

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA Y
COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

CURSO REGIONAL DE CAPACITACIÓN EN LA PROSPECCIÓN DE URANIO

BUENOS AIRES, 8 de setiembre - 31 de octubre 1969

II. YACIMIENTOS URANIFEROS

2a. VETIFORMES

VICTORIO ANGELELLI

YACIMIENTOS URANIFEROS VETIFORMES

VICTORIO ANGELELLI

Comisión Nacional de Energía Atómica

Abundante es la información bibliográfica que se dispone acerca de la geología del uranio tanto en lo que concierne a su posición geoquímica y mineralógica cuanto a las características de sus yacimientos, como consecuencia de la investigación exhaustiva realizada principalmente por investigadores de los países de mayores recursos en uranio, en los últimos 15 años.

Entre los autores de los numerosos trabajos existentes presentados a congresos y conferencias particularmente internacionales o aparecidos como obras de investigación, consulta o divulgación, se mencionan, a los fines perseguidos con esta exposición, los siguientes: BAIN, 1950; CAMERON, 1960; CAVACA, 1956; HEINRICH, 1958; GEFROY y SARCIA, 1954; GRIFFITH, 1967; KERR, 1956; MCKELVEY, EVEHART, y GARRELS, 1955; NININGER, 1954 y ROUBAULT, 1955.

Antes de entrar a considerar los yacimientos vetiformes en sí, estimo de interés para una más rápida comprensión del conjunto de eventos en que participa el uranio, trazar a grandes rasgos su ciclo endógeno, esto es, la secuencia de los distintos procesos de la diferenciación magmática en que interviene.

El uranio es un elemento ampliamente difundido en la corteza terrestre en muy pequeñas proporciones y persistente geoquímicamente. Participa en las rocas ígneas como U^{+4} asociado al Th, Zr, Ca y Fe^{+2} , sustituyendo a estos elementos en reducidas cantidades, en minerales accesorios comunes, como ser en la monacita, allanita, zircón, biotita, apatita y también, a veces, en otros no comunes como brannerita, torita y uraninita.

El contenido de uranio en las rocas ígneas aumenta con su porcentaje en SiO_2 y en álcalis, en particular en K. Así se ha establecido una participación, de aproximadamente 1 para las rocas básicas, expresada en gramos por tonelada, de 2,5 para las intermedias y de 4 para las ácidas.

Como una concentración singenética que podría constituir una presunta fuente de abastecimiento, se mencionan unos cuerpos de granito albitico-riebeckítico de Nigeria portadores de pirocloro, con un promedio de 0.01% U_3O_8 , 0,01% ThO_2 y 0,26% $Cb_2O_5 + Ta_2O_5$.

En la fase acu-silicatada de la diferenciación magmática, esto es, en la pegmatítica, el uranio está presente con un cierto grado de enriquecimiento, formando minerales accesorios, al estado de óxido simple acompañado de Th y tierras raras reemplazando al Th en sus compuestos o bien participando en los óxidos complejos de Ti, Cb-Ta, principalmente.

En las soluciones-residuales, acuosas, del magma, el uranio alcanza su mayor concentración y está presente en sus tres zonas de formación hidrotermal, es decir, en la hipo-meso y epitermal, particularmente en las dos últimas.

En la primera, originada en niveles geológicos profundos y en condiciones de alta temperatura y presión, el uranio en su asociación paragenética se une al Ti y al Th, pre-

ferentemente. Cabe señalar además la existencia de uranio en paragénesis mineral de carácter pirometasomático. En estas formaciones el uranio no reviste mayor significación.

Importantes son, en cambio, las concentraciones del tipo mesotermal, donde el elemento que nos ocupa, como un óxido simple con bajo tenor en Th y tierras raras, participa de una mineralización compleja acompañando al Ni, Co, Bi, Ag y As o bien al Cu, Pb y Zn. Pertenecen a este nivel geológico de formación mineral, los depósitos epigenéticos del ciclo endógeno más rico en uranio.

Marcado relieve adquieren también los depósitos epitermales, de una paragénesis más sencilla correspondiente a una deposición de baja temperatura y presión, con escasa participación de Pb, Zn y Cu, pero caracterizados por lo general por la abundancia y naturaleza de su ganga.

Las características generales de todas estas concentraciones, esto es: emplazamiento mineral, composición mineralógica, procesos de alteración hidrotermal, morfología de los cuerpos minerales, etc. serán considerados al pasar revista a los distintos tipos de yacimientos y, en particular, al tratar los exponentes de cada uno de ellos.

En cuanto a la relación genética de las rocas ígneas con los yacimientos hidrotermales, existen ejemplos que verifican la misma, como las vetas de pechblenda vinculadas con una bostonita cuarcifera uranífera, sitas en el estado de Colorado en los EE.UU.; granito, pegmatitas y depósitos uraníferos en Erzgebirge (Alemania Oriental); granito, pegmatita y vetas de fluorita uraníferas en Córdoba.

De conformidad con las relaciones geológicas de campo y las dataciones efectuadas, los principales ciclos metalogenéticos a que pertenecen los yacimientos que se consideran en esta exposición son (Fig.1):

<u>Precámbrico:</u>	Shinkolobwe.....	630 m.a.
	Eldorado.....	1.400 " "
	Beaverlodge.....	1.110-1.800 " "
<u>Hercínico:</u>	Joachimsthal.....	220-145 " "
	Depósitos franceses	
	Depósitos portugueses (?)	
	Sañogasta	

Terciario: Marysvale
San Santiago
Soberanía

PEGMATITAS

Entre los minerales accesorios de estas rocas leucocráticas, de naturaleza granítica y también sienítica, se encuentran a menudo minerales de uranio y de torio.

Dichas rocas, encajadas en la cubierta metamórfica, en mayor o menor grado, de los intrusivos y también en éstos, poseen espesores de hasta 30,50,80 m y más, y acusan longitudes de hasta varios centenares de metros. Su estructura es zonada y homogénea; en el primer caso muestran un marcado ordenamiento mineralógico y textural de sus componentes.

Los minerales radiactivos primarios están representados por óxidos simples como la uraninita y torianita y por óxidos complejos, entre ellos: euxenita, pirocloro, fergusonita, davidita, brannerita y samarskita. Acompañan a esas especies, monacita, xenotima, torita, zircón, allanita, etc. Por intemperización, particularmente de la uraninita, se originan compuestos de uranilo, a saber: gummita, óxidos hidratados, fosfatos, carbonatos, silicatos, etc siendo los más comunes: autunita, torbernita y uranofano.

En las pegmatitas zonadas los minerales radiactivos se localizan en cualquier zona, pero predominan en las intermedias (PAGE, 1950).

Su contenido en uranio es, en general, bajo. Los depósitos de pegmatitas homogéneas con uraninita y torita de Center Lake, Ontario, Canadá, registran 0,024-0,12% U_3O_8 sobre espesores de 1-3 m. Otras pegmatitas de dicho país acusaron 0,01-0,044% U_3O_8 .

Raras veces estas rocas diaquísticas contienen minerales en cantidades suficientes para ser explotadas económicamente, sin embargo existen determinados grupos que pueden

y han podido ser aprovechados en escala moderada.

Casos excepcionales de pegmatitas explotables son las del lago Charlebois, Saskatchewan y Bancroft, Ontario, Canadá. Las mencionadas en segundo término, de naturaleza granítica y sienítica, de estructura zonada y también homogénea, contienen uraninita y torita en granos diseminados o en concentraciones racimosas. Molibdenita, pirita, pirrotina, calcopirita, fluorita, turmalina, granate y calcita son también minerales accesorios de dichas rocas.

Se trata de un conjunto de diques y "sills" de 3 a 10 m de espesor con recorrido de alguna decenas hasta centenas de metros. Los clavos u "ore shoot" uraníferos poseen un desarrollo longitudinal de 10 a 60 m. Su ley media es de 0,1% U_3O_8 .

Durante el año 1959 cuatro empresas mineras operantes en este distrito de Bancroft produjeron alrededor de 1.100 t de concentrados de uranio.

DEPOSITOS HIPOTERMALES

De relativa importancia son los depósitos de esta fase hidrotermal, caracterizada por la presencia de uraninita torífera y de davidita y brannerita, y de otros minerales de alta temperatura, como ser ilmenita, magnetita, molibdenita, hübnerita y casiterita, en algunos casos. A las citadas especies se asocian: pirita, arsenopirita y cobaltita, principalmente, en ganga de silicatos.

Algunos de estos depósitos muestran pasajes a pegmatitas y en este grupo podrían, además, incluirse concentraciones radioactivas de carácter pirometasomático, cuya distinción de las hipotermas no siempre es fácil de establecer, a saber, ciertos depósitos de la ya nombrada región de Bancroft. Alojados en calizas anfibólicas cerca del contacto con masas graníticas o sieníticas son portadoras de actinolita, tremo-

lita, granate, flogopita, etc. con urano-torianita y uraninita torífera, monacita. Se incluyen aquí los yacimientos de urano-torita de Madagascar, emplazados en masas y lentes de piroxenas intercaladas en esquistos precámbricos y esparcidos en una estructura de arco sobre una extensión de 6.0 km. El citado mineral radioactivo se presenta en granos entre individuos de piroxeno, asociado a masas lenticulares de calcita-wernerita y flogopita.

Entre otros hallazgos pertenecientes a la fase hipotermal se mencionan las vetas portadoras de davidita de Radium Hill, en Australia y las de Mozambique, y las de Brannerita de Colorado. EE.UU.

Radium Hill

Este depósito se encuentra ubicado unos 100 km. al SW de Broken Hill, en el sur de Australia. Se le explotó intermitentemente para la obtención de radio hasta 1915. Su explotación exhaustiva comenzó en 1944.

Los gneisses y cuarcitas de la región, de edad arcaica, fueron instruídos por cuerpos de anfíbolitas y también por diversos tipos de pegmatitas entre los que se cuenta uno sódico aplítico, posiblemente el responsable de la mineralización, la que está controlada por fracturas y fallas que afectan las mencionadas metamorfitas y rocas ígneas.

El depósito consiste en tres cuerpos mayores, distantes unos 30 m uno de otro, de un recorrido de varios centenares de metros y de cinco cuerpos menores. Son concentraciones tabulares, dispuestas en "echelon" a lo largo de planos de cizallamiento.

La estructura de dichos cuerpos comienza con una banda de material sericitizado; luego continúa con otra portadora de agregados de ilmenita, rutilo y hematita con o sin mineral radioactivo. La parte central, de textura gruesa, con-

tiene davidita, ilmenita, rutilo, biotita y cuarzo. Donde el relleno se muestra brechado los cuerpos son más potentes.

DEPOSITOS MESOTERMIALES

Se cuentan entre los primeros productivos de uranio destinados para la obtención de radio y entre los yacimientos más ricos en dicho elemento.

Estas concentraciones uraníferas se hallan emplazadas en rocas metamórficas y también en intrusivos graníticos o en las cercanías del contacto de éstos con aquellas. Algunos observan un fuerte control estructural. Siguen definidos sistemas de fracturas o fallas. El reemplazo en la roca huesped está ausente o es escaso.

Muchas vetas muestran estructura costriforme y de relleno de brechas, como asimismo múltiples reaperturas e intermineralización.

La alteración de la roca de caja es muy difundida y, a veces, puede ser intensa con la participación de epidoto, clorita, piritita y calcita. Los procesos de sericitización, argillización y silicificación adquieren menor intensidad que en los yacimientos de carácter epitermal. Común es la ferrización (hematización de varios tipos, a manera de impregnación y de pigmentación de la roca huesped y del material de ganga, por finos granos de hematita.

La mineralización está representada por pechblenda asociada a metales bases significativos, tales como Bi, Cu, Pb, Co, y Ni. El primero de los elementos nombrados como bismuto nativo y bismutina; el segundo como calcopirita y bornita esencialmente; el tercero como galena y los dos últimos como una gran variedad de compuestos, a saber; niquelina o nicolita, cobaltita, gersdorffita, skudderudita, esmaltina, cloantita, safflorita y otros. La pechblenda, que registra un bajo tenor en torio con participación a veces de tierras raras, es esferulítica y botroidal, con textura radio-concéntrica. Constituye generalmente agregados botroidales, en parte coliforme. La ganga consis

te principalmente en carbonatos; calcita, dolomita o siderita a la que se suma cuarzo, y, en menor proporción, fluorita y baritina. La hematita es común.

Zonación vertical del relleno primario muestran particularmente los depósitos de Joachimsthal, Checoslovaquia, como se vera al considerar los mismos. También se verificó en otros yacimientos como ser en los de cobre-cobalto del área de Katherine-Darwin, Australia, y en Cornwall, Inglaterra, donde el uranio se asocia a la zona de cobre, esencialmente.

Respecto de los tipos de yacimientos de acuerdo con la asociación mineralógica, HEINRICH (1958) distingue dos grandes grupos; los del tipo clásico Ni-Co-Ag y aquellos que representan el tipo de depósitos de pechblenda con pirita portadores, además, de sulfuros de Pb, Cu y Ag. Ejemplos mundiales de ambos tipos.

Joachimsthal (Jachymov)

Este viejo distrito se halla ubicado en el extremo suroeste del macizo granítico de Eibenstock, unos 20 km. al norte de Karlsbad, en el oeste de Checoslovaquia (Figs.2 y 3).

Su explotación comenzó por plata a fines del siglo XV, a mitad del 1700 se alcanzó la zona de Co y Ni y en 1853 se inicia su tercer período en que se trabaja principalmente por uranio. Tuvo el monopolio de la producción de radio hasta el descubrimiento de los depósitos de carnotita del Plateau del Colorado.

Partiendo de mineral de Joachimsthal Pierre y Marie Curie descubrieron el radio y el polonio en 1898.

El yacimiento comprende dos áreas cercanas, en las que aparecen dos sistemas de vetas encajadas en esquistos precámbricos. Uno de arrumbamiento N-S y el otro E-W. El segundo es más viejo que el primero, el que, en general, registra mayores contenido en uranio, En las intersecciones de am-

Los sistemas se emplazan ricos "ore shoots" en pechblenda.

Las vetas acusan longitudes de hasta 2.500 m y mantienen una mineralización de interés en profundidades de unos 500 m. Sus espesores oscilan entre pocos centímetros y 0,60m. Alojadas en fracturas abiertas en esquistos cristalinos, algunas intersectan granito en hondura.

La mineralización está compuesta por plata nativa, argentita, sulfosales de plata, cobaltita, nicolita, bismuto nativo, bismutina, pechblenda, galena, blenda, calcopirita, etc. en ganga de cuarzo y dolomita. La pechblenda se presenta en masas y lentes irregularmente distribuidas.

Se han establecido dos períodos de mineralización: al primero corresponde la depositación de plata nativa, bismuto nativo, pechblenda, nicolita, galena, blenda, arsénico y arseniuros de Ni y Co, y al segundo, reemplazo de los arseniuros de Ni y Co y Ag por un grupo de minerales que incluye Bi, minerales de Ag y Cu y cuarzo. Se determinaron varias generaciones de pechblenda la que se observa en masas preferentemente botroidales.

La distribución mineral se ajusta a tres zonas bien definidas: la superior rica en minerales de plata; la central en compuestos de Ni y Co y en arsénico; y la inferior, en pechblenda.

Este yacimiento produjo entre los años 1854 y 1914 500 t de mineral con 50% U_3O_8 . Su producción de radio en el período 1909-1915 fué de unos 8 gramos y de 13 entre 1915 y 1921.

Depósitos similares al considerado se conocen en las cercanías de Joachimsthal, a saber, en Schneeberg, Johanngeorgestadt y en otros lugares de Alemania Oriental, los que han sido explotados intensamente en los últimos 10 años.

Shinkolobwe

Descubierto en 1915, este yacimiento, uno de los más grandes y famoso del mundo, se encuentran situado 130 km. al sudeste de Elisabethville, Katanga, Congo (Fig.4)

Esta rica concentración uranífera fué explotada hasta el 1936 para la producción de radio y hasta el hallazgo de El dorado, en Canadá, dominó en el mercado mundial.

La región en que se encuentra Shinkolobwe está representada geológicamente por sedimentos del complejo basal del grupo de Katanga, sita sobre la margen oeste de una amplia estructura de arco, de unos 300 km. de largo, encierra además, algunos significativos depósitos de cobre asociado a cobalto y a zinc. En las vecindades de Shinkolobwe se reconoce el sistema Kundelungu consistente en cuarcitas, micaesquistos y una secuencia de rocas carbonatadas: dolomita, dolomita silícea y cuarcita dolomítica, conjunto plegado en anticlinales y sinclinales y afectado, además, por diversas fracturas.

Las soluciones mineralizantes ascendieron y depositaron su contenido a través de facturas resultantes del empuje de una cuña, a modo de domo, del complejo dolomítico. La naturaleza carbonatada de la roca huésped favoreció la precipitación de los metales contenidos en las soluciones mineralizantes. Los minerales se presentan en cuerpos laminares cortos, en facturas fallas y planos de estratificación; como cemento de brechas y diseminados en pequeños granos en pizarras dolomíticas y dolomitas silíceas. También en stockworks.

Los cuerpos vetiformes registran espesores de pocos centímetros hasta un metro, con un recorrido de 1 a 2 y hasta 10 m.

La mineralización hipogénica está compuesta por uraninita, sulfuros-seleniuros de Co y Ni (siegenita, vaesita, cattierita) asociados a molibdenita, monacita, oro nativo, sulfuros de cobre, umangita, galena, blenda, pirita, en ganga

de cuarzo, clorita, turmalina, carbonatos, apatita. Pechblenda coloforne no se encontró en este yacimiento. La uraninita es masiva y en cubos de hasta 4 cm. de arista. En el proceso de formación mineral se reconocen siete generaciones; la uraninita correspondería a la segunda y a la tercera, los compuestos de Co y Ni.

La alteración meteórica dió lugar a la formación de unos 30 minerales supergénicos de uranio, entre hidróxidos, fosfatos, molibdatos, carbonatos y silicatos, tales como curita, masuyita, schoepita, renardita, torbernita, kasolita y uranofano, para citar algunos. Las especies más significativas de este yacimiento suman 67; alrededor de 30 fueron descubiertas aquí.

En cuanto a su origen, se supone que esta acumulación mineral se vincularía con soluciones hidrotermales relacionadas con una actividad ígnea profunda.

Shinkolobwe se explotó por vía subterránea y luego a cielo abierto hasta una profundidad de 350 m. Su explotación conducente a la obtención de radio comenzó en 1921 y en un período de 15 años aportó 100.000 t de mineral que fueron beneficiadas en Bélgica. Paralizada en 1936 se reactivó en 1944.

Eldorado

Se emplaza -éste- en su época muy importante distrito, 32 km al sur del Círculo Ártico sobre la margen naciente del lago Gran Oso, en el territorio Noreste de Canadá (Fig.5).

Geológicamente el área del yacimiento en cuestión, está constituida por un complejo de rocas precámbricas conocida como grupo de Bahía Eco, que consiste en sedimentos metamórficos, tobas masivas cristalinas y pórfidos feldespáticos y hornblendíferos, instruidos por masas de granito y filones más jóvenes de diabasa. El conjunto está afectado por zonas de brechas y fallas en las cuales se alojan las vetas como así también gruesos y extensos filones de cuarzo débilmente mineralizados

El yacimiento comprende diversas zonas de vetas paralelas, de arrumbamiento general NE-SW. Representan masas de brechas silicificadas e impregnadas de hematita, en las cuales se intercalan los minerales de uranio y sus acompañantes. Las vetas tienen una posición vertical a subvertical y se las ha reconocido en profundidades de más de 500 m. La principal acusa una potencia de 3 m y un recorrido de 1.500 m.

La mineralización es del tipo Ni-Co-Ag con Bi y Cu, la que se presenta asimismo en concentraciones de stockwerk. Los minerales típicos son: pechblenda, safflorita, rammelbergita, cobaltita, cloantita, gersdorffita, molibdenita, Bi nativo, blenda, galena, bornita, calcopirita, calcosita, argentita y plata nativa.

La pechblenda se presenta en bandas o lentes de hasta 10 cm. de espesor y de 10-12 m. de largo, formando masas arriñonadas y botroidales, a menudo cataclástica, con la típica textura de gel.

En el período de formación del yacimiento se señalan cuatro fases de depositación; la primera con cuarzo, clorita, pocos carbonatos y pirita, la segunda con cuarzo ferruginoso hematita y calcopirita; la tercera con bandas y lentes de sulfuros, arseniuros, pechblenda, Bi y Ag nativos y calcita, y la cuarta con vetillas de cuarzo y carbonatos.

Este yacimiento ha sido intensamente explotado. En 1936 aportó mineral que produjo 15 g de radio y en 1938, 71 g. A partir de 1945 el destino de la producción fué otro.

Beaverlodge

A partir de los años 1947-1948 se desarrolló cerca del lago de Beaverlodge, provincias de Athabasca y Saskatchewan, en el norte de Canadá, un importante centro productivo, minas Ace, Fay y Gunnar. En 1953 se embarcó la primera producción de las minas Ace y Fay, de la empresa Eldorado Mining

and Refining Limited, y en 1957 este distrito llegó a ser el de mayor producción del mundo. Habían entonces tres plantas de una capacidad combinada de 4.000 t/d.

Participan en la constitución general del área elementos pertenecientes al grupo Tazin, del arcaico o proterozoico consistentes en metasedimentos (dolomitas, cuarcitas), gneises y rocas metavolcánicas, intruidas por diques de pegmatitas y de lamprófiro. Los cuerpos de granitos se muestran alterados metasomáticamente. En discordancia suprayacen al grupo anterior la serie de Athabasca representada por sedimentos clásticos y vulcanitas (coladas de basaltos y andesitas).

La región se encuentra afectada por fallas, de ellas las denominadas Saint Louis y Black Bay son las principales. Extensas zonas milonitizadas y de brechas se han desarrollado en rocas del grupo Tazin, conteniendo cuarzo, clorita, hematita y calcita.

Las concentraciones uraníferas se localizan en fracturas. Las mineralizaciones de las minas Ace y Fay se alojan a lo largo de la falla Saint Louis, sobre una extensión de 1.800 m. En cuanto a su geometría comprenden vetas, cuerpos tabulares de brechas, chimeneas de brechas y también zonas de diseminación. En general estas concentraciones registran longitudes oscilantes entre 15 y 70 m con espesores de 1,5 a 4,5 m.

La roca huésped se halla hematitizada. Los componentes principales del relleno mineral son: hematita, clorita, calcita y pechblenda; en menor proporción participan: pirita, blenda, calcopirita y galena. También están presentes seleniuros de cobre y de plomo (umangita, berzelianita, clausthalita) arseniuros de Ni y Co (ulmanita, nicolita, rammelsbergi-

ta), oro nativo, bornita, calcosita, minerales de plata, pirrotina y estaño nativo. La pechblenda es coloforme y también "sooty" (hollinosa). Existirían varias generaciones de este óxido.

La estructura del relleno mineral es bandeada, de "peine" y brechosa.

La zona de intemperización persiste en profundidades de 300 m en la mina Gunnar y otro tanto en la Ace, con participación de becquerelita, liebigita, masuyita, zippeita, uranofano, zeunerita, tyuyamunita, sklodowskita, etc.

La ley de U_3O_8 de los principales depósitos es de 0,2%.

El depósito de la mina Gunnar consiste en una "brecia pipe", labrada en un granito albítico, de un desarrollo reconocido algo superior a 400 m. y de un diámetro en superficie de 140 m. El mineral y la roca de encajante se encuentran hematitizados. Acompañan a la pechblenda escasa pirita, calcopirita, galena y dolomita. Su tenor medio en U_3O_8 fué de 0,19%. En 1964 se abandonó por agotamiento.

Rum Jungle

Representa otro ejemplo característico del tipo mesothermal de mineralización uranífera vetiforme. Descubiertos en 1949, los depósitos de este distrito distan unos 100 km. al sur de Darwin, en el área Darwin-Katherine, en el territorio Norte de Australia.

Se presentan encajados en metasedimentos precámbricos constituídos por conglomerados, cuarcitas, pizarras y calizas, plegados en anticlinales, cizallados y afectados por fallas. Dichos metasedimentitas se hallan intruidas por un granito anormalmente radioactivo.

La mayor mineralización del distrito se centraliza en cinco grupos de depósitos que se alinean en la falla Giant

reef, distribuidos en una extensión de 1.800 m.

Las acumulaciones minerales encajan esencialmente en pizarras carbonosas y esquistos grafíticos y, en menor proporción, en metaconglomerados y en brechas. Se trata de reemplazos en planos de foliación y de fracturas; de vetas transversales al rumbo de los esquistos y de reemplazo en brechas. El desarrollo y espesor de los cuerpos mineralizados es muy variable; en algunos casos se ha registrado un recorrido horizontal de 150 m y un espesor medio de 10 m.

La mineralización hipogénica consiste en calcopirita, bornita, bournonita, pirita y pechblenda, a las que se suman blenda, hematita y bravoita y también, en ciertos casos, abundante cobaltita, loellingita, tennantita y escasa enargita y bismuto nativo.

Los minerales oxidados persisten hasta en una hondura de 30 m. y están representados por malaquita, azurita, torbernita, sallerita y otros.

San Santiago

En territorio argentino, esta mina representa un ejemplo de mineralización mesotermal. Sita a unos 280 Km. por caminos al NW de Chilecito, provincia de La Rioja, se emplaza en un ambiente constituido por cuarcitas, anfibolitas, calizas y micacitas del precámbrico, intruidas por filones de pegmatitas, aplitas y lamprófiros.

Se trata de una veta de corto recorrido y de un espesor de 30-60 cm. alojada en cuarcitas piritizadas, cuya mineralización consiste en nicolita y pechblenda con escasa participación de pirita, calcopirita, blenda y galena en ganga de calcita con poco cuarzo. La pechblenda se manifiesta en delgadas películas que envuelve, por lo general, a trozos de nicolita, arseniuro este que forma bolsones. La estructura de la mena es brechosa. En superficie existe annabergita y escasos

minerales oxidados de uranio.

Los tenores medios de los sectores ricos en nicolita son de 8% Ni y 0,7% U_3O_8 .

Sañogasta

Constituye también otro ejemplo argentino. En dicha área se localizan las minas nucleares "San Sebastian" y Santa Brígida", distantes unos 32 km. al SSW de Chilecito, La Rioja, en las proximidades de la quebrada de Miranda.

Representan varias vetas intercaladas en pizarras ordovícicas hematitizadas o en el contacto de estas con penetraciones riolíticas, de poca extensión y de rumbo e inclinaciones variables, con espesores de algunos decímetros. Las concentraciones minerales forman clavos dispuestos en "echelon" en los que toman parte como relleno hipogénico calcita con fluorita y baritina, como ganga, asociada a pechblenda, pirita, calcopirita, bornita, calcosina y umangita. En la zona de oxidación existe gummita, uranofano, tyuyamunita y otros compuestos de uranio, aparte de malaquita y crisocola.

Este yacimiento ha proporcionado al presente unas 2.300 t de mineral con 0,8% U_3O_8 .

DEPOSITOS EPITERMALES

Se trata de concentraciones originadas en condiciones de baja temperatura y presión, caracterizada por una asociación mineralógica sencilla, con abundante material de ganga y escasos sulfuros.

Estas concentraciones se encuentran emplazadas en rocas ígneas y en sedimentos, siguiendo zonas de cizallamiento, fracturas y zonas de brechas. Constituyen vetas múltiples; relleno de brechas, chimeneas y masas de reemplazo. Los depósitos consisten en clavos u "ore shoots" bien definidos que se relacionan a veces con cruces de fracturas o con brusco cambio de rumbo e inclinación de las vetas.

La roca de caja se muestra comúnmente silicificada también argillizada. Menos frecuente es la sericitización y hematitización.

La mineralización predominante está representada por cuarzo blanco, rojizo, gris o negro (ahumado), comúnmente calcetonia. Se registrando o más generaciones de esta especie. La fluorita está difundida, muchas veces, de color violeta oscura y fétida. Otros materiales de ganga son: calcita, dolomita, baritina y escasa siderita. La pirita y marcasita son comunes; con frecuencia se asocian la galena, blenda y calcopirita. Raros la arsenopirita y bismutina. La pechblenda (acusa un muy bajo contenido en torio y en tierras raras) y se la observa en masas botroidales. También se encuentra la variedad hollinosa o parapechblenda, de origen secundario.

La estructura de las vetas es bandeada, mostrando a veces costrificaciones y también brechosa y cavernosa, dominante en ciertos depósitos.

Pocos son los yacimientos que acusan un tenor elevado en uranio.

Existen distintos tipos de asociación mineral, de ellos se mencionan los siguientes:

- Vetas silíceas con pechblenda y sulfuros: Depósitos de Francia y Portugal.
- Depósitos vetiformes y también de chimenea con fluorita radioactiva. Minas "Los Ochos", Colorado y Tomas Range, Utah, en los EE.UU. La Estela, San Luis Argentina.
- Depósitos de fluorita con sulfuros: Jamenstown, Colorado, EE.UU. y Wolsendorf Alemania.
- Depósitos de fluorita, cuarzo y sulfuros: Marysvale Utah, EE.UU.

Importancia significativa tiene esta clase de depósi-

tos en la producción uranífera de Francia metropolitana y de Portugal.

Portugal.

Los depósitos de este país comprenden cuatro distritos Urgeirica, Reboliero, Guarda y Bendola, enclavados en su parte montañoso-centro-septentrional. De estas acumulaciones uraníferas, descubiertas en 1907, las más importantes son las comprendidas en el primer distrito señalado (Fig.7).

Se trata de vetas encajadas en su casi totalidad en un granito porfírico del ciclo hercínico, el que intruye esquistos precámbricos y silúricos, y el que a su vez es invadido por diques de diabasa.

Los depósitos consisten en vetas y en relleno de zonas de brechas, que a veces, seccionan también a la diabasa, asociados con un complejo sistema de fracturas tensionales, de rumbo general N-S y E-W.

Las vetas se estrechan y se ensanchan, acusando espesores que van desde algunos decímetros hasta 8 m.

Los procesos de alteración que afectan en grado variable a la roca encajante granítica, están representados por hematitización, sericitización, caolinización y silicificación. La sericitización es anterior a hematitización.

Las concentraciones minerales se manifiestan en claves u "ore shoots" aislados o unidos, de una longitud de varias decenas de metros a 100 y hasta 400 m. con espesores variables, de algunos decímetros más de un metro. Dichas concentraciones se las ha reconocido mediante labores en profundidades superiores a 300 m.

La mineralización hipogénica está compuesta de abundante cuarzo microcristalino blanco y negro, jasper, hematita, pechblenda, pirita, galena, blenda, calcopirita y escasa arsenopirita. La pechblenda es microbotroical y se presenta

en guías o bien diseminada en la roca huésped o en el granito caolinizado en brechas de fallas o bien como una fina película tapizando cavidades.

Según CAMERON (1960), los tipos de vetas más favorables son aquellos en que la pechblenda acompaña estrechamente al jasper rojo.

El relleno mineral de los depósitos se muestra oxidados en profundidades de hasta unos 100 m. Entre las especies presentes de la zona de meteorización se citan: autunita, metaautunita, sabugalita, saleeita, fosfuranilita, torbernita y uranofano.

Las minas de Urgeirica aportaron, en el período 1911-1940, 10000 t de las 18.000 t con ley 1,6-1,8% U_3O_8 asignadas a Portugal.

Francia

Su producción metropolitana está vinculada con la explotación de yacimientos vetiformes exponentes del tipo epitermal, concentraciones que se encuentran situadas en tres áreas principales; en la fracción sur del macizo de Bretagna y en su parte centro-oeste (División Vandee con los depósitos de Ecarpienne, Chapelle Largeau); en el norte, en los Vosgos con los yacimientos de La Faye y Les Vernays y en el centro sur, en las regiones de Limousin, La Crouzille y Forez, con las minas de Brugeaud, Margnac, Sagnes y Bois Noirs (Fig.8)

Se trata de grupos de vetas y de brechas de falla mineralizadas, encajadas en los bordes de macizos graníticos del ciclo hercínico o en el contacto de éstos con su cubierta cristalo-fílica. En ciertos casos las vetas seccionan a diques de lamprófiros.

El rumbo de estos cuerpos uraníferos, que forman sistemas es E-W, NW-SE y hasta N-S, con una inclinación de 40 a 80 . Su desarrollo longitudinal oscila entre pocas decenas de

metros hasta 600 m, con espesores oscilantes entre algunos decímetros y 1-2 m y hasta 25 m en casos de brechas de falla. En profundidad, la mineralización ha sido reconocida en unos 300 m.

Caracteriza, en general, a estos depósitos el tipo de ganga, que puede ser de calcedonia con fluorita, aunque en algunos se registra una apreciable participación de este fluoruro y en otros es dominante.

Conforme con la asociación mineralógica, se distinguen siguiendo a GEFROY y SARCIA (1954) los siguientes tipos simplificados:

Limousin: Pechblenda masiva, botroidal y también esferulítica de algunos cm de espesor; abundantes sulfuros de grano fino (pirita, calcopirita y blenda), pobre en cuarzo en algunos casos y abundante en otros. Estructura bandada y brechosa. Salbanadas arcillosas. Contactos netos y silicificados.

Forez: Pechblenda en bandas y en esferulitas, en cuarzo microcristalino (calcedónico) con hematita y pirita. En una segunda generación: cuarzo grueso ahumado con blenda, galena y calcopirita y localmente fluorita.

Noreste del macizo central: Delgadas vetas con pechblenda en agregados con fluorita dominante y también cuarzo criptocristalino rojo; sulfuros en granos finos (pirita) blenda, calcopirita), hematita a veces abundante. Vetas gruesas con idéntica mineralización pero con pechblenda diseminada y confinada con el cuarzo.

En algunos de estos depósitos los minerales se manifiestan oxidados en profundidades apreciables, con la participación de autunita, torbernita y kasolita, principalmente. En Lachaux determinadas vetas contiene parsonita.

El tenor en U_3O_8 de las menas de estos depósitos os-

cila entre 0,1 - 0,2%.

Conforme con las determinaciones de edad absoluta, la mineralización de las concentraciones uraníferas consideradas quedará comprendida entre los límites del ciclo hercínico.

Marysvale

Este distrito sito unos 7 km. de la población homónima en el estado de Utah, consiste en diversos depósitos vetiformes, lo más productivos de su tipo de los EE.UU. de Norteamérica.

Se encuentran ubicados en un ambiente de rocas volcánicas representadas por coladas, aglomerados y tobas de latitas y andesitas del Terciario inferior, conjunto intruido por un pórfido latítico, una monzonita cuarcífera y un granito.

La mayor parte de las vetas encajan en la monzonita, en zonas de falla. Algunas de éstas están mineralizadas en una extensión de 250 m y en una profundidad de 200 m. La roca huesped se muestra piritizada, en parte y también argilizada.

Las vetas contienen calcedonia o cuarzo granular grueso, considerable fluorita, adularia y hematita, a los que se asocian pechblenda, pirita, marcasita, metacinabrio-onofritatiemannita. La pechblenda está presente como finas guías en las vetas como asimismo en stockworks, como cemento de brechas e impregnando a veces a la roca encajante.

En la zona de meteorización, de una hondura de 120 m se registra la existencia de autunita, torbernita, fosfuranita, uranopilita, zippeita, ilsemanita, etc.

Soberanía:

Un ejemplo argentino de una mineralización uranífera epitermal, lo constituye la mina "Soberanía", enclavada en la Precordillera, a unos 18 km. al oeste de la ciudad de Mendoza.

En una faja de deformación, en el contacto de sedimen

tos triacos con terciarios, aparecen vetas lenticulares con calcita y yeso de cuarzo de 20-40 cm de espesor que se siguen por varios centenares de metros. En la zona de intemperización, de 15-20 m de profundidad, existe schroeckingerita, uranofano, fósforanilita y metaautunita, especies que impregnan además a las areniscas y a arcillas de la roca huésped.

En profundidad se presenta la pechblenda en finas películas que afecta formas dendríticas en masas de cuarzo brechoso.

El tenor en U_3O_8 del material explotado es de 0,25 % sobre una producción, incluyendo el depósito similar y cercano de Papagayos, de 1200 t.

BIBLIOGRAFIA

1. Angelelli, V. 1955: "Distribución y características de los yacimientos y manifestaciones uraníferas de la República Argentina" Act.Conf.Intern.Ginebra 1955, 6, 76-87.
2. Angelelli, V. 1962: " Características de nuestras manifestaciones y depósitos uraníferos, vetiformes" An.Prim. Jorn. Geol Arg. III, 1-12, Bs.As.
3. Bain, G. F., 1950 " Geology of the fissionable materials" Econ. Geol. 45, 305-315.
4. Cameron, J., 1950" The ore controls of some uranium vein deposits in Portugal" Tech.Paper nº 20. Junta Energía Nuclear. Lisboa.
5. Cavaca, R., 1955 " Prospección del uranio en Portugal". Act.Conf.Intern.Ginebra. 1955, 6 , 211-217.
6. Derriks, J. J., y Vaes, J. P., 1956 : " El yacimiento de uranio de Shinkolobwe: estado actual de los conocimientos desde el punto de vista geológico y metalogenético" Act.Conf.Intern.Ginebra 1955 6, 109-146.
7. Fischer, M. H. y Sullivan, C. J., 1954: " Uranium exploration by the Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics in the Ram Jungle, province, Northern Territory, Australia" Econ.Geol. 49 , 826-836.
8. Ceffroy, J. y Garcia J. A., 1954: " Contribution a l'étude des pechblendes francaises" Scien. de la Terre. Ann.Ecole Nat.Superieure Geol. Appl. prospecterus miniere. Univ.Nancy II, nº 1-2,
9. Griffith, J. F., 1967: " The Uranium Industry. its. History, Technology and Prospects". Min.Resour.Div.Rep.of. Energy, Mines and Resources.Ottawa.
10. Grauer, J. W., Fitzer, W. C. y Rapaport, I., 1951 "The uranium deposits near Marysvale, Piute County, Utah". Econ.

Geol. 46. 243-251.

11. Heinrich, E.W. 1958: "Minerology and Geology of Radioactive Raw Materials". Mc.Graw Hill.N.York.London.

12. Kerr, P.F., 1956: "Las concentraciones naturales de uranio y torio" Act.Conf.Intern.Ginebra.1955, 6 7-70.

13. Lang, A.H., 1952 : "Canadian deposits of uranium and thorium". Can.Geol.Survey.Econ.Geol. Ser.13.

14. Mc Kelvev, V.E. Everhart, D.L. y Carnels S.R.. 1956: Resumen de las hipotesis sobre la génesis de los yacimientos de uranio". Act.Conf.Intern.Ginebra 1955, 6, 634-646

15. Nininger, R., 1954: " Minerals for Atomic Energy" D.van Nostrand Comp.Inc.Princeton

16. Page, L.R. 1950 : " Uranium in Pegmatites "Econ. Geol. 45, 12-34.

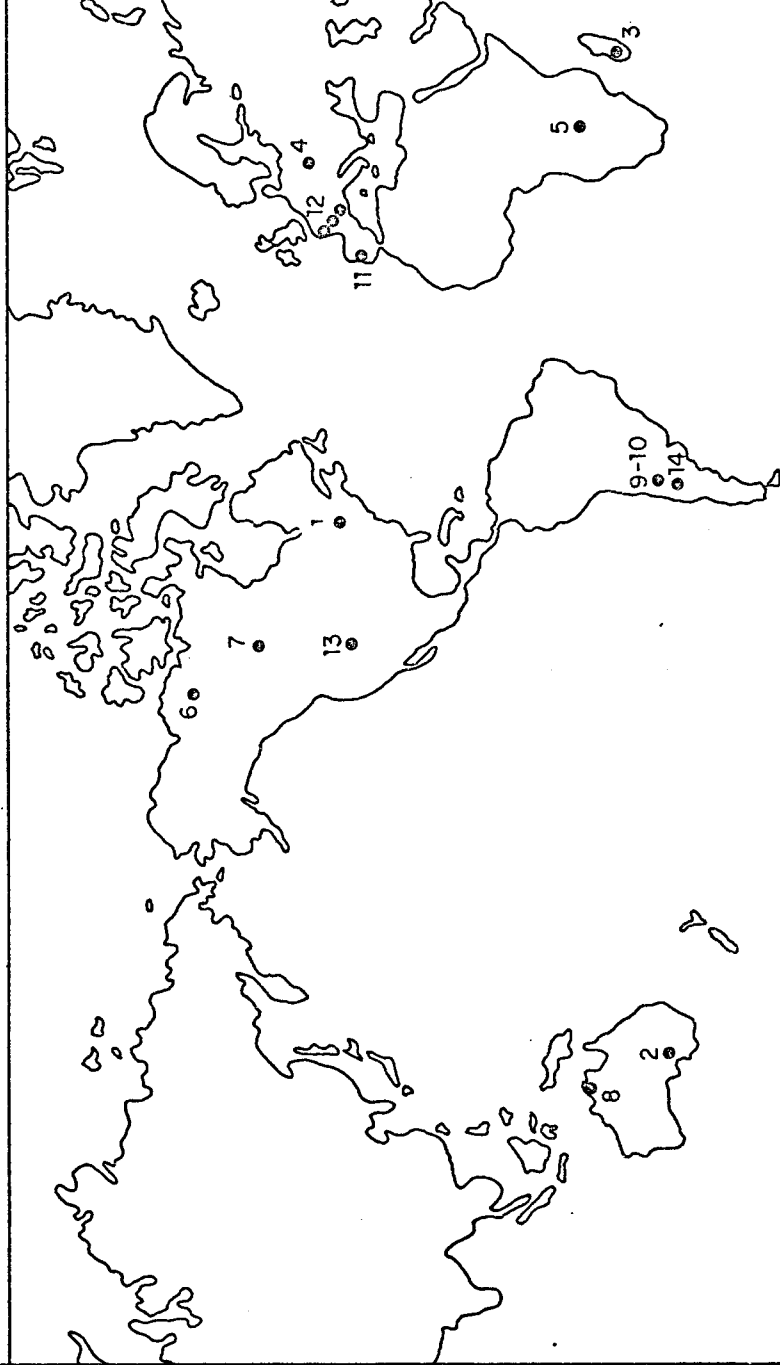
17. Parkin, L.W. y Glasson, K.R., 1954: " The geology of the Radium Hill uranium mine, South Australia". Econ.Geol. 49, 815-825.

18. Saltery, J. y Hewitt, D.F., 1955: "Some radioactive mineral occurrence in the Bancroft area". Ontario Dept. Mines, Geol.Circ.2

19. Schneiderhohn, H. 1941: " Lehrbuch der Erzlagertättenkunde". Jena Verl. Gustav Fischer.

FIG. Nº 1

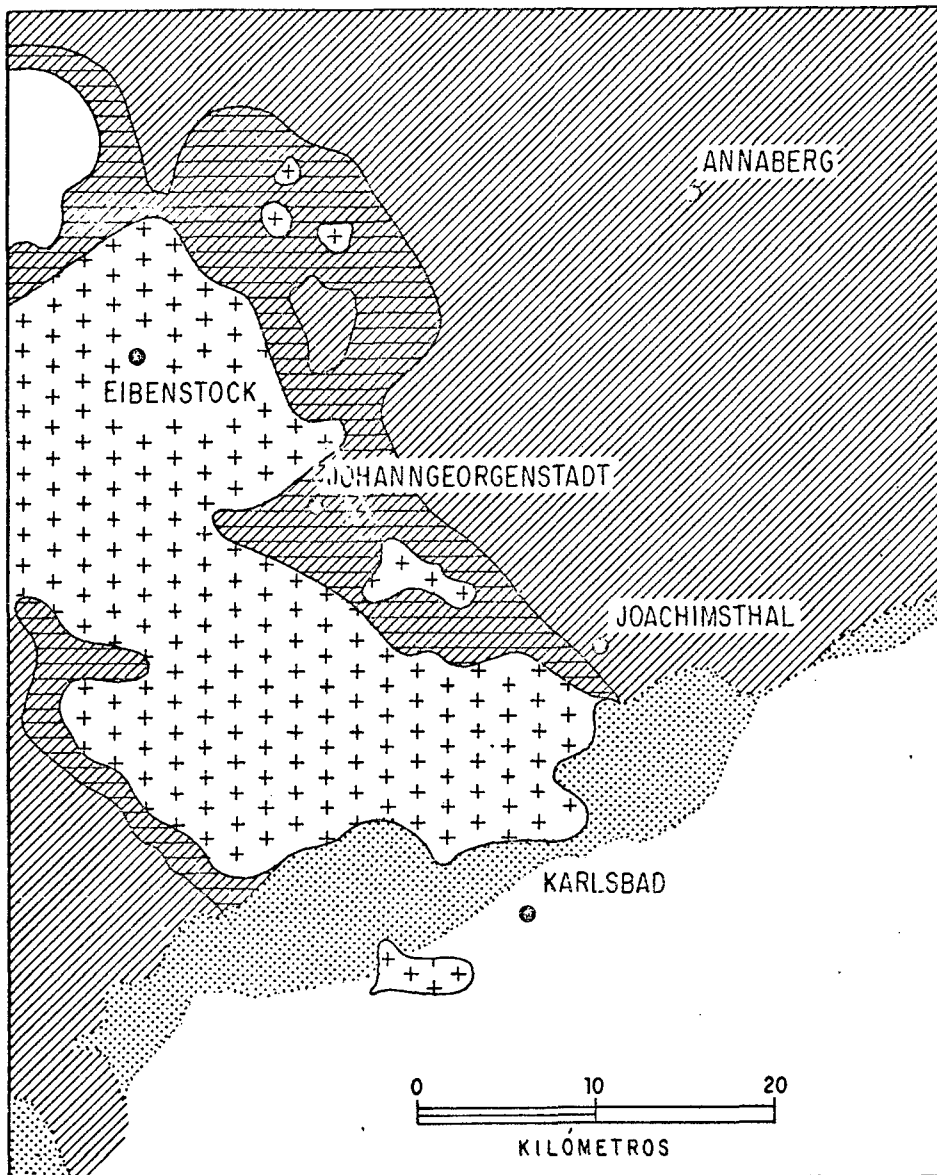
UBICACIÓN DE DEPÓSITOS URANÍFEROS HIDROTÉRMICOS, INCLUYENDO PEGMATITAS




<u>PEGMATITAS</u>	<u>DEPÓSITOS HIPOTÉRMICOS</u>	<u>DEPÓSITOS MESOTÉRMICOS</u>	<u>DEPÓSITOS EPITÉRMICOS</u>
1. BRANCROFT, CANADÁ	2. RADIUM HILL, AUSTRALIA	4. JOACHIMSTHAL, CHECOSLOVAQUIA	11. PORTUGAL
	3. MADAGASCAR	5. SHINKOLOBE, CONGO	12. FRANCIA
		6. ELDOORADO, CANADÁ	13. MARYSVILLE, EE.UU.
		7. BEAVERLODGE, CANADÁ	14. SOBERANÍA, ARGENTINA
		8. JUN RANGLÉ	
		9-10. SAN SANTIAGO Y SAÑOGASTA, ARGENTINA	

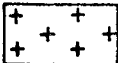
GEOLOGÍA DEL DISTRITO URANÍFERO JOACHIMSTHAL CHECOSLOVAKIA

FIG. N° 2



 ROCAS MAS VIEJAS
QUE EL GRANITO

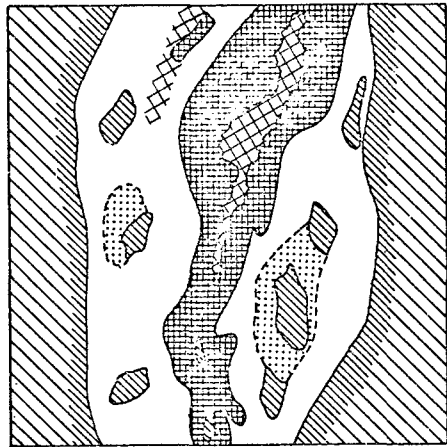
 AUREOLA DE CONTACTO







 GRANITO

 ROCAS MAS JÓVENES
QUE EL GRANITO

FIG. Nº 3

PARTE RICA (1 METRO DE ESPESOR)
DE LA VETA ST. JOACHIMSTHAL
SEGÚN JAFFÉ; DE H. SCHNEIDERHÖHN

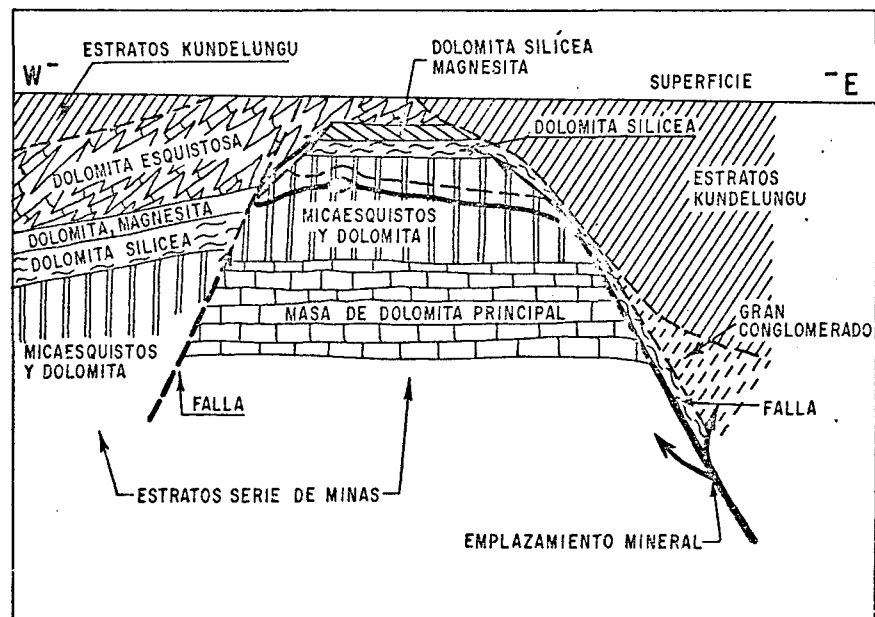


	DOLOMITA		CUARZO
	PECHBLENDA		ESQUISTO SILICIFICADO
	PIRITA		MICAESQUISTO

DEPOSITO SHINKOLOBWE, SECCIÓN LONGITUDINAL, CON
INDICACIÓN DEL MOVIMIENTO DE SOLUCIONES URANÍFERAS

(SEGÚN DERRIKS Y VAES, 1956)

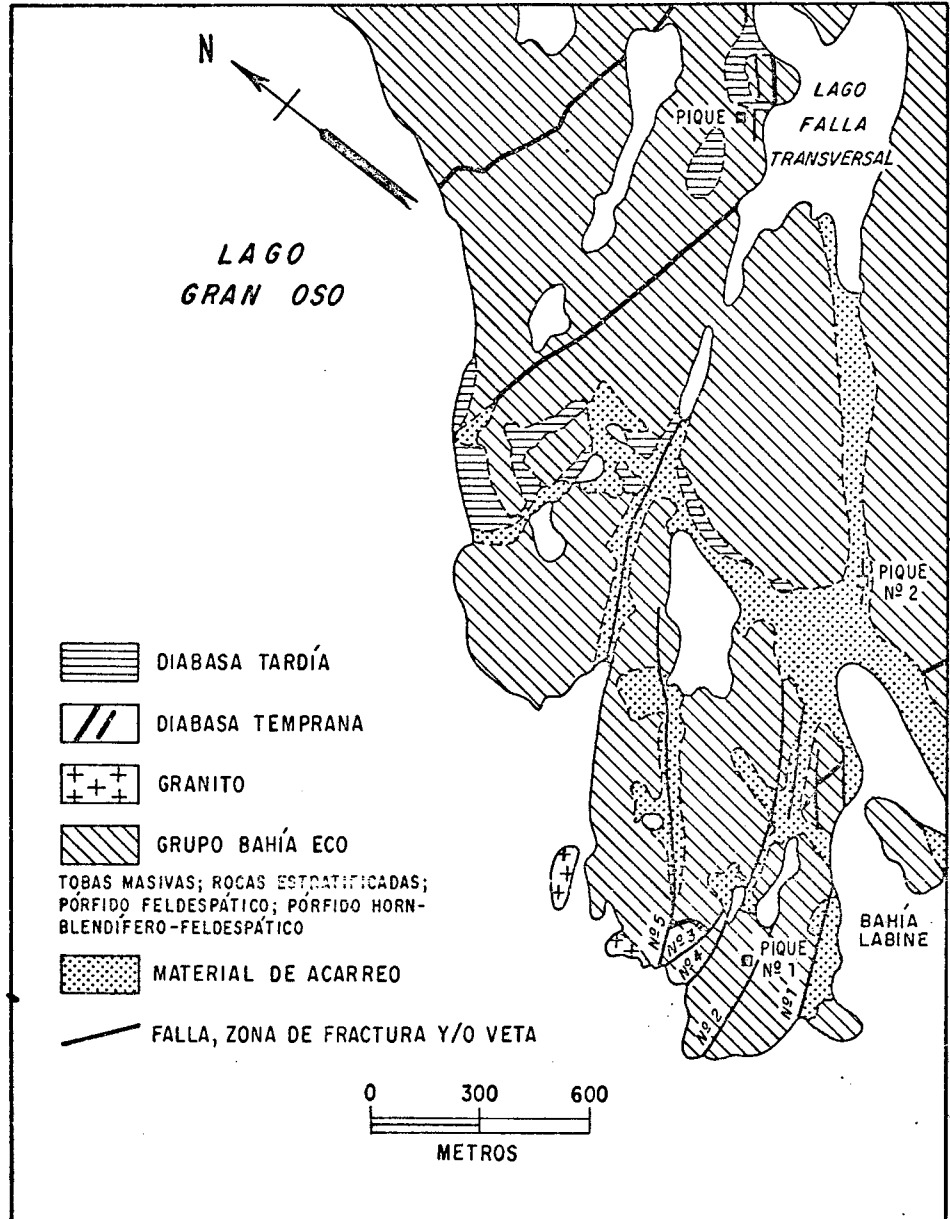
FIG. N° 4



MINA ELDORADO Y VECINDAD LAGO GRAN OSO TERRITORIO NOROESTE, CANADA'

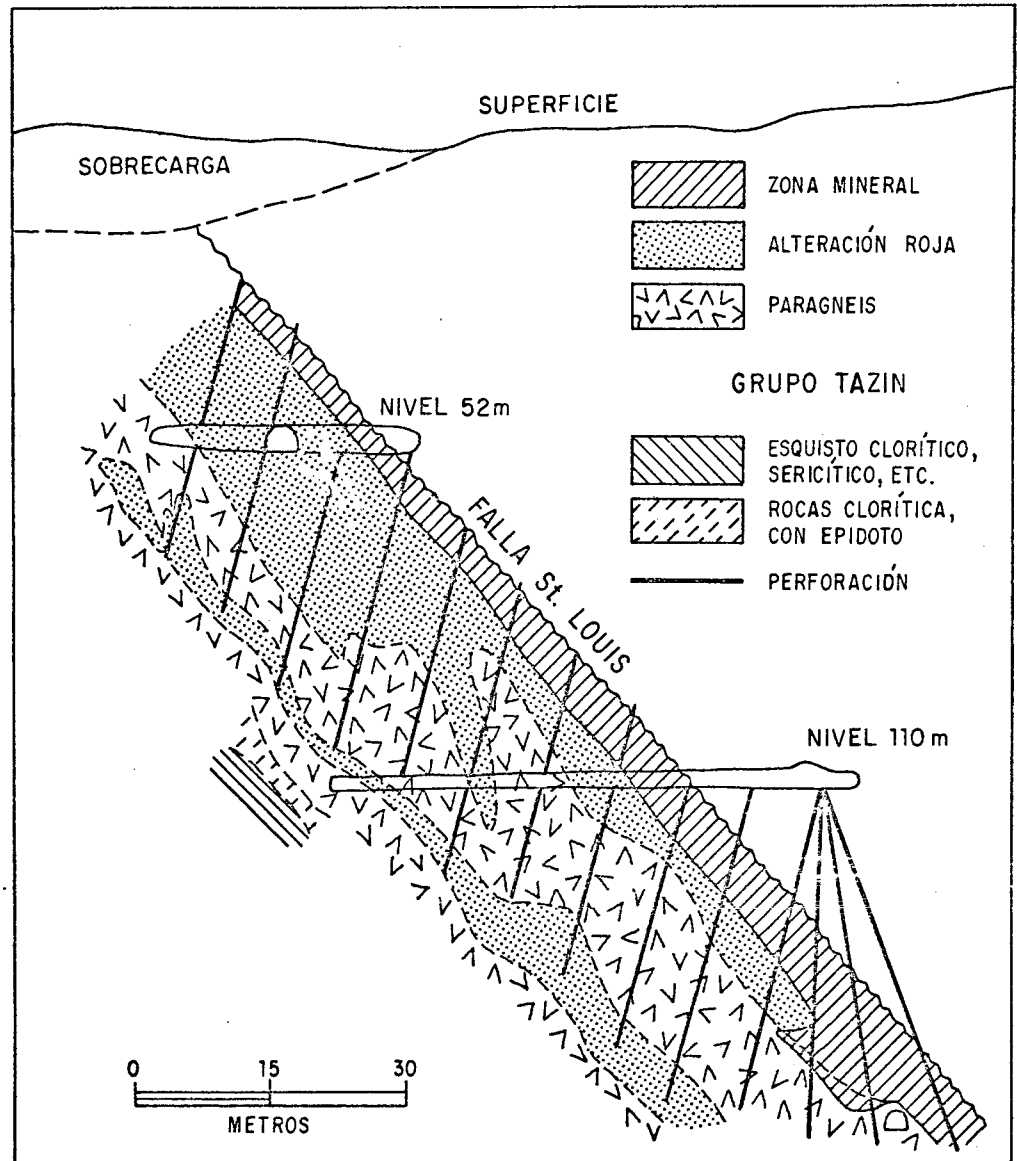
(SEGÚN MAPA DE JOLLIFFE y BATEMAN, 1944 y LANG, 1952 DE KERR 1955)

FIG. Nº 5



CORTE VERTICAL MINA ACE
SASKATCHEWAN, CANADÁ

FIG. N°6

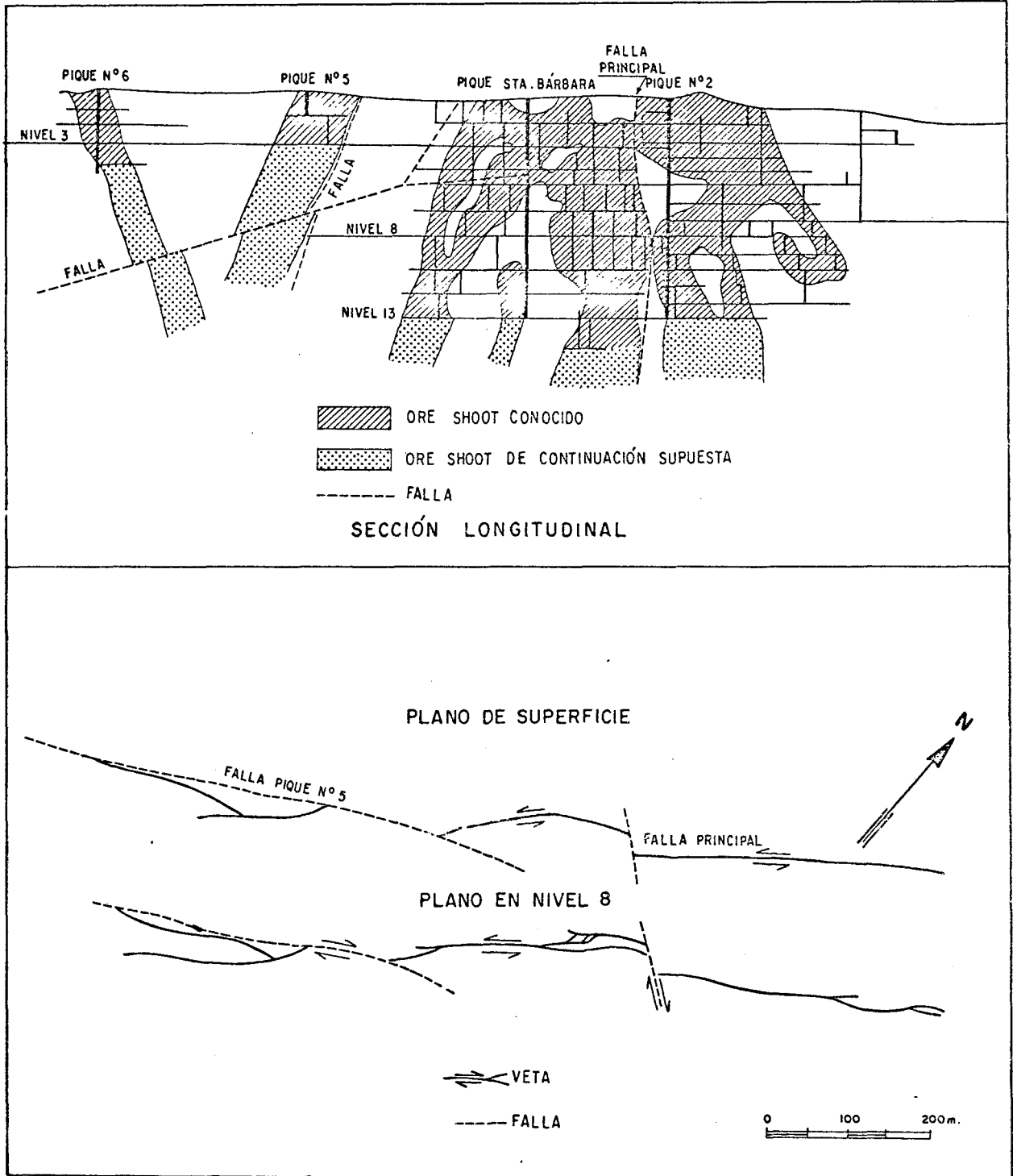


(SEGÚN R.B. ALLEN, ELDORADO MINING AND
REFININ (1944) LIMITED, LANG 1952, DE KERR 1955)

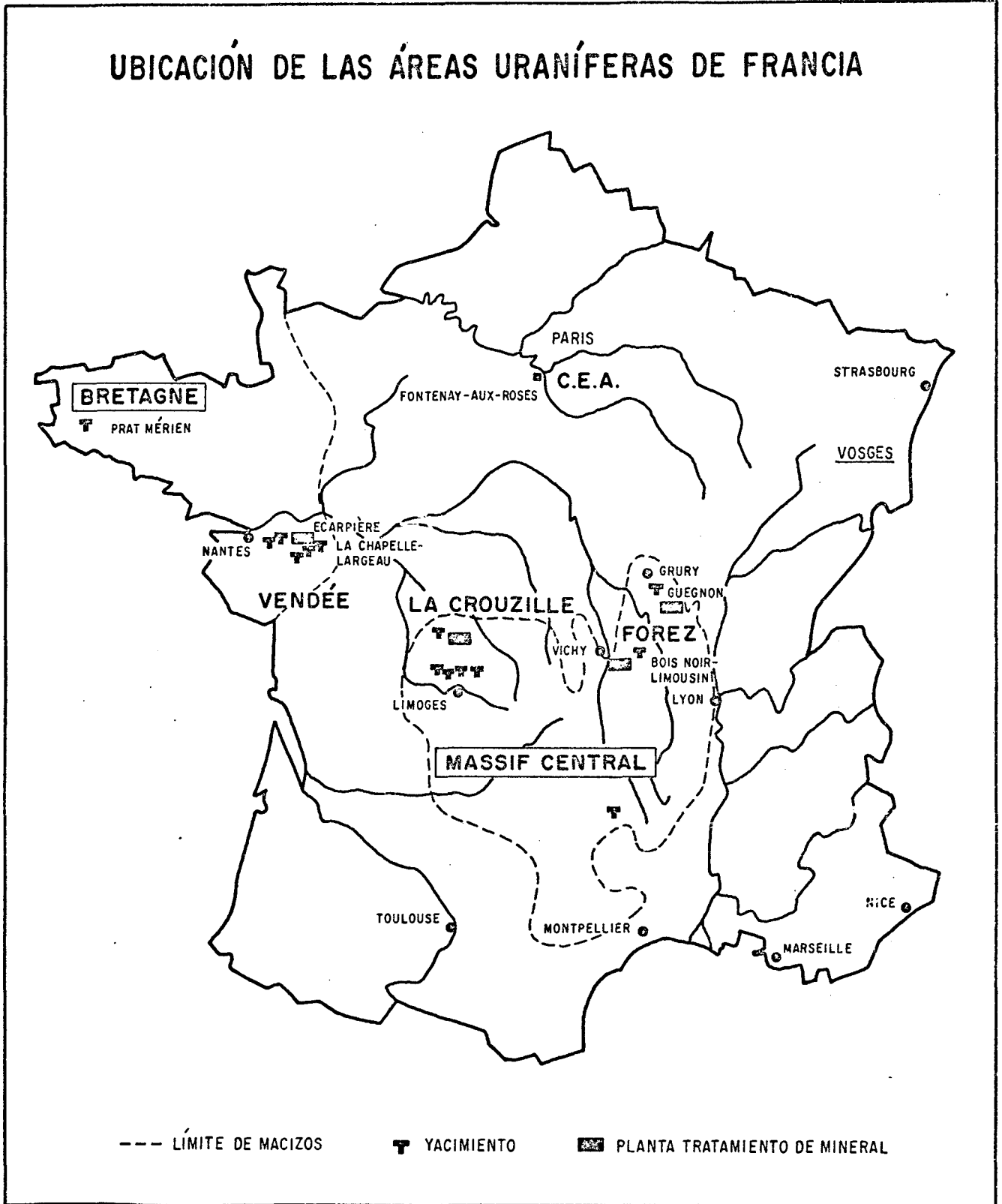
MINA URGEIRIÇA

SECCIÓN LONGITUDINAL Y PLANTAS MOSTRANDO DISTRIBUCIÓN DE ORE SHOOTS Y PRINCIPALES ESTRUCTURAS, Según CAMERON (1960)

FIG. Nº 7



UBICACIÓN DE LAS ÁREAS URANÍFERAS DE FRANCIA



RELEVAMIENTO GEOLÓGICO DEL DISTRITO URANÍFERO
 SAÑOGASTA MINAS "SAN SEBASTIAN Y SAN VICTORIO"
 SEGUN FERREIRO Y ALANIZ

FIG. Nº 9

