

# HIPOTESIS ISOSTATICA SOBRE LA GENESIS DE LOS CONTI- NENTES Y OCEANOS

Por Ramiro Robles Ramos.

¡Cuán grande es el objeto de nuestras investigaciones y qué mezquino el criterio con que solemos abordarlo!

E. Suess.

## PRIMERA PARTE

### Forma, Constitución Física y Edad de la Tierra.

Los fenómenos que se presentan hoy día en el campo de la investigación física, dado el conocimiento actual, necesitan para su observación, comprensión e interpretación del auxilio de ciencias complementarias.

No ha mucho la geología constituía una ciencia con límites propios; más ahora la vastedad y profundidad de sus elucubraciones; los senderos pluridireccionales en busca de nuevas fuentes de observación y consulta y la necesidad imperiosa de ofrecer a la función económica, las fuentes y destinos del material útil a la colectividad humana, la han deformado de su primitiva morfología resolviéndose en un complejo de ciencias, en donde en perfecta armonía se ayuda y complementa con Matemáticas, Astronomía, Geofísica, Química, etc., iluminando intensamente a la gran familia de la antigua Geognosia desde la Geología general hasta la Micropaleontología moderna.

Fórmase aterradora extensión de conocimientos demasiado amplios y complejos para la vida y capacidad humanas.

De las diferentes etapas que en el transcurso del tiempo ha sufrido el planeta, parte especulativa de nuestra bella ciencia, comprendemos con más familiaridad desde su consolidación hasta la época actual, pues la vida cósmica del esferoide

queda aún en secreto, entre los espacios infinitos gravitacionales.

Función inherente al consolidado es la forma; la forma es un derivado de la materia y la materia de acuerdo con el concepto relativista es energía mutante.

Nos cuenta la historia que la primera idea referente a nuestro planeta se remonta a 700 años antes de J. C. en la India: la Tierra se extendía en todas direcciones en forma plana y a grandes distancias; el sol y la luna no eran sino lámparas colocadas por los dioses para iluminar "el día y la noche". Constituyó un problema para aquellos cosmólogos el explicar cómo estaba sostenida la tierra que pisaban y cómo se fijaba la bóveda celeste y la solución fué escrita y cantada por la Mitología; ya por elefantes estatuarios colocados en una tortuga gigantesca que navegaba a la deriva y al acaso por la inmensidad de lo infinito; ya por el gigante Atlas a quien los dioses del Olimpo por su rebeldía le hicieran cargar el mundo.

El gran Pitágoras de la Isla de Samos (470-569) a. de J. C. afirmó que la Tierra era una esfera sometida a revoluciones definidas.

Pyteas de Marsella, 300 años de la misma época, confirma a Pitágoras en su viaje a las regiones polares de la isla de Thule, en donde observó la salida y puesta del sol en un pequeño lapso de tiempo. Fué el primero en determinar la latitud por medio de la sombra.

Aristarco de Samos, (280-264) imaginó un sistema heliocéntrico y el método para calcular la distancia de la Tierra al Sol.

Claudio Ptolomeo de Egipto (127-151) después de J. C., creó la idea de ser la Tierra redonda y centro del sistema planetario.

Erastóstenes de Cirene, Africa (194-276), miembro de la Academia de Alejandría, principió a medir la Tierra y asignó a la elíptica  $27^{\circ} 51'$ .

Nicolás Copérnico (1473-1543) implantó el sistema heliocéntrico.

Juan Keppler (n. 27 dic. 1571 — m. 15 nov. 1630) ensancha y perfecciona los conocimientos deduciendo sus leyes.

Galileo (1564-1642) el gran humorista científico dice a "sotto voce" una ironía al mundo: E pur si muove.

Newton (n. 25 dic. 1642-m 20 mzo. 1727) crea la inmensidad mecánica de su nombre, hoy en crítica por las ideas relativistas y explica que, debido a la rotación de la Tierra existe el aplanamiento polar. (1)

**Concepciones Contemporáneas.** — Si la Tierra fuera de una masa homogénea y la rotación no influyera en la forma de consolidación, llegando a ser una esfera, con dos observaciones de latitud una en el hemisferio boreal y otra en el austral, serían suficientes para conocer con toda exactitud el radio, circunferencia, volumen, masa, densidad, peso y demás constantes físicas; más la figura de la Tierra está bien lejos de la clásica figura euclidiana, la parte superficial es irregular en forma, disímbola en materia y de densidad diversa. A mayor abundamiento las conclusiones a que llegan las observaciones astronómicas, expresan y delínean la cercanía a una figura elíptica; y a medida que el número de observaciones aumenta se llega al conocimiento de aéreas superficiales planas como en ciertas partes de Europa, perfilándose lo complejo de la forma.

Para un perfecto conocimiento de la "figura tierra", sería indispensable poseer un enorme número de posiciones astronómicas; así como el topógrafo interpreta y delinea el modelado terrestre con profusión de puntos acotados, para hacer pasar con fidelidad las isohypsas.

La litósfera está dividida en dos elementos con una superficie total de 316.973,000 Km<sup>2</sup> correspondiendo a la parte líquida 225.260,000 y 91.713,000 Km<sup>2</sup>. a la solida. (2)

Las elevaciones medias de las masas continentales se consideran como sigue:

(1) Datos cronológicos tomados de la Enciclopedia Británica.

(2) Isostasy by William Bowie. New York, E. P. Dutton & Co. p.p. 30-32, 1927.

Norte América. . . . .	575	metros	sobre	el	n.	del	m.
Sud América . . . . .	633	"	"	"	"	"	"
Africa . . . . .	616	"	"	"	"	"	"
Europa . . . . .	286	"	"	"	"	"	"
Asia . . . . .	972	"	"	"	"	"	"
Australia . . . . .	245	"	"	"	"	"	"

En lo referente a los océanos basados en la batimetría de Groll, los mares acusan las siguientes profundidades medias:

	Metros
Pacífico . . . . .	4000
Indico . . . . .	3897
Atlántico . . . . .	3332

Krumel especifica que los sedimentos abisales, están constituidos por arcilla roja y fangos, con restos de organismos silicosos en el Pacífico y partes orientales de el Océano Indico; no así en el Atlántico, compuesto de sedimentos epilóficicos cuya gran dosis de carbonatos de cal está en relación con la profundidad.

La mayor hondura está ubicada en el Pacífico a 75 kms. al Norte de Mindanao perteneciente a las Islas Filipinas, dando una depresión de 9760 metros; por otro lado, la cresta más alta continental en el Himalaya es de 8890, por lo que el máximo desnivel superficial en la corteza es de 18,650 metros.

Debido a la diversidad de medios y desniveles, había que fijar ideas respecto a una figura que satisficiera las necesidades científicas: El Geoide y el Esferoide fueron la solución.

J. B. Listing llamó Geoide o superficie equipotencial a la forma que tomara nuestro planeta, si todo estuviera cubierto por los mares, de tal manera que la plomada en un lugar cualquiera fuera normal a la superficie.

Es por hoy imposible dice Willian Bowie (3) "obtener ecuaciones del Geoide debido a la falta de datos. Más aún, si los datos obtenidos fueran suficientes así como las ecuacio-

(3) Isostasy. W. Bowie po. 32.

nes derivadas, no sería conveniente hacer uso del Geoide en los cálculos para posiciones geográficas; pero sí es muy práctico derivar una superficie matemática como lo es el esferoide, que se aproxima al Geoide."

El Esferoide es la forma de la superficie terrestre y se deriva de la combinación de triangulaciones geodésicas y posiciones astronómicas.

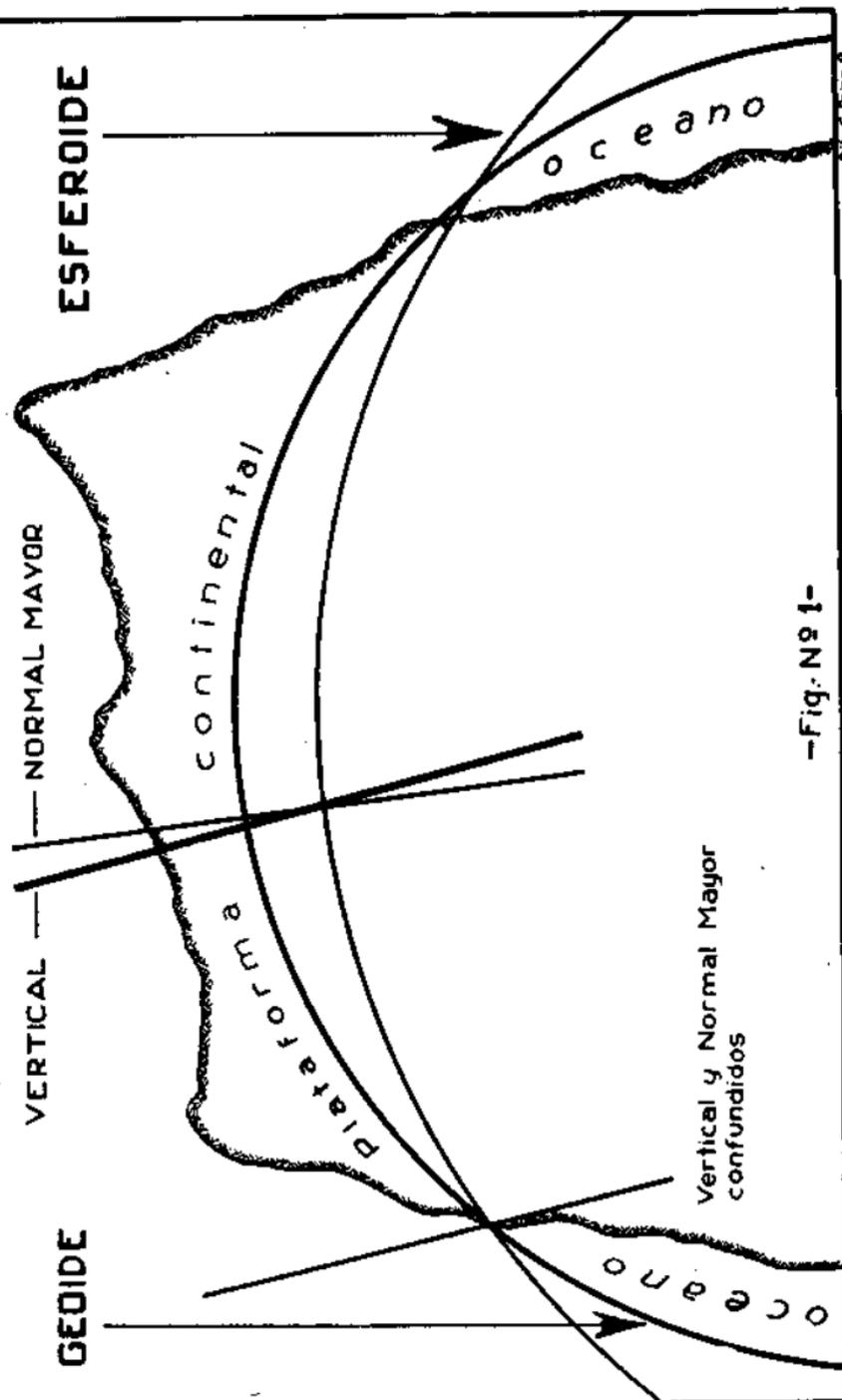
La relación entre las dos superficies consiste: en que el Geoide es una figura física, producto de las diversas y complejas resultantes de la cohesión, fuerza centrípeta y centrífuga y gravedad del elemento. El esferoide, figura numérica, es dada por la influencia del medio en los aparatos astronómicos, contándose entre ellos la desviación de la vertical en un lugar dado.

En la figura 1 podemos observar que el geoide en los continentes se eleva sobre el esferoide, las dos superficies se unen en la cercanía de los litorales, para verificarse lo inverso en los océanos ya que el geoide desciende al ascender el elipsoide (4); por lo tanto y habiendo dos superficies curvas, a la normal del geoide se le llama vertical y a la vertical del esferoide, normal mayor, por lo que en algunas partes no coincidirán en un mismo lugar, la normal mayor del esferoide con la vertical del geoide.

El elipsoide se ha calculado partiendo de una figura aproximada a la que se pretende calcular y así sucesivamente con nuevos datos se han hecho las modificaciones por aproximaciones sucesivas.

El punto de partida del cálculo ha sido una cadena geodésica que comprenda algunos grados ya en longitud o en latitud, y cuyo origen esté ubicado en un lugar llamado "punto datum", lugar donde se confunden la normal mayor y la vertical; en algunos vértices de la triangulación y de acuerdo con cierta secuela, se hacen observaciones astronómicas llamadas "Laplace", las que consisten en la determinación de las tres coordenadas geográficas y el azimut, con referencia a un lado de la triangulación. Es natural que

(4) Special Publ. Coast Surrey No. 4.



-Fig. Nº 1-

Idea tomada de la Isostasy by W. Bowie.

en los extremos de la cadena algunas observaciones geodésicas no coinciden con las astronómicas, estableciéndose para cada longitud, latitud y azimut observados en los diferentes vértices, una ecuación de observación; y de la resolución por el método de mínimos cuadrados y de las ecuaciones normales se obtendrán las correcciones a la longitud, latitud y azimut iniciales, así como la excentricidad y semi-eje mayor, operaciones del resorte y competencia de la Trigonometría Esferoidal.

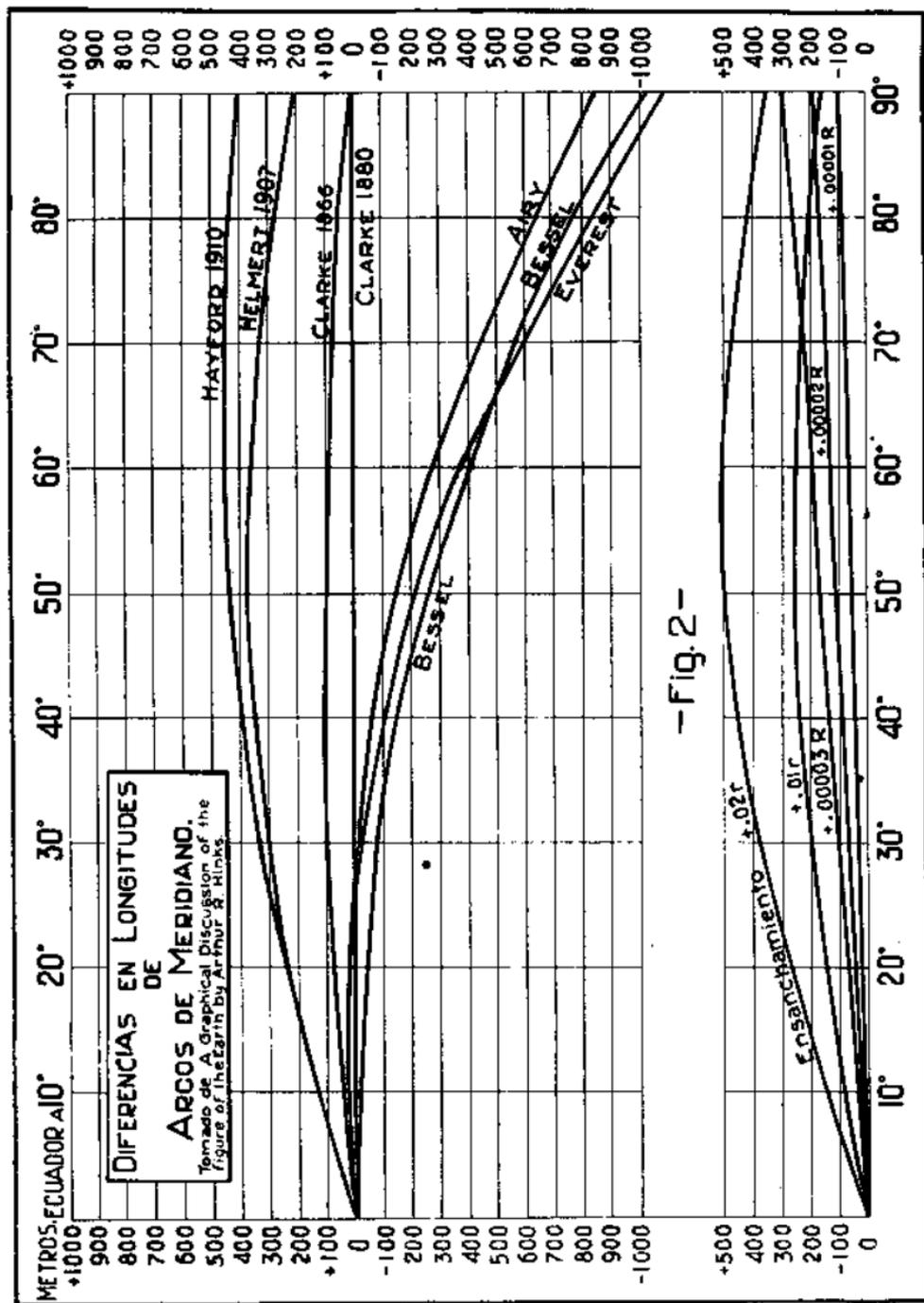
Estudios verificados en 1859 por Shubert en Rusia y los de Clarke en 1866 modificaron las ideas que del esferoide se tenía y llegándose a la conclusión de que es una figura elipsoidal de tres ejes: uno polar y dos ecuatoriales, siendo estos dos últimos de escasa diferencia.

A continuación voy a exponer los diferentes esferoides de revolución obtenidos por distintas medidas y que son: (4)

Eferoide de	Amplitud	No de Est Astronóm.	a en metros	b en metros	a-b
Bessel 1841	$\pm 50^{\circ} 35' .4$	38†	6377397	6356079	21318
Clarke 1858		75	6378494	6355746	22748
Clarke 1866	$\pm 76^{\circ} 35' .0$	40†	6378206	6356515	21622
Clarke 1880	$\pm 88^{\circ} 59' .8$		6378206	6356515	21734
U.S. paralelo 39 L. Sup. Merid.	{ $48^{\circ} 16' .8$ $\cos \varphi 923' .8$	28A 10†	6377912	6356309	21603
U.S. paralelo 39 Merid. Peruviano.	{ $48^{\circ} 16' .8$ $3' .07' .1$	28A 2†	6378027	6356819	21208
Arco oblicuo U.S.	$\pm 223^{\circ} 31' .0$	84	6378157	6357210	20947
Karikness 1891			6377972	6356727	21245

La Unión Geodésica y Geofísica Internacional aprobó en mayo de 1922, que todos los países pertenecientes a la Unión, adoptaran y establecieran para usos científicos un elipsoide internacional de referencia, el cual fué aprobado en la convención de Madrid el año de 1924 de acuerdo con los siguientes elementos.

(4) Special Publ. Coast Survey No. 4.



$$a = 6378388; b = 635.6911; a - b = 21 \times 76 = 1/297$$

Radio de igual superficie: 6371227.709

Radio de igual volumen: 6371221.260

En la figura 2 se puede apreciar las diferencias en longitud de meridiano de alguna de las principales figuras. Si comparamos la figura Clark 1880, por ejemplo, con un arco del Ecuador a la latitud  $50^\circ$  encontramos que es 95 metros más grande la figura Clark de 1866 y 212 metros más chica la figura Everest y así sucesivamente. (5)

En México se han verificado importantísimas medidas geodésicas controladas con estaciones astronómicas Laplace, por la Comisión Geodésica Mexicana, a la que tuve la gran honra de pertenecer, sobre el Meridiano 98 y 105, además de otra cadena que se lee en estos momentos y que partiendo de la Ciudad de México serpentea por los Estados de México, Guanajuato, Michoacán, Jalisco, Colima y Sinaloa para unirse al Norte del país con la triangulación de Chihuahua.

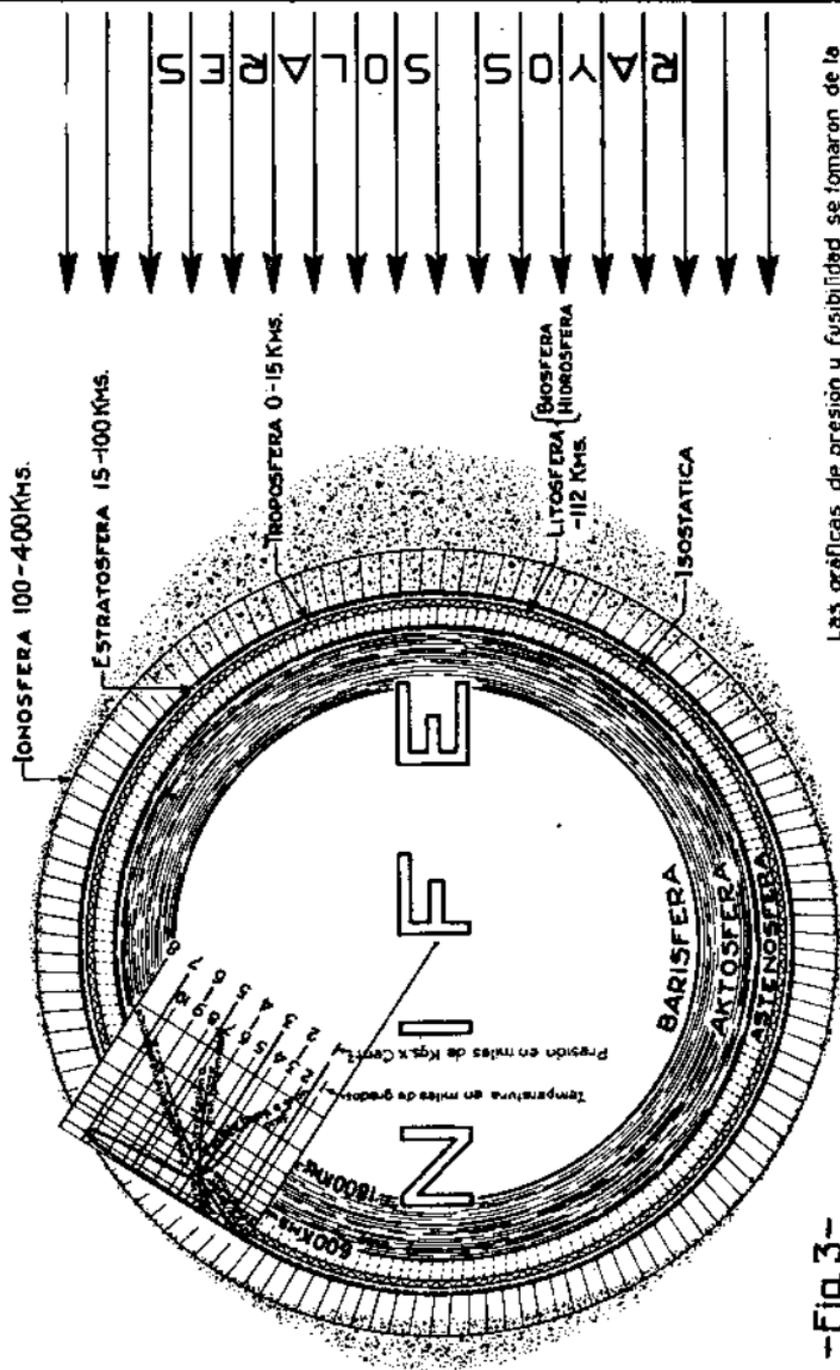
Todas estas redes numéricas indeformables están unidas al "punto datum" americano en Meads Ranch, y que al terminarse se podrá conocer en función de la arquitectura geológica la topología que corresponde a nuestra superficie esferoidal del País.

### Constitución Física del Globo

Las diversas conclusiones a que llegan la meteorología exógena y endógena, la geología y la física general traen como consecuencia, la diferenciación de distintos horizontes específicos, debido a la densidad del material que los forman y que por orden de posición y respectivamente de la periferia al centro son: (Fig. 3.)

(5) A Graphical Discussion of the Figure of the Earth by Arthur R. Hinks.—Royal Geographical Society, 1927.

# CONSTITUCION FISICA DEL GLOBO TERRESTRE



Las gráficas de presión y fusibilidad se tomaron de la Petrography and Petrology by GROUT, págs. 155 y 162.

-Fig 3-

Ionósfera o capa Kennely-Heaviside.

Estratósfera.

Tropósfera. { Zona de las perturbaciones.  
Zona estratum.

Litósfera. { Biósfera.  
Hidrósfera.  
Zona de fractura.  
Zona de fluidez.

Nivel isostático.

Astenósfera.

Aktósfera.

Barisfera.

**Ionosfera.**—En la zona de la alta atmósfera entre 100 y 400 kilómetros arriba de la superficie terrestre, encuéntrase el espacio donde el enrarecimiento del aire se considera del orden de 20 micras de vacío; región sin vida, con exageradas mínimas térmicas durante el día y elevadas máximas nocturnas, y que a pesar del vacío las partículas gaseosas se desplazan a grandes velocidades.

En esta zona se realiza uno de los fenómenos más interesantes: los gases se ionizan produciendo estratos llamados Kennely-Heaviside, por haberlos descubierto ambos investigadores. Esta capa fué descubierta debido a las ondas hertzianas de elevada frecuencia por reflejar a éstas, dichas capas; y hoy se usan las ondas radio para sondear la atmósfera, como los oceanógrafos usan las ondas acústicas para acusar los batines.

La ionización se debe a los rayos ultra-violeta solares desplazando los iones positivos hacia el este y los negativos al oeste, formando una corriente constante del oeste al este, en las elevadas regiones de la atmósfera, existiendo mayor densidad en la banda ecuatorial y disminuyendo gradualmente hacia los casquetes polares.

Se ha calculado por medio de las diversas mediciones de ionización, que la corriente superior posee un promedio de tres millones de amperes formando la causa de un 3% de los fenómenos magnéticos terrestres; pues el 97% restante pertenece al magnetismo permanente que por origen tiene el imán geológico.

Debido al movimiento hacia el este de los iones positivos, acumulándose en la zona de la puesta del sol a lo largo de un meridiano y de los iones negativos hacia el oeste, también colocados en el meridiano de la salida del sol diametralmente opuestos, se crea un campo eléctrico del este al oeste en la alta atmósfera en el hemisferio día; y de oeste al este en el oscuro. Estos campos eléctricos combinados con el magnético terrestre hacen que los iones de ambos signos desciendan durante el día y se desalojen rápidamente en la noche, con velocidades de 2 a 3 metros por segundo. (6) | Estos fenómenos repercuten sobre el magnetismo terrestre provocando la oscilación diurna de las componentes magnetométricas. Cuando no hay tempestades magnéticas, la variación tiene límites entre dos y cinco minutos en la componente horizontal, y de uno a tres en la vertical, las amplitudes máximas ocurren en el día y la magnitud de la oscilación está en función de la posición del sol en el horizonte en su diaria rotación; en la noche la curva magnetométrica tiene pequeñas inflexiones.

En los problemas que se refieren a la radiocomunicación, la Ionósfera posee una importancia principalísima, pues a ella se deben los efectos de "skip", "fading", eco, reflexión, refracción y "lag" que ofrecen a la observación las señales electromagnéticas. Las principales Compañías que se dedican a estos servicios de radiocomunicación, como la Radio Corporation of America en sus laboratorios de Nueva York y Long Island, que tuve la oportunidad de visitar; la Compañía Telefunken de Berlín, los Observatorios Geofísicos de Postdam y la Carnegie Institution han relacionado de sorpren-

(6) Resumen de "The Outer Atmosphere of the Earth" by E. O. Hulburt.—N. Research Lab. Washington, Jan. 1931.

dente manera las radiaciones, manchas y protuberancias solares, con la intensidad del campo, decremento de atenuación y direccionalidad de los ases dirigidos de energía electromagnética, por medio de radiadores y reflectores especiales que usan las Compañías de Radio en servicios transcontinentales.

No es posible, en el espacio brevísimo de tiempo de que disponemos para este estudio, engolfarnos en otros fenómenos de interés verdaderamente espectante que toman lugar en esta zona y que se ofrecen a la investigación. Es por tanto, el estrato Kennely-Heaviside una de las más interesantes y efectivas conquistas científicas descubiertas y estudiadas por el medio más moderno que posee la humanidad para unirse y hacer nuestro planeta demasiado pequeño y más interesante aún: la Radiocomunicación.

**Estratósfera.**—Zona inmediata inferior a la antes descrita, dándosele límites entre 15 y 100 kilómetros sobre la superficie terrestre.

Los elementos gaseosos que la forman son:

A 100 kilómetros Azoe e Hidrógeno en partes iguales.

A 50 kilómetros 7 de Oxígeno, 79 de Azoe, 13 Hidrógeno.

A 20 kilómetros 18 de Oxígeno, 81 de Azoe, 1 milésimo H.

Existen grandes variaciones térmicas de  $+ 70^{\circ}$  durante el día a  $- 50^{\circ}$  durante la noche. Se afirmaba existían las grandes calmas, resultando que el medio gaseoso se conceptúa en la actualidad como extremadamente móvil; se han comprobado desplazamientos de masas gaseosas considerables, creando capacidades electrostáticas enormes y que originan las fuentes de la estática atmosférica.

Esta capa es regularizadora de la energía química solar por medio del ozono.

Frederich E. Fowle dice: (7) "El ozono juega un importante papel interceptando la radiación solar, especialmente en la parte final del violeta espectral y ejerciendo absorción en los siguientes espacios del espectro.

(7) Atmospheric Ozone by F. E. Fowle.—Smithsonian Collections, Vol. 81 No. 11, 19....

- 1.—En la banda Hartley correspondiendo a la zona ultra-violeta de 0.2300 a 0.3100 micrones, tendiendo a un máximo de 0.2550 micras.
- 2.—En una zona comprendida de 0.3100 a 0.3500 micras llamada de Huggis.
- 3.—Al grupo en el rojo y amarillo de 0.4500 a 0.6500 micras llamada la banda de Chappuis difícil de observar.
- 4.—Una zona en el infra-rojo entre 9 y 11 micras.

La formación del ozono se debe a la acción del rayo ultra-violeta, pues las radiaciones penetrantes menores de 0.1850 micras al impacto con las moléculas de oxígeno, transforman a este último en ozono.

Hay que advertir que las radiaciones de este orden no llegan a la superficie de la tierra, pues los corpúsculos gaseosos y sus derivados electrónicos, se oponen a la trayectoria de estas emanaciones de una manera física: por colisión.

Mme. Curie ha demostrado que las partículas emitidas por la sustancia radió ozonizan el oxígeno.

El Dr. Dobson ha obtenido para estas capas de ozonización las siguientes alturas: a la Hartley la coloca de 30 a 40 kilómetros; a la Huggis de 40 a 50. En la misma zona estudiada las radiaciones entre 0.2000 y 0.3000 micras descomponen el ozono por lo que el fenómeno se regulariza.

Ya estas regiones han sido visitadas por el hombre y desde Piccard que fué el primer científico audaz, a la fecha, se han verificado numerosas ascensiones las que traerán mayores conocimientos de esta zona poco conocida.

**Tropósfera.**—Constituye la más importante región del planeta para la economía biológica.

Se divide en dos porciones, la primera denominada zona de las perturbaciones por verificarse en ella todos los fenómenos meteorológicos como vientos, lluvias, ciclones, etc., y comprende de la superficie terrestre a 3,500 metros, y la segunda llamada Zona Estratum de 3,500 metros a 15,000 donde principia la estratósfera.

Sería imposible bosquejar todo lo que sabemos de esta

capa, ya que por hoy es la más conocida y compleja. Tratados de meteorología, aerología, climatología, fisiografía y fisiología serían insuficientes para agotar el tema.

La composición del aire en un metro cúbico es de: 78.17 de Azoe; 20.87 de Oxígeno; 0.10 de Neón; 0.92 de Argón; 0.001 de Cripton; 0.001 de Helium; .005 de Xenón y aproximadamente 0.01 de Hidrógeno.

En él sienta sus reales la vida multiforme; todos los seres vivos respiran, desde la más compleja arquitectura biológica hasta la más simple del protozooario. Encuéntrase esta masa gaseosa en íntimo contacto con la superficie, el modelado se modifica fatal y gradualmente; ya los vientos transportando partículas ligeras, puliendo superficies, rizando las olas marinas o encrespando océanos que, convertidos en ariete marino, desgarran litorales; ya el agua en su afán de nivelar el mundo, acarrea montañas de arena a la tierra baja o al batín marino, ya disolviendo las sustancias solubles de la corteza o utilizando instrumentos geológicos para abrir heridas profundas y descubrir los íntimos secretos de la génesis; ya el clima sometiendo a la materia a variados estados térmicos fracturando, exfoliando y presentando diversidad de fenómenos de todos matices, cuyo fin conduce a la desintegración; y por último ya diseminando climas y repartiendo la fauna y la flora.

**Litósfera.**—Es la capa cortical del mundo, mudo testigo de la vida arcaica, amplio pedestal de los seres vivos y teatro de la humana historia.

De acuerdo con las investigaciones isostáticas se ha comprobado que tiene un espesor de 112 kilómetros, dividida en 2 porciones: la zona de fracturas hasta los 70 kilómetros y la zona de fluidez el restante.

Se estima que el material superficial puede clasificarse y distribuirse en: (8)

Por magma.....	95.00%
Por fangos sedimentarios.....	4.00%

(8) Petrography and Petrology By Frank F. Grout. p. 4.

Por arenas sedimentarias.....	0.75%
Por materias calcáreas de organismos....	0.25%

Los óxidos más comunes en la corteza tratándose de material pirogenético se agrupan en 10 y son como sigue: (9)

Cuarzo. . . . .	SiO <sub>2</sub> . . . . .	59.45
Alúmina. . . . .	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	14.97
Oxido férrico. . . . .	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.58
Oxido ferroso. . . . .	FeO. . . . .	3.42
Oxido de magnesia. . . . .	MgO . . . . .	3.85
Oxido de cal. . . . .	CaO . . . . .	4.78
Sodio. . . . .	Na <sub>2</sub> O . . . . .	3.40
Potasa. . . . .	K <sub>2</sub> O . . . . .	1.94
Agua. . . . .	H <sub>2</sub> O . . . . .	1.94
Varios. . . . .		2.14

Varios está constituido por TiO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, S, D, F, FO, SrO, MnO, NiO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Li<sub>2</sub>O, ZrO<sub>2</sub>.

Por lo tanto, W. Lindgren agrupa los elementos cualitativa y cuantitativamente en la siguiente forma:

Oxígeno . . . . .	46.590
Sílice . . . . .	27.720
Aluminio . . . . .	8.130
Hierro . . . . .	5.010
Calcio . . . . .	3.630
Sodio . . . . .	2.850
Potasio . . . . .	2.600
Magnesio . . . . .	2.090
Titanio . . . . .	0.630
Fósforo . . . . .	0.130
Hidrógeno . . . . .	0.130
Manganeso . . . . .	0.100
Azufre . . . . .	0.052

Bario .....	0.050
Cloro .....	0.048
Cromo .....	0.037
Carbón .....	0.032
Fluor .....	0.030
Zirconio .....	0.026
Níquel. . . . .	0.020
Estroncio .....	0.019
Vanadio .....	0.017
Cerio e Ytrio .....	0.015
Cobre .....	0.010
Uranio .....	0.008
Tungsteno .....	0.005
Litio .....	0.004
Zinc .....	0.004
Columbio y Tántalo .....	0.003
Hafnio .....	0.003
Thorio .....	0.002
Plomo. . . . .	0.002
Cobalto .....	0.001
Boro .....	0.001
Berilo .....	0.001

Los minerales más comunes de la corteza, Clark los agrupa en orden decreciente: cuarzo, feldespato, anfíbola, piroxena, mica, olivino, nefelita, leucita, magnetita y apatita.

Forma todo esto la base de la corteza interviniendo substancias mineralizantes como vapor de agua, bióxido de carbón, fluoruro, cloro, ácido bórico, azufre, etc., que acompañan a los elementos que la economía humana los ha hecho valiosos dotándoles de cifras numéricas especulativas. La repartición del material, su clasificación y estratigrafía es del dominio de la geología general.

La temperatura interna obedece a una ley llamada "gradiente geotérmica" y que aproximadamente es de 33.3 metros por grado, la cual es incierta a grandes profundidades ya que nos conduciría a admitir para el centro de la tierra 191,000°, lo cual hoy no puede aceptarse, pues para las ca-

pas superficiales del sol se admite una temperatura de 6,500°. Wiechert deduce que existe en la tierra una temperatura entre 4,000 y 9,000 grados; lo cierto es que nos llegan a la superficie lavas en Kilawea de 600°C. y 1,200° por lo que se deduce, emergen aproximadamente de 30 a 40 Km.

**Hidrosfera.**—Por otro lado encontramos los océanos cubriendo las tres cuartas partes de la superficie de la tierra y formando los mares epicontinentales.

Los análisis practicados a diferentes profundidades dan un promedio bastante uniforme en su composición, advirtiendo que la salinidad varía por causas complejas. Se han encontrado elementos como oro, plata, cobre, boro, rubidio, estroncio, flour, vario, etc., y el agua arroja el siguiente análisis: (10)

Cloruro de sodio.....	NaCl .....	77.8
Cloruro de magnesio....	MgCl <sub>2</sub> .....	10.9
Sulfato de magnesio....	MgSO <sub>4</sub> .....	4.7
Sulfato de calcio.....	CaSO <sub>4</sub> .....	3.6
Sulfato de potasio.....	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	2.5
Carbonato de calcio....	CaCO <sub>3</sub> .....	0.3
Otros constituyentes . .	.....	0.2

La densidad varía con la temperatura, los diferentes mares y la latitud y oscila de 1.014 a 1.028.

Además en el agua se encuentran disueltos gases como aire y ácido carbónico, teniendo respectivamente cada litro de agua marina 20 cms.<sup>3</sup> de aire y 0.04 de ácido carbónico; el aire oxigena la vida, el dióxido de carbón regula la cantidad del mismo.

Constituye el océano un regularizador térmico, pues claramente observamos que en las costas del norte de Europa, el clima frío se amortigua por la tibieza que lleva de los trópicos la "Gulf Stream", además por medio de la evaporación contribuye con enormes contingentes de nubosidad a los contingentes proporcionando el riego necesario para la vida.

**Biósfera.**—No conocemos el origen de la vida, solamen-

te ella cumple en el individuo con los lentos e inevitables procesos de nacimiento o diferenciación celular, nutrición, desarrollo, reproducción y aniquilamiento.

Los seres del pasado son del dominio de la geología histórica.

La vida en sus modalidades de aeróvia, terrestre, anfibia, marina y abisal, cumple inexorablemente sus etapas y de acuerdo con sus funciones contribuye a la destrucción o formación de materias geológicas: los corales ganan tierra al mar creando islas y penínsulas; la creta formada por carapachos de foraminíferas y plantas microscópicas, mezcladas con otros restos de organismos que secretaron sílice; los fosfatos en capas sedimentarias proviniendo de las conchas de braquiópodos, pterópodos, huesos de pescados y osamentas de pájaros; y así por ese orden llegamos a los mantos carboníferos, origen de la destrucción de inmensa flora, y el petróleo hoy fuente fantástica de la termodinámica.

Después del Cenozoico, época del completo desarrollo en los mamíferos, en medio de alternancias térmicas, de climas templados y glaciales temperaturas, hace su evolución el Homo Sapiens para contemplar la armonía universal, concebir el espacio y medir el tiempo.

Nuestro sabio poeta Netzahualcoyotl en el idioma que cantara a Huitzilopochtli, a Tonatiu y al Quetzal, en concepción sublime dijo: traducido al lenguaje Cervantino, "la redondez de la tierra es mi patria y sepulcro". No elevaron así su canto los que anunciaron que la tierra era una esfera.

¿Cuál será el fin de las condiciones geológicas que protegen y estimulan la vida?

Las nuevas teorías del campo gravitacional cósmico, sus emanciones, el aniquilamiento del átomo, así como el decremento de las constantes universales, traerán como consecuencia la falta de energía solar, cambios importantes en la precisa relojería celeste, o como decía el gran Suess: "puede la tierra en sus equilibrios corticales, movimientos póstumos, disminuir la morada de los seres vivos superiores y extenderse el Pantalassa".

**Nivel Isostático.**—Debido a la diversidad de densidades por el heterogéneo material, alturas y depresiones inherentes a la litósfera, existe una particular condición de equilibrio en que a partir de este nivel — 112 kilómetros como término medio, toda partícula terrestre está sujeta a una misma presión en cualquier dirección. Esta zona es deducción de los estudios gravimétricos basados en la teoría isostática de que se hablará ampliamente en la plática relativa a este vital asunto.

**Nife.**—Las observaciones y análisis de las meteoritas, las inferencias que se han hecho en los laboratorios sobre el calor interno y conductibilidad de las rocas, cálculos de los diferentes esfuerzos en función del peso y anomalías gravitacionales y fusibilidad de los distintos magmas, conducen a establecer gradientes geotérmicos, de presión y estado fluido de la materia interna; para extrapolar y llegar con incertidumbre a curvas de igual índole a la profundidad de 1,500 kilómetros.

Más allá la Seismología nos ofrece un vasto panorama: sienta como axioma que las zonas sísmicas se confunden con las sometidas a deformaciones y ajustes corticales. La geología estructural ha recibido gran aliento e impulso con esta ciencia, conociendo las superficies y caracteres físico-geológicos por medio de las ondas Rayleigh; ya interpretando los diferentes mantos por procedimientos de reflexión y refracción del rayo sísmico, o ya en el estudio de los telesismos demostrando la propagación de ondas elásticas transversales a través de la barisfera del globo, propiedad negada a los líquidos y gases y afirmando por tal motivo que, el centro de la tierra posee una elasticidad igual al del acero.

En nuestro privilegiado país, tenemos un enorme campo de estudio y experimentación en estos achaques: zonas asísmicas, penisísmicas y sísmicas; estudios de ondas superficiales para que en función de la velocidad de propagación, se determinen los diversos coeficientes de elasticidad y estructura de nuestro suelo, aprovechando el ariete marino que golpea las

costas del Sur y aparece el fenómeno registrado en Tacubaya en forma de microsismos continuos.

**Astenósfera.**—Las curvas de temperatura y fusión del material geológico por una parte, y la correspondiente, a esfuerzos a que están sometidas las partículas profundas, señalan una zona de debilitamiento, por ser natural y lógico que al confundirse la curva de fusión magmática con la del gradiente geotérmico el material llegue a un grado de liquefacción, y las partículas por tanto tendrán gran libertad para obedecer a los esfuerzos; a mayor abundamiento D. H. Darwin (11) demuestra “que la intensidad de los esfuerzos en una serie de valles y montañas sucesivas no compensadas y variando en altura y densidad, la zona profunda de los grandes esfuerzos está en función de la distancia que hay de cresta a cresta del modelado, la amada longitud de onda y a 0.163 veces la longitud de onda.

El siguiente cuadro dá una idea clara de lo dicho. (11)

Topografía	Distancias de crestas en Kms.	Diferencia de altitudes	Profundidad de máximo esfuerzo en Kms.
Montañas . . . . .	, 12	2,000	2
Cordilleras . . . . .	, 180	3,000	30
Máximo actual Pácifico . . . . .	, 400	4,000	64
Sistema de Cordillera . . . . .	2,000	2,000	350
Continente . . . . .	6,000	1,000	1,000

Por lo tanto, haciendo un promedio de la profundidad de esta zona de grandes esfuerzos, aproximadamente de 60 a 70 kilómetros la energía comprensiva cesará, incrementando la movilidad de las partículas ayudadas de la fluidez. A esta zona se le dán límites de menos 80 a menos 600 kilómetros.

En esta zona al apartarse el gradiente geotérmico de la curva de fusión, es natural que habrá una solidificación.

**Aktósfera.**—Barrel estipula que el acortamiento de la circunferencia de nuestro esferoide es del valor correspondiente al 1%, efectuado en el Cenozoico y con vestigios de

(11) Petrography and Petrology by F. F. Grout. Citando al Roy Philos. Soc. Trans. Vol. 173 pp. 187-30, 1932.

verificaciones Cambrianas. Se atribuye este fenómeno al enfriamiento terrestre o a lo que parece tener más seriedad y que consiste en una condensación molecular o atómica producida por la fuga de calor y emanaciones radioactivas.

La pérdida de volumen y la condensación de que hablamos dan la clave por ahora de la periodicidad del diastrofismo. (12) Willis llama a esta zona Estereósfera o Centrósfera. Se considera el núcleo formado por nucleolos planetestimales y materias primarias del cosmos que en su continua disgregación, dan origen a nuevos elementos como el radio, cuyo progenitor fué el uranio y éste a su vez de otros materiales de estructura más compacta.

A continuación me permito consignar los siguientes datos geofísicos:

Radio Ecuatorial de la Tierra . . . . . a	6,378,388 m 18
Radio Polar . . . . . b	6,356,911.946m.
Area del elipsoide . . . . .	510,100,934 km. <sup>2</sup>
Volumen del elipsoide . . . . .	1.083,319,780,000 km. <sup>3</sup>
Radio de una esfera de igual área . . . . .	6,371,227.7 m.
Radio de esfera de igual volumen . . . . .	6,371,221.3 m.
Constante gravitacional Newtoniana. (6.664 ± 0.002) x 10 <sup>-8</sup>	dina cm <sup>2</sup> g <sup>-2</sup>
Densidad media de la tierra . . . . .	5.522 (Lambert).
Densidad de la superficie continental	2.67
Densidad media hasta 16 kms. de la corteza . . . . .	Harkness. 2.40
Ridigidez . . . . .	$\mu$ , 8.6 x 10 <sup>11</sup> c.g.s.
Viscosidad . . . . .	10.9 x 10 <sup>18</sup> ccg.s.
Masa de la tierra . . . . .	5.983 x 10 <sup>24</sup> k. g., a = semidiam. ecuatorial.
Velocidad media de la tierra en su órbita . . . . .	29.77 km. seg.

(12) Diastrofismo: Todas las causas y fenómenos que se refieren a modificaciones de la Litósfera.

Velocidad media de rotación en el

Ecuador . . . . . 0.465 km. seg.

Energía rotacional . . . . .  $2.160 \times 10^{36}$  ergs. seg.

Masa del Océano . . . . .  $1.27 \times 10^{18}$  tons.

Masa de la atmósfera . . . . .  $7.3 \times 10^{15}$  tons.

$$g=978.052 \left\{ 1 + 0.005288 \sin^2 \phi - 0.000006 \sin^2 2\phi + 0.000013 \cos^2 \phi \cos 2(4+5^\circ) \right\}$$

### Edad de la Tierra.

Hutton al expresar su criterio sobre la edad de la tierra dijo una verdad desconsoladora. "No vestige of a beginning. —No prospect of an end".

Los enjambres estelares fueron clasificados por su diámetro aparente, posición, luminosidad, matiz; y hoy se encuentran catalogados en constelaciones, magnitudes y colorido de luz.

La espectroscopía moderna nos indica que el color de las estrellas está en relación con la temperatura; así vemos al blanco como Sirio asignándosele  $15,000^\circ$ ; al amarillo oro de Aldebarán con  $7,000$  y al rojo púrpura como Betelgeux con  $3,500$ ; pudiendo decirse que la vida cósmica también tiene sus gradaciones en las regiones estelares.

La estructura estelar es aceptada hoy como formada por materia que a consecuencia de su alta temperatura, los electrones y núcleos se mueven independientemente, como las libres moléculas de un gas; (13); la constitución de estos núcleos que depende de la temperatura y presión, emiten rayos de diferente colorido que dan la interpretación de la relativa edad de las estrellas.

La teoría electromagnética hace pensar que existen elementos electrónicos sumamente densos y que dan origen a los diversos estados de la materia, pues como se sabe cada elemento está formado por un determinado número de protones y otro de electrones girando en órbitas definidas.

J. H. Jeans (13) en su trabajo intitulado "Recent De-

(13) Recent Developments of Cosmical Physics by J. H. Jeans Smithsonian Institution Report 1927. pp. 167-189, 19.

sarrollos de la Física C6smica", afirma que el c6lculo de la vida estelar conduce a una afirmaci6n: la vida de las estrellas puede considerarse de 7 a 15 billones de a6os.

Por otra parte las sustancias radioactivas poseen un promedio de vida tan distinto y tan alejado como lo prueba el Actinio A con una vida de .029 de segundo y el Uranio con 63,000 millones de a6os.

Se admite que estas sustancias existentes en la tierra provinieron de la vida estelar y el plomo de nuestro planeta puede haber sido en parte, origen solar, ya que tambi6n es producto de la desintegraci6n del radio en la vida geol6gica; puesto que la vida de esta sustancia es de 2,295 a6os. El origen solar del plomo se funda en el an6lisis espectral.

Infinidad de deducciones apoyadas en una gama no muy nutrida de sustancias radioactivas y conclusiones filos6ficas sin que intervenga la precisi6n num6rica, d6n a la tierra una vida desde el desprendimiento solar de 2,000 millones de a6os.

Las edades de los estratos geol6gicos se estiman como sigue: (14).

	A6os
Olig6ceno inferior . . . . .	37.000.000
Cret6cico inferior . . . . .	59.000.000
Permo-carbon6fero . . . . .	204.000.000
Permo-Devoniano . . . . .	374.000.000
Pre-cambriano antiguo . . . . .	587.000.000
Pre-cambriano superior . . . . .	640.000.000
Pre-cambriano medio. . . . .	987.000.000 6 1087.000.000

Las determinaciones geol6gicas basadas en los m6todos del plomo.

(Knopf, Nat. Res. Council Bull. 80, 1931).

Edad Geológica	Mineral	Localidad	Edad en millones de años	
			Basada en Tu = 4.56 x 10 <sup>9</sup> Th = 1.28 x 10 <sup>10</sup>	Basada en Tu = 4.56 x 10 <sup>9</sup> Th = 1.63 x 10 <sup>10</sup>
Paleozoico, Devoniano o Carbonífero . . .	Torite.	Noruega. . . .	224	310
Cambriano último . . . . .	Kolm.	Suecia. . . . .	450	...
Pre Cambriano	Broggerita.	Noruega . . . .	915	910
" "	Cleveita	" . . . . .	967	964
" "	Cleveita.	" . . . . .	986	965
" "	Uraninita.	S. Dakota . . .	1465	1462
" "	Uraninita.	Rusia . . . . .	1852	1852

La geología también por hipotéticas deducciones asigna 500 millones de años desde la edad arcaica hasta la época cuaternaria, repartidas como sigue:

	Años
Arqueozoico . . . . .	150.000.000
Proterozoico. . . . .	125.000.000
Paleozoico . . . . .	150.000.000
Mesozoico . . . . .	55.000.000
Cenozoico . . . . .	30.000.000

Hace algunos años los astrónomos opinaron, que las nebulosas estragalácticas huían de nuestro universo, teoría fundada en la mecánica Newtoniana. A la luz de la concepción relativista el fenómeno se explica no por un desplazamiento hacia regiones desconocidas, sino que las nebulosas obedeciendo a la expansión universal se desplazan como se desplaza toda la materia en nuestro campo gravitacional.

El Sr. Ing. Joaquín Gallo me indica que los estudios físicos de la expansión universal, se están llevando a cabo por el Ing. Sandoval Vallarta, cultísima persona, admirada en todo el mundo por sus trabajos cósmicos y que muy pronto.

quizá un año a lo sumo, será necesario para despejar la incógnita de las edades cósmicas.

Por hoy aún podemos decir como Hutton, "No hay vestigio del principio. No hay inferencias para el fin".

## HIPOTESIS ISOSTATICA SOBRE LA GENESIS DE CONTINENTES Y OCEANOS

### SEGUNDA PARTE

Sobre los diversos temas que nos permitiremos exponer ante esta selecta agrupación científica, no podemos sino pedir benevolencia, ya que lo por decir será fundado en los confusos terrenos de la hipótesis.

Es curioso observar que las teorías que pretenden explicar los fenómenos naturales, discrepan en cuanto a especialidad científica; pues lo que convence al geólogo le disuena al astrónomo, pisando a su vez otro terreno el físico matemático. Débese esto sin duda a que la física, la geología y la astronomía, han intelectuado separadamente forzadas por sus disímbolos fines especulativos, mas hoy se ve, que tienen un nexo común y que de la ayuda mutua, se podrá llegar a una teoría cosmogónica que satisfaga a estos tres aspectos de la ciencia.

Grande y árdua labor que sólo pueden abordar inteligencias superiores.

Variadas son las teorías cosmogónicas, diversos los conceptos sobre el origen planetario y sus correspondientes satélites, innumerables las explicaciones que comentan la diversidad de los fenómenos estelares; arrojando todo esto un temario numeroso imposible de exponer, siendo además materia fuera de nuestro objetivo.

Muy lejos estamos de pretender enmendar la plana a los que por su capacidad pueden opinar y han opinado sobre estos temas; empero dentro de nuestro humilde juicio, fundándonos en la astrofísica, teoría electromagnética, la isostacia y las inferencias que permiten extrapolar fenómenos alejados en tiempo y espacio del actual instante, nos atreve-

mos a bosquejar una hipótesis que desde luego no es original en principio; mas si en secuela de exposición, añadiendo algunos conceptos, y deseando llegar a explicar en lenguaje llano, el probable génesis de los océanos y continentes.

Creemos que las ideas expuestas, pueden traducirse a un riguroso lenguaje numérico; mas la complejidad de los fenómenos está más allá de nuestra competencia, debiendo discutirse y desarrollarse en planos muy superiores de la matemática pura, a los cuales no estamos familiarizados.

Los desvelos de los astrónomos fueron necesarios para apreciar y distinguir las diversas formas estelares: nebulosas, estrellas, cometas, planetas, asteroides y matoritas.

Esta diferenciación de cuerpos celestes, los procesos que han sufrido en el tiempo y lugar en que se les ha observado y la relación que tienen entre sí, dán cierto criterio que ayuda a encaminar la resolución de nuestro problema.

Las nebulosas, difusa materia cósmica de imperfectos límites, se han clasificado en dos grupos: el primero en luminosas, subdividido a su vez en amorfas y planetarias y el segundo en oscuras. La constitución de las primeras se considera de hidrógeno, helio y nebulium. Las segundas son desconocidas en parte y por lo tanto ignórase la constitución de ellas.

Es de notarse que las formas nebulares en su gran mayoría son espirales, y las de anillo constituyen una inmensa minoría, circunstancia que habla mucho en favor de la teoría planetesimal.

Las estrellas, como vimos en la primera parte, se constituyen por electrones libres ubicados en la parte central y por los átomos y moléculas que se encuentran del centro a la periferia, pudiendo observarse en las más frías la presencia de óxidos como el de Titanio. Sus elementos químicos se encuentran en capas más o menos concéntricas y selectivas, ya que los materiales son de muy diversa densidad en su topográfica vecindad. "Es natural que la tierra formada originalmente por las capas superficiales del Sol, deben contener precisamente los mismos elementos químicos de la fo-

tósfera solar; mas hoy se deduce que el Sol tiene en el interior elementos más pesados. Los cálculos que asignan a las estrellas números atómicos muy altos, sobrepasando al Uranio, no deben conceptuarse paradójicos; pues principia a verse natural y verdaderamente inevitable este hecho". (15) Además Jeans prosigue: "Hemos llegado a la conclusión, por tres distintos caminos, de que los pesos atómicos estelares son más elevados que los del Uranio. (16).

1.—Por los cálculos de la fórmula de Kramer.

2.—Por la consideración de que los átomos cercanos al centro de una estrella deben ser substancialmente más pesados que los de la superficie.

3.—De la consideración de que los átomos de pesos atómico menores que el Uranio a pesar de someterlos a grandes temperaturas y presiones, no pueden proporcionar la intensa radiación estelar.

¿Por qué las estrellas de mayor brillo son las más jóvenes y emiten mayor porcentaje de energía estelar y no las de mayor volumen o temperatura?

Jeans continúa: "Ninguna combinación posible de elementos terrestres puede dar la altísima radiación observada en el Sol y menos la correspondiente a las estrellas. Debemos sin embargo recordar que los interiores estelares tienen una presión y temperatura no soñados en nuestros laboratorios." (17)

Sin embargo "encontramos que las estrellas radiando más energía, por unidad de masa, no son generalmente las más calientes ni tampoco las de mayor densidad, pues algunas de las estrellas más calientes y densas son puestas en evidencia, en materia de radiación, por estrellas más frías y de baja densidad cósmica como Antares y Betelguese". (18)

El cuadro que a continuación se expone en orden de ra-

(15) J. H. Jeans. Recent Developments of Cosmical Physics p.p. 178. From the Smithsonian Report for 1927, p.p. 167-189.

(16) Ob. cit. p.p. 183.

(17) Recente Developmentes of Cosmical Physics by J. H. Jeans. p.p. 178.

(18) Ob. cit. pp. ..178.

Estrella	Generación de energía (ergs. por gramo)	Temperatura central	Densidad central	Edad
Plaskett . . . . .	1000	500,000.000	Muy grande.	Menos de 10 años.
V Puppis . . . . .	640	300,000.000	Más de . . . . .	Menos de 10 años.
Antares . . . . .	320	1,000.000	1,000	Menos de 10 años.
Capella A . . . . .	50	8,000.000	0.005	Menos de 10 años.
Sirio . . . . .	21	150,000.0000	0.5	Menos de 10 años.
Sol . . . . .	1.88	70,000.000	1000	10 años.
Cent. B. . . . .	1.39	15,000.000	300	7 x 10 "
Kruger 60 B. . . . .	0.02	70,000.000	10	7 x 10 "
Sirio B. . . . .	0.003	Desconocido.	30000	Muy antiguo.
		Más de . . . . .	53000	Desconocido.

diación estelar, demuestra que ésta no es función de la temperatura y densidad; más si en lo que a edad se refiere. (19)

Esto dá una idea clara de que la materia estelar primitiva, a enormes temperaturas y presiones, se va transformando, partiendo desde una composición muy compleja y desconocida, en cuerpos simples bien conocidos por el hombre.

La vida estelar propiamente dicha podemos resumirla de un modo general en la siguiente forma: Fig. 4.

La masa al principio es máxima, la temperatura no alcanza el mayor desarrollo, teniendo pequeña densidad y enorme presión. Más tarde el volumen disminuye, aumenta la temperatura considerablemente, crece de nuevo la masa hasta un límite determinado para tener un decremento continuo, pasando esta masa del color blanco al amarillo oro y al rojo, después de lo cual enfríase para solidificarse en un volumen pequeño, con mínima temperatura, exigua presión y máxima densidad.

Existen desde luego muchas variantes en esta idea general, pues hay que someter a diversas consideraciones a los tipos estelares designados con el nombre de variables y de novas.

Las novas son estrellas que aparecen de manera intempestiva en el espacio estelar, brillan intensamente durante un pequeño lapso de tiempo y se apagan hasta adquirir magnitudes que a simple vista no se perciben.

Como ejemplo de estas estrellas podemos citar:

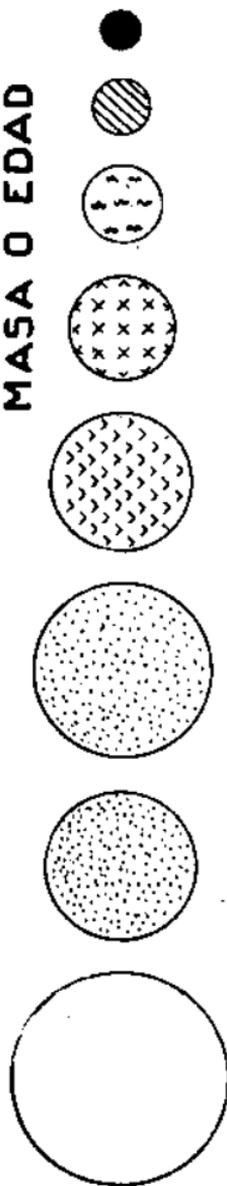
Año de aparición	Constelación	Brillo máximo	Brillo mínimo
1912	Gemelos.	3.7	12
1918	Aguila.	—0.5	10
1920	Cisne.	1.8	13
1925	Pintor.	1.2	12.7

La nova Aguila se vió entre el 7 y 8 de junio de 1918 cercana a la primera magnitud, adquirió un máximo brillo el día 9 de — 0.5 y el día 10 principió a decrecer en intensidad luminosa para llegar a los 20 días a la cuarta magnitud, contándose en la actualidad entre las estrellas de 10a.

(19) Ob. cit. Table p.p. 179.

# VIDA ESTELAR

MASA O EDAD



TEMPERATURA

○ Blanco

● Amarillo

● Amarillo Oro

● Naranja

● Rojo

● Gris

● Negro

PRESION

DENSIDAD

-Fig. 4-

Zollner y Lohse suponen que el astro se enfría y la contracción cortical o diversas reacciones químicas, dán lugar a emisiones de gases o desprendimientos de materias que brillan súbita e intensamente.

Seeliger opina que al atravesar la estrella alguna región cósmica de temperatura elevada, brilla con más intensidad.

También se suponen disgregaciones ya por mareas o explosiones dando origen a desprendimientos de la materia cósmica.

Los cometas compuestos de un núcleo y gases tienen una pequeña masa en un gran volumen, los vapores son luminosos a la luz del sol y se orientan de acuerdo con la posición de éste. El meteoro dá un análisis espectral igual al que produce en el espectroscopio la llama del gas de alumbre.

Las meteoritas o piedras meteóricas tienen por composición fierro y aleaciones de níquel variando en un 5%, así como cobalto, manganeso, cobre, cromo, etc. La impresión por el aspecto de estos cuerpos, hace que se les considere como materiales piroclásticos que vagan en la órbita de la tierra.

## FIN DE LA VIDA COSMICA TERRESTRE

Todos los astrónomos y aún los autores de la teoría planetesimal, están de acuerdo en que la tierra es de origen solar y a su desprendimiento de la periferia solar, los elementos pesados tendieron a condensarse en el centro y los ligeros en orden de densidad se esparcieron hacia la periferia terrestre. Fué la gravedad un clasificador de electrones, átomos y moléculas del globo, que en su eterna traslación en su órbita y constante rotación sobre su eje, fué radiando calor haciéndose más frío. Las regiones estelares presenciaron la disminución de minúsculo punto luminoso, perteneciente a un sistema gravitacional. Esbózase la solidificación superficial, continúa el enfriamiento y la película sólida crece en espesor; el material es poco denso cristalizándose en un sistema de fenocristales ideomórficos de feldespatos y cuarzo dando origen a los granitos, ya que el enfriamiento fué lento y amplísimo el espacio de cristalización.

En la hoy tropósfera los gases pasaron del estado de disociación al actual, y el agua se convirtió en estado de vapor.

La forma terrestre debió ser un elipsoide de gran aplastamiento polar y la parte ecuatorial sumamente deformada debido a la marea solar y a la velocidad de rotación del planeta.

En esa fase dice Osmond Fisher (20) se encontraba el planeta cuando aconteció el desprendimiento de la periferia ecuatorial, acompañado probablemente de explosiones y desgarraduras paroxismales; este desprendimiento verificado con una velocidad superior a la gravedad, dió lugar a la formación de la luna. La parte simétrica del abultamiento ecuatorial, en gran parte acompañó a la luna y la otra restante se diseminó en forma de meteoritas.

Tal parece que la tierra exigía una testigo y compañera, temerosa de las infinitas soledades.

La magnitud de este fenómeno no debe extrañarnos, pues la energía desarrollada por las mareas y la fuerza centrífuga, sobrepasa a toda concepción que podamos admitir de los esfuerzos más grandes.

Termina la era cósmica y se dá principio a la azoica.

La superficie terrestre quedó irregular, desgarrada, con altitudes y depresiones; el vapor de agua condensado en la tropósfera al enfriamiento se precipita en forma pluvial y el blanco velo de vapor de agua que cubría a la tierra ocultándola de indiscretas miradas que quizá existieron, disminuye para convertirse en franca nubosidad. La lluvia continúa cayendo sobre la litósfera caliente produciendo explosiones al contacto y estado esfeoridal; grandes evaporaciones disgregaron la superficie, agrietándola, y nuevas emisiones de magma más denso visitan la litósfera. Principia la erosión y las primeras fases de metamorfismo, y a medida que el tiempo transcurre, el agua ocupa las cotas inferiores y una superficie líquida y azul envuelve gran parte del planeta, emergiendo más aún los continentes.

(20) Posible Origen de Océanos y Continentes. Por W. Bowie. p.p. 179, 1929.

Marca este suceso la terminación de la era azoica.

Fué la soberbia preparación que brindaron las fuerzas naturales, para recibir el fenómeno misterioso de la vida celular, a las póstumas convulsiones de una vida estelar.

Mas detengamos algunos momentos nuestra atención para hacer hincapié en lo asentado y explicar cómo emergieron los continentes del seno de las aguas.

William Bowie expone: (21) "Si la teoría planetesimal da la verdadera explicación de la formación de la tierra, no veo como los granitos se han concentrado en ciertos lugares dejando gran superficie de la tierra sin ellos", pues Chamberlín y Salisbury en su Texto de Geología dicen: "Fundamentalmente el lugar donde el magma se forma, está relacionado con el lugar donde cayeron los planetesimales y de acuerdo con la naturaleza de ello. La variedad de las rocas ígneas depende de un origen primario. (22)

Es por tanto la objeción del distinguido Dr. W. Bowie, uno de los fundadores de la isostasia, muy acertada.

Grout opina que: "La variedad de las rocas se debe a un resultado de diferenciación más bien que de una síntesis. Los batolitos se levantan de una zona magmática a través de fracturas formando diques plutónicos"; (23) en otro párrafo añade: "El problema petrogénico estriba en la profundidad de generación magmática, las rocas más profundas son de material más básico y la diferenciación se debe a un acomodamiento por densidad" y opina que las zonas basálticas son especiales generadoras de magmas". (24)

Ahora expongamos el origen de los levantamientos continentales:

Vimos al considerar la constitución física del planeta, que la astenósfera es una capa fluida, producida por la intersección de la curva geotérmica con la de fusión magmática,

(21) Posible origen de Océanos y Continentes por W. Bowie. pp. 17.

(22) Chamberlín and Salisbury.—Text Book of Geology. T. C. Chamberlín Geol. Soc. American Bull. Vol. 32 p. 208, 1921.

(23) Petrography and Petrology by Frank F. Grout. 1932. p. 185.

(24) Ob. cit. p. 185.

encontrándose en ella la capa isostática. Al desprendimiento de la masa que formó la luna, la litósfera quedó irregular y el modelado terrestre, según el principio isostático compensado. El elemento agua se encontraba en forma de vapor sobre la periferia del globo y ejerciendo una presión sobre el planeta en la misma forma y manera que hoy la ejerce la atmósfera con el elemento aire.

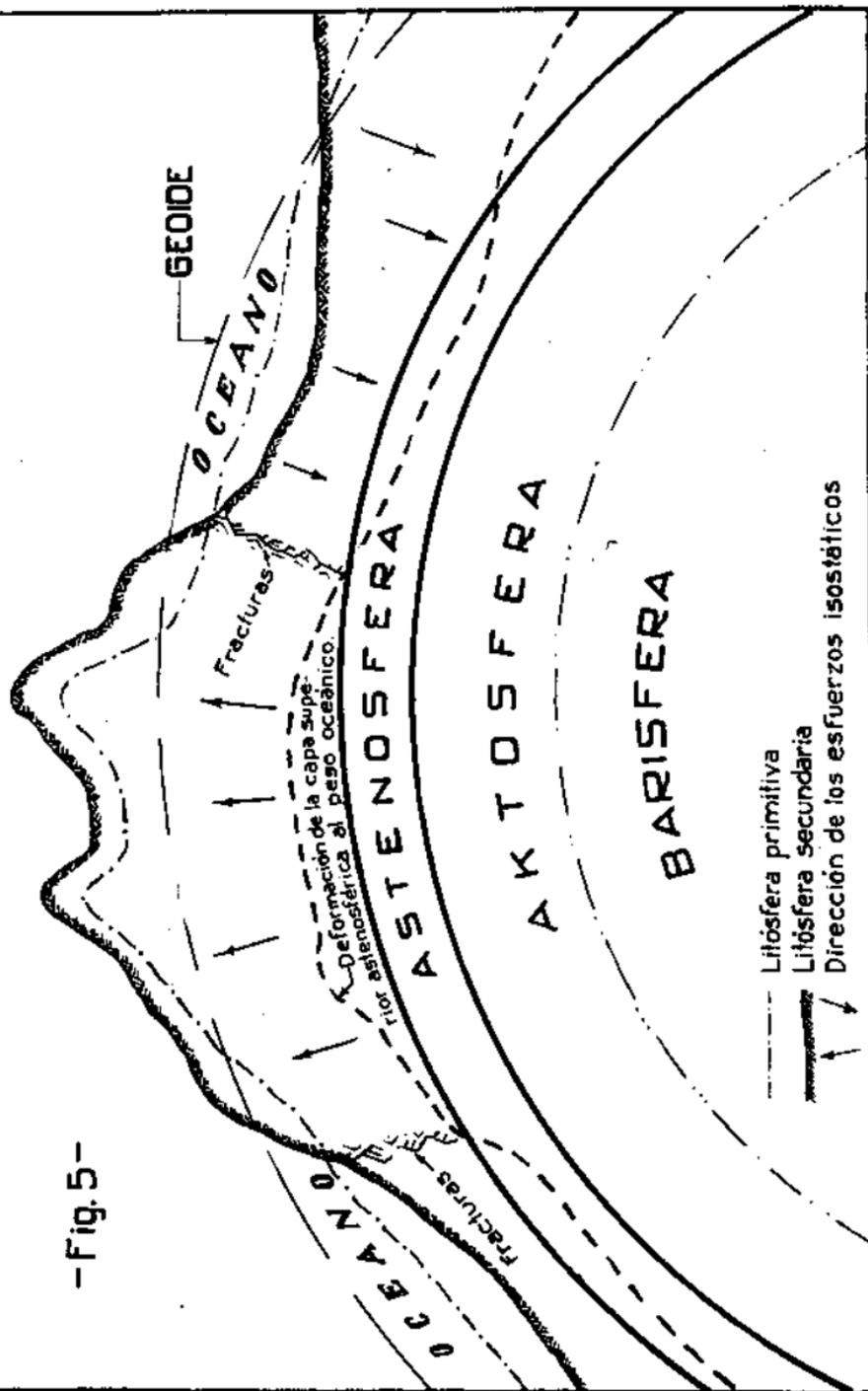
Al enfriarse la litósfera y el medio ambiente, la precipitación pluvial dió principio y las aguas se dieron cita en las hoy cuencas oceánicas. La gran masa acuífera ejerció un peso considerable en sus respectivas cuencas, rompiendo el equilibrio isostático primitivo, Fig. 5 presionando la parte superior de la astenósfera la cual cedió comprimiendo dicha capa; más como la esfera interna límite de la astenósfera llamada Nife es sólida debida al alejamiento del grado geotérmico con la curva de fusión magmática; de acuerdo con el enunciado de la ley de las transmisiones de presión en los líquidos que dice: "Si la presión en un punto de un líquido encerrado en equilibrio, varía un valor  $P$  sin que el estado de éste se modifique, la presión varía en el mismo valor  $P$  en todas las partes del mismo líquido". Así la presión en la astenósfera recibida del empuje hacia abajo por el peso del volumen oceánico, hizo escurrir el magma a los lugares no presionados, comprimiendo por abajo a las áreas terrestres, levantando los zócalos continentales primitivos en relación con la presión ejercida de las masas oceánicas, estableciéndose un nuevo equilibrio isostático al hacer emerger de sus niveles primitivos a las tantas veces citadas áreas continentales.

Por otra parte Joly expone una teoría de suma importancia, la cual puede considerarse como corolario de lo antes dicho: "Los continentes se desarrollaron más fácilmente debido al calor magmático existente en las áreas correspondientes a las superficies hipocontinentales, ya que el calor de las hipoceánicas fué absorbido por los mares." (25)

¿Qué evidencias pueden apoyar esta hipótesis general

## TEORIA ISOSTATICA DEL LEVANTAMIENTO CONTINENTAL

- Fig. 5 -



del origen de los océanos y continentes?. Según lo expuesto, entremos en materia:

Los conceptos que dán derecho a opinar de que la luna obedece a un origen terrestre son:

El satélite posee una densidad media de 3.46 la cual es justamente la que corresponde a la densidad de la litósfera hasta una profundidad de 90 kilómetros; la media densidad terrestre es de 5.5.

Entra dentro de la posibilidad mecánica de que la masa lunar se desprendiera debido a los esfuerzos de la marea solar y de la rotación terrestre.

La teoría electromagnética por otra parte ha emitido las siguientes conclusiones: considera la materia cósmica formada por una substancia primordial constituida por elementos de muy elevado peso atómico y que se transforma en otras substancias de menor peso de la misma índole, radiando energía electromagnética y produciendo calor, proceso que se ha desarrollado hasta el enfriamiento de la masa cósmica presentándose inmediatamente el fenómeno de la solidificación. "Los elementos radioactivos probablemente representan los vestigios de elementos supervivientes de la materia cósmica primordial y forman el puente entre los elementos inertes permanentes y los de elevado peso atómico y de corta vida en las estrellas". (26)

Los átomos pesados radian energía en la mutación de las diferentes transformaciones que sufren y se encuentran en el cuerpo celeste clasificados según su peso atómico del centro a la periferia, encontrándose en esta última capa los elementos más ligeros.

La tierra se formó de la periferia gaseosa solar y por lo tanto con substancias de menor peso atómico que el centro solar, enfriándose más rápidamente. La luna de origen periférico terrestre ya en el proceso de consolidación, sus elementos fueron menores aún en peso atómico que la parte central de la tierra y hoy se encuentra sin vida debido a la falta de calor interno mostrando una desolada y pálida superficie.

Los selenógrafos nos dan interesantísimos datos; presenta con ayuda del telescopio, una superficie esférica, de iluminación irregular en claro obscuro, luminosas las crestas, eminencias montañosas y valles heridos por el sol; oscuras las depresiones y las zonas de proyección de sombras. El aspecto topológico muestra una enorme diferencia en comparación con el terrestre: las montañas son aisladas, sus cúspides en forma de anillos principiándose en ellas fuertes taludes que se ensanchan en la base en forma radial. Los cráteres son muy profundos y amplísimos apareciendo sin excepción montículos cónicos variables en número pero de gran elevación. Puede decirse que no hay sistemas de montañas ni plegamientos estructurales, estando exenta la superficie lunar de material de acarreo, pues la luminosidad en las diversas regiones de la superficie, muestran grandes variaciones en intensidad, presentando los llamados mares de la Tranquilidad, Serenidad, Fecundidad, etc. los cuales son grandes planicies de matices grises que dan idea de un material obscuro y más denso, haciendo pensar en horizontes de basalto.

El aspecto general es escarpado, debido a una denudación exclusiva de un fortísimo intemperismo, ya que por la falta de la atmósfera se calcula que las variaciones de temperatura son muy fuertes, pues durante los 14 días y medio que un punto de la superficie lunar, está sometido a la acción solar, la temperatura se eleva cerca de 200°C. y desciende ésta, en la noche lunar, a 170° bajo 0; tales temperaturas dan idea clara del aspecto desolado y de mal país, falta de vida celular, encontrándose en las partes bajas, sin duda, fragmentos de material geológico de aristas vivas, que provienen de la denudación térmica y que se acumulan normales por el ángulo de reposo, que en materiales de esta índole, oscila entre 35 y 40°.

Es interesante observar que las alturas lunares se aproximan muchísimo a las terrestres: así tenemos al gran Copernicus, el Himalaya lunar, con sus laderas agrietadas constituyendo el prototipo de los "ring plains" de los selenógrafos ingleses, vocablos que expresan con toda propiedad la forma

estructural de los mal llamados circos o volcanes lunares. El Copernicus alcanza una altura de 8000 metros y su cráter posee un diámetro de 90 kilómetros, encontrándose al Norte de esta gran eminencia una especie de cadenas de montañas. Por ese orden las demás eminencias lunares varían de esa máxima altura hasta pequeñas elevaciones.

Considerando que la gravedad en la luna es de 0.17 en relación con 1 correspondiente a la tierra, es lógico suponer que las fuerzas orogénicas lunares fueron 6 veces menores en intensidad. Además se observa el modelado lunar como producto de un magma sumamente viscoso, comprobado por la forma de acumulación del material volcánico que forma amplísimos anillos aislados por emisiones tranquilas, exentas de paroxismos volcánicos que se resuelven en ceniza, lapilli, bombas volcánicas y toda clase de material piroclástico.

Todas estas circunstancias hacen llegar a la conclusión de que la energía orogénica y el diastrofismo lunar, pueden clasificarse como débiles, y esta debilidad en la estructura de la litósfera lunar, puede atribuirse fundadamente a la falta de sustancias de pesos atómicos altos, las que en sus progresivos desarrollos, produciendo nuevas sustancias, generan calor.

Constituye pues el satélite una terrible experiencia del futuro terrestre. El escalpelo óptico del selénografo disecando a distancia la epidermis lunar, diagnostica una época cortísima a los seres vivientes de la tierra, si se compara con los vastos y eternos tiempos siderales.

De acuerdo con las magníficas fotografías lunares que se han obtenido en los diversos observatorios astronómicos, se aprecia que a cada "ring plain" corresponde uno o más conos volcánicos.

El Sr. Ing. Joaquín Gallo formula la siguiente teoría, y hace observar que en la luna, en su actual eje de rotación está concentrada la mayor actividad volcánica, encontrándose a los bordes las planicies llamados mares, infiriendo que en esa época el eje de rotación se encontraba aproximadamente a

90° del actual, ya que el ensanchamiento ecuatorial es una función de la rotación.

Volviendo a la aparición persistente de los conos volcánicos en el interior de los "ring plains", nos permitimos opinar que tales conos se deben al fenómeno siguiente:

La fuerza centrífuga de la rotación lunar, estimuló grandemente a las fuerzas orogénicas, formándose dentro del sistema volcánico de la luna conos aislados como se dijo anteriormente. Al cambiar el eje de rotación cesó la fuerza centrífuga en esa faja ya solidificada y por lo tanto debido al principio isostático, la parte interna de los conos, siendo además la zona más caliente, descendió de nivel dejando la periferia que por razón natural constituye la zona de mayor consolidación formándose los tantos veces citados "ring plains"; más tarde el último calor generado en el interior lunar, produjo una nueva era eruptiva y afloraron los magmas por una línea de menor resistencia, que fué desde luego la parte central de los grandes circos, formándose los conos volcánicos. Fig. 6.

Es muy digno de notarse que las planicies lunares llamados mares, forman las partes más bajas del satélite, careciendo por tanto de fosas oceánicas bien definidas. Hemos atribuído a las fosas oceánicas terrestres un origen debido al desprendimiento lunar. La luna no posee ningún satélite, por lo tanto no hubo desprendimiento de material ecuatorial, con lo cual puede explicarse que no hubo causa para formar las cuencas.

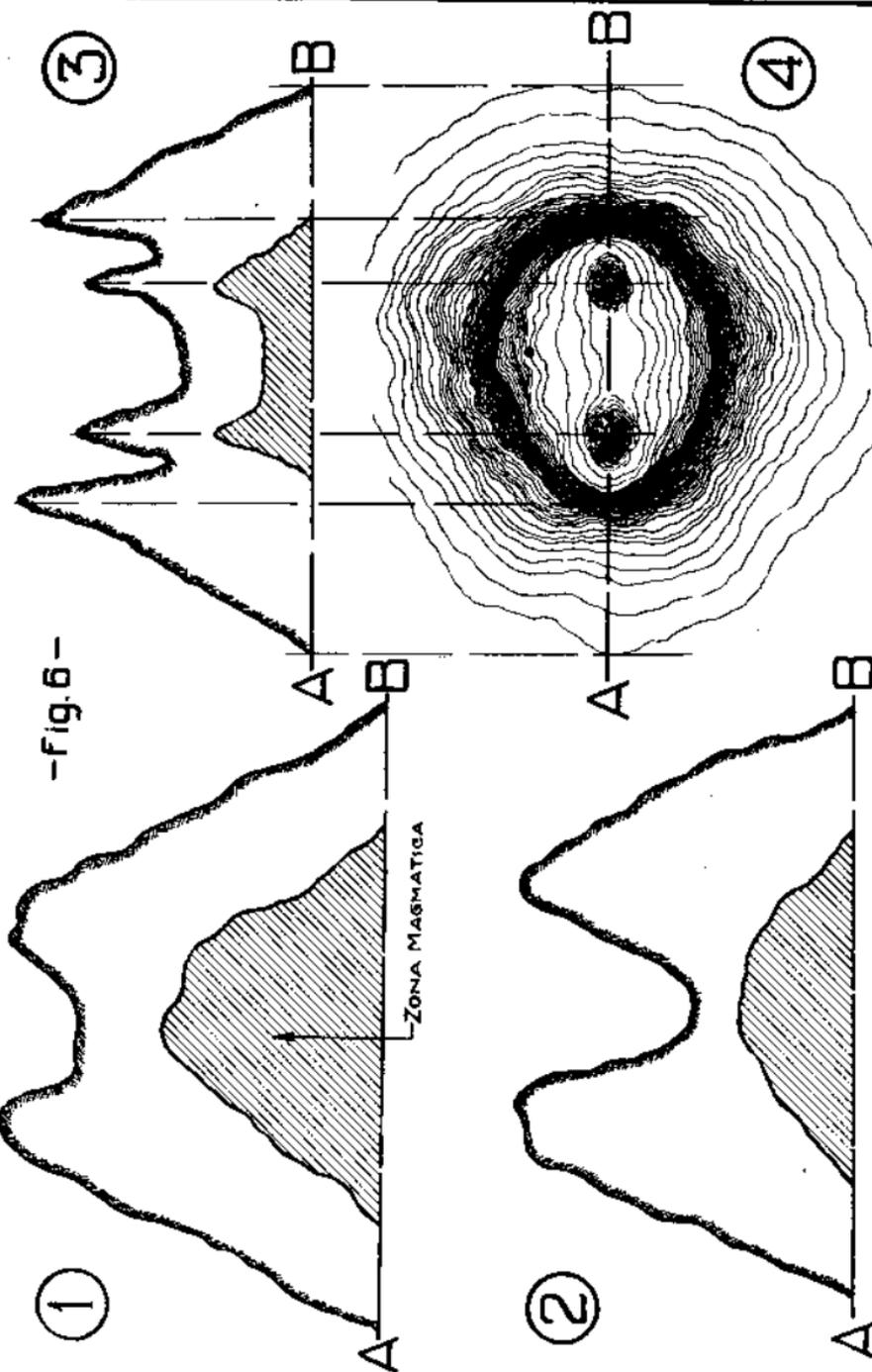
La forma de consolidación lunar fué por tanto más regular, acercándose a una esfera.

En la superficie terrestre también encontramos indicios de lo que hemos enumerado.

"El dominio de las rocas ígneas diseminadas en el arcáico, es probablemente el punto más sugestivo para probar la completa fusibilidad superficial en alguna temprana era de la tierra. Se encuentran otras evidencias de uniforme diseminación, en los caracteres químicos de las rocas ígneas, en el límite de densidad a la profundidad, en las variaciones de

FORMACION DE LOS "RING PLAINS"

-Fig. 6-



Dr. J. R. ...

la corteza, en la pequeña cantidad de sal en el mar, y en los períodos de rotación de la luna y los planetas." Los autores de la hipótesis planetesimal opinan que esta evidencia no es suficiente y creen en el desarrollo lento de la tierra. (27)

En el Océano Pacífico encontramos una enorme unidad tectónica denominada geosinclinal circunpacífico, que dá origen al 90% de los fenómenos sísmicos, y donde se encuentran ubicadas la mayor parte de las zonas volcánicas. Estos hechos prueban la zona de dislocación producida por el ascenso de las masas continentales y el descenso de los fondos oceánicos.

Las meteoritas de forma irregular, no son sino elementos piroclásticos desprendidos del globo terrestre en tiempo de la separación lunar y que la teoría planetesimal les dá un origen no bien determinado, pues el mismo Chamberlín indica que "las meteoritas tienen más bien las características de destrucción de alguna organización anterior, que de un parentesco con nuestro sistema planetario. (28)

Por lo tanto, basados en los argumentos expuestos, podemos afirmar, que cualquiera que haya sido la forma primitiva continental y oceánica, los continentes dependen de la compensación isostática, las cuencas oceánicas de la gravedad y el elemento agua, y la forma peculiar del modelado terrestre primitivo de la separación de la masa lunar.

La isostasia es una función de la gravedad y de la plasticidad astenosférica.

Las trasgresiones y regresiones marítimas son fenómenos en reducida escala del génesis continental. El diastrofismo es un fenómeno isostático.

Suess dice: "Hoy asistimos al desplome del mundo"; bien podemos decir ahora que aquellos tiempos asistieron a la formación del grandioso modelado de la tierra, debido a la isostasia y a la energía plutónica.

Hemos visto que los continentes se elevaron y desarro-

(27) Grout. *Petrography and Petrophy and Petrology*. p. 182.

(28) T. Ch. Chamberlín. *The Origin of the Earth*. 1918, p. 78.

llaron más fácilmente debido a la isostasia y al calor magnético.

“La mayor parte de las rocas profundas en la corteza son ígneas, encontrándose en grandes cuerpos cuyas masas están diferenciadas por la gravedad”. (29)

La misma acción isostática ha hecho emerger ciertos magmas los cuales conocemos, existiendo otros probablemente más básicos.

¿Qué es lo que ha producido la salida del magma y por lo tanto formado las eminencias litosféricas?

La seismología demuestra que la superficie terrestre está sometida a un continuo movimiento microsísmico, insensible al hombre.

¿Cuál es la causa de este fenómeno?

Sin abordar el problema en toda su magnitud ya que el tema es extenso, podemos enumerar las principales causas:

1.—A la reducción del diámetro terrestre.

2.—Mareas.

a.—A la deformación terrestre por la atracción lunar.

b.—A la concentración de las masas de agua en los mares en la pleamar y a la depresión del horizonte marino en la baja mar, hechos que se traducen en cambios variables de peso en las zonas oceánicas.

3.—A la pérdida de peso en las zonas continentales, por el acarreo fluvial de los sedimentos que se vacían en los litorales.

4.—Al impacto del ariete marino sobre las costas acantiladas.

5.—A las precipitaciones generales sobre áreas continentales más o menos extensas, aumentando el peso del área afectada.

6.—A las variaciones de presión atmosférica sobre la superficie terrestre y oceánica.

7.—A la variación anual térmica debido a la posición solar respecto al ecuador terrestre.

8.—Al impacto de los vientos sobre las montañas o planicies.

9.—A las perturbaciones magnéticas.

Todos estos fenómenos y algunos más tienden a modificar el modelado, a presionarlo haciendo modificaciones que se traducen en desequilibrios corticales y pequeños movimientos, los cuales en algunos casos excitan a grandes masas de la zona de fractura que están en equilibrio inestable, formándose un ariete geológico productor de energía sísmica de acuerdo con la masa.

Estos fenómenos acomodan, agrietan y tienen en constante movimiento a nuestra corteza, dando lugar a salida de magmas o gases en las zonas volcánicas, por la presión que ejercen los agentes superficiales, fenómenos todos que se traducen en diastrofismos y acomodamientos tectónicos.

Grout afirma que el magna puede ser generado por tres procesos: (30)

a.—Por incremento de calor.

b.—Por decremento de presión.

c.—Cambio de composición, debido a la mayor o menor cantidad de agua en el magna.

Estas afirmaciones demuestran lo que hemos asentado anteriormente pues:

a.—El incremento de calor es debido a la transformación y desintegración de los elementos centrales periféricos y a la compresión a que están sometidos los elementos.

La teoría planetesimal expone que la temperatura proviene de:

1.—Que los núcleos y planetesimales deben ser calientes.

2.—Sus acumulaciones desarrollan calor por impacto.

3.—El calor resulta de la compresión del núcleo, por la presión de los últimos planetesimales acumulados en él.

4.—El calor es resultado de la reacción entre los diferentes planetesimales.

Existen otras fuentes de calor que provienen de la fric-

ción, a los deslizamientos de las masas geológicas, mas éstas se verifican en porciones relativamente superficiales.

b.—El decremento de presión se verifica en la atmósfera debido al rompimiento del equilibrio isostático.

La presión sobre el magma tiene una influencia importantísima, pues la tensión del vapor en los magmas, estando en función de la primera, produce los siguientes estados respectivamente: ortomagmáticos, pegmatíticos, pneumatolíticos e hidrotermales. (31)

c.—La variabilidad del vapor de agua es una función de la presión.

Todo lo expuesto nos conduce a la conclusión, de que el material litosférico fué ígneo convirtiéndose más tarde en material sedimentario y metamórfico.

La paragenesis de los elementos está íntimamente ligado a los magmas.

L. de Launay, H. S. Washington y P. Niggli, dividen los elementos en dos grupos: litogénicos y metalogénicos. "Se supone que el asiento actual de los elementos metalogénicos está a la profundidad y solamente pequeñas cantidades análogas a la misma están incluidas en la composición de la zona magmática". (32). Es un hecho interesante que Niggli en 1921 mostró a los elementos litogénicos comprendidos principalmente en las importantes series del sistema periódico, mientras que los metalogénicos comprenden todos sus elementos a series subordinadas. Fig. 7.

"Las investigaciones geoquímicas de esta clase, particularmente las llevadas a cabo por V. M. Goldschmidt, llegan a la conclusión de que pueden dividirse en dos grupos: los exogeosféricos y endogeosféricos; los primeros comprenden los elementos de la atmósfera (atmófilos) y de la litósfera (litófilos). Los segundos incluyen aquellos que probablemente pertenecen al interior de la tierra y son llamados chalcófilos y siderófilos". (33)

(31) P. Niggli Trad. por Dr. H. C. Boydel. p. 3. 1929. Ore Deposits of Magmatic Origin.

(32) Ob. cit. p. 22.

(33) Ob. cit. p. 22.

## RELACIONES DEL SISTEMA PERIÓDICO CON LOS ELEMENTOS GEOLOGICOS

Fig. 7.

Peso Atómico	Elementos Atmosféricos	Elementos Siderófilos	Peso Atómico
2	H He		4
10	Ne	C	12
18	Ar	P	28,30
36	Kr	Fe, Co, Ni	46,48
54	X	Ru, Rh, Pd	78,80
86 88	Em	Os, Ir, Pt	

Diagram illustrating the relationships between atmospheric elements (left column) and siderophilic elements (right column) in the periodic table. The diagram shows connections between noble gases and various elements in the periodic table, including alkali metals, alkaline earth metals, transition metals, and heavy metals.

Legend:

- Exogéneos siderófilos. Endogéneos siderófilos → Elementos Calcófilos: Leira Inglesa.

Niggli concluye en su interesantísima disertación respecto a criaderos minerales de origen magmático, diciendo: "La variedad de las asociaciones en la paragénesis de los minerales, no solamente son de interés para el mineralogista, sino para el geólogo dedicado a la tectónica, y ofrece una contribución inapreciable para la reconstrucción, historia y naturaleza de una región dada en la corteza terrestre". (34)

No hay duda que la materia considerada en la actualidad como energía, en sus diferentes transformaciones, nos ofrece el espectacular sistema periódico, quedando como residuo energía electromagnética, constituyendo el Universo una soberbia fuente calorífica.

En las transformaciones atómicas, éstas se aniquilan, sobreviviendo las radiaciones penetrantes.

L. Kober ha clasificado la corteza terrestre en tres divisiones en lo general:

Plataformas arcaicas o arqueoides representadas por el color amarillo; cadenas de montañas del proterozoico y paleozoico llamadas Proteroides o Palaioides de color rojo y las cadenas de modernas montañas que tuvieron por origen los movimientos orogénicos del mesozoico o mesoides de color azul, marcando todas 3 épocas orogénicas importantísimas de nuestro planeta.

Las unidades tectónicas se encuentran: una rodeando al Pacífico y la otra dividiendo a Rusia y Siberia del Africa, Arabia e India levantándose en este último lugar el magnífico Himalaya, constituyendo estas unidades los principales focos macrosísmicos y diversos fenómenos volcánicos. Fig. 8.

Nuestro planeta marca actualmente, un síntoma de enfriamiento; el volcanismo tiene sus últimas manifestaciones y está siendo substituído por fenómenos de acomodación. La energía plutónica está reemplazándose por el diastrofismo isostático.

Las anomalías gravimétricas, tienen una relación perfecta con las zonas tectónicas. En áreas perfectamente compensadas la gravedad calculada y la observada son iguales, no hay



anomalía y por lo tanto esa zona se cataloga como asísmica. En la ciudad de Colima la anomalía registrada fué del más alto valor encontrado en la República hasta ahora e igual a 0.0052 milibars. Es decir, la región del Pacífico se encuentra en pleno período de acomodación y las presiones tectónicas, en los acomodamientos, pueden producir manifestaciones magmáticas en los volcanes que se encuentran en las cercanías de esos perímetros tectónicos, como el volcán de Colima pongamos por caso; pero estos fenómenos son bien diferentes a los que se verifican en Kilawea, cuya actividad es esencialmente volcánica aún.

En nuestro país el volcanismo ha muerto en relación con la actividad tectónica desarrollada.

Mientras el suelo oaxaqueño y la región vecina del Pacífico, fructíferas zonas de sismicidad tectónica, dan oportunidad para estudiar los movimientos de acomodación que en esas regiones se realizan; la montaña humeante, el incomparable Popocatepetl en sus últimos alientos, quiere seguir velando en las regiones de El Aguila y El Cóndor, como buen descendiente de la raza azteca, el eterno sueño de su consorte amada, La Mujer Dormida, que a su vera yace gigantesca, yerta y fría.

México, D. F., a 5 de junio de 1936.

---

Nota.—Réstame manifestar mis agradecimientos al Ing. Camilo Arriaga, Jefe del Departamento de Exploración de la Secretaría de la Economía Nacional, quien dió facilidades para elaborar este trabajo, así como al personal de la sección de dibujo señores Fernando Servín G., Samuel N. Reyes, Alberto N. Arenas P. y Enrique Sáinz Pinet.