

Provincias uraníferas argentinas

PEDRO N. STIPANICIC, FÉLIX RODRIGO, CARLOS T. FRIZ
y ENRIQUE LINARES

Argentine

C. N. E. A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1968

Introducción

Un análisis basado en la composición geológica de la Argentina, en sus indicios mineralizados y en los conceptos que regían sobre la génesis de los yacimientos uraníferos, permitió definir, en 1960, que de los 3,000.000 Kms² de su territorio continental, más de un millón presentaba posibilidades de albergar acumulaciones de minerales radiactivos, de los cuales 400.000 Kms² ofrecían perspectivas geológicas muy promisorias. En estos últimos se concentró la casi totalidad de las actividades de prospección realizadas hasta ahora por la Comisión Nacional de Energía Atómica (C. N. E. A.).

Se reconocieron así 140.000 Kms², en su mayor parte con prospección aérea, aplicándose también la geoquímica, la emanometría y la prospección terrestre y autotransportada, en muchos casos con malla abierta.

Los resultados se reflejan en la evidencia de 4 yacimientos que superan las 500 t de U₃O₈, 10 que sobrepasan las 100 t y más de 50 con un mínimo de 10 t de U₃O₈.

A estas acumulaciones se agregan más de 350 indicios, certificados con reconocimientos preliminares.

Este número de depósitos tentó a los autores a ensayar una delimitación de posibles provincias uraníferas, lo que en algunos casos se logra con una precisión adecuada y en otros se anticipa sólo como hipótesis, dada la exploración física aún incipiente y los escasos datos disponibles sobre las edades absolutas de los procesos metalogenéticos que los engendraron.

Provincias uraníferas

Ante la diversidad de criterios que rigen en la definición del término "provincia" uranífera, los autores entienden por tal a "una región con condiciones geológicas determinadas, la que posee yacimientos primarios y una o más for-

maciones originalmente portadoras de uranio – en cantidades por lo general superiores a la normal – el que por su movilidad característica puede generar yacimientos en su área de influencia, bajo distintas condiciones físico-químicas y temporales”.

De acuerdo con este criterio, sería posible identificar en la Argentina cuatro provincias uraníferas bien definidas. Otras dos, con condiciones más complejas, se delimitan en forma tentativa.

Al primer grupo le corresponden las “provincias” Jujeña, Salteña, Araucana y Patagónica y al segundo las Central y Cuyana, cuyos límites y yacimientos-tipo que las caracterizan se indican en la Figura 1.

I. Provincia Jujeña (Jujuy y Salta). Se enclava en el extremo NW del país y se integra con yacimientos que responden, en general, a las siguientes características:

a) Mineralización muy homogénea (asociación paragenética torio-uranio, con predominio del primero).

b) Yacimientos filonianos, encajados en fracturas, fallas o brechas.

c) Emplazamiento en rocas antiguas (metamorfitas o plutonitas), antecámbricas o eopaleozoicas.

Los depósitos se distribuyen en tres distritos, los que se corresponden con los ambientes geológicos citados.

1) Distrito Rangel. Se extiende sobre 25 Kms en el ámbito de la Puna. Está constituido por un complejo metamórfico (esquistos micáceos, cuarcíferos, etc.), intruido por un plutón de granodiorita en su zona central y un stock de granito alcalino en su extremo sur. Todos estos elementos son referidos al Precámbrico. Atraviesan a las rocas mesosilíceas, filones de aptitas, pegmatitas, lamprófiros, pórfiros ortoclásicos, andesitas y filones de cuarzo estéril.

Los depósitos torouraníferos, que se alojan en las rocas metamórficas y en las granodioritas, se disponen en forma discontinua a lo largo de un sistema de fallas subparalelas, de rumbo NNE-SSW, con desarrollos variables entre decenas y centenares de metros, llegando en algunos casos hasta 2 Km. Los cuerpos, a menudo muy ramificados, alcanzan espesores que fluctúan entre 0,20 y 3,00 m.

El relleno de las vetas, brechiforme o bandeado, está constituido por dos generaciones de cuarzo: uno blanco, estéril y otro semiahumado, al que se vinculan los minerales de torio y uranio (torita, toro-gummita y monacita), asociados con feldespatos y hematita, formando estructuras “en rosario” o guías delgadas, con leyes de hasta 2,4 % de ThO_2 y 0,03 % de U_3O_8 .

Estos depósitos, de origen hidrotermal (Villar Fabre - Santomero - Lucero, 1958), se relacionan con soluciones templadas o frías, que se derivan del magmatismo granítico-alcalino de la zona.

2) Distrito Humahuaca. Comprende yacimientos que se emplazan en brechas de relleno de fallas que afectan a cuarcitas del Ordovícico inferior (“La Novedad”, “El Volcán”).

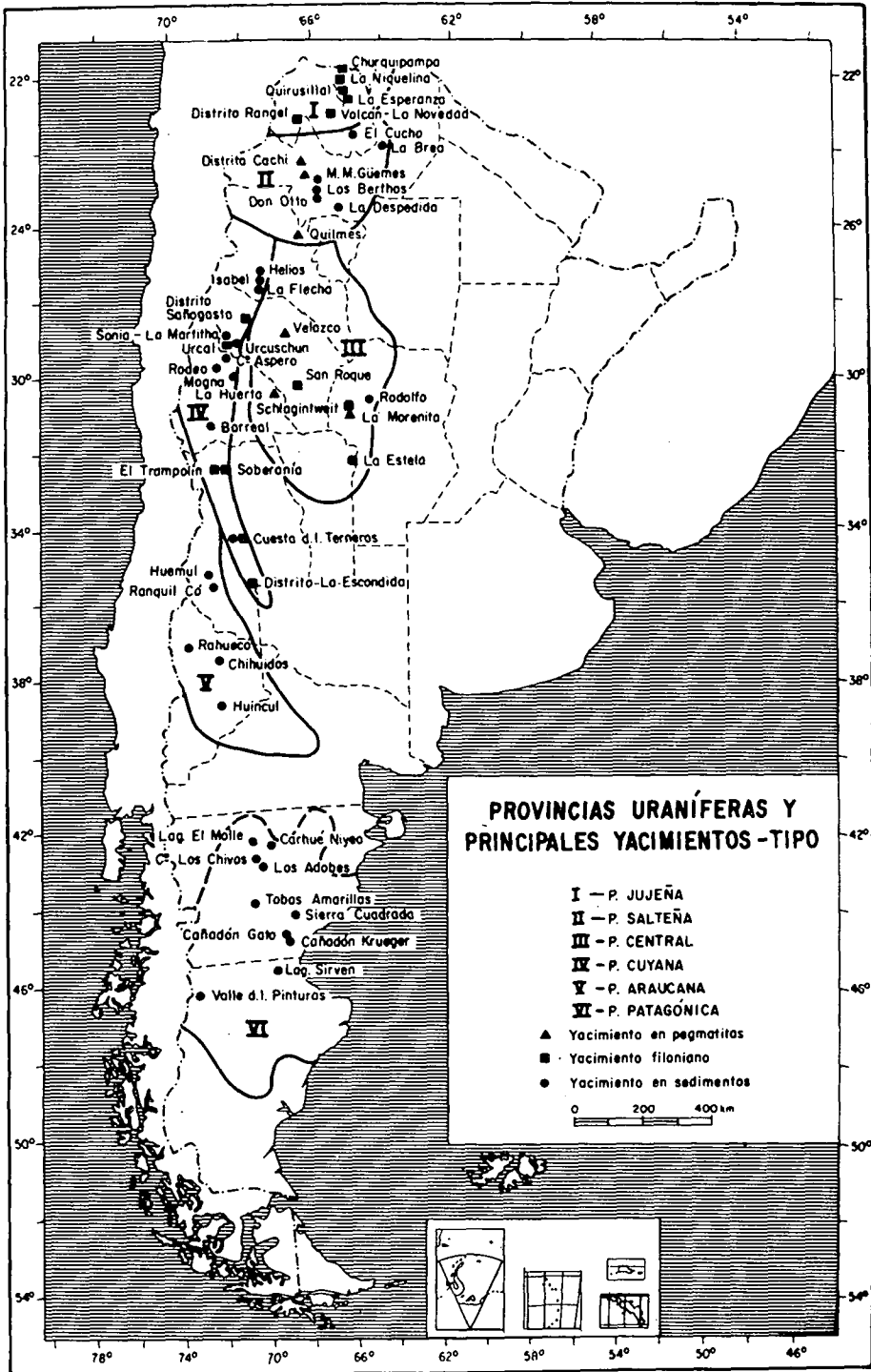


Fig. 1

La mineralización, muy compleja, con torita y torogummita, es acompañada por galena, calcopirita, blenda y minerales ferromagnesianos, en ganga de calcita. Las leyes fluctúan entre 0,03 y 0,34 % ThO_2 y entre 0,01 y 0,9 % U_3O_8 .

Se considera que estos depósitos son epitermales (Angelelli, 1961).

3) Distrito Santa Victoria. Se integra con varios yacimientos ("Churqui Pampa", "El Quirusillal", "La Niquelina", "La Esperanza", etc.), los que se enclavan en estructuras de fallas, generalmente con relleno de brechas, las que en una longitud superior a los 50 Km interesan a cuarcitas cámbricas.

La mineralización, muy compleja, está constituida por sulfuros de plomo, cobre y zinc, arseniuros de níquel y cobalto y minerales radiactivos. En el extremo norte del distrito predominan torita y torogummita ("Churquipampa") y en el sector sur, pechblenda, autunita, torbernita, zeunerita y becquerelita ("La Niquelina", "Quirusillal", "La Esperanza").

Estos depósitos son epi y parcialmente mesotermiales (Brodtkorb, 1963). El ciclo metalogenético estaría vinculado al vulcanismo terciario de la Puna.

II. Provincia Salteña (Salta y Jujuy). Comprende cuerpos uraníferos que se alojan en sedimentos arenosos ubicados en dos niveles preferenciales: a) Meso-Neocretácico y b) Plioceno superior-Eocuartario, correspondientes a dos cuencas sobreimpresas.

Esta provincia uranífera incluye dos fuentes de posible aporte de uranio: un gran plutón granítico, con profusión de pegmatitas portadoras de uraninita, minerales de litio, columbio y tantalio, que se extiende hacia el oeste (Cachi, Acay, Quilmes, etc.), y una amplia zona con vulcanitas mesosilícicas, miocenas y pliocenas, las que cubren el borde noroeste (Puna).

Consideraciones geomorfológicas señalan que ambas formaciones se comportaron como elementos positivos, los que dieron lugar a un importante aporte de clastos a las cuencas citadas, o bien pudieron alimentar con soluciones fértiles las áreas de depositación de los mismos.

Los principales yacimientos se agrupan en dos distritos:

1) Distrito El Cucho. Se localiza en las sierras de Zapla y Calilegua (Jujuy), en sedimentos continentales del Terciario Subandino (Plioceno superior). La mineralización de uranio (carnotita) responde a un estricto control vinculado al variable contenido carbonoso de los sedimentos.

Estos depósitos son de origen epigenético, con intervención de fenómenos de lixiviación-concentración (Stipanovic - Baulies - Rodrigo - Martinez, 1962).

2) Distrito La Poma-San Carlos (Salta). Comprende una veintena de yacimientos alojados en formaciones sedimentarias del Sistema de Salta, del Meso a Neocretácico (Stipanovic - Baulies - Rodrigo - Martinez, 1960).

Se reconocen dos tipos de depósitos: a) el que engloba los yacimientos más importantes con interés económico, comprende cuerpos alojados en los flancos de dos sinclinales paralelos, con una extensión superior a los 50 Km. Todas las manifestaciones se alojan en psamitas y pelitas de las facies marginales del

“Sistema de Salta” y se ubican en un intervalo estratigráfico de unos 50 m, en el techo de la formación “Calcáreo Dolomítico” y en la base de la formación “Margas Coloradas inferiores”.

En el yacimiento-tipo (“Don Otto”), se documentó la presencia de mineral hasta 150 m de profundidad. Se enclava en el flanco oriental del sinclinal del Tonco y presenta mineralización continua en superficie, a lo largo de 2.500 m. Comprende 3 niveles mineralizados, de 0,50 a 1,50 m de espesor, separados por intervalos estériles de 2 a 3 m cada uno, constituyendo en conjunto una banda de decoloración (bleaching), resaltante sobre el color gris normal de los sedimentos.

Esta faja se integra con una alternancia de lutitas y areniscas, las que se presentan impregnadas de hematita (diseminada o en nódulos). La mineralización se confinó originalmente en los estratos arcillosos, los que poseen un discreto contenido de materia orgánica, pero por arriba del nivel —100 m (Nivel “0”) hay fuerte dispersión hacia los sectores arenosos. Fuera del puramente litológico y, en menor proporción, del tectónico local, no se documentaron otros controles de la mineralización, suponiéndose que el uranio se encuentra adsorbido por las arcillas (Stipanovic - Baulies - Rodrigo - Martinez, 1962).

En los niveles superiores predominan carnotita y tyuyamunita, a los que acompañan autunita, metaautunita, fosfuranilita y schroeckingerita. La uraninita aparece en el nivel —140 m. La relación V_2O_5/U_3O_8 decae en forma gradual de $4/1$ en el extremo norte (“M. M. Güemes”) a $1/1$ en el sur (“Don Otto”).

El segundo tipo de depósitos se localiza en la base de la formación “Calcáreo Dolomítico”, donde un banco de areniscas calcáreas contiene impregnaciones cuprouraníferas, con valor promedio de 0,03 % de U_3O_8 y de 1,00 % de Cu y espesores de 0,50 a 0,70 m. En “La Despedida” el mismo se extiende en forma continua sobre un área de 5×3 Kms.

Stipanovic et al. (1962) consideraron a estos depósitos como originados por fenómenos de lixiviación-concentración a partir de rocas madres próximas (granitos con pegmatitas fértiles y tobas mesosilícicas). Es posible, sin embargo, que éstos hayan sido en principio singenéticos, confinados a los niveles arcillosos, produciéndose luego una redistribución de la mineralización hacia los niveles arenosos.

III. Provincia Central. Se corresponde en grandes rasgos con la unidad geoestructural de las Sierras Pampeanas.

Las características de sus depósitos son muy heterogéneas y su individualización como provincia es tentativa. No se descarta la posibilidad de subdividirla en varias, a medida que se vaya completando el conocimiento del área. Subsisten sin embargo los siguientes factores comunes:

- a) Su enclave, el que se corresponde estrictamente con una unidad geoestructural bien definida.
- b) La presencia de varios ciclos graníticos (hasta hace poco tiempo se los consideraba como un solo: precámbrico), de edades que fluctúan entre 700×10^6

y 200×10^6 años, la mayor parte de los cuales son portadores de pegmatitas fuertemente uraníferas y/o poseen este elemento en cantidades superiores a lo normal. Justamente estos distintos aportes pueden haber contribuido a una aparente complicación del cuadro general.

Los tipos de yacimientos y asociaciones paragenéticas más comunes responden al siguiente agrupamiento:

1) Yacimientos en pegmatitas. Contenidos en cuerpos pegmatíticos de gran desarrollo, los que se distribuyen con preferencia en las zonas de contacto entre los granitos y las metamorfitas circundantes (Sierra de Comechingones, Grande y San Luis). El uranio, acompañado por berilo, micas, feldespatos, cuarzo, triplitas, columbita y tantalita, aparece como uraninita, con áreas periféricas de alteración en "gummita" y autunita, en nódulos que ocasionalmente alcanzan varios kilogramos y leyes de hasta 50 % de U_3O_8 . En zonas marginales se señalan igualmente impregnaciones de "minerales amarillos".

Los yacimientos-tipo son: "El Criollo", "Las Tapias", "Angel", "Santa Ana", etc., y las edades absolutas de éstos depósitos fluctúan entre 450 y 520×10^6 años (Cambro-ordovícico).

También hay pegmatitas en la Sierra de Velazco (La Rioja), las que contienen berilo con minerales de uranio (uranofano, autunita, etc.). Yacimiento-tipo: "Cora Vivi" de supuesta edad precámbrica.

Un grupo diferente de pegmatitas son las de las Sierras de Pie de Palo y La Huerta (San Juan). Corresponden a diferenciaciones de granitos, tonalitas, gabbros, noritas, etc. La mineralización, con zonación muy evidente, está constituida por cuarzo, feldespato, muscovita y algo de berilo y granate, a los que se agregan grandes cristales de monacita y xenotima, los que se emplazan en las zonas externas (Angelelli, 1961). La antigüedad de la monacita es de 209×10^6 años (Triásico medio).

2) Yacimientos vetiformes. Los depósitos mejor conocidos se localizan en estructuras de fallas que afectan a los granitos del faldeo occidental de la Sierra de Comechingones. El yacimiento tipo ("La Estela"), constituye un "stockwerk" muy ramificado, con ganga de fluorita fétida, rodeada por halos de uranofano. En profundidad (-40 m) aparece uraninita alterada en "gummita" (Lucero-Timonieri - Diez, 1963).

En "Bella Vista", en cambio, dominan los fosfatos de uranio y la uraninita, sin participación de fluorita.

En otros sectores de la sierra (vertiente oriental), las vetas fluoríticas, brechas, y cementadas por calcedonia, se emplazan en riolitas terciarias y engloban minerales de uranio finamente diseminados. Estas brechas, con mineralizaciones de baja ley, pueden alcanzar varios metros de potencia y extensiones de algunos kilómetros.

Estos depósitos hidrotermales se relacionan con intrusiones mesosilícicas del Mioceno-Plioceno. La edad de la uraninita de "La Estela" se determinó en 20×10^6 años.

En el Distrito Los Gigantes (Córdoba), hay un tipo especial de mineralización, que se localiza en un importante sistema subparalelo de fallas, el que interesa varios tipos de granitos de la Pampa de Olaen y provocó el ascenso de la Sierra de Los Gigantes. El paroxismo tectónico se produjo al final del Terciario y en el Eocuartario. Los cuerpos graníticos presentan, además, una marcadísima peneplanización neoterciaria, fenómenos éstos que favorecieron una fuerte alteración de los granitos, los que en la faja central perdieron totalmente su cohesión.

La mineralización de uranio (autunita y metaautunita), se aloja tanto en el sistema de fracturas (formando drusas), como en el seno de la roca granítica, donde aparece finamente diseminada.

En el yacimiento-tipo "Schlagintweit", la zona alterada alcanza un espesor máximo de 40 m, una longitud cercana al kilómetro y en profundidad las condiciones se mantienen hasta —60 m. Las leyes fluctúan de 0,02 a 0,09 % de U_3O_8 .

Se estima que este depósito se originó a partir de aguas superficiales, las que lixiviaron el uranio de los granitos peneplanizados y de las pegmatitas próximas, el que luego se fijó gracias a condiciones litológico-estructurales favorables (presencia de material limo-arcilloso de relleno y fuerte alteración y fracturación de las plutonitas).

3) Yacimientos en sedimentos. El distrito más importante es el de Cosquín y su depósito-tipo "Rodolfo", ya fué descrito con anterioridad (Linares - Timonieri, 1960; Stipanovic et al., 1962).

El mismo se aloja en sedimentos continentales eocénicos limoso-calcáreos, (los que se extienden sobre 30 Kms en el Valle de Punilla, Córdoba), con bancos de areniscas, rodados de granitos y clastos de pegmatitas en la base, a los que suceden, en discordancia, areniscas y conglomerados pliocenos (Linares - Timonieri, 1960). Todo el conjunto sufrió los efectos de una tectónica pliocena, pleistocena y aún reciente.

La mineralización alcanza espesores de 5 a 10 m, longitud de 6 Km y fué certificada hasta 150 m de profundidad. Está constituida por carnotita y tyuyamunita, y aparece en parte acompañada por gránulos de cuarzo ahumado. En los sectores mineralizados existe una fuerte disminución del vanadio libre, el que se habría combinado con el uranio para formar la carnotita. En aquéllos en que el uranio es escaso, el exceso de vanadio, en cambio, es notable.

Linares - Timonieri (1960) estiman que este yacimiento es epigenético, con intervención de procesos de lixiviación-concentración, aunque no se descarta la hipótesis de Stipanovic y Friz (Stipanovic et al., 1962) quienes admiten un aporte inicial singenético, tanto mecánico como químico. En efecto, al depositarse los sedimentos eocénicos, éstos llevaban por arrastre, suspensión y/o solución productos uraníferos, provenientes de la lixiviación y destrucción de extensas áreas graníticas, peneplanizadas y alteradas, portadoras de dicho elemento, a veces en exceso con respecto a los valores normales (es común encontrar fragmentos de pegmatitas uraníferas en los niveles mineralizados).

La mineralización, anterior a la etapa de fracturación principal de la Sierra Chica (Plioceno-Eocuartario), queda enmarcada entre el Terciario medio y el superior.

IV. Provincia Cuyana. Se corresponde en forma grosera con la unidad geoestructural de la Precordillera, a la que excede en sus extremos norte y sur.

Las características de sus depósitos son variables y su identificación como provincia resulta un tanto incierta o aún factible de subdivisión. Los elementos utilizados para este ensayo de agrupamiento son:

- a) Su correspondencia con una unidad geoestructural y geológica definida.
- b) La presencia de extensos afloramientos de lutitas ordovícicas, las que albergan uranio singenético, con tenores de 20 a 100 ppm. (Stipanovic et al., 1960; Stipanovic et al., 1962).
- c) La distribución, en todo su ámbito, de varios stocks graníticos meso a neopaleozoicos, portadores de uranio. Estos granitos, en oposición a los de la provincia Central, no llevan pegmatitas.
- d) La participación de grandes masas de vulcanitas ácidas y mesosilícicas, permotriásicas, las que en varias localidades acusaron valores formacionales anómalos en uranio.
- e) El predominio de sedimentos continentales carbónicos y permotriásicos, con frecuentes depósitos de uranio, de distinta importancia.

Justamente la presencia simultánea de varias (o de la totalidad) de las condiciones citadas en toda la extensión de la provincia, dificulta la subdivisión de la misma. Los tipos de yacimientos más frecuentes pueden agruparse en:

1) Yacimientos filonianos. Uno de los distritos mejor definible es el de "Sañogasta" (La Rioja), con varios depósitos ("San Sebastián", "Santa Brígida", etc.), alojados en metamorfitas paleozoicas. La mineralización aparece en forma de stocks, con uraninita, calcopirita, calcosina y halos de minerales oxidados.

Su génesis se vinculó con el plutón granítico de Famatina y la edad de la mineralización es de 305×10^6 años (carbónico inferior) (Angelelli, 1960).

Al oeste del anterior se ubica el Distrito Jagüe (yacimiento-tipo: "San Santiago"), enclavado en esquistos cristalinos (anfíbolitas, cuarcitas y micacitas) precámbricos. Los cuerpos filonianos, lentiformes, bien definidos, se presentan rellenos por una brecha calcítica, con uraninita y niquelina y, en menor proporción, piritita, blenda, galena y productos de oxidación del uranio y arseniuros, como metazeunerita. De origen epitermal, hasta mesotermal, la edad de la mineralización fué determinada en 70×10^6 años (Eoceno).

En el Distrito San Isidro ("Soberanía", "Independencia" y "Papagayos"), la mineralización se aloja en fracturas, con relleno de brechas, dentro de sedimentos triásicos. La ganga de cuarzo encierra uraninita, magnetita y minerales secundarios: schroekingierita, uranofano y fosfuranilita. Su génesis se vincula con intrusiones andesíticas próximas (Belluco, 1956) y la edad del proceso mineralizante es de 20×10^6 años (Mioceno).

En la Cuesta de los Terneros (Sierra Pintada-Mendoza), en un ambiente de vulcanitas permotriásicas, hay varios depósitos ligados a factores estructurales (fallas y diaclasas, con relleno de brechas). La mineralización, en ganga de calcita y cuarzo, está constituida por óxidos de hierro, manganeso y molibdeno, a los que se asocian uraninita y productos de oxidación: "gummita", becquerelita, autunita, uranofano y schroekingierita.

Si bien se postuló para éstos depósitos un origen hidrotermal, los autores no descartan la posibilidad que se deban a procesos de lixiviación-concentración, pues en zonas vecinas ("Los Chañares"), la mineralización trascendió a areniscas carbónicas y responde a un neto control sedimentario.

Un tipo especial de mineralización es la del yacimiento "Urcal" (La Rioja), la que se aloja en un sistema subparalelo de fracturas, en el contacto de calizas ordovícicas con areniscas carbónicas. Si bien responde a un control estructural definido y sus minerales (uraninita, tyuyamunita, metatorbernitita) se asocian con un material brechoso, limoso-calcáreo, de relleno, se asigna a este depósito un origen a partir de aguas superficiales, con intervención de procesos de lixiviación-concentración. La fuente del uranio puede estar tanto en las lutitas cambro-ordovícicas próximas, como en las areniscas carbónicas y pérmicas que contienen restos de madera fósil, parcial o totalmente reemplazada por uraninita.

2) Yacimientos en sedimentos. En Tinogasta (Catamarca), en sedimentos continentales triásicos (lutitas, areniscas y conglomerados) y a lo largo de 30 Kms, se presenta una mineralización con carnotita y autunita, la que aparece como pátinas en superficies de discontinuidad física de la roca portante (diaclasas, fracturas y planos de estratificación).

Stipanovic et al., (1962), postularon para éstos depósitos un origen singenético, aunque con una enérgica redistribución y concentración de la mineralización en sectores con condiciones litológico-estructurales más favorables.

En la Precordillera de San Juan y La Rioja (Distrito Guandacol-Jáchal), una ancha faja de sedimentos continentales carbónicos contienen frecuentes manifestaciones uraníferas, las que aparecen, como lentes, guías o nódulos de uraninita, carnotita, uranofano, etc., y están estrictamente ligadas al material carbonoso, al que en ocasiones reemplazaron totalmente ("Sonia", "La Marthita", "La Cuesta", etc.). En otros casos la mineralización asume un control sedimentario y se aloja en bancos de areniscas con materia orgánica finamente diseminada ("Urcuschum", "Cerro Aspero").

Estos depósitos se atribuyen a procesos de lixiviación concentración (Stipanovic et al., 1962) y sus edades absolutas reflejan la variedad de fuentes de aporte de uranio en esta provincia, pues se obtuvieron valores que oscilan entre 120 y 250×10^6 años.

V. Provincia Araucana. Se corresponde con el borde oriental del geosinclinal jurásico-mesocretácico, con extensión a otra cuenca sobrepuesta a la anterior, neocretácica, ocupando una faja de 500 Kms de largo por 100 de ancho. La

totalidad de los depósitos, constituídos por mineralizaciones de uranio y cobre, responden a controles sedimentarios bien definidos (Stipanovic et al., 1960; Stipanovic et al., 1962) y es común, igualmente, su proximidad a centros efusivos mesosilícicos, del Terciario medio, en algunos de los cuales el uranio aparece en cantidades superiores a la normal (hasta 60 ppm). Los principales distritos son los siguientes:

1) Distrito Malargüe. Todos los depósitos (del orden de 20), se distribuyen en distintos niveles de la formación Diamante (Cenomaniano-Turoniano), continental, constituída por areniscas y conglomerados grises y amarillentos, con intercalaciones de arcillas rojas.

La mineralización (cobre y uranio) se confina en ciertos bancos psamíticos y psamíticos, con arcillas rojas en la base y techo. En el yacimiento-tipo "Huemul", con un desarrollo de 2 Kms, hay seis bancos de este tipo, con cemento calcáreo de irregular distribución y variable impregnación asfáltica.

En la zona superior de los depósitos aparecen vanadatos de uranio: carnotita, tyuyamunita y sengierita, junto con uranofano, metaautunita, cuprosklodowskita, fosfuranilita, meta-autunita y oxisales de cobre y hierro. Bajo el "water table", hay uraninita, sulfuros de cobre e hierro y en menor proporción blenda, galena y pirrotina (Linares, 1956).

Estudios mineralógicos efectuados sobre más de 500 muestras, demostraron que no existe relación entre las mineralizaciones de uranio y los sulfuros (de cobre e hierro). Este hecho ha sido en parte verificado por investigaciones de geología isotópica (C, O y S). (Brodtkorb, 1966; Linares, 1966).

Los resultados pueden resumirse así:

- a) Las mineralizaciones de sulfuros y de uranio, se alojan en sedimentos psamíticos y rudíticos portadores de material asfáltico.
- b) La mineralización uranífera (posiblemente la más antigua), se vincula con aguas circulantes, las que precipitaron el uranio al encontrar condiciones favorables (ambiente reductor creado por el asfalto).
- c) La de sulfuros, en cambio, pudo ser originada por procesos magmáticos, dado que la composición isotópica del azufre indica tal procedencia. Estos pueden vincularse con alguno de los ciclos eruptivos del Terciario inferior-medio presentes en la zona. Podría admitirse también la posibilidad que los sulfuros hayan tenido su origen en aguas circulantes y que la composición isotópica actual podría deberse al metamorfismo causado por la intrusión de las andesitas oligocenas. En este caso, sin embargo, también deberían estar afectados los valores del carbono y oxígeno, lo que no se observó.
- d) La edad de los depósitos está comprendida entre el Cretácico más alto y el Oligoceno (edad de las andesitas), ya que la mineralización es epigenética y está afectada por la intrusión de las efusivas citadas. La datación de una muestra de uraninita de Huemul (29 m. a.) ratifica dicha edad.

2) Distrito Los Chihuídos. En Neuquén, 250 Kms al sur de "Huemul", en

los mismos terrenos que éste, se localiza una decena de manifestaciones (Del Vo-Davids, 1960).

En el yacimiento "Palo Quemado", un elevado número de cuerpos uraníferos, en forma de lentes de dimensiones variables (2 a 10 m), se distribuyen en cuatro niveles, arenoso-areósicos, algo calcáreos, con estratificación entrecruzada y moderado contenido de materia carbonosa finamente diseminada.

La mineralización de uranio (carnotita), a la que se asocian carbonatos de cobre, volborthita, hematita y jarosita, responde a un estricto control litosedimentológico, en relación con las estructuras sedimentarias locales, la presencia de material carbonoso y hematítico y el contenido arcilloso (lentes delgadas o "clay balls").

El origen de éstos depósitos (Stipanovic et al., 1962) se atribuye a la fijación del ión uranilo por la materia carbonosa y el ión ferroso contenidos en los sedimentos, a partir de soluciones que lo lixiviaron tanto de granitos algo distantes, como de vulcanitas mesosilíceas y ácidas próximas, rocas que acusan un contenido en uranio más elevado que el normal.

3) Distrito Chos-Malal. A 100 Kms al NW del anterior hay otro grupo de manifestaciones en sedimentos transicionales kimeridgianos, compuestos por areniscas y conglomerados, con intercalaciones lutíticas y tobíferas y niveles con alto contenido de material carbonoso ("carbón trash" y troncos). En el yacimiento "La Primera", los cuerpos mineralizados, lenticulares, que se relacionan con los restos carbonosos, llevan uraninita, uranofano, metatorbernita, metazeunerita y carnotita, a los que acompañan bornita, calcosina, covelina, calcopirita, malaquita, azurita, baritina y óxidos de hierro.

Latorre (1962) atribuye estos yacimientos a la circulación de soluciones que habrían lixiviado el uranio de las andesitas oligocenas, depositándolo luego en presencia de materia carbonosa o H_2S , los que actuaron como reductores del ^{6}U , provocando su precipitación como ^{4}U y la consiguiente decoloración de la roca huésped. Las andesitas del cercano cerro Caicayén poseen entre 20 y 60 ppm de U_3O_8 .

4) Distrito Plateau de Huinacul. En la zona extraandina de Neuquén tienen amplia distribución regional sedimentos continentales maestrichtianos con potencia superior a 1.000 m e integrados por una alternancia, varias veces repetida, de arcillas, areniscas y conglomerados. En los mismos se localizaron numerosos indicios cuprouaníferos, los que se relacionan con factores sedimentológicos y el contenido variable de materia carbonosa vegetal y/o hidrocarburos (Stipanovic et al., 1960; Stipanovic et al., 1962). Su origen es similar al señalado para los restantes distritos de ésta Provincia.

VI. Provincia Patagónica. Comprende el área de afloramientos de varias formaciones continentales mesozoicas y terciarias, de las provincias de Chubut y Santa Cruz, las que pertenecen a varias cuencas sobreimpresas. En el norte, se adosan o cubren en parte el Macizo Nordpatagónico (con metamorfitas pre-

cámbricas y granitos pérmicos) y en el sur transgreden las áreas positivas del Macizo del Deseado.

Además de los granitos, los que se documentaron como portadores de uranio, integran dicho ambiente varios ciclos riolíticos y andesíticos con un contenido uranífero superior al normal, en especial la formación Tobas Amarillas, maestrichtianas, de extensión regional, la que posee de 3 a 14 ppm, con concentraciones secundarias de hasta 300 ppm. Marginan dicho ambiente por el oeste vulcanitas mesosilíceas terciarias, similares a las de la provincia Araucana.

Los yacimientos más importantes se enclavan, invariablemente, en las proximidades de áreas graníticas o porfírico-porfiríticas y todos ellos responden a controles sedimentarios y a la presencia de materia orgánica, si bien no se excluye un origen filoniano para dos depósitos aún no estudiados ("Cerro Principio" y "Cerro Tres Picos").

Los distributos más importantes son los siguientes:

1) Distrito Paso de Indios. Se extiende desde el valle de Río Chubut medio hasta el extremo sur del Macizo Nordpatagónico. Predominan sedimentos continentales jurásicos, mesocretácicos y neocretácicos y vulcanitas batonianas, apareciendo dos tipos de mineralización uranífera.

Al primero corresponde el yacimiento "Los Adobes", alojado en un espeso banco arenoso conglomerádico, subhorizontal, el que se apoya en porfiritas muy próximas. El cuerpo principal, lentiforme, de contornos netos y elevado espesor (10 m), responde a variaciones faciales, tanto del conglomerado como de un banco de arcillas que le sirve de sustrato y a un discreto contenido de materia orgánica, finamente diseminada.

La mineralización (uranofano, schroeckerita y fosfuranilita) se presenta como un cemento que tapiza los clastos.

Este depósito se debe a procesos de lixiviación-concentración, con aporte del uranio a partir de las formaciones fértiles antes citadas.

Al segundo tipo corresponden los depósitos de "Carhue Niyeu" y "Laguna El Molle", los que se enclavan dentro de lutitas y tobas finamente estratificadas, en zonas de discontinuidad física (planos de fisilidad o diaclasas).

Los minerales presentes son: betauranofano y metaautunita y el origen, posiblemente, es similar al de los depósitos del grupo anterior.

2) Distrito Sierra Cuadrada. Se extiende en el centro-este de Chubut, en correspondencia con sedimentos maestrichtianos. La mineralización de uranio (carnotita, schroeckerita y autunita), se localiza en un banco de areniscas conglomerádicas que posee abundantes troncos fósiles, parcialmente silicificados (Etchart et al., 1960).

En el yacimiento "Sierra Cuadrada", la densidad de los troncos se hace mayor y se produce igualmente una impregnación uranífera irregular en los sedimentos portantes, constituyendo un yacimiento de volumen discreto aunque de baja ley (promedio 0,06 % de U_3O_8).

La génesis responde a un proceso de lixiviación del uranio por aguas circulantes y su redeposición y concentración en sedimentos favorables, en presencia de materia carbonosa vegetal.

3) Distrito Río Chico (Chubut). La geología del área está representada esencialmente por sedimentos danianos y paleocenos atravesados por basaltos eocuartarios.

Los yacimientos principales del distrito ("Cañadón Gato" y "Cañadón Krueger"), se relacionan con una fractura tensional, de más de 10 Kms de desarrollo, invadida por una diatrema, la que presenta varios ensanchamientos (bulbos basálticos) y posibilitó el ascenso de material asfáltico desde niveles inferiores, formando una brecha de relleno, con abundante material arcilloso montmollironítico.

Los minerales de uranio (metaautunita y metatorbernita), están fijados por las arcillas y el asfalto de la diatrema y frecuentemente invaden las areniscas de caja (danianas y paleocenas) por los planos de estratificación.

El origen de éstos depósitos se atribuye a procesos de lixiviación-concentración, a partir de varias "rocas madres" posibles, en especial de las "Tobas Amarillas" (maestrichtiano), con contenido anormal en uranio.

4) Distrito Laguna Sirven. La misma formación que engloba los depósitos de Sierra Cuadrada, aparece en Santa Cruz, donde también encierra manifestaciones uraníferas. En Laguna Sirven, éstas se localizan en areniscas gruesas a conglomerádicas, las que alternan con arcillas tobíferas rojas y muestran regular impregnación de petróleo. La mineralización está constituida por carnotita y meta autunita y la génesis de éstos depósitos es idéntica a la de Sierra Cuadrada, actuando en este caso el petróleo y/o asfalto como elementos fijadores del uranio (Stipanovic et al., 1962).

5) Distrito Valle de las Pinturas. Se ubica en el ángulo NW de Santa Cruz, donde afloran sedimentos continentales miocenos, los que se apoyan sobre pórfiros batonianos y sus tobas. Las sedimentitas se componen de tobas arenosas, arcillas y areniscas, con impregnaciones de asfalto y frecuentes niveles de lignitos.

Se conocen depósitos uraníferos, de dimensiones reducidas, ligados a ambas fuentes de materia orgánica, no restando dudas en cuanto al típico control sedimentario de los mismos y al origen mediante procesos de lixiviación-concentración.

Bibliografía

Se consultaron más de 200 informes inéditos de la Gerencia de Materias Primas de la C. N. E. A. Por razones de espacio, sólo se citan aquellas contribuciones de carácter sintético general

Angelelli, V. (1956): Distribución y características de los yacimientos y manifestaciones uraníferas de la República Argentina. Actas Prim. Conf. Intern. Uso Pacíf. Energ. Atóm., Vol. 6, p. 999. Cinebra

- (1960): Características de nuestras manifestaciones y depósitos uraníferos vetiformes. Anal. Ias. Journ. Geol. Arg., Vol. 2. San Juan
- (1961): El torio, sus minerales, yacimientos, producción y destino. Inf. C. N. E. A. Buenos Aires. Inéd.
- Belluco, A. (1956): Las vetas de cuarzo uranífero del yacimiento „Presidente Perón“, Mendoza. Actas Prim. Conf. Intern. Uso Pacíf. Energ. Atóm., Vol. 6, p. 1001. Ginebra
- Brodtkorb, M. K. de (1963): Estudio de la mineralización del yacimiento “La Esperanza”, Salta. Anales. IAs. Journ. Geol. Arg., Vol. 1. Salta
- (1966): Mineralogía y consideraciones genéticas del yacimiento “Huemul”, provincia de Mendoza. Rev. Asoc. Geol. Arg., Vol. 21. Buenos Aires
- Del Vo, A. J. C. y Davids, N. (1960): Aspectos salientes de las concentraciones uraníferas del Chihuüido del Medio, Departamento Añelo (provincia de Neuquén). Anal. Ias. Journ. Geol. Arg., Vol. 3. San Juan
- Etchart, L. M., Olsen, H., Saccone, E. R. y Schiano, E. (1960): Sierra Cuadrada, su geología y aspectos de la mineralización uranífera. Anal. Ias. Journ. Arg., Vol. 3. San Juan
- Friz, C. T., Rodrigo, F. y Stipanivic, P. N. (1964): Recursos y posibilidades uraníferas en Argentina. Proc. 3rd. Int. Conf. Peac. Uses. Atom. Energy, Vol. 12. Ginebra
- Latorrc, C. O. (1962): Los yacimientos cuprouaníferos de Rahue-C6, Neuquén, con referencia a la geología de la zona. Rev. Asoc. Geol. Arg., Vol. 17, No 1—2. Buenos Aires
- Linares, E., Timonieri, A. (1960): Contribución al conocimiento de algunos aspectos tectónicos y estratigráficos en el área del yacimiento “Rodolfo”, Cosquín, Córdoba. Anal. Ias. Journ. Geol. Arg., Vol. 2. San Juan.
- Linares, E. (1956): El yacimiento “Cerro Huemul”, Malargüe, provincia de Mendoza, tesis doctoral. Univ. Nac. de Buenos Aires. Inéd.
- (1966): Geología isotópica del yacimiento Huemul. Rev. Asoc. Geol. Arg., Vol. 21. Buenos Aires
- Lucero, H. N., Timonieri, A., y Diez, J. D. (1963): Contribución al conocimiento de algunas manifestaciones uraníferas de las provincias de Córdoba, San Luis y La Rioja. Anal. IAs. Journ. Geol. Arg., Vol. 1. Salta
- Olsen, H. (1963): Yacimiento Los Adobes, Departamento Paso de Indios, provincia de Chubut. Anal. IAs. Journ. Geol. Arg., Vol. 1. Salta
- Stipanivic, P. N., Baulies, O. L., Rodrigo, F. y Martinez C. G. (1960): Los depósitos uraníferos en rocas sedimentarias de la República Argentina. Anal. Ias. Journ. Geol. Arg., Vol. 3. San Juan
- (1962): Depósitos uraníferos argentinos con control sedimentario. 4th. Interam. Symp. peac. appl. nuclear energy, México
- Villar Fabre, J. F., Santomero, M. O. y Lucero H. N. (1958): Los minerales de torio en la Argentina. Inf. C. N. E. A. Buenos Aires. Inéd.

[Manuscript received July 29th, 1967]