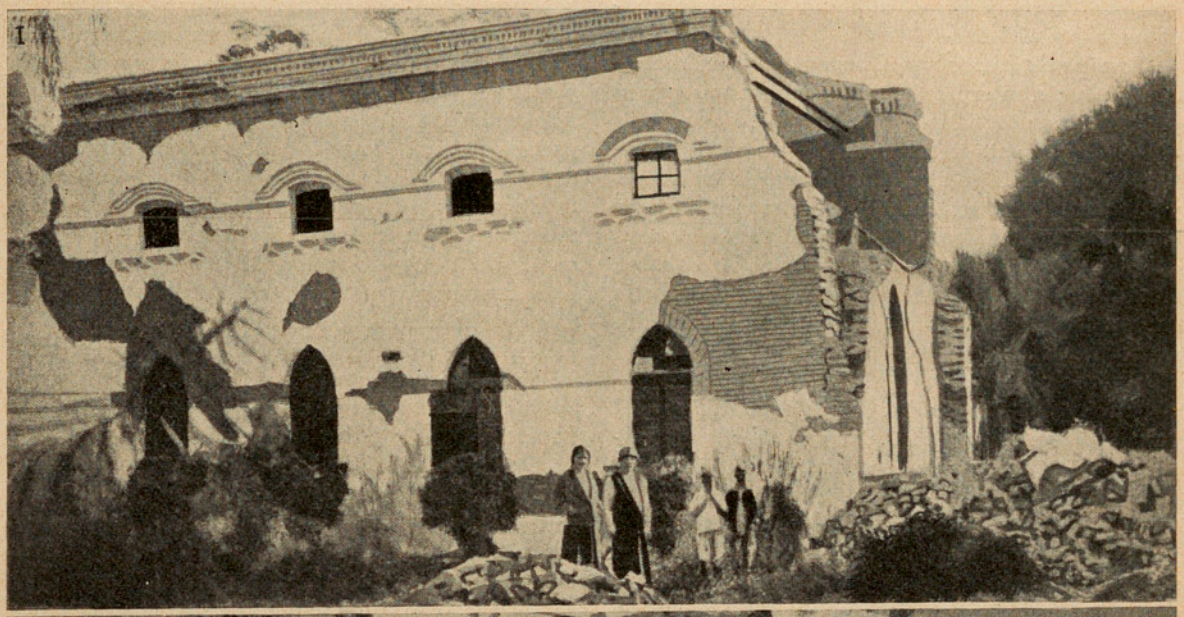
IBERICA

EL PROGRESO DE LAS CIENCIAS Y DE SUS APLICACIONES

REVISTA SEMANAL

DIRECCIÓN Y ADMINISTRACIÓN: PALAU, 3 - APARTADO 143 BARCELONA

AÑO XXI. TOMO 2.° 14 JULIO 1934 VOL. XLII. N.° 1033



LOS TERREMOTOS EN LA INDIA

I. Ruinas de la iglesia de San Fidel de Sigmaringa, en Samastipur. II. El orfelinato de Santa María, en Fakirama, convertido en un montón de ruinas y trozos de paredes más o menos cuarteadas *(Fotos de «The Herald»)* *(V. la nota de la pág. 53)*

Crónica hispanoamericana

España

Investigación de petróleos en España (*).—*Sondeo de Cubillo del Rojo (Burgos).*—Sobre el anticlinal de la mina «Leva» se hizo un sondeo, que en la época en que lo visitamos tenía 600 metros. Se abandonó antes de llegar a las areniscas impregnadas de petróleo, que se supone están debajo, por dificultades económicas, a pesar de estar subvencionado por el Estado.

Sondeo de Huidobro (Burgos).—Hace muchos años, se hicieron exploraciones, consistentes en una galería y dos pozos de 40 y 501 metros.

La galería está practicada en una capa de arenisca, en la parte en que está convertida en arena, y por sus paredes rezuma constantemente pequeña cantidad de petróleo, que utilizan los habitantes del pueblo. A nuestro modo de ver, los pozos están situados de tal modo, que dejan por encima la capa petrolera: por consiguiente, como es natural, no obtuvieron resultado.

Sondeo de Polanco (Santander).—La casa Solvay ha practicado más de 30 sondeos, buscando sal para su fábrica de Barreda. En uno de ellos se cortó una pequeña capa de petróleo; pero, continuada la perforación, no dió mejor resultado.

Sondeo de Tona (Cataluña).—Al hacer un pozo, con idea de captar aguas para el balneario, se produjo una explosión de gases hidrocarburados. Por esto se practicó un sondeo, que llegó hasta los 387 metros, y se suspendió por un accidente del trépano.

Resulta de todo lo expuesto, que de los sondeos realizados sólo cuatro puede decirse que se situaron de acuerdo con la técnica petrolífera, que son: los de Cubillo del Rojo, Gastiain, Robredo-Ahedo y Ajo; cuyos resultados no pueden considerarse como negativos, sino que más bien prueban la existencia de hidrocarburos, aunque no en cantidades explotables.

Insuficiencia de las investigaciones para poder asegurar la ausencia del petróleo del subsuelo español.—¿Puede considerarse el resultado de las investigaciones que acabamos de citar, como suficiente para asegurar la ausencia del yacimiento petrolífero en España?

Evidentemente, no. En primer lugar, el número de sondeos es insignificante, con relación a la superficie examinada, y no digamos con relación a la que aun, con fundamento serio, puede examinarse, y de que hablaremos más adelante.

En todos los yacimientos petrolíferos del Mundo, se han hecho cientos de pozos estériles, no sólo en regiones nuevas, sino también en yacimientos conocidos, habiéndose dado el caso estremo, en el de la costa del golfo de Méjico, de haberse practicado cuatro sondeos estériles, que formaban, aproximadamente, un cuadro de diez metros de lado, y, en cambio, el quinto, perforado en el centro del cuadrado, fué un pozo prolífico. En un solo año, en 1920, se practicaron en los Estados Unidos de Norteamérica cerca de 4000 pozos en busca de petróleo.

Si, además de esto, tenemos en cuenta que muchas de las investigaciones españolas han sido deficientes (unas en su emplazamiento, y otras han quedado cortadas, abandonándose por dificultades económicas o por accidentes en la marcha de la perforación), se ve claramente que no hay motivo suficiente para asegurar que no existen en España yacimientos de petróleo que puedan ser comerciales.

Terrenos aún no investigados que deben estudiarse y, en su caso, investigarse.—No basta aconsejar la continuación de las investigaciones. Es necesario indicar los lugares que por sus condiciones geológicas, petrográficas y estratigráficas parezcan ofrecer más probabilidades de buen éxito.

Para esto, se debe acudir al conocimiento actual sobre petróleo y yacimientos petrolíferos, deducido del estudio de los existentes en el Mundo.

Origen probable del petróleo.—Debe empezarse este estudio por adoptar, de entre las que se han formulado, la hipótesis que se crea más acertada sobre la formación del petróleo: porque, si no, como dice muy bien Cunningham Craig. «¿Cómo, si no se conoce o no se puede probar de qué materia y bajo qué condiciones se ha formado el petróleo, se puede decir dónde buscarlo o tener alguna esperanza de su presencia bajo la superficie?».

Las teorías acerca de la formación del petróleo se han dividido en dos clases: de origen orgánico y de origen inorgánico. Cada una de ellas se divide, a su vez, en dos: la primera, de origen de materia animal y de origen de materia vegetal, y la segunda, de causas hipogénicas y de acción volcánica.

Cunningham Craig, en su obra titulada «Oil Finding», las analiza todas con detalle, y, a nuestro parecer, fundadamente establece la suya, que vamos a tratar de extractar.

Comienza presentándola, en términos generales, en la forma siguiente: «*El petróleo se ha formado de restos de vegetación terrestre acumulados en arcillas, arenas o lechos en proceso de formación (que en otras condiciones se hubieran desarrollado en pizarras carbonáceas, areniscas y lechos de carbón o lignito), por procedimientos naturales, que pueden, no sólo reproducirse en el laboratorio, sino que se puede también probar que se han presentado en el pasado y que se verifican actualmente*».

Aduce, en apoyo de esta teoría, una serie de observaciones y argumentos impresionantes, que inclinan el ánimo a considerarlas como satisfactorias,

(*) Continuación de lo publ. en el vol. XLI, n.° 1021, pág. 242.

y que no citaremos, por no alargar esta nota, remitiendo al lector a dicha obra.

Mencionaremos, sin embargo, lo que sigue: «Los puntos que el geólogo debe notar son: que de la gran cantidad acumulada de materias vegetales de origen terrestre, pueden formarse grandes cantidades de petróleo de diversos grados, y que las condiciones esenciales son: gran presión, temperatura relativamente baja y la presencia de una limitada cantidad de agua. Los estratos suprasubyacentes deben ser completamente impermeables, si el petróleo ha de formarse y, una vez formado, ha de ser preservado de la espesación. Que las rocas arcillosas, y especialmente arcillas y pizarras finas, marinas y estuarinas, son las mejores y más usuales rocas de cubierta»,

Dice también: «Es obvio que semejantes condiciones pueden obtenerse fácilmente en la Naturaleza. La presencia del agua, en mayor o menor cantidad, es casi inevitable en las rocas sedimentarias: la necesaria presión se tiene ampliamente por una cubierta de unos cientos de pies de estratos suprayacentes, mientras que, tan pronto como comienza la descomposición, la presión potencial del gas puede llegar a ser tan grande como cualquier presión hidrostática necesaria. La temperatura, al aumentar, como se sabe, con la profundidad, se elevará lo suficiente para favorecer la reacción química, y como también la presión hace aumentar la temperatura, ésta alcanza pronto el valor necesario, para que se establezca el debido equilibrio. Así, una vez que el proceso de formación de petróleo ha comenzado, su acción es, probablemente, automática, y debe completarse, a menos que se presente un cambio en las condiciones. El cierre de los estratos por rocas impermeables, para impedir el escape de los compuestos gaseosos o volátiles, es cuestión sobre la que existe completa conformidad».

Y añade: «Parece probable (pero aquí se entra en la especulación) que la presión es el factor determinante, como lo es en tantas reacciones químicas. Dada la materia vegetal de que puede formarse el petróleo, envuelta en un depósito bien cerrado; dada la presencia de una limitada cantidad de agua y la necesaria (pero de ningún modo alta) temperatura, tan pronto como la presión alcanza un cierto punto, la acción comienza. *En un área deltaica* sujeta a movimiento terrestre, como es casi invariablemente el caso en la margen de un continente, el sedimento se acumula muy rápidamente.

Prácticamente, se forma de este modo un geosinclinal en mayor o menor escala, y aunque la sedimentación pueda ocasionalmente adelantarse a la sumersión, el resultado, en general, es el crecimiento de depósitos deltaicos hacia fuera, por sedimentación progresiva en un espesor continuamente creciente de estratos, que pertenecen a la misma serie. En tales ciscunstancias, la presión necesaria para la formación del petróleo puede fácilmente obtenerse en los estratos sepultados a suficiente profundidad».

De lo que precede se deduce, que las mejores condiciones para la formación del petróleo son: litorales deltaicos, en que pueden fácil y rápidamente acumularse grandes cantidades de materias vegetales de origen terrestre, y donde también se pueden presentar las demás circunstancias de que acabamos de hablar.

Carbón y petróleo.—Siguiendo la observación de las circunstancias que acompañan a los yacimientos de petróleo conocidos, es muy digna de tenerse en cuenta la relación que existe entre las formaciones petrolíferas y las carbonáceas. Ambas, según la teoría aceptada, provienen de la misma primera materia, y su trasformación en petróleo o carbón depende sólo de las condiciones que siguieron a su sedimentación. En muchos casos, se ve claramente la transición de las condiciones petrolíferas a las carbonáceas: las primeras caracterizan a los estratos que han estado sujetos a la mayor presión y a más efectivo sepulte, de modo que se impidiese la pérdida de compuestos gaseosos, dándose frecuentemente el caso de que *los mismos horizontes* que son carbonáceos en un punto, son petrolíferos en otro, a menudo, a muy poca distancia. Este caso es bastante frecuente en yacimientos petrolíferos de terrenos terciarios de varias localidades. La existencia, en algunos casos, de las porcelanitas, dice Cunningham Craig, pone fuera de duda la conexión entre las fases lignitífera y petrolífera en muchos estratos terciarios.

Sal, agua salada y petróleo.—Otra circunstancia también digna de notarse es la frecuente asociación de la sal y del agua salada con los estratos petrolíferos. Dice Emmons («Geology of Petroleum»): «El agua salada está prácticamente asociada con el petróleo, en todas las regiones grandes productoras de petróleos del Mundo», Y Cunningham Craig, como resumen de esta relación, dice: «El asunto necesita más completa investigación, antes que pueda decidirse, si el petróleo y la sal son o no debidos a la misma acción química, si son diferentes efectos de las mismas causas o si su asociación es meramente casual».

Azufre, compuestos sulfurosos y petróleo.—Dice Emmons, en la obra ya citada: «Azufre o compuestos sulfurosos se encuentran en el petróleo de muchos yacimientos y en el agua salada que está asociada con él. Probablemente, algo de azufre asociado con el petróleo procede de la materia orgánica que le dió origen. Si, como suponen muchos, la *bacteria petróleo* convierte la materia orgánica en petróleo y gas, *la bacteria azufre* actúa probablemente en las mismas condiciones, ambas anaeróbicas, para convertir los sulfatos en azufre y compuestos no oxidados».

En Spindletop, uno de los más prolíficos campos petrolíferos de la región de la costa del golfo

de Méjico (Texas), se encontró azufre en el suelo y, para investigar este yacimiento de azufre, se perforó el pozo que reveló la existencia del petróleo.

Al ocuparse Cunningham Craig de las indicaciones de petróleo deducidas del afloramiento de estratos bituminosos, dice: «Pero cuando un afloramiento ha estado sujeto a la meteorización durante largo período de tiempo, sin recientes accesos de petróleo o betún, mostrará pocas señales de su primera impregnación. *En tales casos, trazas de compuestos sulfurosos pueden ser suficientes para probar que se trata de una roca petrolífera*».

Edad geológica de los estratos que producen petróleo.—Aunque en casi todas las edades geológicas se encuentran estratos petrolíferos, puede decirse que la mayor parte están en la serie terciaria, particularmente en el mioceno. En el viejo Mundo, casi sin excepción, todos los estratos petrolíferos son terciarios, y lo son también algunos de los del nuevo, como los de Luisiana, Texas y California, y otros de Utah y Colorado.

Cunningham Craig, al hablar de la variación lateral, dice: «Si los yacimientos petrolíferos que han de buscarse o examinarse están en estratos terciarios, los métodos de llegar a ideas generales son más sencillos, porque sólo tienen que considerarse los últimos movimientos terrestres». Y más adelante, en el mismo párrafo: «La mayor parte de los grandes yacimientos petrolíferos del Mundo están en estratos terciarios, y de los aún por descubrir, en países tales como Galitzia, Rumanía, Rusia, Egipto, Turquía, Persia, Beluchistán, India, China, Venezuela, Colombia, Brasil, Argentina y Méjico (y nosotros añadimos España), podemos fundadamente presumir que habrá muy pocos, si hay alguno, que estén en rocas más antiguas que las de la formación cretácea».

Resumen.—De lo que precede, a nuestro modo de ver, se deduce que, dada la constitución geológica de la nación, deben preferentemente examinarse las series terciarias (sobre todo, la miocena, tanto marina como lacustre) y de éstas, las que presentan algunas manifestaciones de haber podido ser estaurinas o deltaicas en el período de su sedimentación: sobre todo, si van acompañadas de manifestaciones de las materias que, como hemos dicho, acompañan muy frecuentemente a las formaciones petrolíferas, incluyendo en estas últimas, como es natural, la presencia de rocas bituminosas.

Una vez determinadas las zonas que parezcan satisfacer a estas condiciones, deberá procederse a su estudio cuidadoso y detallado, tanto geológico y petrográfico, como estratigráfico y topográfico, del que pueda deducirse la existencia de lugares en que haya podido acumularse más fácilmente el petróleo, como, por ejemplo, anticlinales no muy pronunciados y otras circunstancias favorables y, en su caso, fijar los puntos en que deben colocarse las perforaciones de investigación. *(Continuará)*

Crónica general

Nuevo tratamiento de la lepra.—Sobre este tema han presentado los señores Heron y A. Lancien una nota a la Academia de Ciencias de París.

A. Lancien y Simonesco había ya descubierto que el complejo cin-etil-formina en solución acuosa estimulaba los órganos hematopoyéticos, los anticuerpos y la secreción de glándulas endócrinas.

Partiendo de este estudio, comprobado luego por numerosos observadores, Lancien pensó que tal vez el complejo cin-etilformina asociado al ion cobre, catalizador desfavorable para el desarrollo de levaduras, actuaría sobre los accidentes leprosos.

A este efecto, Lancien hizo dispersar cobre muy puro, por su método de chispas oscilantes amortiguadas de alta frecuencia, en una solución acuosa del complejo cin-etilformina. Obtuvo un líquido coloidal formado casi exclusivamente (80 %) por granos amicrónicos (20 γ de cobre metálico por centímetro cúbico), de una estabilidad perfecta e inyectable sin choque.

En la leprosería de San Antonio en Harrar (Etiopía), donde el régimen de lluvias abundantes favorece la lepra y donde ésta es de una frecuencia y gravedad excepcionales, fueron aplicadas 4000 inyecciones intravenosas. El método, que es de inocuidad absoluta, ha dado los resultados siguientes:

1.° *Acción indirecta sobre la lepra. por mejora del estado general.*—La trasformación y la regeneración de las funciones del organismo leproso no se hacen esperar: renacen las fuerzas y el apetito y el leproso vuelve a sentir gusto en el trabajo y apego a la vida.

3.° *Acción directa sobre la lepra, por desaparición de las alteraciones de la sensibilidad.*—Estas inyecciones tienen una acción incontestable sobre las alteraciones epidérmicas; después de ellas, mejoran las alteraciones tróficas (ictiosis, aspecto escamoso y furfuráceo de la epidermis) y, después de algunas semanas de tratamiento, se comprueba el retorno casi completo a la sensibilidad normal.

3.° *Acción especial sobre la lepra macular.*—Las máculas anestésicas desaparecen pronto, aun en el caso de no haber cedido a la *chaulmugra.*

4.° *Acción selectiva sobre los edemas leprosos.*—Las facciones se despojan de la ganga pseudo-mixedematosa que las desfiguraba y recobran su aspecto primitivo. En algunos casos rebeldes, en que hubo necesidad de recurrir al tratamiento mixto (cupro-cinámico y chaulmugra), el complejo cupro-cinámico pareció ser catalizador poderoso, que favorece la acción del medicamento de choque.

Conclusiones.—Este complejo cupro-cinámico ataca probablemente la causa del mal; es, además, sumamente manejable, indoloro e inyectable, aun en individuos muy jóvenes (de 4 a 6 años). Si no cura siempre, son, en cambio, muy pocos los casos en que no proporciona un alivio muy importante.

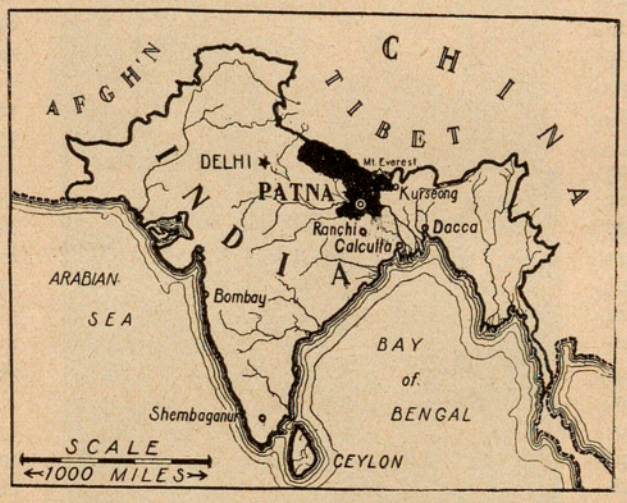
Los rayos cósmicos.—Kolhörster ha publicado recientemente una discusión crítica sobre la naturaleza todavía tan enigmática de los rayos cósmicos.

La distribución de la ionización por latitudes presenta variaciones que indican que, cuando menos, algunas de las radiaciones son partículas que pueden ser desviadas por el campo magnético terrestre (véase, no obstante, IBÉRICA, vol. XLI, número 1028, pág. 359). Se ha comprobado una pequeña asimetría azimutal que parece podría ser indicio de un exceso de partículas con carga positiva.

Los experimentos de desviación magnética no han conducido a resultados decisivos. Las radiaciones revelan gran constancia en su intensidad, aun cuando cabe la posibilidad de variaciones periódicas del orden del dos por mil, de acuerdo con el día solar o el día sidéreo. La variación con el barómetro, debida a la absorción atmosférica, es muy visible y tiende a desfigurar otras variaciones de menor cuantía. De tiempo en tiempo, se observan grandes «rociadas» de ionización, que probablemente son de origen secundario. La curva que relaciona la ionización y la altura en la atmósfera, se obtuvo varias veces hasta los límites de la troposfera y, además, se poseen algunos datos de más allá de dichos límites. La absorción de la radiación en el agua ha sido estudiada. Cuando los rayos pasan a un medio grandemente absorbente, hay una variación anómala del coeficiente de absorción, que indica la producción de una radiación secundaria, la producción de ésta queda indicada también por experimentos con coincidencias múltiples en contadores Geiger. El autor deduce que la radiación primaria es corpuscular.

Regener describe, a su vez, nuevas mediciones de los rayos cósmicos en la estratosfera por medio de su electroscopio auto-registrador y publica una fotografía de las «rociadas», obtenida mediante una cámara de Wilson. El profesor G. L. Locher dispone dicha cámara para que se dispare automáticamente por la descarga de 3 contadores no alineados. Las «rociadas» que se observan, parecen frecuentemente originarse en dos o más puntos y, al parecer, deben iniciarse por radiaciones secundarias no ionizantes, pues sus orígenes suelen no estar alineados. También hay trayectorias parecidas a las de retroceso por el choque de los neutrones.

Los terremotos en la India.—El violento terremoto que el 15 de enero azotó la provincia de Bihar (India del norte) fué de los sismos intensos que los sismógrafos han registrado. La máxima violencia radicó principalmente en la zona correspondiente a la misión de Patna. La longitud del epicentro, es decir: de la línea situada en la superficie del suelo, encima de la verdadera fractura de la corteza terrestre, es extraordinaria: desde Bettiah al NW hasta Monghyr al SE abarca unos 240 km. Además, sigue otra línea que, partiendo de las inmediaciones de Purnea, avanza unos 150 km. hacia el E. En la zona inmediata al epicentro y que abraza unos 40000 km.², quedaron destruídas o gravemente averiadas todas las construcciones de las poblaciones, villas y aldeas; las vías férreas y las carreteras quedaron destrozadas; las granjas, inutilizadas o arruinadas; los niveles del agua en los lagos, notablemente alterados; los ríos cambiaron su curso; los pozos, cegados de arena o secos; brotó arena y lodo del subsuelo por innumerables grietas y agujeros; campos que eran fértiles quedaron totalmente arrasados y convertidos en desiertos arenosos; los terrenos variaron de nivel muchos centímetros en grandes extensiones; decenas de millares de personas quedaron sin amparo y muchas perecieron por ser imposible acudir en su socorro; sólo en Monghyr Bazaar, probablemente llegaron a 20000 las aplastadas por el desplome de los muros. Todo ello en el espacio de tres terribles minutos, durante los cuales la tierra oscilaba, saltaba y se retorcía violentamente.



Mapa de la India, en que se señala la misión de Patna, centro del gran terremoto de 15 de enero de 1934, destructor en un área de 40000 km.²

La catástrofe de California en 1906, con las roturas de acueductos y los incendios destructores que la acompañaron, es la que tal vez más se aproxima a la de este violento terremoto de Bihar, aun cuando queda indudablemente por debajo de ella.

La espantosa destrucción de Yokohama por un terremoto en 1923 y la devastación de Tokio por las sacudidas y por el fuego, en el mismo año (véase IBÉRICA, vol. XXVI, n.º 647, p. 216; n.º 648, p. 233), no llegan a la catástrofe de la India. Aquí, no sólo hubo daños y víctimas en la zona de 40000 km.² de terreno afectada por la máxima intensidad, y que abraza mayor superficie que Bélgica, Holanda y Dinamarca juntas, sino también en el Nepal y en sitios muy distantes, como Allahabad y Darjeeling.

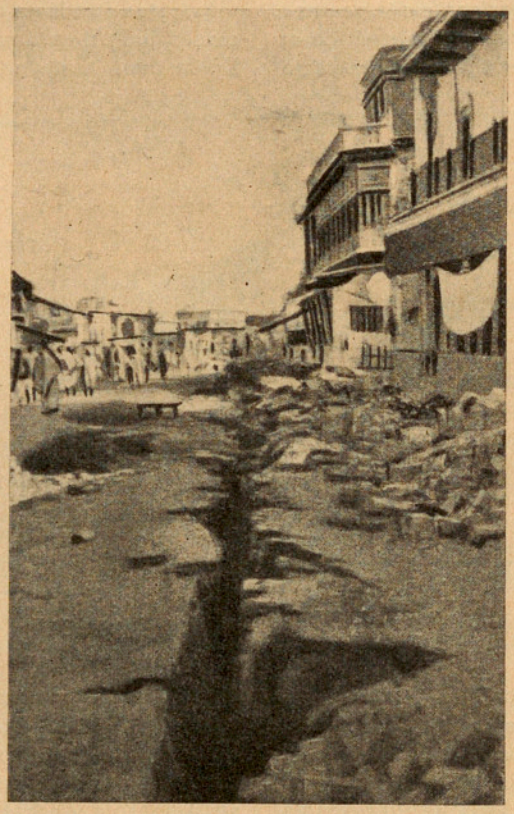
La sacudida ocasionó seria alarma en sitios muy alejados, como Shillong, Calcutta, Lahore y Delhi.

Fué notada distintamente por la gente, a distancias de 1600 km. de la región epicentral, lo cual da una zona de «percepción» de 8000000 de kilómetros cuadrados, indudablemente la mayor conocida.

Recorriendo la región devastada y poniéndose en contacto con la población víctima de la catástrofe, puede, sin temor a equivocarse, hacerse la afirmación de que, en mayor o menor escala, han sufrido sus consecuencias 12000000 de personas. Un movimiento mundial de compasión hacia tal cúmulo de miserias ha sido el objeto del llamamiento del obispo de Patna, B. J. Sullivan, S. J.

Las pérdidas sufridas por la misión de Patna se calculan en 45000 libras esterlinas. Sólo, acudiendo a la caridad mundial, podrá rehacerse a fuerza de tiempo y trabajo lo mucho que en escasos minutos ha quedado destruído.

Afortunadamente, no todo han sido daños: como suele acontecer, la terrorífica impresión producida en las gentes por la catástrofe y sus desoladoras consecuencias ha hecho volver hacia Dios muchas miradas que permanecían apartadas de Él. Un gran fervor se ha despertado en el pueblo y un gran espíritu de fraternidad ha llevado a las gentes a prestarse mutuos auxilios, que han atenuado muchos dolores, evidenciando una vez más que sólo la caridad cristiana tiene remedios eficaces para los grandes trastornos a que inevitablemente han de hallarse siempre sujetos los hombres.—«The Herald. Special Earthquake Supplement» de Calcutta.



Grieta a lo largo de una calle en Motihari. A causa de estas grietas, que en algunos puntos tienen 3 m. de anchura y gran profundidad, Motihari tendrá que reedificarse en otro lugar

La prehistoria de Palestina.—La colección de piezas arqueológicas encontradas en las cavernas de Uadi-el-Mughara, al pie del monte Carmelo (Palestina), está actualmente expuesta en el Museo Británico, y compensa sobradamente la atención que a ella se dedique (véase la relación de otras excavaciones realizadas en el mismo sitio, en IBÉRICA, vol. XXXVI. n.º 900, pág. 263 y en el vol. XXXVIII, n.º 955, pág. 342, las de otros lugares de Palestina).

Da una completa idea de los resultados alcanzados, desde 1929, por la expedición combinada de la «British School of Archæology», en Jerusalén, y de la «American School» de Investigación Prehistórica, bajo la dirección de miss D. A. E. Garrod, y confirma plenamente las conclusiones previas, basadas en las informaciones que se iban dando periódicamente, relativas a la gran importancia de las excavaciones en aquellas cavernas, no sólo para la Arqueología prehistórica de Palestina, sino para la Prehistoria en general.

Para clasificar estas investigaciones en primera línea por su importancia científica, sería ya suficiente el descubrimiento de tan crecido número de esqueletos de tipo neandertaloide, al que sir Arturo Keith asignó la categoría de género especial, con la denominación de *Paleoanthropus Palestinensis*, existiendo entre ellos los esqueletos humanos completos más antiguos, atribuídos al período interglacial del Riss-Würm.

Pero, además de esto, han aportado valiosos datos acerca de una nueva civilización y una nueva raza, la natufiense, del final del paleolítico o del mesolítico, civilización cuyos primeros indicios se hallaron en el Uadi-el-Natufa: una de las características más típicas son los tocados de conchas, hallados en los esqueletos humanos; también son típicos los instrumentos agrícolas, adornados algunos con cabezas de animales. Los huesos presentan signos de canibalismo.

Aun cuando los restos humanos indican un carácter racial único, no pueden negarse ciertas analogías con los de la época predinástica de Egipto. Entre los restos de fauna natufiense, se encuentra el caballo verdadero, el corzo leonado y la hiena manchada, hallados sólo en el sur del Sahara.

La presencia frecuente de fósiles de gacelas demuestra la existencia de un clima seco y un país despejado, que contrasta con el final del musteriense, en que la abundancia de restos de ciervo hacen pensar en bosques con abundantes lluvias.

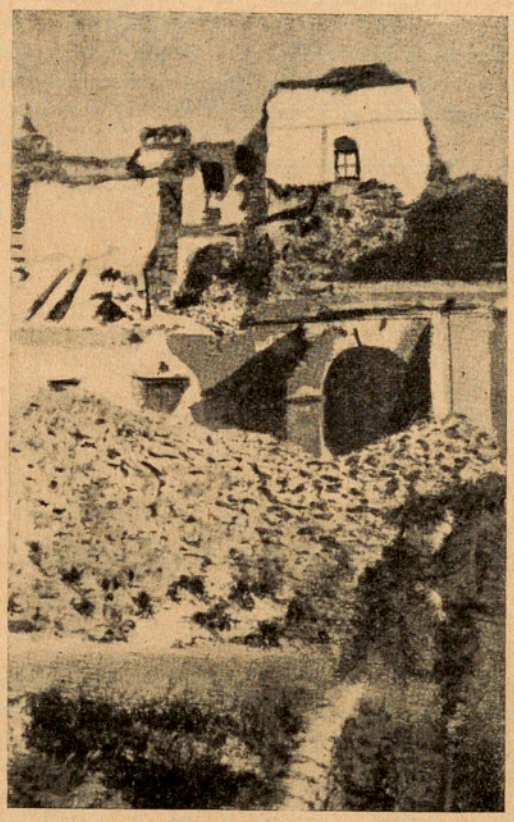
La exposición mencionada abarca, pues, toda la serie de las civilizaciones en Palestina, desde el acheuliense hasta la Edad del Bronce, o sea desde alrededor del año 100000 hasta el 6000 antes de J. C.

Radiactividad inducida por los protones de gran velocidad.—Según los esposos Joliot-Curie, es posible producir numerosos isótopos radiactivos nuevos, mediante el bombardeo de diversos elementos con partículas α; los isótopos así obtenidos emiten positones (véase IBÉRICA, vol. XLI, número 1029, pág. 375). De un modo especial han demostrado que, cuando el boro es bombardeado con partículas α, se trasforma en el isótopo N^{13} (radio-nitrógeno), cuya «semi-vida» es de 14 minutos.

Sostienen, asimismo, que este isótopo puede ser producido por el bombardeo del carbono con hidrógeno pesado, y luego desintegrarse el N^{14} producido, con emisión de un neutrón, para convertirse en el radio-nitrógeno N^{13}.

J. D. Cockcroft, C. W. Gilbert y E. T. S. Walton, del Laboratorio Cavendish (Cambridge), dan cuenta de haber bombardeado una pantalla de grafito Acheson con protones de 600 kilovolts de energía, empleando un contador Geiger, para vigilar las radiaciones que se producían al cesar el bombardeo.

Después de un bombardeo de 15 minutos con una corriente de unos 10 microamperes de protones, la pantalla bombardeada fué sacada del aparato y dispuesta frente al contador Geiger. El recuento dió 200 electrones por minuto, es decir: unas 40 veces lo normal. Este valor decreció exponencialmente con el tiempo, con una «semi-vida» de unos 10'5 $\pm$ 0'5 minutos.



Lamentable estado en que quedó, después del terremoto, el «bungalow» o casa del servicio de la misión, en Bettiah

Los mismos investigadores llevaron al cabo, luego, un experimento similar al efectuado por Becquerel, en el que el manantial de energía se colocaba a un lado de una plancha de plomo de 9 mm. de espesor y el contador en el lado opuesto, disponiéndose el conjunto en un campo magnético, de manera que cualquier electrón emitido pudiese llegar al contador, únicamente en el caso de aplicar un campo de signo y magnitud apropiados. Se observó que, cuando el campo era tal que los electrones positivos podían alcanzar el contador, el número de impactos quedaba multiplidado por 3; en cambio, cuando el campo era excitado en sentido inverso, no se observaba aumento alguno sensible. De este resultado experimental puede en verdad deducirse, que las radiaciones en cuestión están formadas, al menos en parte, por electrones positivos.

Los autores obtuvieron unas 250 fotografías con la cámara de Wilson, en un poderoso campo magnético de unos 2000 gauss, colocando el manantial activo contra la parte exterior de la cámara, que tenía unos tres milímetros de espesor.

En estas condiciones, solamente observaron dos electrones positivos que pudiesen proceder de dicho manantial. Tales electrones indicaban energía del orden de 500 kilovolts. Observaron, en cambio, 48 trayectorias de electrones Compton, que nacían en el gas y cuyas energías variaban entre 100 y 500 kilovolts, permitiendo admitir la emisión de rayos γ de una energía comprendida entre quinientos kilovolts y un millón de volts (véase lo ya publicado recientemente en IBÉRICA, n.º 1032, página 39).

Tales rayos γ podrían proceder de la aniquilación de los electrones positivos, tal vez en la pared de vidrio de la cámara.

Los experimentos de desviación, aun cuando de poca precisión hasta ahora, tienden a confirmar que son pocos los electrones positivos que tienen energía suficiente para penetrar a través de las paredes de vidrio.

Nuevos esperimentos, llevados al cabo con un contador provisto de ventanilla de mica, revelaron un gran aumento de impactos y demostraron, por consiguiente, que los electrones positivos entraban entonces en el contador.

La curva de los electrones positivos era semejante (en cuanto al radio, no en cuanto a la dirección, naturalmente, opuesta) a la de electrones negativos que tuvieran 800 kilovolts de energía.

Las observaciones hacen suponer que el isótopo inestable N^{13} del nitrógeno, se produce por la adición de un protón al C^{12} del carbono.

La diferencia existente entre la semi-vida observada por los investigadores ingleses y la dada por Curie-Joliot, puede ser debida a la formación de N^{13} en distinto estado de excitación.

No se observó ningún aumento patente en el número de trayectorias, cuando se sustituía el haz de protones por otro mixto de protones y de H^2.

DIFERENTES ESPECIES DE AGUA (*)

Junto con el profesor A. R. Olson y el doctor Wm. Maroney hemos medido la constante dieléctrica del H_2^2O y, aunque la conductividad del agua no era suficientemente baja para permitir determinaciones de gran precisión, pudimos averiguar que la constante dieléctrica del H_2^2O es sólo ligeramente inferior a la del agua ordinaria, siendo la diferencia entre ambas constantes únicamente de 1 °|o a 25° y aun todavía menor a temperaturas más bajas.

La viscosidad del H_2^2O fué estudiada por mí y por Macdonald, y resultó ser sumamente elevada. Nuestros resultados son los representados en la figura 10.ª que indica la relación de η_1 a η_2, que son las viscosidades del agua ordinaria y del H_2^2O entre 5° y 35°. Con estos valores de la viscosidad y de la constante dieléctrica, poseemos ya los datos necesarios para la aplicación de la ecuación de Onsager a las mediciones de conductividad de soluciones en agua pesada; sin embargo, hasta la fecha, no hemos podido obtener conductividades reproducibles a elevada dilución, en los recipientes pequeñísimos que hemos tenido que emplear.

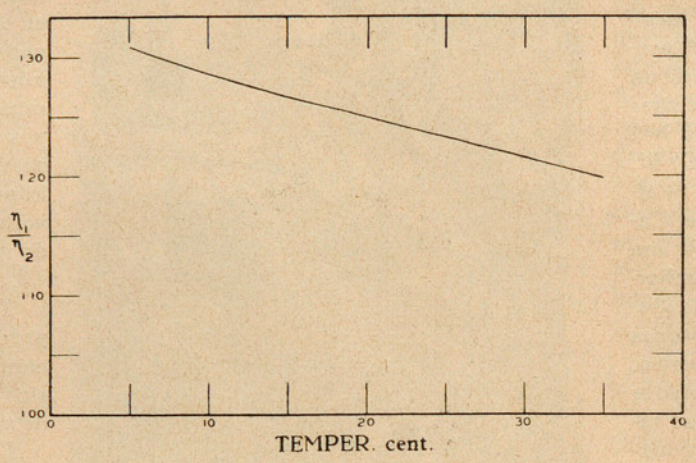


Fig. 10.ª

Esto no obstante, Mr. T. C. Doody y yo pudimos comparar la conductividad del KCl en el H_2^2O y en el H_2^1O a 0'086 M y las del H^2Cl en el H_2^2O y del H^1Cl en el H_2^1O a 0'017 M. En la figura 11.ª, la curva más baja representa la relación entre las conductividades del KCl en los dos disolventes, en función de la temperatura. La curva superior representa los valores correspondientes para las soluciones ácidas. La conductividad muy reducida del cloruro potásico en el agua pesada no podía por menos de resultar así, dada la gran diferencia entre las viscosidades de los disolventes. En el caso de las soluciones ácidas, la diferencia no es tan sólo entre los disolventes, sino también entre los iones. En un caso, se trata del ion H^{1+} y en el otro del ion H^{2+}. Aun cuando la hipótesis no puede darse todavía como cierta, ahora que conocemos la gran diferencia de viscosidad que existe entre los dos disolventes, podemos suponer que las relaciones que la figura indica serían también las relaciones existentes en el caso de una dilución infinita; así como también que la relación entre las movilidades del K^+ y del Cl^- es la misma en ambos disolventes. Así lo hicimos, y obtuvimos entonces para la movilidad a 18° del H^{2+}, del K^+ y del Cl^- en H_2^2O puro, 214, 54 y 55, respectivamente, admitiendo que las movilidades en agua ordinaria del H^{1+}, del K^+ y del Cl^- sean 315, 64 y 65.

Según la teoría de Bernal y Fowler, toda la diferencia existente entre las movilidades del H^+ y de un ion tal como el K^+ es debida a una especie de efecto túnel o filtración mecánica cuántica del H^{1+}, imperceptible en absoluto en el caso del ion pesado H^{2+}. Resultaría, pues, que la movilidad del H^{2+} en el H_2^2O no tendría motivo para ser mayor que la del K^+; no sucede así, sin embargo. En cambio, el hecho de que la diferencia entre el H^{2+} y el K^+ en el H_2^2O sea menor que la diferencia existente entre el H^{1+} y K^+ en el agua ordinaria, debe indudablemente ser atribuído a uno de los dos fenómenos que hemos discutido, al principio, cuando tratamos de la difusión del hidrógeno a través de los metales.

El punto de congelación del H_2^2O es 3'8° y la forma es presumiblemente la del hielo ordinario, puesto que flota sobre el líquido. El punto normal de ebullición es 101°42; las presiones del vapor, determinadas por Lewis y Macdonald, son las que aparecen en la figura 12.ª Representando por p_1 la tensión del vapor del agua común y por p_2 la del agua pesada, la figura da los valores de $\log_{10}\frac{p_1}{p_2}$ en función de los de $\frac{1}{T}$; además, figuran en la misma las curvas correspondientes al deutamoníaco, al ácido clorodéutico, al deutacético y al cianodéutico.

Por la pendiente de la curva en ambas clases de agua, a baja temperatura, deducimos que el calor de vaporización del H_2^2O excede del del agua ordinaria en 259 calorías por molécula.

Algunas consideraciones teóricas.—Si volvemos a examinar las diversas curvas que presentan diferencias entre el agua pesada y el agua común en función de la temperatura, observamos que tales diferencias van siendo mayores, a medida que nos

(*) Continuación del artículo publicado en el n.° 1032, pág. 43.

acercamos al punto de congelación; en cambio, desaparecen casi del todo a temperaturas moderadamente elevadas. Desde luego, por razones teóricas, no es de extrañar que tales propiedades (que, dentro de la hipótesis clásica, no dependen de la masa) lleguen a igualarse para ambas formas isotópicas, al crecer indefinidamente la temperatura; pero no era tampoco de esperar que la temperatura pudiese originar efectos tan considerables como los observados, dentro de límites de temperatura tan pequeños. Si examinamos únicamente las fases sólida y gaseosa, como en el estudio de las tensiones del vapor del ácido clorodéutico sólido, no será tal vez difícil obtener una interpretación matemática, derivada únicamente de la teoría; pero, en cambio, si estudiamos el estado líquido, no hallaremos seguramente ninguna base teórica adecuada para predicción alguna cantitativa. Y, sin embargo, ocurre con frecuencia que haya casos que resultan inabordables para el análisis de la Física matemática y que, con todo, son interesantísimos, en especial, para los químicos.

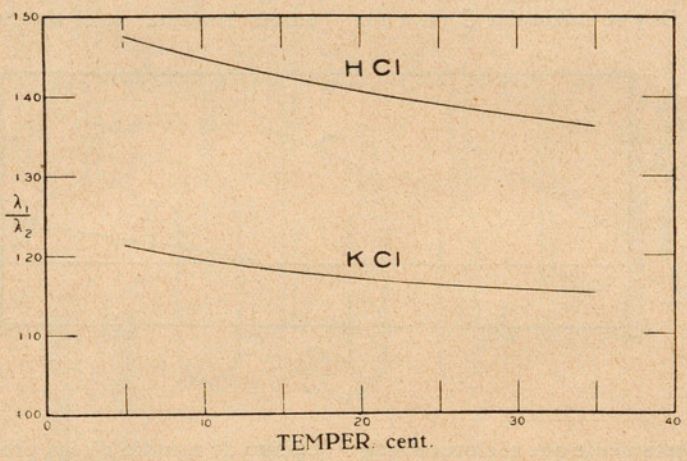


Fig. 11.ª

Casi es imposible atribuir a la casualidad el que la diferencia de las dos formas isotópicas crezca tan rápidamente, cuando nos aproximamos a los puntos de congelación, siendo así que entonces el agua ordinaria se convierte en uno de los líquidos más anormales. La causa de esta anormalidad, característica también de otras sustancias análogas al agua, tales como los alcoholes y el amoníaco, es indudablemente la formación del enlace del hidrógeno, propuesto por primera vez por Latimer y Rodebush, y que actualmente forma parte indispensable de la teoría moderna de la valencia. Este enlace del hidrógeno, que sirve para juntar entre sí dos átomos (como el nitrógeno, el flúor o el oxígeno) tiende a producir una molécula continua y esto da origen al fenómeno que se suele llamar (creo que con perfecta propiedad) asociación.

Todas las pruebas demuestran que este tipo de enlace queda reforzado por la sustitución del H^1 por el H^2.

En otros términos, que en el agua el enlace $O:H^2:O$ es más estable que el $O:H^1:O$, y que en el deutoamoníaco el enlace semejante $N:H^2:N$, es más fuerte que el $N:H^1:N$. Tales enlaces probablemente tienen poca tendencia a formarse en el ácido clorhídrico; y, para confirmar nuestra hipótesis, fueron determinadas las tensiones del vapor del ácido clorodéutico, expresadas en la figura 12.ª Si la temperatura fuera el factor determinante, sería de esperar una diferencia mucho mayor entre las tensiones del vapor del ácido clorhídrico y del ácido clorodéutico, que entre las formas isotópicas correspondientes de agua o amoníaco. En cambio, si el factor predominante fuese la formación del enlace del H^2, sería lógico que la diferencia fuese pequeña. Según se ve en la figura, a pesar del bajo punto de ebullición, la tensión del vapor del H^2Cl queda muy poco por debajo de la del H^1Cl. Tiene que formarse un tipo de enlace muy semejante, pero todavía más potente, cuando se trata de los dos grupos carboxilos en el ácido acético y ácidos semejantes, que, aun en estado de vapor, se hallan compuestos casi totalmente por moléculas dobles. Si también en este caso el H^2 formase un enlace más estable que el del H^1, sería de esperar que el vapor del ácido deutacético se encontrara asociado de manera aún más completa que el del ácido acético. Basándome en esta hipótesis, predije que la presión del vapor del ácido deutacético sería más elevada que la del ácido acético: esta predicción se ha visto notablemente comprobada por la curva para los ácidos acéticos de la figura 12.ª Podría lograrse una muy rápida separación del isótopo pesado del hidrógeno por destilación fraccionada del ácido acético: el hidrógeno pesado se concentraría en la parte superior de la columna de destilación.

Preparación de compuestos de hidrógeno pesado.—Llegados a este punto, puede ser interesante conocer cómo han sido preparados algunos de los compuestos del hidrógeno pesado. En el sistema de aparatos representado en la figura 13.ª, se hacía el vacío y luego se introducían en él unos 0'2 g. de H^2_2O puro por el tubo A, merced a una abertura que había en B, y que luego se sellaba a la lámpara. El tubo A se sumergía en aire líquido y se volvía a hacer el vacío en el sistema. Se dejaba, después, que el agua pesada se fundiera y se sumergía de nuevo en aire líquido, haciendo nuevamente el vacío para conseguir la desaparición de los últimos residuos de gas disuelto. El agua pesada se destilaba entonces hacia el tubo que contenía cloruro

magnésico, en donde había sido hecho el vacío durante varias horas, entre 570° y 600°. Después se cerraba la llave de paso D y se calentaba el hornillo hasta 600°. Al cabo de veinte minutos, el sistema llegaba al equilibrio y poco más de la mitad del vapor de H^2_2O se había convertido en H^2Cl. Manteniendo caliente el hornillo, se hacía condensar la mezcla gaseosa en el tubo A que se sumergía en aire líquido. El aire líquido era luego sustituído por pentano a −130° y simultáneamente se rodeaba la ampolla F de aire líquido. Sólo el H^2Cl destilaba hacia esa ampolla. Después de la oportuna manipulación de la llave de paso, se dejaba que A se calentara de nuevo y se sumergía el tubo C en aire líquido y, una vez condensada el agua restante en C, se cerraba la llave D y se calentaba C para que el agua remanente pudiera reaccionar con el cloruro magnésico. Fué repitiéndose este proceso, hasta tanto que no quedó nada del agua pesada. La razón de emplear este complicado proceso es que cualquier cloruro de los que ensayamos, y que se hidrolizase más completamente que el cloruro magnésico, contenía siempre ingredientes suficientemente volátiles para impurificar ligeramente el H^2Cl. Cuando toda el agua se había agotado, el gas se recogía de nuevo en la ampolla del cloruro magnésico (que estaba ya fría) y se dejaba así toda la noche. Manteniendo después esta ampolla a −130°, se destilaba el H^2Cl puro que iba a condensarse en la ampolla E rodeada de aire líquido. Luego, dicha ampolla se guardaba. Cuando se quisieron hacer mediciones de la tensión del vapor del H^2Cl, éste se dejó pasar al tubo G de vidrio muy delgado, que se sumergía en un termóstato y se conectaba con un manómetro no representado en la figura.

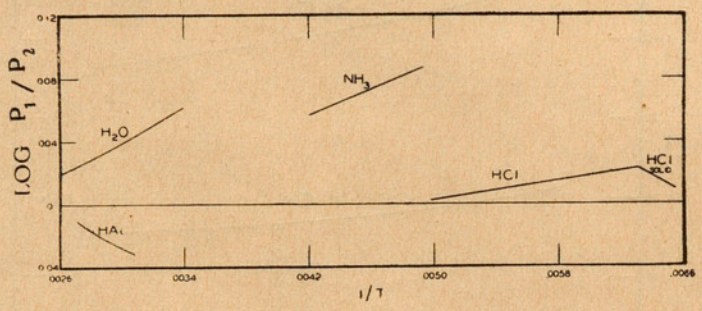


Fig. 12.ª

Al cabo de una semana o dos, durante las cuales se estudiaron las propiedades del ácido clorodéutico, todo el H^2Cl se trasvasó al tubo que contenía acetato de plata, donde en el trascurso de 24 horas reaccionó completamente, dando cloruro argéntico y ácido deutacético, $CH_3 \cdot COOH^2$. Por métodos semejantes se le despojó de todo residuo posible de H^2Cl y se midió la tensión de su vapor, llevándose al cabo, asimismo, algunas modificaciones preliminares de la densidad de su vapor.

Con objeto de ver si se producía alguna modificación interna en la molécula del ácido deutacético para dar origen a la del $CH_2H^2 \cdot COOH$, se trató una tercera parte del ácido acético con carbonato sódico anhidro y, una vez terminada la reacción, el agua producida se destiló en el tubo H, y luego, otra vez, en el tubo J, desde el cual se trasvasó el agua (0'07 g.) a un pequeño picnómetro y se determinó su densidad. De haber existido traspaso del hidrógeno pesado del grupo carbóxilo al grupo metilo, esa muestra debía contener, aproximadamente, un 25 °/₀ de H^2_2O. Según la densidad, contenía el 91 °/₀. Este pequeño cambio fué atribuído por nosotros a impurificaciones residuales de agua ordinaria, durante el curso de esta prolongada investigación. Otra tercera parte del ácido acético fué convertido en agua y calentado, en un tubo sellado a la lámpara, durante 24 horas, a 200°. Esta muestra, tratada como la anterior, dió agua que contenía un 82 °/₀ de H^2_2O. Tampoco aquí parece haber habido ningún reajuste en el interior de la molécula del ácido; el porcentaje más bajo de agua pesada puede explicarse por el hecho de que el vidrio pirex devuelve cantidades considerables de agua, cuando se le calienta durante mucho tiempo.

Efectos biológicos del agua pesada.—En ningún campo de estudio de las propiedades del agua pesada se pueden esperar más interesantes aspectos que en el de la Biología; uno o dos días, tan sólo, después de la preparación de la primera muestra concentrada, empecé ya los primeros ensayos y experimentos sencillos acerca del efecto del agua pesada sobre diversos organismos.

Estos experimentos sobre semillas, sobre microorganismos, sobre organismos mayores y, finalmente, sobre una rata, junto con otros experimentos semejantes llevados al cabo por Taylor, Swingle, Eyring y Frost no serán descritos aquí, pero sí resumiré brevemente las conclusiones que de ellos pueden deducirse. Las cantidades pequeñas de H^2_2O no parecen tener efecto tóxico alguno. Los organismos sencillos pueden subsistir en un agua que tenga la mitad de su hidrógeno sustituído por H^2. En tales casos, el régimen de desarrollo y crecimiento parece ser casi proporcional a la fracción de H^1 con relación al hidrógeno total. Si el hidrógeno H^1 es sustituído por el H^2 en un 90 °/₀, quedan destruídos todos los organismos, salvo aquéllos más sencillos.

En H^2_2O 100 °/₀, los experimentos realizados hasta ahora indican que cesa todo crecimiento orgánico, si bien el organismo puede no perecer. La explicación estriba incuestionablemente en los regímenes más lentos de reacción, en la mayor parte de los sistemas en que el H^1 se reemplaza por H^2

El profesor G. K. Rollefson, por ejemplo, ha encontrado recientemente, en nuestro laboratorio, que la velocidad de la reacción fotoquímica entre el Cl_2 y el H^1_2 es trece veces más rápida que la del Cl_2 y el H^2_2; no parece existir límite para la magnitud de tales relaciones, que pueden llegar a ser enormes, en casos en que existe el efecto túnel a que ya he aludido repetidas veces. Ahora bien: en el organismo vivo, son incontables los procesos concurrentes o sucesivos, por lo que es frecuente que, si uno de ellos es extraordinariamente retardado por el hidrógeno pesado, haga que se retarde también semejantemente todo el proceso vital. Creo que basta simplemente que unos pocos procesos de esta clase queden casi totalmente inhibidos por la sustitución del H^1 por el H^2, para explicar que el régimen de crecimiento resulte casi proporcional al tanto por ciento de H^1 en el hidrógeno.

Otras formas isotópicas de agua.—Aun cuando ha parecido conveniente llamar «agua pesada» al H^2_2O, esa denominación resulta ya algo ambigua.

En el primer experimento de todos, realizado por el doctor Cornish y por mí con la columna pequeña, vimos que la densidad en la parte alta de la columna era mucho menor de lo que correspondía, aun en el caso de que todo el hidrógeno pesado hubiese quedado eliminado. Hay, en realidad, varias formas isotópicas más pesadas que el agua ordinaria y ésta a su vez es más pesada que el $H^1_2O^{16}$ puro. Sin embargo, las únicas formas isotópicas que probablemente ofrecerán interés práctico, en un porvenir próximo, son las que contienen O^{18}. Este isótopo, espero poderlo obtener pronto en un estado de regular pureza.

Cuando se fracciona el agua ordinaria, sea por electrólisis, sea por destilación, una parte considerable del primer aumento de densidad es debido a la acumulación del O^{18}. No es que el fraccionamiento sea comparable en magnitud con el que produce la separación de los isótopos del hidrógeno, sino porque la concentración del O^{18} en el oxígeno común es algo así como 30 veces mayor que la del H^2 en el hidrógeno ordinario.

A medida que va prosiguiendo el fraccionamiento, el tanto por ciento de H^2 gana al de O^{18} y, en las últimas fases, el efecto de la concentración de el último es relativamente de poca importancia.

La concentración de O^{18} en estos dos procesos de fraccionamiento ha dado origen a algunas dificultades para determinar cuantitativamente las propiedades del H^2_2O puro, entendiendo por esta denominación las del agua en que el H^1 ha sido reemplazado totalmente por H^2, pero en la que el oxígeno conserva su composición isotópica normal.

Nuestro primer método para la separación completa del oxígeno y del hidrógeno del agua, mediante el tratamiento por el hierro, ya ha sido mencionado. Este método también resulta tan bueno como otro cualquiera, si deseamos el oxígeno y el hidrógeno de la mezcla original de agua.

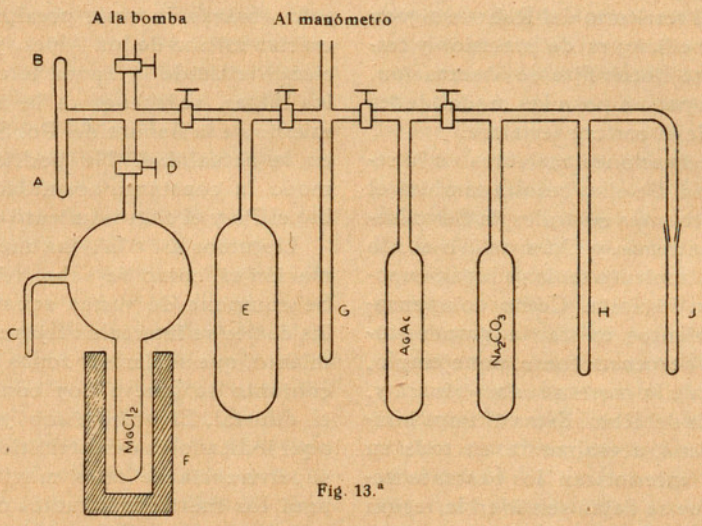


Fig. 13.ª

Posteriormente, he ideado un método sencillo para dar al oxígeno su composición isotópica original, burbujeando anhídrido sulfuroso en el agua. De modo análogo, el hidrógeno podía ser llevado a su composición isotópica normal, haciendo burbujear amoníaco. Este método se modificó más tarde, empleando amoníaco líquido en lugar del gaseoso y rebajando así al mínimo la pérdida de agua por evaporación. Es de observar, que el amoníaco, para que tenga su hidrógeno con la composición isotópica normal, no debe ser preparado con hidrógeno electrolítico.

Si lo que deseamos es analizar la muestra de agua con el solo fin de averiguar su H^2 y su O^{18}, basta destilar la muestra cuidadosamente y determinar su densidad y su índice de refracción. De estas dos mediciones podemos calcular la cantidad de H^2 y de O^{18} de la muestra. El éxito de este método es debido al hecho de que el H^2_2O puro tiene el índice de refracción más bajo que el agua ordinaria, en 0'00449; el H^2O^{18} tiene, en cambio, mayor índice de refracción que el agua ordinaria: la diferencia es, según pudimos apreciar, de 0'0008.

Del fraccionamiento de los isótopos del oxígeno en la columna, estimé que la tensión del vapor del H^2O^{18} es más baja que la del del agua ordinaria, en 0'7 %. No hemos logrado obtener valores exactos para el fraccionamiento de los isótopos del oxígeno por electrólisis. En el agua que contenía cantidades iguales de H^1 y H^2, se desprendía por electrólisis cinco veces más de H^1 que de H^2. En el agua que contenía proporciones iguales de O^{16} y O^{18}, parece se desprendía, durante la electrólisis, alrede-

dor de un 10 °/₀ más del primero que del segundo.

Aun cuando esos efectos de fraccionamiento del oxígeno son pequeños, comparados con los del hidrógeno, son mucho mayores que los que se podían prever para isótopos de un peso atómico tan alto como es el del oxígeno. Creo que estos efectos tan manifiestos sólo los obtendremos en el caso del agua y demás líquidos anormales. Parece como si el enlace del hidrógeno agravara, no sólo las diferencias isotópicas del hidrógeno, sino también las de los demás átomos a que va unido. Efectivamente, hemos estudiado el fraccionamiento en la destilación de sustancias con elementos isotópicos no ligados al enlace del hidrógeno, y no hemos logrado hallar efecto alguno de fraccionamiento.

GILBERT N. LEWIS,
Profesor de Química en la Universidad.
Berkeley (California).

▣ ▣ ▣

MOVIMIENTOS DE LA CORTEZA SÓLIDA TERRESTRE (*)

Actualmente, en el territorio del Ruhr se siguen efectuando nuevas mediciones de precisión y trabajos geodésicos sobre líneas fijas de observación, que permitirán seguir paso a paso las modalidades de los movimientos de la corteza terrestre.

También hay observaciones recientes en la región sur de Alemania. De ellas resulta también el levantamiento de los montes centrales (la Selva Negra y Vogesen, el Palatinado y Odenwald o el Alb de Suabia). Este levantamiento tenía ya lugar, cuando menos, en la época terciaria. Como compensación de esos levantamientos, existen las grandes zonas de hundimiento o descenso: como, por ejemplo, las de la parte norte de la meseta suabo-bávara y, especialmente, el valle del Rhin. Estos últimos hundimientos prosiguen aún, actualmente, en toda su intensidad, como lo exteriorizan los bastante frecuentes terremotos que se dejan sentir en la región (el de febrero de 1933, en Rastatt, fué bastante fuerte, por cierto). Así lo comprueba el Rhin que, en vez de excavar su lecho, en esta zona, tiene que irlo rellenando constantemente.

La otra zona de que se poseen datos numéricos actuales es la meseta suabo-bávara. Mediante mediciones de gran precisión, se ha comprobado que toda la meseta, desde el Alb de Suabia por el norte y los Alpes suizos por el sur, se corre lentamente hacia el oeste. La velocidad de este corrimiento horizontal alcanza, en muchos puntos, 2'5 metros en 85 años y en otros 1'5 m. La meseta se mueve, pues, con una velocidad media de casi dos metros por siglo en dirección al oeste. Estos movimientos vienen realizándose, cuando menos, desde el período gracial. Especialmente interesante es el hecho de que los cauces de los ríos que van de sur a norte procedentes de los Alpes (Iller, Wertach, Lech, Isar y Salzach) son arrastrados por el movimiento hacia el W en la parte correspondiente al mismo, ya que todos tienen su trazado en forma de arco convexo hacia el W en su parte media. Este trazado no tiene otra explicación que el corrimiento.

Además de los mencionados, pueden también aquí citarse plegamientos de gran amplitud, que no sólo abrazan la zona prealpina, sino también el macizo mismo de los Alpes, y que vienen produciéndose desde la época terciaria. Al sur, junto a los Alpes, se encuentra la nueva zona de hundimiento de la llanura del Po. Su tendencia prosigue en la actualidad. No podría explicarse de otro modo la constante acumulación de materiales sobre el Po y el engrosamiento de su lecho.

Llegamos así a la zona mediterránea, cuya formación es, como se sabe, relativamente reciente. Se compone de varias zonas de depresión, entre las cuales se intercalan fajas montañosas de plegamiento, que suelen ser zonas de levantamiento. El conjunto se mueve hoy como en el terciario o en el diluvial. El volcanismo y los terremotos son aquí indicadores característicos y fidedignos de la supervivencia de tales movimientos. Baste citar aquí los fuertes terremotos ocurridos en época reciente en la zona del mar Egeo, en que se observó un descenso de 30 cm. de la Península Calcídica. Existen los plegamientos que hoy día se están produciendo aún en Albania y que revelan la prosecución del plegamiento dinárico. Además, confirman lo mismo la posición inclinada de algunas inscripciones griegas, observables en la antigua ciudad de Byllis. Lo escrito, hace 2000 años, en unos muros y cantiles en líneas horizontales, forma ahora unos 5° con la horizontal NNE, de acuerdo con la dirección principal de las montañas.

Fuera de Europa, los movimientos contemporáneos no son menos frecuentes. De todos modos, hay aún pocos datos sobre el particular.

La gran cuenca del África oriental se distingue por su actividad actual: frecuentes terremotos y un activo volcanismo son las manifestaciones externas que lo atestiguan. Estos movimientos datan ya del terciario. El hundimiento de franjas de terreno es tan considerable, que, por ejemplo, el fondo del lago Tanganika se halla ya casi a 700 metros por debajo del nivel del Océano Índico, y el del Nyasa casi a 400 m. En la prolongación hacia el norte de esta zona de depresiones, se halla el mar Muerto, de Palestina, con su nivel 392 metros por debajo del nivel del Mediterráneo, y la mayor profundidad de su fondo a más de 800 m. por debajo.

(*) Continuación del artículo publicado en el n.° 1032, pág. 47.

Si en este sistema siguen efectuándose tales movimientos en escala parecida, toda la zona situada al oriente de esa depresión está llamada a desaparecer, entrando un brazo de mar en el continente africado, como ya ocurrió con el mar Rojo y Arabia.

También se conocen los movimientos actuales de las costas del África del sur; en general, son de levantamiento: la península de El Cabo ha subido 13 metros desde la época diluviana.

Los movimientos más rápidos que en la actualidad se observan en toda la Tierra, son los de California. Puede comprobarse su subsistencia ya en la época terciaria, desde la cual se han mantenido con la misma intensidad. Paralelamente a la costa, hacia el N y NW, se dislocan en California grandes fajas de la corteza terrestre. Las más próximas a la costa se mueven más de prisa que las situadas más al interior. Así pues, California se mueve hacia el NW, en dirección horizontal, o, lo que es lo mismo, el Continente americano se traslada, respecto de California, hacia el SE.

Estos movimientos son tan rápidos, que han dado lugar a mediciones locales muy notables. El promedio alcanza unos 5 centímetros anuales, llegando en algunos puntos hasta los 40 cm. Ya no se requieren determinaciones geodésicas de precisión para comprobar estos movimientos: en pocos años, se curvan carreteras, caminos, cercas, muros, etc., que se agrietan y rompen.

En inmediata relación con estos corrimientos permanentes, se observan frecuentes terremotos como no los sufre otro país del Mundo, salvo el Japón. En los diez años siguientes a la gran guerra, California ha sufrido más de 600 terremotos. Recuérdese el de 1906 que destruyó San Francisco y los de 1917 y 1922 que destrozaron el acueducto de Los Ángeles; el de 1925 que destruyó parte de la ciudad costera de Santa Bárbara. Estos terremotos no son más que los fenómenos de asentamiento brusco, que siempre acompañan a estos corrimientos continuos del terreno.

Ordinariamente, son de índole inofensiva, debido a que también los corrimientos del terreno son mucho más lentos. Sucede, no obstante, que, cuando un macizo rocoso corre a lo largo de otro, y por una causa cualquiera sobreviene un atascamiento (producido, por ejemplo, por el roce de las superficies fronterizas), todas las tensiones y esfuerzos se concentran allí. Durante algún tiempo, el movimiento queda paralizado, hasta que la acumulación de esfuerzos llega a ser tan grande que, bruscamente, en pocos segundos, se recupera con fuertes y violentas sacudidas todo el retraso sufrido. Este movimiento, semejante al disparo de un resorte en tensión, vuelve a dejar las masas en su verdadero asiento; después de lo cual, el movimiento lento y continuo prosigue su curso.

En California abundan, además, los movimientos en sentido vertical. Así, el gran macizo de granito de la Sierra Nevada continúa subiendo desde el período terciario.

Como último ejemplo, citemos sólo los movimientos de la costa oriental asiática y los de las Indias holandesas, que casi igualan a los de California. Los terremotos de la zona media del Japón indican la existencia de la línea de contacto de dos fajas de tierra dotadas de diferente movimiento de traslación. Al SW de la línea de fractura, existe un corrimiento horizontal de 1 a 4 m., respecto de la parte contraria. El corrimiento vertical relativo ha alcanzado en algunos puntos hasta 6 metros.

Tenemos, pues, que desechar la ilusoria hipótesis de la rigidez e inmovilidad de la corteza sólida de la Tierra, ya que en casi todas partes se encuentra en constante movimiento. En Escandinavia, más del 80 % de la población habita territorios que, hace menos de diez mil años, estaban cubiertos por las aguas del mar. En cambio, hay grandes zonas habitadas en los tiempos prehistóricos (como, por ejemplo, las costas septentrionales y orientales del mar del Norte) que, a causa del constante movimiento de descenso durante aquel mismo período, han sido invadidas por el mar: la costa NW de Alemania, Francia, Bélgica, Holanda. Así desaparecieron ciudades y campos, unas veces violentamente por los terremotos, y otras, por continuo movimiento de hundimiento.

DR. M. RICHTER,
Profesor de la Universidad.
Bona (Alemania).

■ ■ ■

EL ORIGEN EVOLUTIVO DEL SISTEMA SOLAR

En estos últimos años, se ha manifestado un creciente interés por los problemas astrofísicos. Como resultado de ello, las bases de los conocimientos astrofísicos se han ampliado considerablemente, desarrollándose simultáneamente derivaciones de carácter filosófico.

Merece citarse, como circunstancia curiosa y extraña, que las conclusiones de una determinada escuela astrofísica, relativas al origen del sistema solar, nos han vuelto a conducir hacia una especie de Filosofía geocéntrica pre-copernicana, ya que dicha escuela cree que la generación de nuestro sistema solar fué el resultado de un «accidente» tan improbable (véase IBÉRICA, vol. XXXIX, núm. 972, pág. 231), que nuestro sistema planetario podría incluso ser el único del Universo, y única la existencia de seres humanos de nuestro planeta.

Encontramos de difícil aceptación, incuestionablemente, una concepción tan opuesta a la tendencia de las ideas modernas, y creer que sistema tan

perfectamente organizado como el sistema solar pudiese haber tenido existencia únicamente como resultado de un accidente tan improbable. Así es que hemos repasado las bases de las teorías más corrientemente aceptadas, con el intento de formular una teoría más satisfactoria del origen del sistema solar. Como resultado de ella, el origen de los planetas es una parte integrante de un proceso evolutivo, que tenemos motivos para suponer muy común y corriente en el Universo.

Conviene advertir a los no iniciados, que el tipo de problema físico que intentamos resolver es de gran dificultad; no tenemos otra guía que la simple observación astronómica del estado actual del sistema: de ella pretendemos, basándonos en legítimos razonamientos físicos, deducir las condiciones iniciales y la historia del sistema. Nuestros datos, aun en el caso más favorable, son incompletos y nos vemos obligados a reconstruir un complicadísimo y desmenuzado rompecabezas, a pesar de darnos cuenta de que tal vez faltan en él muchas piezas.

Empezaremos por examinar algunos de los datos de observación que tienen que servirnos de puntos de partida.

Características del sistema solar. — El sistema solar no es evidentemente una agregación accidental de cuerpos erráticos capturados por el Sol: por el contrario, parece claro que todo el sistema (quizás con alguna rara excepción) tiene que haber tenido un origen común.

Las características y condiciones de regularidad más notables, que deben ser tenidas en cuenta, para cualquier teoría completa que se proponga sobre el origen del sistema, son las siguientes:

1.ª La gran relación que existe entre la masa del Sol y la de los planetas, así como la relación también muy grande entre éstos y sus satélites.

2.ª Que la dirección del movimiento orbital es la misma para todos los planetas.

3.ª Que las órbitas de los planetas caen casi en el mismo plano.

4.ª Que el sistema planetario se halla disperso en una región muy extensa, en comparación con la ocupada por el Sol, mientras que los sistemas de satélites planetarios son bastante más concentrados.

5.ª El ecuador solar cae casi en el plano de las órbitas planetarias.

6.ª A juzgar por los datos conocidos, las rotaciones axiales de los planetas (salvo rara excepción) se efectúan en el mismo sentido que su traslación orbital.

7.ª Excepto para el Sol y los dos planetas más próximos a él, que son los que más han sufrido los efectos de marea, los períodos efectivos de rotación axial de todos los planetas son comparables.

8.ª El período de rotación axial del Sol es relativamente grande (31'8 días) y su cantidad de velocidad angular es 1/30 de la del sistema solar entero.

9.ª El enorme planeta Júpiter tiene por sí solo más de la mitad de la cantidad de movimiento angular del sistema.

10.ª La mayor parte de los planetas tienen sistemas de satélites.

11.ª Los planetas de mayor masa y menores densidades son los que tienen mayores velocidades de áreas barridas.

12.ª Las excentricidades de las órbitas de los planetas son pequeñas, en tanto que las de algunos de los asteroides son grandes.

Sobre estos datos se han edificado las teorías acerca del origen del sistema solar. Repasaremos rápidamente algunas de las primitivas teorías e indicaremos brevemente sus dificultades.

Teorías primitivas (1). — Las ideas modernas referentes al origen del sistema solar empezaron a tomar forma hace cosa de 175 años, cuando Kant describió un caos preexistente que se condensaba en nebulosas rotatorias e, imaginando al Sol como una de tales nebulosas, suponía que los planetas se habían formado por la solidificación de la envolvente gaseosa de su periferia.

Cuarenta años más tarde, Laplace estableció esta idea sobre una base más sólida, demostrando que aquellas nebulosas debían girar cada vez más rápidamente, a medida que se iban condensando; que tomaban una figura lenticular y que debían acabar por desprender o proyectar un anillo de materia que, condensándose, formaría los planetas.

Esta famosa hipótesis de Laplace pareció, al principio, completamente satisfactoria; sin embargo, Maxwell demostró después, en una memoria que ya es clásica, que tal sistema de anillos no se condensaría nunca. Existe, además, una verdadera dificultad para poder explicar la rotación actual (relativamente lenta) del Sol, que apenas llega a 1/50 de la velocidad de rotación que se requeriría para desprender el mencionado sistema de anillos.

Una vez que quedó establecido que la hipótesis de Laplace era incapaz de explicar el origen del sistema solar, fué propuesta la hipótesis planetesimal de Chamberlain y Moulton, que posteriormente se modificó de nuevo para poder dar cabida en ella a la idea esencial de Buffon, quien ya mucho antes indicó la posibilidad de que un cometa hubiese arrancado del Sol los planetas, por choque verdadero.

Quizás la modificación más satisfactoria de la teoría del choque es la debida a Jeffreys, que supone que una estrella de gran masa chocó realmente y bajo un ángulo muy oblicuo con nuestro Sol, arrancando de él la materia de que están ahora formados los planetas. Desgraciadamente, su teoría es aún demasiado inconsistente para permitir su comprobación satisfactoria mediante un cálculo cuantitativo. La objeción más visible contra tal teoría estriba en la probabilidad extremadamente

(1) El lector que desee conocer más extensamente estas teorías, pueden recurrir a la serie de artículos publicados en IBÉRICA, volumen XXXIX, número 958, página 12; número 959, página 30; número 960, pág. 46; n.° 961, pag. 60; n.° 962, pág. 74 y lugares allí citados.

pequeña de que una estrella de paso choque con el Sol, precisamente en la forma requerida. Además, tal hipótesis exige la presencia de un medio resistente que explique las pequeñas excentricidades de las órbitas planetarias; esta hipótesis auxiliar no es satisfactoria, dado que, de admitirla, resultaría que la órbita del planeta más cercano al Sol, que es Mercurio, sería la de menor excentricidad, y no es así, sino todo lo contrario. Sin embargo, esta objeción no es absolutamente insoluble.

Pasemos a examinar otros datos de observación que nos darán la clave de una teoría más racional.

Rotación de los planetas.—Sabemos, por observación directa, que la densidad media del Sol es de 1'4 g.-cm.^{3} Si suponemos que el Sol es de densidad uniforme, sucedería que tendría que romperse, en el caso de que su rotación llegara a hacerle dar una vuelta sobre su eje en 6 horas; la ruptura sobrevendría como consecuencia de las fuerzas centrífugas. Además, en tal caso, su cantidad de movimiento angular resultaría comparable con la cantidad de movimiento angular total del actual sistema solar completo. Las observaciones demuestran asimismo, que el período de rotación de los planetas todos, excepción hecha de los dos más próximos al Sol (que se hallan excesivamente sometidos a la acción de las mareas), es muy parecido siempre, a dicho período crítico solar de 6 horas. Los planetas mayores (Júpiter, Saturno y Urano) todos tienen períodos de rotación próximos a 10 horas. El eje de Urano se halla inclinado unos 97° respecto de su órbita (probablemente, como resultado de un par de fuerzas de marea que debió actuar sobre él durante un corto intervalo de tiempo, poco después del nacimiento del planeta, y en torno de un eje diferente del de rotación del nuevo astro): su rotación resulta así sencillamente retrógrada. Neptuno gira en torno de su eje a razón de una vuelta cada 15 horas. El actual período de rotación de la Tierra es de 24 horas, pero su valor efectivo inicial tuvo que haber sido sólo de 4'1 horas; porque, al principio, la Luna se hallaba sobre la superficie de la Tierra y la cantidad de movimiento angular de ésta tenía que ser, en consecuencia, mucho mayor que el valor actual. Es sabido que Eros gira con un período de 5 horas y media. Marte es una excepción; pero concuerda también admirablemente con nuestra hipótesis, ya que hay serias razones para creer que en su tiempo perdió un satélite, de masa relativamente muy grande y que poseía una gran parte de la cantidad de movimiento angular del sistema. Es sabido, además, que el satélite Fobos recorre una órbita casi circular en torno de Marte, en 7 horas y media, cosa que indica claramente que Marte en otro tiempo giraba mucho más rápidamente.

Este esquema del período crítico solar, trazado por los períodos efectivos de todos aquellos planetas de quienes cabía esperar datos útiles sobre el particular, es tal vez el más significativo de todos los datos que tenemos a nuestra disposición. Constituye una guía excepcionalmente clara, que conduce al investigador a una única conclusión: *el sistema planetario, originado como resultado de la ruptura por rotación de una estrella progenitora no muy diferente de nuestro Sol actual.*

Hemos despreciado, desde luego, los efectos de los pares debidos a fuerzas de marea y a la condensación, sobre los períodos de rotación de nuestros planetas recién formados; pero podríamos presentar argumentos en favor de que tales efectos no pudieron variar mucho la magnitud del período de rotación del Sol progenitor. Por ejemplo, por los datos de observación de los efectos de marea, sabemos que el ángulo de marea de la Tierra es muy pequeño y que casi inmediatamente acomoda su forma a los sistemas exteriores de fuerzas. Es, pues, de suponer que los pares de fuerzas de marea que actuaron sobre la Tierra, durante el proceso de su nacimiento, probablemente no fueron mucho mayores; de ello puede deducirse que lo mismo debió suceder con los otros planetas; en cambio, cálculos rápidos bastan para demostrar que no ocurre ya lo mismo en el caso de estrellas *compañeras,* de gran masa. En lo tocante a la condensación y a la variación que resultara para el momento de inercia y para el período de rotación, creemos que realmente carece de importancia. Los pequeños satélites de Saturno, nacidos simultáneamente con el planeta, debieron enfriarse en seguida. Si Saturno se ha condensado sensiblemente desde su primitivo estado, todos los satélites que entonces se hallaron dentro del límite de Roche *primitivo* (IBÉRICA, Supl. de dic. de 1931, pág. XLVI, cons. 62) debieron desintegrarse para formar sistemas de anillos. Según se sabe, el límite entre el sistema actual de anillos y el sistema de satélites corresponde con un notable grado de precisión al actual límite de Roche en Saturno. Esto parece aportar una prueba bastante fidedigna de que *todo el sistema solar estaba ya casi condensado, cuando se formó.* No tenemos, pues, que afrontar la grave dificultad con que tropezaban las anteriores teorías, al tener que explicar la condensación gaseosa sobre núcleos discretos de muy pequeña masa inicial.

Los datos de observación que hemos subrayado hasta aquí, nos inducen a postular la ruptura por rotación de una estrella progenitora, pero no nos dan ya ningún otro elemento de guía, respecto del verdadero mecanismo de tal ruptura. Varias son las hipótesis rotatorias hasta aquí estudiadas, mas todas han fracasado completamente, al no poder explicar la lenta rotación del Sol y su cantidad de movimiento angular, relativamente pequeña comparada con la de Júpiter y otros planetas exteriores. Esta dificultad de las teorías precedentes la evitamos en la forma expuesta y establecemos la formación de sistemas planetarios, como parte integrante del progreso evolutivo de los sistemas de estrellas bi-

narias, demostrando que los pares de marea debidos a las dos componentes de una estrella dividida tienen que convertir la cantidad de movimiento angular de la rotación de las dos estrellas inmediatas en la de su movimiento orbital, para terminar por girar muy lentamente en torno de sus respectivos ejes. Nuestra teoría del sistema solar, por consiguiente, es en esencia un caso particular de un tema mucho más amplio, que trata de explicar la presencia y características de los sistemas binarios.

Estrellas binarias.—La observación astronómica demuestra que, cuando menos, una estrella de cada cuatro se halla asociada a una compañera de masa comparable. La probabilidad de captura de una estrella por otra parece exageradamente pequeña, para poder explicar la abundancia de tales pares de estrellas, y creemos necesario suponer que esos pares deben su origen, ya sea al resultado de la condensación sobre dos núcleos independientes, ya a la división de un solo astro. La teoría de la división o ruptura, estudiada por Poincaré, Darwin, Russell y otros, admite que una estrella se vuelve inestable, como resultado de una rápida rotación axial, y llega a romperse en dos trozos de masas casi iguales. Esta teoría, acompañada del proceso de las mareas, explica bastante bien, en su forma ordinaria, la existencia y evolución de los sistemas binarios muy próximos o espectroscópicos, pero parece completamente inadecuada para explicar los pares visuales. Aunque los minuciosos cálculos de la estabilidad de una estrella líquida, dotada de rápida rotación, hechos por Darwin, aportan muchos datos relativos a las relaciones entre las masas de las componentes, a las figuras de equilibrio, etc., no describen el proceso de ruptura; durante un interesantísimo intervalo, el equilibrio es esencialmente inestable y los fenómenos ocurren en forma de cataclismo.

El cuadro cualitativo presentado por la teoría de la ruptura parece, sin embargo, correcto en esencia. La teoría de la ruptura exige que una estrella progenitora gire tan rápidamente sobre sus eje, que llegue a ser inestable. Al principio, se pensó que esta rápida rotación sería el resultado de la primitiva cantidad de movimiento angular de la nebulosa precedente y que la condensación de una estrella bastaba para explicar su presencia.

Moulton hizo objeciones a esta interpretación y demostró que tal hipótesis conducía a una relación improbablemente grande entre las densidades inicial y final. Su opinión viene apoyada por la conclusión de Jeans, quien ha demostrado que una estrella que gira y que evoluciona, irradia cantidad de movimiento angular, al mismo tiempo que irradia masa. Otra objeción, intimamente relacionada con la precedente, ha sido planteada por Chamberlain, quien afirma que una estrella que gire rápidamente, perderá su atmósfera por su ecuador y que las partículas perdidas arrastrarán consigo una cantidad de movimiento angular tal, que llegará a estabilizar la estrella y evitará su ruptura.

Otra grave limitación de la teoría de la ruptura fué todavía discutida por Jeans. quien demostró que, a menos que la relación de las masas de las dos componentes fuese inferior a 0'3, la cantidad de movimiento angular de la configuración elipsoidal jacobiana, crítica de la estrella progenitora, sería insuficiente para separar las dos componentes resultantes de la ruptura, hasta regiones en que pudiesen encontrarse en equilibrio estable. Es decir, que, si las masas de las componentes se hallan en una relación próxima a la unidad (como indican, tanto la observación, como los cálculos de Darwin), cada componente seguirá permaneciendo dentro del límite de Roche de la otra y, por consiguiente, se desintegrará por efecto de las fuerzas de marea y de las fuerzas centrífugas. Tal fragmentación no se observa en la realidad, por lo cual tenemos que creer que los sistemas binarios de estrellas nacieron con una relación de masas de poco valor y, debido a una radiación desigual de su masa, acabaron por convertirse en pares de masa casi igual; o bien que la teoría de la ruptura es incompleta, tal vez a causa de no tener en cuenta otras fuerzas que afectan el proceso evolutivo de las estrellas.

(Continuará).

DR. ROSS GUNN,
del «Naval Research Laboratory»
Washington.

▣ ▣ ▣

BIBLIOGRAFÍA

MONTESSUS DE BALLORE, R. DE. **Index generalis. 1933-34.** 2435 pages. «Éditions Spes». 97, rue Soufflot. Paris. 225 fr.

El «Index generalis» viene a ser el anuario general de las universidades, escuelas superiores, academias, archivos, bibliotecas, institutos científicos, jardines botánicos y zoológicos, museos, observatorios y asociaciones culturales.

Obra indispensable para todo el que le interese conocer las instituciones y personal científico de todo el Mundo. Y está al día, debido a la diligencia y constancia del que la dirige. La precede una introducción, en que se indican los datos acerca de la enseñanza en los establecimientos de enseñanza superior en Francia, como son matrículas, duración de los estudios, títulos, etc. Pero es verdaderamente interesante para todas las naciones del Mundo, pues en sus nutridas páginas se citan todas las universidades y sus cátedras, tanto en la facultad de letras, como de ciencias, con su personal.

También tienen cabida en él los institutos y asociaciones científicas. Es, sin duda, la publicación más completa y más exacta en este género, en la actualidad, y asombra el trabajo y paciencia que supone.

SUMARIO. Investigaciones de petróleos en España ▣ Nuevo tratamiento de la lepra.—Los rayos cósmicos.—Los terremotos de la India.—La prehistoria de Palestina.—Radiactividad inducida por los protones de gran velocidad ▣ Diferentes especies de agua, *G. N. Lewis.*—Movimientos de la corteza sólida terrestre, *M. Richter.*—El origen evolutivo del sistema solar, *R. Gunn* ▣ Bibliografía

Imprenta de «Ibérica», Templarios, 12.—Barcelona