

LA RADIOACTIVIDAD DE LAS ROCAS

POR

Edmundo LARENAS

Profesor de la Universidad de Concepción

Cuando se hace el estudio microscópico de las rocas por medio de preparaciones en láminas finas y transparentes, llama luego la atención la presencia más o menos frecuente de los halos pleocroicos.

Consisten éstos en unos anillos más o menos oscuros que aparecen alrededor de inclusiones minerales, o sea de algunas de esas partículas de ciertos cuerpos que se presentan como incrustadas en el campo de otros. El halo es a veces doble, con un segundo círculo concéntrico lo primero. Dan tonos diversos a la luz polarizada, cuando se la hace girar: de ahí la denominación de halos pleocroicos.

Los más comunes son los formados en láminas de biotita, alrededor de inclusiones de zirconio. Vense también bordeando inclusiones de allanita y de apatita. Estas últimas son frecuentes en granitos y dioritas de Chile.

Más raros son los halos producidos en inclusiones de casiterita, rutilo, topacio, etc.

El cuerpo que suministra el campo donde aparecen, y que se tiñe con el halo, es generalmente la biotita, pero suelen encontrarse también en la andalucita, la augita, la turmalina, etc.

Acercas del origen de estos fenómenos, diversas opiniones han sido emitidas por los mineralogistas.

Por haberse observado que desaparecían con un calentamiento fuerte del mineral, algunos profesores, entre ellos Rosenbusch y Michel Levy, los habían considerado producidos por la presencia de una materia orgánica. Otros los creyeron obra de ciertos óxidos de hierro.

Hoy parece fuera de duda, que son fenómenos de radioactividad. Son la impresión efectuada en la naturaleza sobre láminas de ciertos minerales, de la misma manera que los cuerpos radioactivos en general impresionan las placas fotográficas.

Desde luego la presencia de los halos está asociada invariablemente a la de cuerpos como el zirconio, la apatita y la allanita que según Strutt y Joly son fuertemente radioactivos, y se presentan más raramente en los otros minerales que lo son menos.

Por otra parte, la forma perfectamente circular, que es la más común en la coloración del halo, cuando la inclusión no es muy alargada en un sentido, y tanto en la dirección del clivaje de la lámina de biotita como en el opuesto, excluye la idea de una sustancia mineral adherida, que se presentaría más extendida en el sentido del clivaje. Agréguese a esto que el profesor Joly ha producido artificialmente la coloración de los halos en la biotita y la casiterita, por medio de la influencia de puntos de Radium.

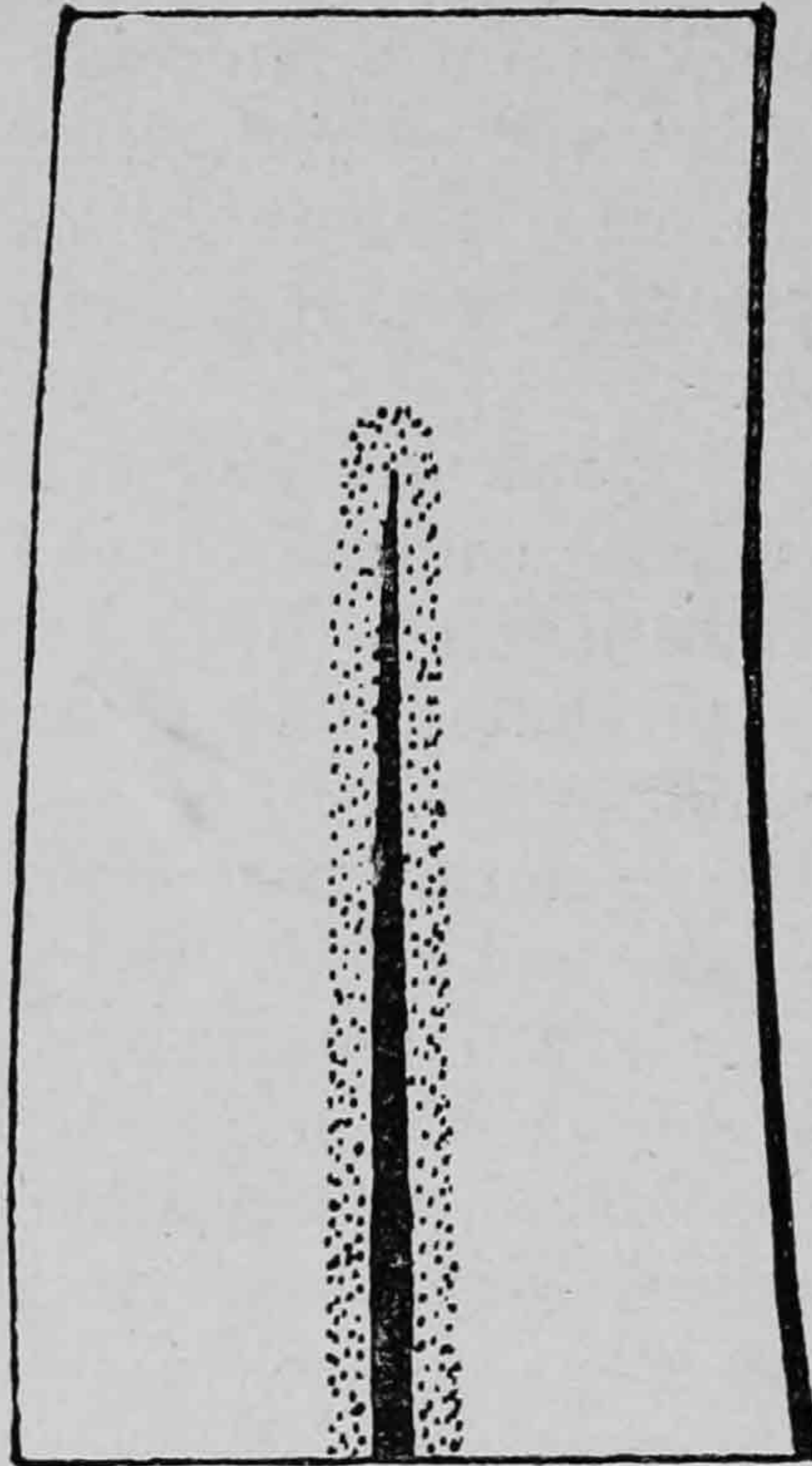
Por último, el ancho de los círculos de los halos en micrones, o milésimas de milímetro, corresponde con exactitud a las cifras que da la observación experimental para el «recorrido» de los rayos «alfa» de las emanaciones radioactivas, ya en el aire, ya en otro medio de más densidad.

Se sabe que este recorrido marca el límite hasta el cual se manifiestan las propiedades de ciertos rayos, ya como ionización, ya provocando la fluorescencia, etc.

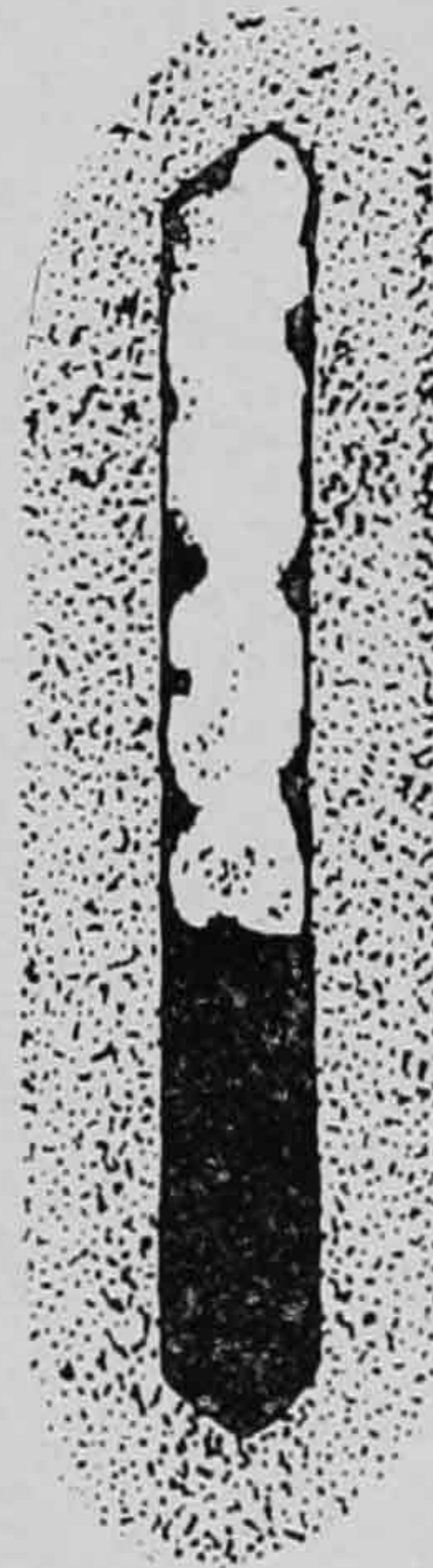
Los halos producidos en la biotita miden 33 micrones si se deben al Radium C., y 40 si vienen de la acción del Thorium C. Estas cifras corresponden a los recorridos en el aire, en proporción a la densidad de la biotita, pues son 6,94 centímetros y 8,60 respectivamente. (1)

(1) Ampliando este punto, damos las siguientes cifras, tomadas de varios autores.

Serie del Uranio:		Serie del Thorio:	
Radium C.....	0.033	Thorio C. 2	0.040
Rad. Emanación.....	0.0197	Tho-Emanación.....	7.023
Ionium.	0.014	Radio Thorium.....	0.019
Uranium.....	0.011	Thorio.....	0.013



*Halo artificial en un tubo de vidrio
que contiene emanación de radium
(Según Joly)*



*Halo natural en una lámina de biotita,
producido por un cuerpo radiactivo
(de colección del autor)*

Podemos pues, convenir en que los halos pleocroicos son fenómenos de radioactividad y el detalle de los recorridos demuestra que se deben a la acción de los rayos «alfa».

Las investigaciones experimentales del mismo profesor Joly nos van a permitir presentar uno de aquellos fenómenos en que la teoría científica aparece comprobada de una manera sorprendente.

En un artículo publicado por aquel físico el año 1913 (2) con posterioridad a su célebre obra *Radioactivity and Geology*, y en el que expiaya más sus estudios anteriores, da al lector, entre otras ilustraciones, una que representa un halo idéntico a los que aparecen en ciertas vetas incrustadas en la biotita, halo formado por él artificialmente por medio de la Emanación del Radium en un tubo capilar de vidrio.

Es el que reproducimos en la parte superior de la lámina adjunta. La parte obscura terminada en punta es la abertura capilar; el halo, la sombra que la rodea.

Pues bien, disponemos de un ejemplar de halo natural. Es el que reproducimos en la parte inferior de la misma lámina con las proporciones del artificial, obteniendo así que ambos presenten un aspecto enteramente análogo. La parte blanca de esta segunda figura es el campo de la lámina de biotita en que está la inclusión. Ésta es un cristal de color blanco en su parte superior y negro en la inferior, que por su forma de cristalización y su aspecto segmentado, creemos es zirconio. El halo sombrío que lo rodea es el característico de estos fenómenos. Operando al microscopio con la preparación en que se encuentra, da tonos pleocroicos con el giro de la platina. Presenta este halo la misma apariencia del artificial, y en cuanto a sus dimensiones, las hemos medido cuidadosamente y corresponden con exactitud a la del recorrido del rayo «alfa» de la Emanación de Radium.

La medida nos ha dado la cifra 19 a 20 micrones, y el cuadro respectivo consulta la de 19.7 micrones. (Las dimensiones del grabado están aumentadas 650 veces).

Podemos pues, establecer que la figura del halo na-

(2) Scientific American Supplement.

tural es producida por los rayos «alfa» de la Emanación de Radium, la misma con que está teñido el tubo capilar en que se formó el halo artificial.

Y repitiendo la frase del sabio profesor, diremos que el halo artificial de hoy había ya sido formado por la naturaleza en el seno rocoso de una cordillera primitiva, hace millones de años.

Aparte de la enseñanza que suministra el fenómeno de los halos, la ciencia ha comprobado experimentalmente la existencia del Radium o de los derivados de las series radioactivas, en todas las rocas y aun en todos los materiales de la corteza terrestre, incluso las aguas de los océanos y de los ríos y en la misma atmósfera.

La radioactividad especial de las rocas, descubierta desde el año 1903 por Elster y Geitel y sobre la cual entraremos a dar algunas cifras, ha sido estudiada después extensamente, por los profesores Rutherford, Strutt, Soddy, Joly, Eve, Werner, etc. Ha llegado a medirse y darse en fracciones de gramo la cantidad de Radium que existe en una roca determinada.

Los siguientes cuadros son tomados del libro de Joly, citado antes. La cifra entera, seguida de fracciones, corresponde a billonésimos de gramo de Radium por gramo de mineral o roca común.

Rocas igneas antiguas:

	Radioactividad
Granito de Islandia.....	5.4
» de Escocia.....	3.2
Sienita de Alemania.....	6.8
Micasquita de Escocia....	5.3
Gneis de Escocia.....	3.8
Hornoblenda esquita.....	8

Rocas igneas modernas:

Lava del Kilahuea ..	6.2
Traquita, Campos Flégreos.....	10.6

Obsidiana de Asunción.....	2.5
Lava del Vesuvio (1855).	19.2
Bomba, Martinica.	2
Pomez, Krakatoa.....	6.9

Rocas sedimentarias (Escocia):

Esquita carbonífera: 6.7: Arenisca id. 2.9: Esquita arcillosa: 3.6: Arkosa: 4.1.

Rocas de los túneles, asociadas a altas temperaturas.

Rocas del Simplon: Esquitas y Gneis: 7.6 a 9.1. Sedimentarias del Trias y Jura: 6.9.

Rocas del San Gotardo: Esquitas y Gneis: 5.1. Sedimentarias mesozoicas: 4.2.

Los cuadros precedentes no arrojan cifras uniformes. Las observaciones de Strutt las dan algo más bajas para las mismas especies de rocas. Joly establece como conclusión las medidas medias siguientes:

Rocas graníticas. 5.5. Rocas sedimentarias: 4.3.

Mencionaremos, por fin, los depósitos abisales que han sido examinados por Joly sobre muestras recogidas en las memorables expediciones del «Challenger» y el «Albatros», algunas de las cuales dan muy altas cantidades de Radium.

Barro Azul: 3. Aglomerados de Globigerina: 7.8. Barro calcáreo. 23. Arcilla Roja: 13 a 15. Aglomerados de Radiolarios: 22 a 50. Nódulos de Manganeso: 21 a 24.

Rocas chilenas

No tenemos noticia de investigaciones sobre la radioactividad de las rocas de Chile, por lo cual a los datos anteriores sólo agregaremos los resultados de experiencias nuestras sobre esta materia.

Hemos investigado la proporcionalidad de los valores radioactivos en un buen número de rocas escogidas entre las más características de grupos o entre otras a que hemos atribuído alguna importancia especial. Usamos el procedimiento ordinario de medir en segundos de tiempo la duración de la descarga de un electroscopio electrizado bajo la influencia de la materia radioactiva. Damos el resultado sobre 15 rocas chilenas y 2 de Alemania.

Aunque este procedimiento, del electroscopio, sólo acusa la actividad relativa de una roca respecto de las demás, puede hacerse una escala de relatividades que mani-

fieste a la vez los valores en peso, si se toma como base una magnitud conocida.

Hemos construido esa escala, y elegido como base o cifra conocida la de 5.5, que, como ya lo hemos visto, es el término medio de la radioactividad del granito dada por Joly en billonésimas de gramo de Radium por gramo de roca. A esta cifra la hacemos representar la magnitud en tiempo de descarga del electroscopio correspondiente al granito de Turingia; y formamos las demás cifras de radioactividad de las otras rocas en razón inversa, esto es, colocando más arriba las más bajas que 5.5 en la lista de los tiempos, y más abajo las más altas, proporcionalmente. De esta manera, cada cifra que indica la radioactividad da a la vez que una cantidad relativa, una cantidad de materia radioactiva en billonésimas de gramo.

Hay, si, que tener presente que la base tomada 5.5 puede ser la radioactividad exacta del ejemplar granito de Turingia y puede no serlo. En este último caso, la indicación de cada cifra, fija en cuanto es relativa, es aproximada en cuanto da medida absoluta; pero esto basta por ahora tratándose de nociones generales y bases de estudio (3).

Rocas	Radioactividad
Roca de Freirina con mucha apatita	12
Id. porfírica del caliche de Taltal.....	8
Gneis biotítico de Valparaíso.....	7
Pórfido metamórfico de los Baños de Colina.....	6.5
Esquita antigua del Agua del Obispo (Concepción)...	6.5
Granito de Palco (Concepción).....	6
Gneis ácido de Valparaíso.....	6
Pórfido claro del San Cristobal (Santiago).....	5.5
Granito de Turingia (Alemania).....	5.5
Gneis de Turingia (Alemania).....	5.5
Granitita de Chiguayante (Concepción).....	5.5
Riolita de Atacama.....	5
Esquita carbonífera do Gomero (Concepción).....	4.5
Toba volcánica, Cordillera de Chillán.....	4
Lava, Cordillera de Tolhuaca.....	4
Andesita de Quilacoya, Concepción.....	2
Arkosa de Gomero, Concepción	2

(3) Advertimos también que, en general, los datos de este cuadro no han podido resultar completamente exactos, por la poca precisión de los aparatos usados en las experiencias; pero se ha obtenido la mayor aproximación haciendo repetidas comprobaciones y tomando los términos medios. Se han despreciado, además, las fracciones pequeñas para mayor sencillez.

El examen de estos valores manifiesta que concuerdan en general con los principios ya establecidos sobre la influencia de la edad geológica de las rocas, composición química y metamorfismo en sus valores radioactivos. Nótese además ciertas cifras que incitan a investigaciones interesantes. Sin embargo, nosotros no hemos podido ir más lejos.

Pero ojalá que la presente publicación logre llamar la atención de los profesores y estudiantes a cuyas manos llegue, en el sentido de que alguien prosiga las investigaciones en el capítulo de la radioactividad de las rocas, sin perjuicio del estudio general de esta nueva sección de las ciencias físicas que encierra, sin salir de sus relaciones con el medio en que vivimos, problemas de trascendental importancia; desde los puntos teóricos relacionados con la geología, como el calor local terrestre, el dinamo metamorfismo, etc., hasta los sorprendentes soluciones que hoy se formulan del antiguo problemas de la edad de la tierra y duración de sus eras y de sus períodos, por medio de la determinación de los cuerpos radioactivos contenidos en una roca, y la proporción, ya fácil de establecer, en que, en tiempos determinados, se producen las desagregaciones atómicas y aparecen los nuevos cuerpos de las series, (4); y pasando al terreno práctico,—desde la investigación de la radioactividad de parajes y fuentes termales, y busca de minerales con uranio o thorio, y de oquedades productoras de helio de emanación, hasta el estudio de las energías radioactivas, ya caloríficas, ya eléctricas, ya mecánicas, que obran sobre la biología vegetal, desarrollo de las plantas y germinación de los frutos.

(4) En la página 205 del libro de Joly, *Radioactivity and Geology*, puede verse el procedimiento numérico que da la edad de la *Fergusonita* (niobaio de ytrio, cerio, lantano y uranio). Según Ramsay y Travers contiene este mineral 1.81 centímetros cúbico de helio por gramo y como 7 por ciento de uranio. De aquí se obtiene la cantidad de Radium. Se toma enseguida la evolución anual de helio calculada sobre la cantidad de Radium existente y sobre la base de una proporcionalidad ya obtenida. Resulta que es 0.000.000.75 en centímetros cúbicos. Dividiendo 1.81 por este número, se obtiene el de 241 millones y fracción, edad en años del mineral.

Por último, creemos del caso hacer recuerdo al lector de dos folletos y un libro que han visto la luz pública y en que se trata de puntos relacionados con las materias de este artículo y relativos a Chile.

1. *Radioactividad de las Fuentes Salutíferas de Chile*, por el doctor don ESTANISLAO FRAGA, 1913: Estudio científico muy interesante de las influencias medicinales de las aguas minerales y determinación cuantitativa de su Radioactividad.

2. *Existencia del Radium en las Termas de Panimávida*, por el doctor don ALEJANDRO AYALA, 1919. Trabajo en que se hace ver la existencia de energía radioactiva por las impresiones dejadas por objetos colocados sobre placas fotográficas bajo la influencia del barro termal, y conclusión de que se trata del cuerpo Radium. Trae al final un cuadro de radioactividades de fuentes termales europeas.

3. *La Patagonia*. Obra científica muy notable de Viajes y Estudios, por esta región, editada por la Sociedad Científica Alemana de Buenos Aires, 1917. Contiene indicaciones sobre Radioactividad en sitios y vertientes termales de los macisos volcánicos del «Calbuco», del «Osorno» y de la región del lago «Todos Los Santos». Establece en general la preseneia de radiaciones activas en rocas antiguas y su ausencia en las modernas.

CONCEPCIÓN, 16 de Julio de 1921.

