



PATRIMONIO
DOCUMENTAL

OFICINA DEL I+D+i+DOP

0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	1 Hidrógeno H 1,008							
2 Helio He 4,00	3 Lithio Li 6,94	4 Beryllio Be 9,02	5 Boro B 10,8	6 Carbono C 12,0	7 Nitrógeno N 14,0	8 Oxígeno O 16	9 Fluor F 19,0	
10 Neón Ne 20,2	11 Natrio Na 23,0	12 Magnesio Mg 24,3	13 Aluminio Al 27,0	14 Silicio Si 28,1	15 Fósforo P 31,0	16 Azufre S 32,1	17 Cloro Cl 35,5	
18 Argón a 39,9	19 Calio K 39,1	20 Calcio Ca 40,1	21 Escandio Sc 45,1	22 Titanio Ti 48,1	23 Vanadio V 51,0	24 Cromo Cr 52,0	25 Manganeso Mn 54,9	26 Hierro Fe 55,8 27 Cobalto Co 59,0 28 Níquel Si 58,7
	29 Cobre Cu 63,6	30 Zinc Zn 65,4	31 Galio Ga 69,7	32 Germanio Ge 72,6	33 Arsénico As 75,0	34 Selenio Se 79,0	35 Bromo Br 79,9	
36 Krypton K 82,9	37 Rubidio Rb 85,5	38 Estroncio Sr 87,6	39 Yttrio Y 89,0	40 Circonio Zr 91,2	41 Niobio Nb 93,5	42 Molibdeno Mo 96,0	43-	44 Rutenio Ru 101,7 45 Rodio Rh 102,9 46 Paladio Pd 106,7
	47 Plata Ag 107,9	48 Cadmio Cd 112,4	49 Indio In 114,8	50 Estaño Sn 118,7	51 Antimonio Sb 121,8	52 Teluro Te 127,5	53 Yodo J 126,0	
54 Xenón X 130,2	55 Cesio Cs 132,8	56 Bario Ba 137,4	57 Lantano. La 138,9	58 Cerio Ce 140,2 59 Praseodimio Pr 140,9 60 Neodimio Nd 144,3 61- 62 Samario Sm 150,4 63 Europio Eu 152,2 64 Gadolinio Gd 157,3 65 Terbio Tb 159,2 66 Dysprosio Dy 162,5 67 Holmio Ho 163,5 68 Erbio Er 167,7 69 Thulio Tm 169,4 70 Iterbio Yb 173,5 71 Casiopeo Cp 175,0				
				72 Hafnio Hf 178,6	73 Tántalo Ta 181,5	74 Wolframio W 184,0	75-	76 Osmio Os 190,9 77 Iridio Ir 193,1 78 Platino Pt 195,2
	79 Oro Au 197,2	80 Mercurio Hg 200,6	81 Talio Tl 204,4	82 Plomo Pb 207,2	83 Bismuto Bi 209,0	84 Polonio Po 210,0	85-	
86 Nitón Nt 222,0	87-	88 Radio Ra 226,0	89 Actinio Ac (226)	90 Torio Th 232,1	91 Protactinio (230 Pa?)	92 Uranio U 238,2		



PATRIMONIO
DOCUMENTAL

OFICINA DEL HISTORIADOR
DE LA HABANA

EL PESADO URANIO ⁽¹⁾

Informe del Presidente de la Sección de Geología, Mineralogía y Paleontología

ING. JOSÉ ISAAC CORRAL

De acuerdo con lo que dispone el artículo 14 de nuestro Reglamento Social, esta Sección se complace en informar acerca del acontecimiento científico más trascendental ocurrido en el mundo durante el año 1945 y que por su naturaleza propia corresponde a las actividades de la misma: por lo que habrá de referirse a

La Energía Atómica y El Pesado Uranio.

Para los lectores no muy versados en materias físicas, nos parece conveniente hacer un extracto o resumen de los conocimientos adquiridos en dicha Ciencia durante los últimos 50 años, que hicieron posible la confección de la bomba atómica que provocó la rendición incondicional del Japón en menos de una semana, después de haber comprobado los daños inmensos que se ocasionaron en sus dos importantes ciudades de Hiroshima y Nagasaki.

Las teorías relativistas (tanto *hiperbólica* como *elíptica*) conducen a la notable consecuencia de que *masa* y *energía* son equivalentes y se encuentran relacionadas por igualdad

$$E = m.c^2$$

siendo *E* la *energía* de un cuerpo en reposo, *m* su *masa* y *c* la velocidad de la luz en el vacío, o sea

$$c = 300,000 \text{ Kilómetros por segundo.}$$

Aplicando la igualdad anterior, es fácil calcular que *un gramo* de materia en reposo y a la temperatura del cero absoluto, tiene la energía que produce la combustión de *tres millones* de Kilogramos de hulla; o también la cantidad de calor necesaria para convertir 216,000 toneladas de agua en vapor.

Esta inmensa energía es la que conviene utilizar por el hombre en fines constructivos y para sustituirla al futuro agotamiento de los depósitos de hulla y petróleo. El problema es bien difícil de llevar a una solución práctica para

(1) Este trabajo fué el último que presentó a la Sociedad Geográfica de Cuba el que fué ilustre miembro de la Sociedad, nuestro querido compañero José Isaac Corral; leído poco antes de su sensible fallecimiento.

finés humanitarios y progresistas; pero el hombre, cuya inteligencia es más fecunda para hacer el mal que para provocar el bien, ha llegado primero a preparar la ya conocida bomba atómica, que es el terror del mundo actual y que será el azote de la humanidad futura.

Para dar una idea de cómo ha sido posible el aprovechamiento de la energía atómica en la confección de dicha bomba, tenemos que pasar a exponer brevemente las ideas modernas que prevalecen sobre la constitución del átomo y también adentrarnos un poco en los campos de la mineralogía y de la química.

Desde tiempos muy antiguos es conocido el metal Uranio, cuyo peso atómico es 238 y que en las obras de química aparece incluido en el grupo del cromo, en unión del molibdeno y del wolframio. Los derivados de estos metales tienen cierta analogía con los del azufre, especialmente en los óxidos más elevados, pues análogamente al anhídrido sulfúrico SO_3 existen las sales CrO_3 , MoO_3 , WO_3 , UO_3 que tienen carácter ácido y se pueden considerar como verdaderos anhídros: las sales son también análogas a los sulfatos e isomorfas con ellos, si bien la energía de estos ácidos disminuye al crecer el peso atómico.

El Uranio es un metal pesado, de aspecto gris como el hierro que tiene el peso específico de 18.7 y funde a más de $1,500^\circ$. Se preparaba antes por la electrolisis del cloruro, o calentando éste con el sodio; hoy se obtiene puro junto con el carburo de uranio U_2C_3 reduciendo el óxido con carbón en el horno eléctrico.

En la Naturaleza se encuentra el Uranio en los minerales conocidos con los nombres de *uranita*, *uraninita* o *pechblenda* y *carnotita*. Los dos primeros aparecen juntos con diversas sustancias radioactivas y abundan en las minas de Joachimsthal en Bohemia junto con el níquel, cobalto y plata, y en la América del Norte, en masas compactas o laminares de diversos colores. La carnotita (vanadiato de uranio) existe en los Estados de Utah y Colorado en los Estados Unidos de América.

Fué precisamente de la pechblenda de donde María Sklodowska y Pedro Curie pudieron aislar el nuevo elemento químico conocido con el nombre de radio. Becquerel en 1896, había descubierto que la pechblenda sin haber estado expuesta a la luz solar, emitía radiaciones especiales capaces de impresionar una placa fotográfica y que estas radiaciones se propagaban en línea recta, pero no eran reflejadas, ni refractadas, ni polarizadas; además estos rayos convertían los gases en buenos conductores de la electricidad y descargaban, a una distancia los electroscopios, es decir, que convertían los cuerpos aisladores en buenos conductores de la electricidad. Becquerel atribuyó esta propiedad al uranio y a los compuestos de dicho metal; pero en 1898 y 1899, los esposos Curie antes mencionados, advirtieron que estas propiedades eran mucho más intensas en algunos residuos de uraninita, de los cuales se había extraído la mayor parte del uranio. De aquí dedujeron que la causa de tales fenómenos debía atribuirse a otras sustancias, que llamaron *polonio* y que creyeron poder llegar a aislar en gran cantidad partiendo de aquellos residuos. Pero pronto lograron separar otra sustancia, un millón de veces más activa que el uranio, a la cual dieron el nombre de *radio*. En 1899, Debierne pretendió haber aislado otra sustancia activa a la cual dió el nombre de *actinio*.

Comparando las propiedades de los elementos químicos con sus pesos atómicos, se descubrió una peculiar relación entre ellos que permaneció inexplicable durante mucho tiempo, pero más tarde surgió la idea de la existencia de cierta conexión entre la interior estructura de un átomo y las propiedades químicas del elemento respectivo. Se estableció así en 1869 por el químico ruso Mendelieff, y casi al mismo tiempo por el alemán Lothar Meyer, el sistema natural o periódico de los elementos, en donde están éstos agrupados por sus respectivos pesos atómicos y ordenados en columnas numeradas, de tal modo que los pesos atómicos van aumentando cuando se lee la tabla de izquierda a derecha o de arriba abajo. Dicha tabla contiene nueve columnas y en ellas están reunidos los elementos cuyas propiedades están relacionadas de tal modo que constituyen lo que pudiera llamarse *familias químicas*. A cada elemento está asociado un número que indica su posición en la serie; así el hidrógeno tiene el número 1, el helio el 2, etc., hasta el uranio, cuyo átomo es el más pesado de todos los elementos conocidos y al cual le corresponde el número 92. En cada una de las columnas, los elementos se disponen naturalmente en dos grupos, lo cual se hace visible en la tabla colocando el símbolo químico a la derecha o a la izquierda de la columna.

Aún cuando dicho cuadro o tabla, ha experimentado recientemente numerosos cambios y modificaciones, la copiamos en hoja aparte tal como fué concebida por su Autor, a fin de que sirva de ilustración a lo que falta por decir.

Según veremos después, los cuerpos *radioactivos* emiten tres radiaciones diferentes, designadas como sigue: los rayos *alfa* que son iones *positivos*, mo-

viéndose con una velocidad variable que oscila entre $\frac{1}{20}$ y $\frac{1}{10}$ de la velo-

cidad de la luz; se sabe hoy que estas partículas α son átomos del elemento helio, que tiene al peso atómico 4 y que poseen dos cargas positivas, es decir, que pueden captar todavía dos electrones para convertirse en un átomo neutro de helio. Los rayos *beta* (β) son electrones lanzados con velocidades mucho mayores que la de los rayos catódicos. Finalmente, los rayos *gamma* (γ), análogos a los rayos X, son rayos ultravioletas; pero con longitud de onda aun más corta y con un poder de penetración mucho mayor que los rayos X.

En esta tabla periódica de Mendelieff, se observa que la progresión de las propiedades químicas entre los elementos coincide con la progresión de los pesos atómicos. Hace unos 20 años, se señaló el hecho de que siempre que una sustancia radioactiva pierde una partícula α de carga doble, se corre dos lugares hacia la izquierda en dicha tabla, mientras que siempre que pierde una partícula β de carga simple, se corre un lugar hacia la derecha, mostrando de este modo que el carácter químico de una sustancia depende del número de cargas positivas libres de su núcleo.

Los experimentos del joven físico inglés Moseley, demostraron que el *número atómico* de cada elemento químico, o sea el orden de su colocación en la tabla de Mendelieff, tiene más importancia al punto de vista de las propiedades de la materia que el peso atómico de dichos elementos, pues tal número ató-

mico representa el número de electrones libres que se encuentran dentro del átomo del elemento. Resulta de esto que el uranio, que ocupa el número 92, tiene en su átomo 92 electrones libres y resulta ser el más *inestable* de todos los elementos conocidos.

Los primeros indicios de la trasmutabilidad de los elementos surgió en 1815 con la hipótesis de Prout, que suponía que todos los átomos poseen pesos que son múltiplos enteros del peso del átomo de hidrógeno, lo cual significa, como es lógico suponer, que son idealmente transmutables. Pero durante tres cuartos de siglo, nada más ocurrió que indicase que las transmutaciones atómicas se realizaran alguna vez.

En 1896 se logró el descubrimiento de la radioactividad, la cual destruyó definitivamente la idea de permanencia e independencia de los elementos. Como el proceso radioactivo demuestra que unos elementos se transforman espontáneamente en otros, en 1919, se comprobó que las transformaciones atómicas podían ser dirigidas en alguna forma por el hombre. En dicho año Rutherford, bombardeando el nitrógeno con partículas *alpha* veloces, probó definitivamente que los protones, o núcleos de hidrógeno, eran en algunas ocasiones sacados fuera de los átomos de nitrógeno; la producción de un átomo de hidrógeno por el bombardeo del nitrógeno por rayos alpha llegó a ser un hecho indiscutible, resultando demostrada una transmutación dirigida por la voluntad humana, si bien se necesitaban sustancias radioactivas naturales para provocarla.

En 1930 se había ya demostrado por este procedimiento de transmutación semiartificial, que todos los elementos, desde el boro hasta el potasio, excepto el carbono y el oxígeno, pueden ser desintegrados por un bombardeo por partículas *alpha*: el resultado de la desintegración era, en todos los casos, la emisión de un núcleo de hidrógeno o protón. La segunda etapa de la desintegración artificial comenzó con los experimentos de Bothe y Becker, utilizando para el bombardeo los rayos *alpha* del polonio actuando sobre el berilo.

Al principio de estudiarse la constitución del átomo, se pensaba que los dos elementos fundamentales de su estructura nuclear eran las dos partículas practicándose en vasta escala en los Estados Unidos, por hombres de ciencia en estrecha unión con las autoridades militares de los Estados Unidos. Se llevan más sencillas hasta entonces conocidas: el *electrón*, de carga eléctrica -1 y peso atómico despreciablemente pequeño; y el *protón*, de carga eléctrica $+1$ y peso atómico próximamente 1: agregando un número conveniente de protones y electrones se pudo siempre obtener los valores necesarios para la carga eléctrica y para el peso atómico del núcleo. Pero en el año 1932 una serie de trabajos del alemán Bothe, de los franceses Curie y Joliot, y del inglés Cradwich, llegaron al descubrimiento del *neutrón* con carga eléctrica 0 y peso atómico próximamente 1. Además, en el mismo año 1932 las hermosas experiencias de Anderson en California y después los trabajos de Blackett y Occhialini, han demostrado que en las explosiones de átomos provocados por los rayos cósmicos, aparecían partículas que se conducen exactamente como electrones *positivos*; se les ha llamado *positones* o *positrones*.

Gracias a estos descubrimientos, las ideas sobre la estructura del núcleo sufrieron una revisión considerable, de modo que el esquema anterior de una

BIEN
PATRIMONIO
DOCUMENTAL
CENTRO DE INVESTIGACIONES
Y ESTADÍSTICAS
DE LA CUBA

construcción a base de protones y electrones, fué sustituido por otro nuevo, según el cual se admite que los elementos constitutivos fundamentales de todos los núcleos son *protones y neutrones*. Las razones para referir este segundo esquema al primero, se deducen de las dificultades teóricas que hacen difícil comprender como corpúsculos tan livianos como los electrones y positrones pueden mantenerse en una región de dimensiones tan extremadamente pequeñas como el núcleo: en cambio, no hay dificultades para comprender la existencia en el núcleo de corpúsculos relativamente pesados como el *protón* y el *neutrón*. Por esta nueva representación del átomo, el peso atómico del elemento químico considerado es igual a la suma de protones y neutrones contenidos en el núcleo. Además, la *carga* del núcleo vendrá dada por la diferencia entre las cargas positivas y negativas contenidas en sus protones y neutrones así, en el nitrógeno, los 7 protones producen una carga eléctrica $+7$, y los 7 neutrones tienen una carga $+7$ y otra -7 , que al compensarse forman cada neutrón, luego la suma algebraica $+7 - 7 + 7 = +7$, nos produce la carga $+7$ del núcleo que viene a ser la diferencia $14 - 7 = +7$, como indica la regla anterior. Finalmente, la carga del núcleo coincide con el *número atómico*, siendo igual al número de *protones libres*, y al número de electrones del átomo.

Mientras es relativamente fácil producir alteraciones en la estructura electrónica externa del átomo, alterar la organización del núcleo es un problema mucho más complicado: primero porque el núcleo es muy pequeño y por lo tanto más difícil de alcanzar con un eventual bombardeo; y además, porque los corpúsculos del núcleo están unidos con energías mucho mayores y, por lo tanto, los proyectiles deben poseer una energía muy grande para producir una ruptura.

El físico italiano Enrico Fermi fué el primero que utilizó los *neutrones* como proyectiles de bombardeo; su idea la tomó de la observación de que con partículas *alpha* o con *protones* no se había podido obtener efecto de desintegración nuclear más que sobre elementos livianos como el litio, pues la repulsión electrostática era demasiado fuerte y las partículas no llegan prácticamente a alcanzar el núcleo; en cambio, utilizando *neutrones*, éstos no sufren repulsión, pues son de carga cero, y pueden por lo tanto alcanzar los núcleos de los elementos más pesados. La fuente de neutrones utilizada por Fermi en sus experimentos es extremadamente simple y se basa en el hecho de que el berilio bajo la acción del bombardeo con particulares *alpha*, emita neutrones espontáneamente; así pues en un tubito de vidrio se introduce polvo de berilio y emanación de radio, cerrando luego el tubo a la lámpara: las partículas emitidas por la emanación chocan con los granos de berilio y dan lugar a la emisión de *neutrones*, que pueden llegar hasta un millón por segundo.

Al principio se creyó que el átomo formado por desintegraciones artificiales sería siempre un átomo estable; por eso produjo sensación el descubrimiento hecho en Enero de 1934 por los físicos franceses Joliot y su esposa Irene Curie, hija de la descubridora del radio, al indicar tres casos en los cuales los productos obtenidos por bombardeo con partículas *alpha* no eran estables, sino que se desintegran ulteriormente comportándose como los cuerpos radioactivos naturales. En este orden de ideas el físico Fermi, experimentando con

neutrones como proyectiles, examinó hasta 60 elementos, encontrando que un gran número de ellos o sea unos 40 dan siempre efecto radioactivo. Entre estos experimentos de Fermi es especialmente notable el que realizó con el uranio, encontrando un elemento nuevo que no es *isótopo* del uranio ni tampoco de los elementos que le anteceden en el sistema periódico. Al principio Fermi operó bombardeando el uranio con neutrones, en la forma antes indicada; pero luego obtuvo por adición de una partícula *alpha* el núcleo de dicho elemento, un nuevo *radioelemento artificial*, cuyo número atómico debe ser 94 y su peso atómico 242, siendo entonces el más pesado de todos los elementos hasta hoy conocidos.

Estos notables trabajos de Fermi sobre *radioactividad artificial*, dieron magníficos resultados: el magnesio bombardeado por neutrones, produce protones libres y sodio radioactivo; el mismo magnesio sometido al helio se convierte en silíceo radioactivo, quedando un neutrón en libertad; el silíceo radioactivo se desintegra en aluminio, quedando en libertad un *positrón*; el sodio sometido al bombardeo de un deuterón, formado por la combinación de un *protón* con un *neutrón*, se convierte en un sodio radioactivo, quedando libre un *protón*; continuando el proceso de desintegración radioactiva, el sodio isótopo se descompone en magnesio, desprendiéndose un electrón intranuclear, por cuyo desprendimiento un *neutrón* se convierte en *protón*.

Según ya dijimos antes, el átomo más pesado de todos los elementos químicos naturales es el *uranio*, cuyo núcleo tiene 92 protones y 146 neutrones, por lo cual se le denomina U (238). Es la forma más común de este cuerpo, pues existen otros dos *isótopos* del uranio denominados:

U (235) con 92 protones y 143 neutrones en el núcleo,

U (234) con 92 protones y 142 neutrones en el núcleo, teniendo todos ellos 92 electrones en su periferia.

El Uranio (238) no es directamente utilizado para el aprovechamiento de su energía atómica, pero es importante como materia prima para formar un nuevo átomo de poder sintético, llamado *plutonio*. El U (235) empleado para la liberación directa de la energía atómica, entra sólo en un 0.7% del peso total del Uranio natural U (238) y resulta muy difícil su separación mutua: en otros términos: cada libra del cuerpo energético U (235) viene mezclado con un peso muerto de 140 libras del relativamente inerte U (238).

Fué en el año 1939 cuando se pudo aislar al U (235) por un grupo de hombres de ciencia americanos de la Universidad de Columbia, asistidos por el Dr. Enrico Fermi de la Universidad de Roma, los cuales usando proyectiles de neutrones produjeron, aunque en miniatura, una descarga de energía enorme, lo cual condujo francamente a la confección de la bomba atómica.

La energía atómica liberada por una libra de U (235), equivale a 11.400,000 kilovatios-hora: el proceso que se sigue para ello consiste en bombardear el núcleo del átomo U (235) por un *neutrón*: la explosión ocasionada forma átomos más ligeros y deja en libertad a *neutrones* cuya masa combinada es menor que la masa del U (235). La masa perdida se transforma en energía según la an-

terior ley de Einstein. Del citado bombardeo se derivan, en una de las formas posibles, un átomo de bario y otros de krypton y varios neutrones libres listos para bombardear a su vez otros átomos de U (235). Es una cadena de bombardeos continuados y de auto-propagación de explosiones atómicas que destruye un bloque de U (235), al igual que el fuego de un bosque liberase energía calorífica equivalente a 11,400.00 kilovatios-hora por libra.

Tenemos dos clases de átomos adecuados para suministrar energía: el U (235) y el nuevo elemento número 94 denominado *plutonio* Pu (239), compuesto de 94 *protones* y 145 *neutrones* en su núcleo.

Para la producción del *plutonio* se usa el U (238) como materia prima y el U (235) como fuente de energía, íntimamente mezclados en igual proporción que en el uranio natural: o sea 99.3% de U (238) y 0.7% de U (235), con trazas de U (234). El proceso de formación es el siguiente: en una fracción de segundo, un millón de núcleos de U (235) son divididos produciendo dos millones de átomos más ligeros (digamos un millón de bario y un millón de krypton), así como entre uno y tres millones de proyectiles *neutrones*. Algunos de éstos escapan en vuelo libre pasando por el espacio relativamente grande que existe entre los componentes del átomo: algunos son capturados por los muchos núcleos del U (238) y otros son capturados por las impurezas. Pero en promedio, justamente un millón de neutrones debe romper otro millón de átomos U (235) en la siguiente fracción de un segundo. De este modo, la cadena de explosiones continúa, al igual que una pila de energía atómica.

Por la absorción de un neutrón en su masa, el átomo U (238) se convierte en un átomo de U (239) compuesto de 92 protones y 147 neutrones; el cual, a su vez, por la pérdida de dos neutrones nucleares, que se convierten en protones, se transforma finalmente, en *plutonio* Pu (239).

Este nuevo elemento artificial es más fácil de producir que el U (235) y se fabrica en cantidad, siendo el cuerpo que constituye el factor principal de la bomba atómica; el *Plutonio*, al igual que el U (235) se desintegra cuando se le agrega un *neutrón* a su núcleo.

Los resultados anteriores indicaron la conveniencia de obtener energía por la combinación de protones y neutrones o por la transmutación de una clase de núcleo en otro.

La combustión se propaga siempre automáticamente: en las reacciones nucleares lo anterior no ocurre: ni la energía libertada ni las nuevas partículas formadas son suficientes para mantener la reacción. Pero podemos imaginar reacciones nucleares emitiendo partículas de la misma clase de las iniciales y en número suficiente para propagar la reacción en los núcleos próximos. Seméjante reacción auto-propagadora es llamada "*reacción en cadena*".

La bomba atómica se funda en esta reacción que provoca la ruptura del núcleo del U (235) o del Pu (239) por medio de neutrones, con desprendimiento de nuevos neutrones que a su vez desintegran otros núcleos de los mismos cuerpos, con liberación de energía, produciéndose así la terrible explosión de dicha bomba.

Tal es la idea fundamental que sirvió de base para la creación de esta nueva arma de guerra, que ha dado a los Estados Unidos de Norte América la ansiada hegemonía mundial soñada por sus hombres directores, tanto militares como civiles.

Los detalles de su confección son desconocidos y se mantienen como un secreto nacional: el informe oficial dado por Henry D. Smyth, no obstante sus 254 páginas, no dice nada más sustancial de lo expresado anteriormente, pues está concebido con la idea premeditada de que el lector crea que se va a enterar bien de los detalles y técnica de la preparación de la bomba atómica, cuando lo que en realidad experimenta es un ahogo de datos administrativos e históricos que no le son de interés alguno y que nada significan para el fin perseguido.

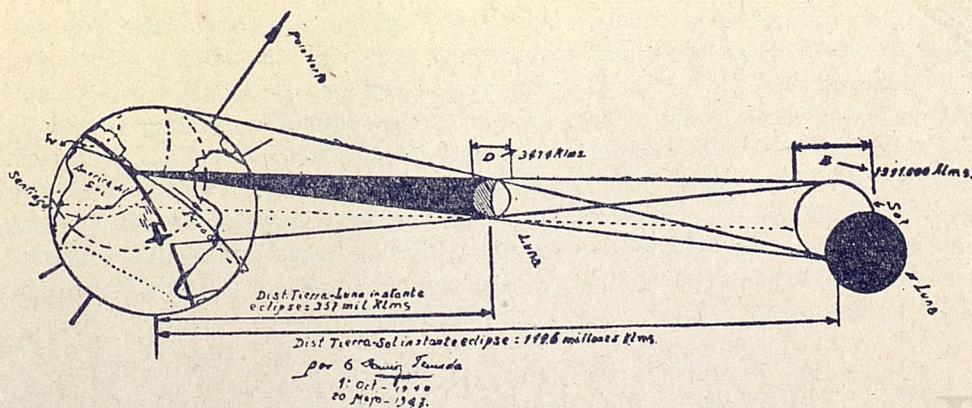
¡Un Eclipse Total de Sol en Sudamérica Sacudirá la Tierra y hará Oscilar, Extremecidas las Agujas Magnéticas!

POR C. MUÑOZ FERRADA

(Director del Observatorio Astronómico de Concepción, República de Chile).

Nuestro satélite, la Luna, es un astro admirable para recorrer el Cielo; bellísima ante los tubos astronómicos, incansable para seguir alrededor de la Tierra; y pensar acerca de su fantasía de volcanes, montañas, arenales y desolaciones, viene a ser el cuerpo celeste más llamativo; acerca de su origen y constitución, es terriblemente espantoso, una novela desconsoladora. Las fórmulas y sus caprichosos bagabundeos cósmicos, tapando los astros y saliendo a medio día y media noche, nos lleva a las conclusiones de que es hija de la Tierra, cuando nuestro mundo pesaba 78 trillones más de toneladas de los 6 mil trillones que tiene y daba vuelta sobre sí mismo en seis veces más veloz, es decir en cuatro horas. Hace un billón y medio de años, la Tierra era todavía algo blanda, llena de atmósfera candente y poco solidificada, estuvo eruyendo 500 años, día y noche, para que nuestro satélite pudiera nacer; la fuerza centrífuga la lanzó como una bala y sigue todavía alejándose, lleva un 20 por ciento de su vida; sin embargo sigue frenando las mareas oceánicas y continentales y produciendo fricciones al mundo geo-físico. Con ello, han quedado unos hoyos profundos en nuestras costas del Océano Pacífico Sur y el resto se fué al cielo. ¡La mitad de Chile, Perú, Ecuador y Colombia vagan en el Cosmos, están en la superficie de la Luna! Las discusiones internacionales del futuro, llegarán a reclamar tierras siderales!

¿Y dónde está la Luna? Está solamente a 284 mil klms. como distancia media. El Sol, a 150 millones de klms.; el planeta más lejano que está en la punta de la pluma y no en la pupila del telescopio, se encuentra a 10 mil millones de klms.; el cometa más lejano, se remonta hasta 11 billones de klms, y la estrella más cercana, la vecina de Alfa Centauro, para nosotros los de la América del Sur, se encuentra a nada menos que a 36 billones de klms. Y las nebu-



Muñoz Ferrada, indica la trayectoria que seguirá el cono de sombra de la Luna en Sudamérica en el "Eclipse Total de Sol" del Martes 20 de Mayo de 1947 a las 9h.44m. hora chilena.

losas celestes, los bordes del Cielo, rompiendo nuestra galaxia, se encuentran astas extra-galaxias, a la escalofriante distancia de nada menos que a 1,000 millones de años de luz, a razón de 300 mil klms. por segundos, que en distancia lineal vendría a ser 9 mil trillones de klms. Ts decir un 9 con veintiún cero. La Luna es entonces un privilegio para nuestra Tierra; en distancias astronómicas está como al alcance de nuestras manos, algo así como un asunto de aquí a la esquina. Viaja en una órbita elíptica, no circular, algo excéntrica, a razón de un kilómetro por segundo, completando su vuelta alrededor de la Tierra mostrando siempre la misma cara, cada 29,5 días, acercándose y alejándose en su perigeo y apogeo más de 8 radios terrestres, cuyas fricciones siderales debe transformarlas en electricidad y magnetismo de efectos oscilantes en la atmósfera y la corteza terrestre. Las fases de la Luna y su masa atractiva gravitacional tienen mil significados: producen fuerzas extrañas a la Tierra, hacen ondular los continentes, perturban las radiocomunicaciones, levantan las aguas de los océanos, alteran todos los climas, tienen influencias cosmobiológicas, ella junto con el Sol y los planetas, le producen 16 movimientos a la Tierra. Ese mundo tan admirable se balancea como un trompo luminoso, suspendido en el espacio, que ha sido tema y emociones de millares de poemas, y todos los años por lo menos eclipsa dos veces al Sol, pasa frente a él, lo deja para nosotros sin luz, negro, como si ella fuera una pantalla modelo.

Siempre los hombres se han preocupado de los acontecimientos que se producen en el Cielo. La admirable precisión para caminar las esferas celestes, ha creado las más delicadas observaciones. Estudiar los eclipses de Sol y de Luna, totales, parciales o anulares, es uno de los trabajos más grandiosos, tanto por las ecuaciones que se juegan la vida como por los misterios que se descubren en un cielo negro, sin luz y viéndose las estrellas a medio día. Lo era también un asombro y un acontecimiento científico para los hombres de tiempos remotos, especialmente para los egipcios, chinos, mayas y tiahuanacos, que en sus templos y pirámides han dejado sus inscripciones astronómicas. Lo era también un asombro para los pueblos de antes de nuestra Era, hace 2,500 años, en los tiempos del historiador griego Heródoto y, mucho más lo fué para los guerreros Lidios y Medas, que estando en batalla lanzaron sus armas al suelo al ver que en un día hermoso el Sol perdía luz, se iba poniendo negro purpurino, llegaba la obscuridad. Se estaba eclipsando el astro del día. Y en la China, los emperadores eran muy científicos y severos: reunían a todos los astrónomos, matemáticos, cosmógrafos y filósofos que habían indicado un eclipse total de Sol o de Luna. Si había algún error en los cálculos sobre la caída del cono de sombra de la Luna sobre la Tierra o de la Tierra sobre la Luna, los enviaban a todos ellos a los templos sagrados, y delante de los pueblos, les cortaban las cabezas. ¡Dos mil años después, Cristóbal Colón, consiguió alimentos y atemorizó a los indios caníbales de Las Antillas, al indicarles que la Luna Llena perdería su brillo!

Pero, el misterio de las fuerzas atractivas y el caminar de los astros, demuestran en los eclipses una Mecánica Celeste muy maravillosa. Cada 18 años 11 días y con un tiempo variable de 7 h.44 m. se produce el mismo eclipse o el rozamiento de la cola del cono de sombra de la Luna en la superficie de la Tierra, pero después de tres períodos o sean 54 años se repite muy aproximada-

mente del mismo lugar y después de 63 eclipses o 1136 años los contactos aparentes de los discos Sol y Luna son tan exactos, que supera al mejor cronómetro, con centésimas de segundo y el cono de sombra cae en el mismo lugar con una extensión de no más de 130 klms. de ancho. Sin embargo, es algo paradójal y no hay duda, que hace 12 mil años, los antiguos cultivadores de la ciencia, los hombres descendientes de la "atlántida perdida" como los tiahuanacos, mayas, incas, egipcios, chinos, caldeos y asirios, ya tenían conocimientos de los fenómenos astronómicos.

En los instantes que se produce un eclipse total de Sol, para un punto considerado en las observaciones, dura sólo 7 minutos; el cono de sombra de la Luna viaja deeste a Este a razón de 1660 klms. por hora, que si la Tierra fuera de cristal, veríamos que el vértice de la sombra llegaría más allá de la

$$\text{mitad del radio terrestre: } V = R \left(\frac{\pi}{6} - \frac{\pi}{12} \right) = \frac{\pi}{12} \times R,$$

lo cual es igual a $0,26 \times 6372$ igual a 1660 klms. por hora. Y en 18 años 11 días ó 223 lunaciones o lunas nuevas se producen nada menos 70 eclipses de Sol y de Luna: 41 son de Sol y 29 son de Luna. Pero, en un año nunca pueden haber menos de dos, como tiene que acontecer en 1947: 20 Mayo, eclipse total de Sol; 3 de Junio, eclipse parcial de Luna; 12 Noviembre, eclipse anular de Sol y 31 de Octubre de 1948, otro eclipse total de Sol en Sud-América. En realidad nuestro año actual es un año de mínimo de soles negro. Es un trabajo admirable como en 19 vueltas completas de la Luna a su nodo o lugar donde su órbita corta la trayectoria de la Tierra, que cada 346 días lo repite, es lo mismo que 223 lunaciones o lunas nuevas, que cada una se efectúa en 29,5 días; todo este pasaje de la común esfera de las fases luminosas siempre iguala a 6585 días ó 18 años y 11 días, lo cual podemos escribirlo: ($19 \times 346,6$ igual a $223 \times 29,5$ igual a 6585 días igual a 18 años 11 días y con un tiempo variable de 7h. 44m.)

No tan sólo podemos encontrar el lugar en Sudamérica donde ha caído el cono de sombra de la Luna hace 600 años, cuando en Chile y Argentina, todo era un mundo de tribus nómades de Araucanos y Patagonés, como aconteció con el eclipse total de Sol del 25 de Agosto del año 1283 o el eclipse del 28 de Agosto del año 1337, cuya sombra de la Luna pasó cerca de Antofagasta y de Santiago de Chile, sino que tomando en consideración los movimientos de la Tierra y las trayectorias cíclicas de la Luna futuras, podemos hablar de un eclipse de Sol que será sensacional y ello acontecerá el Martes 20 de Mayo de 1947, siendo el momento central a las 9h.44m. hora chilena, empezará muy temprano en la costa del Pacífico Sur. En ese instante estarán juntos el Sol y la Luna con $19^{\circ}52'$ Norte de declinación y en su nodo ascendente; ambos en el Atlántico Norte y frente a Las Antillas; sin embargo, el cono de de sombra de la Luna Nueva caerá primero 20 klms. al Norte de Valparaíso, cerca de la bahía de Quinteros, luego seguirá hacia el Este a 1,660 klms. por hora, hacia la Pampa Argentina, por San Juan, Resistencia; luego por Asunción del Paraguay; después por el Matto Grosso, el Río Paranyhyba y terminará en Pernambuco del Brasil. Un eclipse total de Sol en Sud-América y en los tiempos modernos de mayor florecimiento de la ciencia astronómica y que se estudiará

cuidadosamente. No hay duda que irán sabios de todo el mundo, en estos tiempos aparentes de paz. Irán con sus equipos instrumentales de celóstatos, telescopios, teodolitos y cámaras fotográficas, a ver, admirar, calcular y fotografiar las llamaradas solares; a ver cómo la luz de las estrellas siendo algo material, de acuerdo con la teoría de la relatividad restringida, saltarán en forma radial y tangencial 1.8" segundos de arcos, como hojas sopladas por el viento; a ver oscilar estremecidas las agujas magnéticas; a medir la intensidad de las corrientes telúricas que son causantes de la frecuencia sísmica; a escuchar el zumbido perturbado de las transmisiones radiales electromagnéticas; a determinar la intensidad de la radiación cósmica primaria o de los rayos asesinos que vienen de los bordes del cielo de las extragalácticas; a investigar cómo en ese momento los efectos cosmobiológicos afectan en descenso la presión arterial; a comprobar la causa de por qué las flores se marchitan y cierran sus pétalos; a determinar el contacto aparente de los discos Sol y Luna que sean con décimos de segundos; a determinar las curvas isofotas de la corona magnética solar en el sentido Oeste — Este; a determinar la intensidad de las sombras volantes; a determinar cómo desciende la temperatura atmosférica del gradiente térmico y así, a comprobar por miles de veces las influencias de la radiación cósmica sobre la Tierra y también, a ensayar las fórmulas que han ideado los hombres donde tratan de regular e interpretar en la punta de la pluma la constitución bella de las masas cósmicas, cuando se producen los contactos aparentes de los discos Sol-Luna que después de 1136 años se producen en el mismo lugar. Sin embargo todas las observaciones tendrán que realizarse en 7 minutos como máximo en cada lugar que esté instalada la expedición con observatorios portátiles. Esto es, siempre que no vaya haber una tormenta en aquellas regiones donde ya el invierno es sensible. Pero, quizás lo puedan hacer también con gobierno automático en aviones a grandes velocidades sobre los mares de nubes. Y así se comprobará los efectos cósmicos de los eclipses en el hemisferio norte son exactamente en el hemisferio sur.

Y el cambio fundamental de la vida sociológica cuándo será en la América Latina? Hace cinco años que ya lo he escrito en los periódicos de toda la América, en gira de "Divulgación Científica" en los 20 países de la América Latina y en Norte América. El levantamiento empezará cuatro meses después de este gran Eclipse Total de Sol, de esta sombra negra del Universo. Empezará por el Sur, por Chile y Argentina, el 17 de Septiembre de 1947, es el año que ya empieza el máximo de radiación perturbada del Sol con manchas anormales en el Sol, siendo cada una más de 8 veces el diámetro de la Tierra, todavía no termina un ciclo cuando vienen otros; es ya nuestro año de máxima actividad volcánica y vamos a 120 terremotos por año. Una nueva masa cósmica milenaria está penetrando lentamente por el Polo Sur para dar vuelta frente a la Tierra. Seguirá produciendo los cambios mundiales de los climas, las extrañas epidemias y de mayores inquietudes sociológicas, cuando el Sol y la Luna estén cerca del Ecuador, en la Constelación de la Tierra, detrás de ellos, estarán también los planetas Mercurio, Venus y Neptuno.

Los Angeles (California) U.S. of N.A.).

3 de Marzo de 1947.