

opinión y discutir la posibilidad de que la próxima conferencia sobre estas nuevas fuentes de energía (solar-eólica y geotérmica) el año 1964 o 1965, se celebrara en Chile, en Antofagasta y Valparaíso. Después de un cambio de ideas y de considerar las ventajas que ello significaría para América Latina y en particular para Chile, que cuenta con el campo de experimentación más apropiado para el estudio y utilización de esta clase de energías, se acordó presentar en la sesión de clausura de la conferencia una moción que expresara el deseo de los representantes de Chile, Argentina y de la CEPAL, de que la segunda reunión internacional sobre esta importante materia se efectuara en nuestro país, pero en escala más reducida, en cuanto a la concurrencia de delegados, moción que fue leída por el Vicerrector de la U. T. Santa María, don Julio Hirschmann, en la última sesión general de la conferencia.

En el mes de abril próximo, la ONU, en el Consejo Consultivo correspondiente, se pronunciará sobre to-

dos los trabajos y debates de esta conferencia de Roma, y confiamos en que sus peroneos considerarán nuestra sugerencia en forma favorable.

Debemos expresar nuestros sinceros agradecimientos al señor Dorfman, argentino, que concurrió a la conferencia como delegado de la CEPAL, quien nos apoyó en todo momento para lograr este acuerdo, e igualmente, y en forma muy especial, a nuestro representante diplomático en Italia, señor Santiago Labarca, que gracias a su hospitalidad y a su inteligente y entusiasta colaboración ha hecho posible este contacto amistoso con algunos de los principales científicos de la conferencia de diversas naciones europeas, americanas y del medio oriente, que han podido así informarse de las excepcionales condiciones de la zona norte de nuestro país para el aprovechamiento de las tres fuentes de energía tantas veces referidas.

En un próximo artículo, los resultados obtenidos en este torneo respecto a la utilización de la energía endógena, de abundantes manifestaciones en la región cordillerana de Antofagasta.

## SOBRE LA ESTRUCTURA ANDINA

por el prof. CINNA LOMNITZ  
Director del Instituto de Geofísica y Sismología

Chile continental es, en su totalidad, un país andino. Su límite oriental sigue la vertiente de los Andes continentales por más de 4 mil kilómetros. El relieve andino termina y desaparece en el océano en el Cabo de Hornos, pero emerge otra vez en las islas del Arco de Scotia, que incluye los archipiélagos de South Georgia, South Sandwich, South Orkneys y South Shetlands, así como la arista montañosa del Archipiélago Occidental Antártico (Tierra de O'Higgins).

Muchos problemas relacionados con la orogénesis y tectonismo del Pacífico pueden estudiarse en los Andes chilenos. Un ejemplo es la distribución en profundidad de los focos sísmicos, lo cual ha permitido a Benioff (1949) postular una superfalla que bucea bajo el continente en un ángulo inclinado. Otros problemas originados en las investigaciones andinas son demasiado recientes para encontrar su explicación en estudios comparativos de otras regiones. Un ejemplo es el descubrimiento de la expedición del Año Geofísico Internacional de la Carnegie Institution de Washington (1958), de que el Altiplano Boliviano está sostenido por una corteza de espesor normal, mientras que la región de Antofagasta y gran parte de la altiplanicie continental más baja está sostenida por una corteza de espesor doble al normal. La discusión sobre el levantamiento o sumersión de la costa chilena, que data desde Darwin (1838), envuelve un problema de la ma-

yor importancia, involucrando teorías sobre el origen de los terremotos y maremotos. Recientes descubrimientos acerca de la estructura tectónica del valle central de Chile (Lomnitz, 1959) o sobre la constitución geoquímica de los ríos que descienden de los Andes chilenos (De Grys, 1961) son potencialmente importantes para los estudios de geología comparada y de la estructura de la costa occidental sudamericana. Así, el campo de las investigaciones relativas a los Andes es extremadamente amplio; en Chile, ningún problema geológico o geofísico puede propiamente ser considerado extraño a él.

### *Las 4 provincias tectónicas de Chile*

Los geógrafos acostumburan dividir el territorio en 5 regiones, de norte a sur, como sigue: 1 el Norte Grande, desde el límite peruano a los 27° de latitud sur aproximadamente; 2 el Norte Chico, entre los 27° y el río Aconcagua, cerca de los 33° sur; 3 Chile Central, entre los ríos Aconcagua y Bio Bio, 33° a 37° sur; Sur de Chile, desde el Bio Bio al Golfo de Reloncaví, 37° a 42° sur; 5 Patagonia, incluyendo toda la región austral desde el paralelo 42°. Gajardo y Lomnitz (1960) han demostrado que estas regiones fisiográficas corresponden, muy aproximadamente, a provincias tectónicas independientes, en el sentido de la tesis de Tsuboi (1958). Se han identificado 4 provincias sísmicas en

Chile, en base a un estudio de correlación estadística de 6.446 temblores. El significado de estas provincias reside en el hecho de que la actividad sísmica en cualquier provincia ocasiona un incremento de la actividad general de la provincia, mientras que la sismicidad de las provincias vecinas puede disminuir temporalmente. Fue así como la actividad sísmica que siguió a los terremotos de 1960 se extendió por toda la cuarta región tectónica, mientras que desde la tercera región al norte, permaneció inactiva.

Si comparamos las regiones sísmicas con las amplias divisiones fisiográficas anotadas, pueden notarse diversas e importantes semejanzas y discordancias. El límite fisiográfico entre el Norte Grande y el Norte Chico coincide claramente con el tectónico; lo mismo ocurre con el límite entre Chile Central y Sur. Por otra parte, el límite tectónico entre el Norte Chico y la región Central queda muy hacia el norte, cerca de La Serena (latitud 30°), lo que corresponde también al mínimo de sismicidad. Más aún, hemos demostrado que la correlación sísmica entre estas dos provincias es baja (0,26) y, por lo tanto, el límite entre ellas es más preciso que en otros casos.

Posiblemente, la tectónica de Chile Central entre La Serena y el Bio Bio sea de naturaleza transicional y la sismicidad de la región quizá deberá definirse en base a unidades locales más reducidas.

Los intervalos entre las provincias tectónicas son esencialmente regiones de sismicidad errática. Especialmente ocurre esto en la provincia de Antofagasta, que posee actualmente un nivel de actividad relativamente bajo. La historia sísmica de esta provincia ha sido también relativamente tranquila.

El número de terremotos decrece claramente al sur de Puerto Montt, de manera que carecemos de suficientes datos para determinar si la región de la Patagonia debería ser incluida en una sola provincia tectónica con Chile austral. Durante 1960, hubo un aumento sin precedentes de actividad hasta incluso los 48° de latitud sur, con varios terremotos de magnitud 7. Este hecho podría indicar que la provincia tectónica de Chile austral debe extenderse por lo menos hasta esa latitud.

En cuanto al extremo sur (provincia de Magallanes) nos inclinamos a creer que pertenece a otra región tectónica de actividad local relacionada con ciertas fallas activas, por ejemplo la falla decidental del Estrecho de Magallanes.

#### *Evolución geológica de los Andes*

En Chile la mayoría de los trabajos geológicos han tenido carácter local. Sólo recientemente, algunos estudios han empezado a llenar la necesidad de una perspectiva histórica de la geología chilena, cuya exigencia

se siente más particularmente en relación con los estudios tectónicos.

Cuatro principales periodos orogénicos han sido descritos en Chile: Herciniano, Jurásico Superior, Cretáceo Medio y Terciario Inferior, que continúa probablemente hasta el presente. No hay razones poderosas para pensar que estos periodos orogénicos no afecten todo el norte y centro de Chile por igual.

La visión clásica de la geología de Chile, se encuentra en la obra de Brüggén (1950). Muchas de sus conclusiones han sido actualmente superadas, pero ningún texto general la ha reemplazado aún.

Si consideramos específicamente el norte de Chile, habría que recordar que el geosinclinal andino tuvo su eje en esa región, mientras que Chile central descansa en el flanco occidental del geosinclinal. De acuerdo con los estudios de Dingman y Galli (1961) y de las observaciones de Ruiz (1960) y Klohn (1960), puede construirse la siguiente secuencia aproximada de los acontecimientos tectónicos desde el Jurásico en el Norte de Chile:

a) *Transgresión Jurásica*. Depósitos de areniscas finas continentales y sedimentos marinos de escasa profundidad.

b) *Orogénesis del Jurásico Superior*. Fase I: plegamiento proto-andino a lo largo de un eje norte-sur, abarcando toda la región desde el límite argentino hasta más allá de la actual costa del Pacífico. Fase II: Intrusiones de batolitos granodioríticos.

c) *Intervalo del Cretáceo Inferior*. Conglomerados gruesos, lavas y sedimentos continentales diversos.

d) *Orogénesis del Cretáceo Medio y Superior*. Fase I: plegamiento a lo largo de un eje norte-sur, con emergencia del relieve andino (después) y de otras dislocaciones longitudinales, tales como la cordillera Domeyko.

Fase II: Intrusión de batolitos granodioríticos.

e) *Intervalo Terciario Inferior*. Erosión extensiva y comienzos de sedimentación de pampas y bolsones.

f) *Orogénesis del Terciario Superior*. Fase I: Vulcanismo moderno, que comienza en el Mioceno o Plioceno con muy extensas formaciones piroclásticas y riolíticas. Fase II: falla longitudinal al pie de la Cordillera de la Costa y formación de la costa actual.

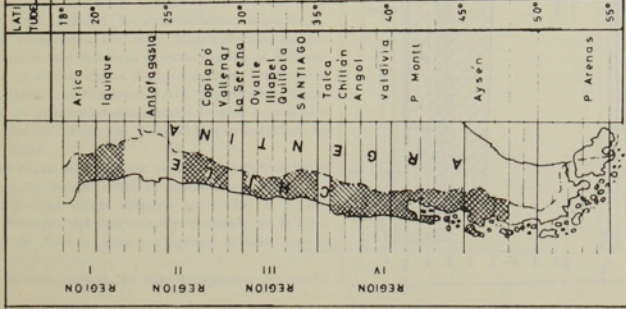
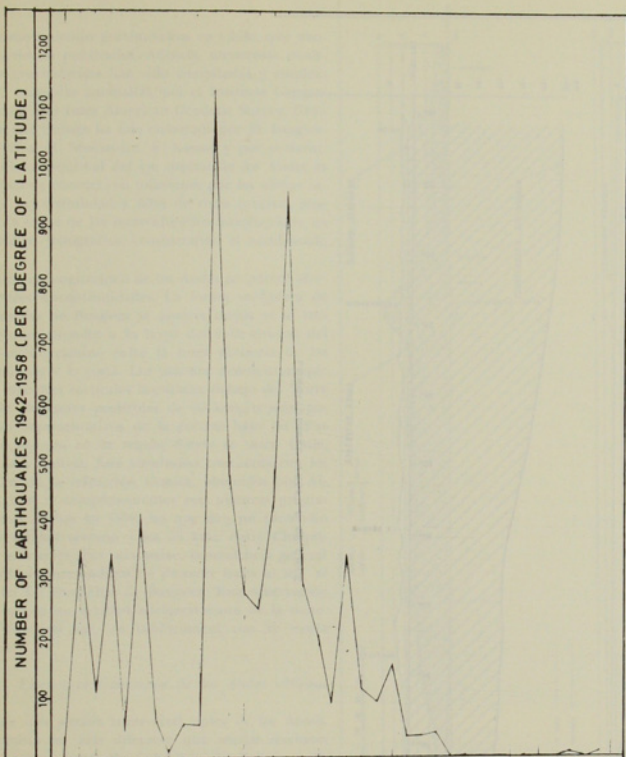
Fase III: Solevantamiento epigénico de toda la región. Estas fases continúan probablemente en la actualidad. El bosquejo anterior, basado en el referido trabajo de Dingman y Galli, debe considerarse provisorio y confrontarse constantemente con los rápidos progresos de la investigación geológica en Chile.

#### *El Relieve y la estructura de la corteza de los Andes*

Desde los comienzos del Año Geofísico Internacional (1957-1958) nuestro grupo de Santiago ha llevado a

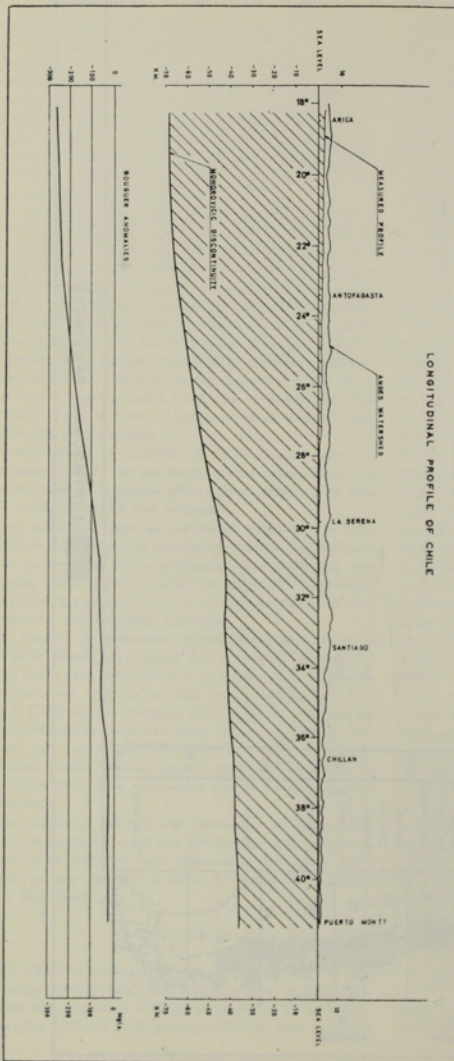


NUMBER OF EARTHQUAKES 1942-1958 (PER DEGREE OF LATITUDE)



EARTHQUAKE PROVINCES

LONGITUDINAL PROFILE OF CHILE



cabo reconocimientos gravimétricos en Chile, que ahora están siendo publicados. Además, numerosas observaciones gravimétricas han sido compiladas y empleadas para computar anomalías, por el Instituto Geográfico Militar y el Inter American Geodetic Survey. Gran parte de este trabajo ha sido elaborado por M. Dragóvić, L. Silva, H. Meinardus, E. Kausel y por el autor. Un perfil longitudinal del eje central de los Andes es muy difícil de obtener, no solamente por las obvias razones de inaccesibilidad y falta de cotas precisas, sino también a causa de las incertidumbres involucradas en la corrección topográfica, considerando el accidentado relieve.

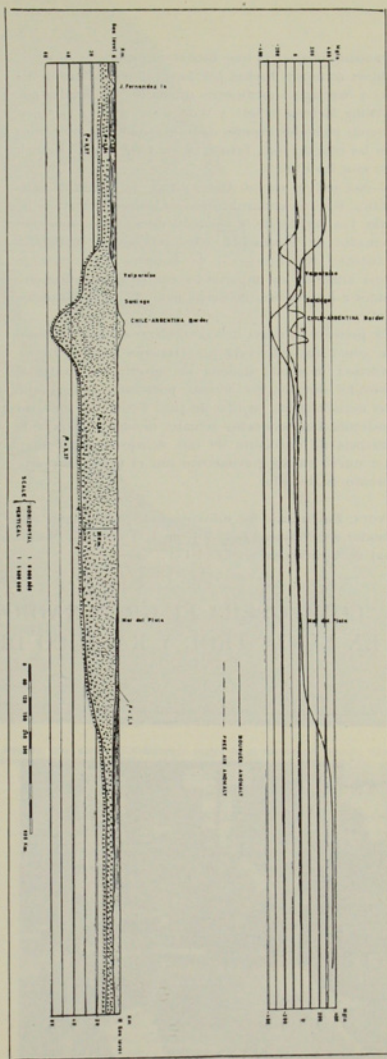
La estructura longitudinal de los Andes no parece ofrecer mayores discontinuidades. La forma verdadera de las anomalías de Bouguer se aprecia mejor si se emplean puntos situados a lo largo del valle central del país, a medio camino entre la línea divisoria de las aguas andinas y la costa. Los cálculos demuestran que existen espesores corticales inusitados debajo del Norte de Chile. Espesores probables de 70 kms. o más podrían ser representativos de la corteza bajo las altas cumbres andinas en la región donde se unen Chile, Argentina y Bolivia. Esta conclusión concuerda con los resultados de la refracción sísmica, obtenidos por Aldrich (1958) y complementados con nuestras propias mediciones hechas en 1958, las que dan un promedio de profundidad cercano a los 55 kms. entre Chuquibambata y la costa. Por otra parte, la tendencia general de las elevaciones andinas de decrecer hacia el sur se refleja en las anomalías de Bouguer. Esta observación corresponde a un gradual adelgazamiento de la corteza en dirección sur, en conformidad con la teoría isostática.

#### *Estructura transversal de los Andes chilenos*

No existe una sección transversal típica de los Andes. Nada podría ser más diferente que sendas secciones estructurales a través de Colombia, de Bolivia o de Chile central. Además, los conocimientos sobre la estructura transversal son muy fragmentarios, porque generalmente hay fronteras internacionales de por medio. Este es el caso de los Andes australes, donde coincide el límite internacional entre Argentina y Chile. Una de las principales dificultades ha sido la ausencia de vinculación entre las estaciones gravimétricas de ambos países.

El 23 de enero de 1961, este enlace se estableció en el Cristo de los Andes, sobre el límite internacional. El grupo argentino estaba dirigido por el Dr. E. E. Baglietto, Director del Instituto de Geodesia de la Universidad de Buenos Aires y el grupo chileno, por el autor.

A raíz de este trabajo, ha sido completado un perfil





transcontinental, al que fueron incorporadas observaciones terrestres hechas por los grupos de Buenos Aires y Santiago y mediciones submarinas realizadas por Vening Meinesz (1941) y Wuenschel (1956). También fueron incluidos algunos datos gravimétricos obtenidos en las islas de Juan Fernández en 1960, por E. Kausel, de este Instituto.

Si esta sección de los Andes carece de equilibrio isostático, aquí no encontraremos evidencias dramáticas de ello. Los perfiles de la anomalía de aire libre han sido tomados de Wuenschel; ellos reflejan la topografía existente. Nuestro perfil de Bouguer fue suavizado para eliminar los importantes efectos topográficos debidos a la presencia de masas montañosas y profundos valles.

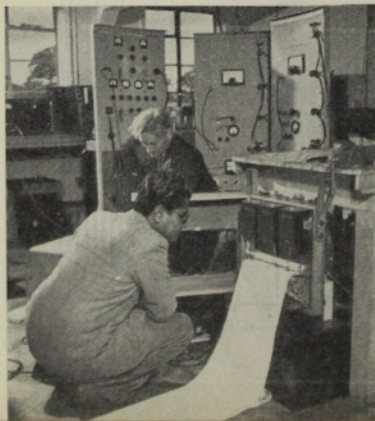
La presente solución debe considerarse, principalmente, como una referencia para trabajos futuros. La estructura detallada debería ser investigada mediante métodos sísmicos. Por último, podríamos agregar que las mediciones en las islas de Juan Fernández son algo inciertas. Los resultados actuales tienden a indicar la carencia de estructura de raíz debajo de estas islas. Un nuevo enlace gravimétrico con el Continente será pronto establecido.

(NOTA: Este trabajo fue subvencionado parcialmente con fondos del Proyecto G-13.901, de la Fundación Nacional de Ciencias de los EE. UU.).

## COMO OPERA EL GRAN RADIOTELESCOPIO DE JODRELL BANK EN EL CONTROL Y RASTREO DE LOS SATELITES ARTIFICIALES

por REGINALD G. LASCELLES

Postgraduados indúes y británicos estudian los registros hechos de resultados que llegan de las observaciones solares



### BIBLIOGRAFIA SOBRE ESTRUCTURA ANDINA

- ALDRICH, L. T. H/ E/ TATEL, M. A. TUVE, and G. W. WETHERILL. The Earth's crust. *Carnegie Inst. of Wash. Year Book* 57, 104-111 (1958).
- BENIOFF, H. Seismic Evidence for the fault origin of ocean deeps. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 60, 1837-1856 (1949).
- BROGGEN, J. *Fundamentos de la Geología de Chile* (Inst. Geogr. Militar, Santiago, 1950).
- DINGMAN, R. J. and C. GALLI, U. S. Geol. Survey Bull. (in publication, 1961).
- GAJARDO, E. and C. LOMNITZ. Seismic provinces of Chile. *Proc. 2nd World Conf. Earthq. Eng.* 3, 1529-1540 (1960).
- KLHÖN, C. Geología de la Cordillera de los Andes de Chile Central. *Inst. Invest. Geol. Chile. Bull.* 8 (1960).
- LOMNITZ, C. Gravity measurements in the Central Valley of Chile. *Fifth World Petroleum Congr., Proc.* 1, 801-814 (1959).
- RUIZ, C., K. SEGERSTROM, L. AGUIRRE, J. CORVALAN, H. J. ROSE, Jr., and T/W. Stern. Edades plomo alfa y marco estratigráfico de granitos chilenos. *Inst. Inv. Geol. Chile. Bull.* 7 (1960).
- TSUBOI, C. Earthquake measure — domain of sympathetic seismic activities. *Jour. Phys. Earth* 6, 35 (1958).
- VENING MEINESZ, F. A. *Gravity Expeditions at Sea, 1923-1932*. V. III 206-209 (Publ. Netherl. Geod. Comm., Delft, 1941).
- WUENSCHEL, P. C. Gravity measurements and their interpretation in South America between latitudes 15° and 33° South (doctoral dissertation, Publ. 12,485, Columbia University, New York, 1955).

Orientado con frente al horizonte suroeste, el gigantesco plato del radiotelescopio de Jodrell Bank se yergue sobre su propio borde como un inmenso faro de automóvil, con la filigrana gris oscura de las nervaduras metálicas que abrazan la parte posterior de su taza de acero. En un pequeño laboratorio, donde miran a través de paneles de vidrio al interior de la cámara de control, varios hombres de ciencia están preparados, con grabadores magnetofónicos y otros implementos de registro. Desde un laboratorio móvil del gobierno de los Estados Unidos, a menos de 200 metros de distancia, llegan por el intercomunicador los últimos mensajes de Cabo Cañaveral: "tres minutos para el lanzamiento", "70 segundos para el lanzamiento..." Han de transcurrir por lo menos 10 minutos antes de que la sonda espacial asome sobre el horizonte. Nuevos mensajes se reciben: "primera etapa encendida correctamente; segunda encendida; segunda etapa consumida; tercera etapa encendida...", y demás. Los científicos