

05.60.07

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

DEPARTAMENTO DE MATERIAS PRIMAS

LOS DEPOSITOS URANIFEROS EN ROCAS SEDIMENTARIAS  
EN LA REPUBLICA ARGENTINA

POR

P. N. STIPANICIC, O. L. BAULIES

F. RODRIGO Y C. G. MARTINEZ

REPUBLICA ARGENTINA

AÑO 1960

LOS DEPOSITOS URANÍFEROS EN ROCAS SEDIMENTARIAS

DE LA REPUBLICA ARGENTINA

por

P.N.STIPANICIC, O.L. BAULIES,

F. RODRIGO y C.G. MARTINEZ <sup>(\*)</sup>

Año 1960

(\*) COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA  
Departamento de Materias Primas

## INTRODUCCION

Esta contribución tiene como objeto hacer conocer, en forma sucinta, las características de los principales depósitos uraníferos argentinos en sedimentos y destacar el interés o potencial de las distintas cuencas o cubetas a que ellos pertenecen. Se intenta además, establecer una clasificación genética de estos yacimientos, la que debe considerarse como un ensayo con tales fines, sujeta a perfeccionamientos sucesivos, de acuerdo a la nueva información que se pueda obtener de los mismos.-

Para la Argentina, no es posible adoptar la ordenación y agrupamiento lógicos de los distritos uraníferos por cuencas sedimentarias -tal como es fácil de hacer en U.S.A.-, ya que, en varias regiones, los efectos del intenso diastrofismo andino produjo cambios paleogeográficos de gran magnitud, los que motivaron la sobreimposición de cuencas sedimentarias de límites a veces distintos, pendientes regionales opuestas, etc. Por ello, hemos preferido adoptar el término de "ambientes", entendiéndolo como tales a aquellas áreas en las cuales se desarrollaron una o más cuencas sedimentarias, de límites generalmente no coincidentes, y cuyas formaciones son portadoras de yacimientos uraníferos o bien presentan características, indicios o afloramientos muy favorables para serlo.-

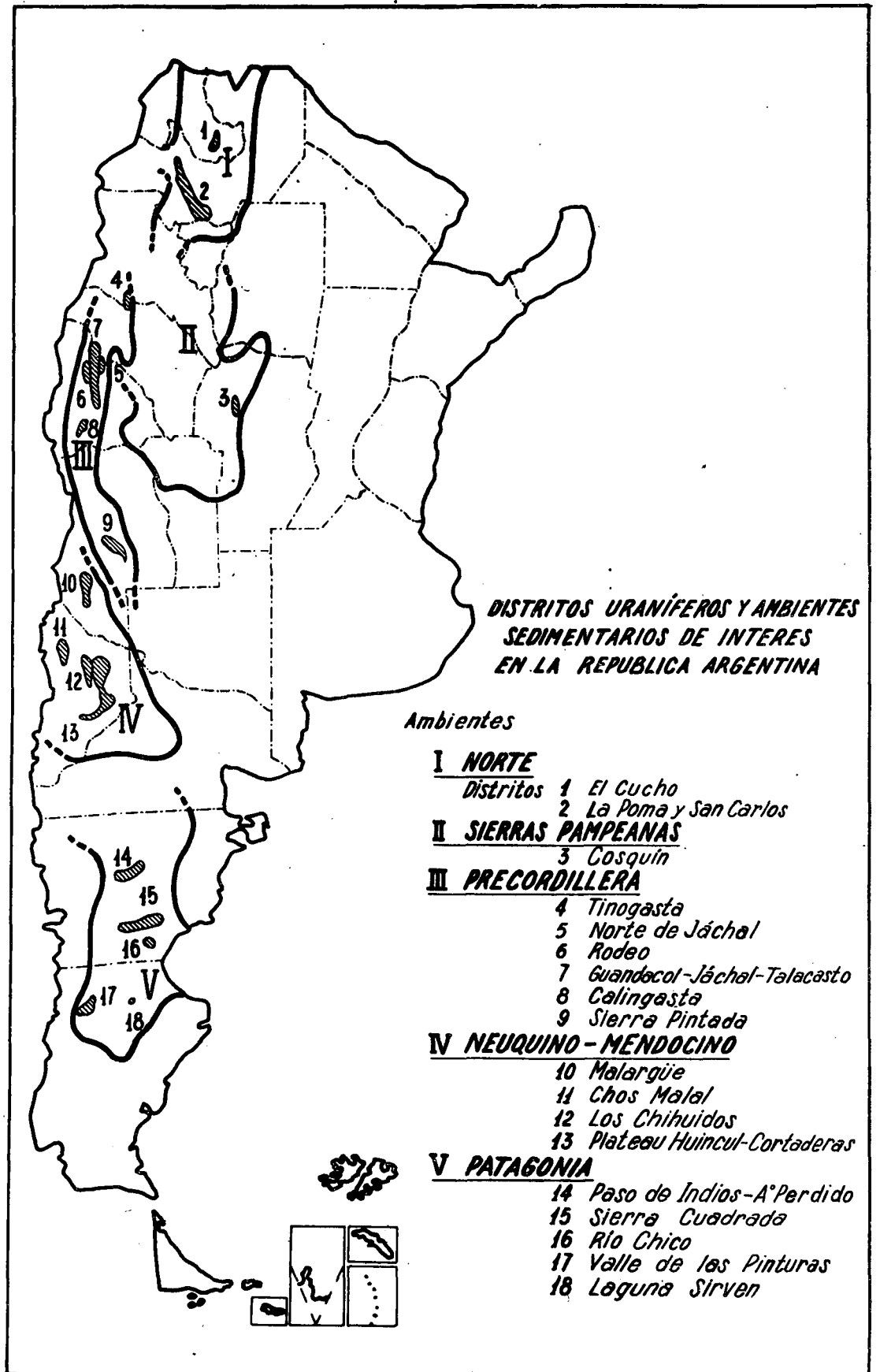
De acuerdo a un criterio práctico, en varios casos se ha restringido la extensión de los "ambientes" en relación a los límites más extendidos de las cuencas sedimentarias originales que los mismos comprenden.-

Los "ambientes" diferenciados son

(Fig. 1) :

- I - "Ambiente" del Norte.
- II - "Ambiente" de las Sierras Pampeanas.
- III - "Ambiente" de la Precordillera.
- IV - "Ambiente" Neuquino-mendocino.
- V - "Ambiente" de Patagonia.

Debe aclararse, por otra parte, que la ocurrencia en varios yacimientos mundiales de distinto tipo, de uraninita, pechblenda, coffinita, etc de generación secundaria, como así también la comprobación de la facilidad de su síntesis en el laboratorio bajo condiciones de temperatura inferior a 50°C, hacen ver la inconveniencia de referirse a "minerales primarios" y "secundarios" de uranio. Para obviar tal dificultad y por razones prácticas, universalmente se ha impuesto el uso de los términos "minerales negros" y "minerales amarillos", para incluir entre los primeros a los productos uraníferos negros (generalmente óxidos simples) y entre los segundos a aquellos más oxidados, carbonatados o hidratados, de coloración predominantemente amarilla, aunque también los hay verdes, anaranjados, etc y que si bien a veces provienen de la alteración de los anteriores, en otros casos no resultan estrictamente "secundarios".-



## I - AMBIENTE DEL NORTE (Cuadro Nº 1)

Los límites se fijaron en forma aproximada en relación a los actuales afloramientos de las formaciones cretácicas, a los que se sobreimponen los correspondientes a cuencas terciarias.-

Desde el punto de vista uranífero, el mayor interés lo ofrecen las sedimentitas del Sistema de Salta (o Formación Petrolífera), de edad cretácica, depositadas en un ambiente litoral y transicional fluviátil, y muy especialmente aquellos que afloran en los bordes occidental y austral de la cuenca mesozoica, dadas sus características litológicas favorables (granulometría y porosidad adecuada, frecuentes variaciones faciales, contenido en materia orgánica, etc), como así también por su proximidad con extensas áreas graníticas portadoras de abundantes pegmatitas uraníferas.-

Los sectores más centrales de la cubeta, con sedimentos más finos y compactos, no deben ser descartados de plano, ya que la reciente experiencia mundial señala que facies de este tipo y aún más finas pueden contener yacimientos uraníferos de volúmenes y leyes interesantes.-

Los sedimentos continentales de las cuencas terciarias sobreimpresas también presentan facies favorables.-

Hasta el momento, la mayor actividad de la C.N.E.A. se concentró en los afloramientos de los bordes occidental y austral del Sistema de Salta, dedicándose atención ocasional a los del Terciario.-

### Distrito 1: EL CUCHO

Se extiende al nordeste de la ciudad de Jujuy, en las Sierras de Zapla y Calilegua, en cuyos flancos afloran sedimentos continentales del "Terciario Subandino".-

En el Río Capillas (28 km de Jujuy), en el ala occidental del anticlinal de Zapla, dentro de areniscas finas, bayas, de la sección superior del "Terciario Subandino", se localizaron mineralizaciones uraníferas, asociadas con material carbonoso (troncos, fragmentos alóctonos y esquistos).-

Tres manifestaciones ("La Peña del Río", "Ex-Mina Domeneche" y "Arroyo del Mollar"), señalan la presencia de uranio, con leyes bajas (1-2 o/oo U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>), en cuerpos muy reducidos, sin valor económico.-

CUADRO ESTRATIGRAFICO SINTETICO DEL AMBIENTE DEL NORTE Y POSICION DE LOS DEPOSITOS URANIFEROS

E D A D E S	NOMENCLATURA REGIONAL	LITOLOGIA Y FACIES		MANIFESTACIONES DE URANIO
CUARTARIO	VARIAS FORMACIONES	Sedimentos continentales Niveles de pie de monte.	Intensas areniscas y arcillas rojas.	Impregnaciones de minerales de baja ley en travertines de La Puna.
	ESTRATOS JUJEÑOS	Sedimentos continentales.	Sedimentos continentales: conglomerados, areniscas y arcillas rojas.	Minerales amarillos en areniscas y conglomerados, en El Cucho (Jujuy), asociados con vanadio y material carbonoso.
TERCIARIO	Superior	Areniscas finas, regularmente estratificadas, castañas y rojo ladrillo, con intercalaciones arcillosas.	Arcillas y margas rojas en el centro de la cuenca. Conglomerados, areniscas y arcillas rojo-ladrillo en el borde occidental.	
	Inferior	ARENISCAS SUPERIORES	ARENISCAS SUPERIORES	
CUATRO	MARGAS COLORADAS SUPERIORES	MARGAS COLORADAS SUPERIORES	MARGAS MULTICOLORADAS	Minerales amarillos (fosfatos), en areniscas finas y lutitas arenosas, asociadas con restos carbonosos vegetales, en Providencia (Salta).
	MARGAS VERDES	MARGAS VERDES	MARGAS VERDES	Minerales amarillos en areniscas y lutitas arenosas, asociados con vanadio en "Don Otto" (Salta).
	MARGAS COLORADAS INFERIORES	MARGAS COLORADAS INFERIORES	MARGAS COLORADAS INFERIORES	Minerales amarillos en areniscas y lutitas arenosas, asociados con vanadio en "Don Otto" (Salta).
CINCO	CALCAREO	CALCAREO	CALCAREO	Minerales amarillos en areniscas y lutitas arenosas, asociados con vanadio en "M. de Güemes", "Don Bosco", "Los Berthos", "Zamay", etc. y con cobre en "La Despedida".
	ARENISCAS CALCAREAS	ARENISCAS CALCAREAS	ARENISCAS CALCAREAS	Minerales amarillos de baja ley, asociados con cobre, en el Valle del Tonco.
SEIS	ARENISCAS INFERIORES	ARENISCAS INFERIORES	ARENISCAS INFERIORES	Minerales amarillos de baja ley, asociados con Fe, Mn y Cu, en areniscas calcáreas de "La Despedida" (Arroyo Las Conchas).

ANTECAMBRICO Y/G PALEOZOICO.

Cuadro No 1.

**Distrito 2: LA POMA - SAN CARLOS (Fig.2):**

Comprende una serie de manifestaciones y de yacimientos uraníferos que se alojan en distintos niveles estratigráficos del Sistema de Salta

- a) "Providencia"- Esta manifestación se ubica en el faldeo oriental del Cerro Piedra del Molino, sobre la Cuesta del Obispo. Presenta varios cuerpos mineralizados, con impregnaciones de metaautunita, metatorbernita y fosfuranilita, que se emplazan en niveles arenosos del miembro "Margas Verdes", en el ala oriental del sinclinal de La Herradura.-

Los dos mayores integran 3.400 t de mineral con ley de 1 o/oo  $U_3O_8$ , estimándose que el potencial uranífero del área vecina solo es discreto.-

- b) "Don Bosco".- El yacimiento del epígrafe se ubica en el sector noreste del cerro Tin-Tín, elevación que se relaciona con el braquianticlinal homónimo, que muestra un núcleo antecámbrico (lutitas poco metamorfoseadas) rodeado periclinalmente, hacia el este, por las "Areniscas Inferiores", "Calcáreo Dolomítico" y "Margas Multicolores", a la vez que por el Oeste se encuentra cortado por una gran falla regional.-

Dentro de una alternancia de delgadas capas de areniscas y de lutitas, ricas en materia orgánica y comprendidas entre bancos calcáreos, pertenecientes al tercio medio del "Calcáreo Dolomítico", se localizaron hasta el momento cinco cuerpos mineralizados de dimensiones y leyes variables. El más importante tiene un espesor medio de 1,30 m y totaliza 9.500 t con ley media de 1,70 o/oo  $U_3O_8$ .-

Tyuyamunita y metatyuyamunita aparecen impregnando a las areniscas y lutitas y dan lugar en algunos puntos a enriquecimientos superficiales de buena ley, superiores en algunos casos a 10 o/oo  $U_3O_8$ .-





Por las dimensiones de los cuerpos y las características de la mineralización del depósito "Don Bosco", se estima que el área del cerro Tin-Tín sólo reviste un interés discreto.-

- c) "La Despedida".- Aproximadamente a 25 km al sudeste de Alemania (Salta), en el faldeo nororiental de la sierra de Carahuasi, se localizaron impregnaciones cupro-uráníferas prácticamente continuas, que se alojan en un banco aflorante en forma casi ininterrumpida en una extensa área de 5 km de largo por 3 de ancho.-

# DISTRITO LA POMA-SAN CARLOS

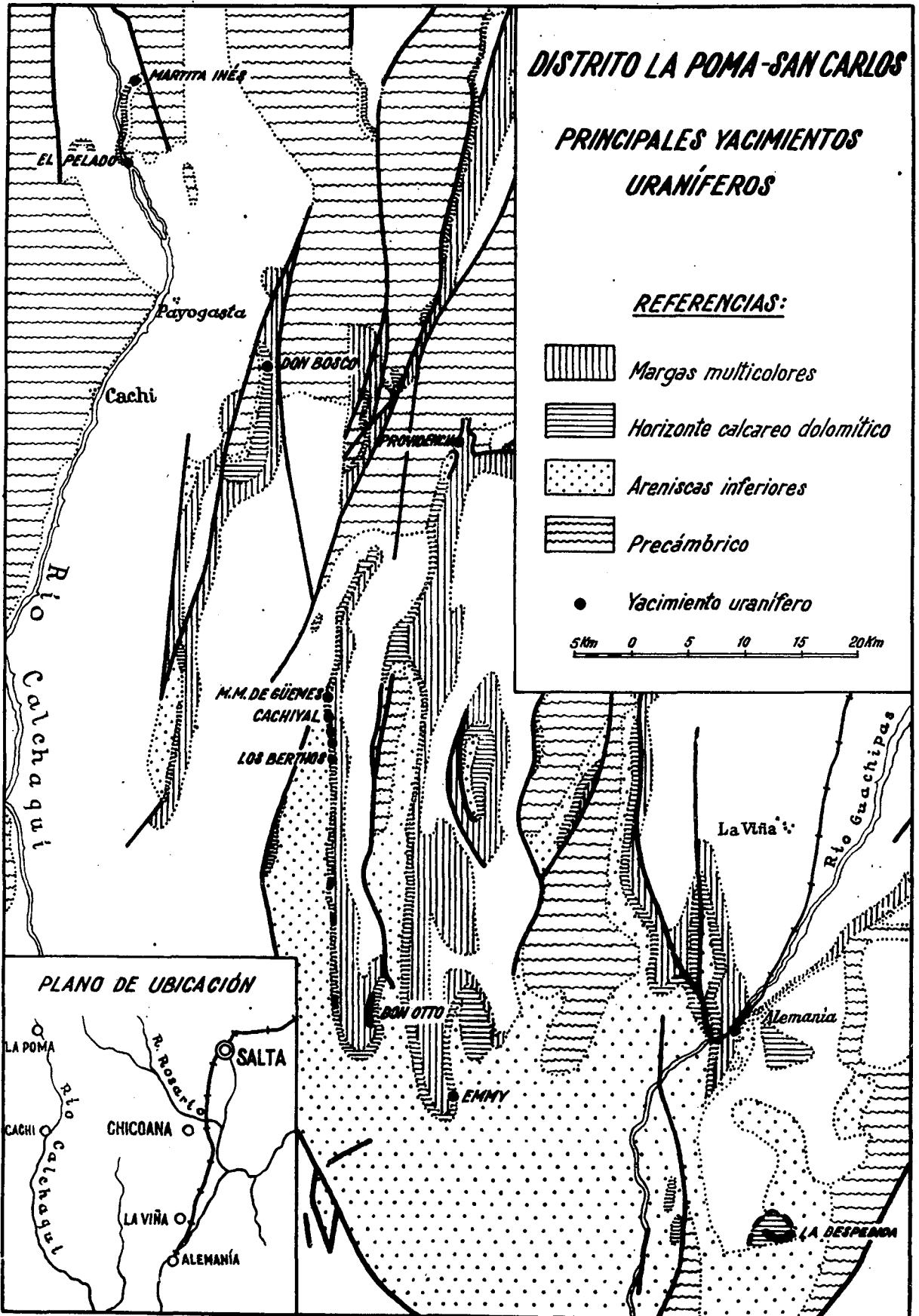
## PRINCIPALES YACIMIENTOS URANÍFEROS

### REFERENCIAS:

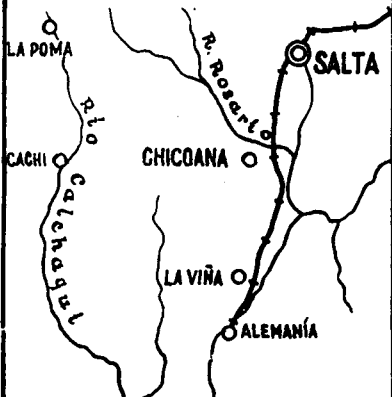
-  *Margas multicolores*
-  *Horizonte calcareo dolomítico*
-  *Areniscas inferiores*
-  *Precámbrico*

● *Yacimiento uranífero*

5Km 0 5 10 15 20Km



### PLANO DE UBICACIÓN



El mismo, situado en el contacto de las "Areniscas Calcáreas", con el "Calcáreo s.str.", lleva minerales de baja ley (0,3 o/oo  $U_3O_8$  y 0,2 - 2,4 o/oo Cu), que integran en conjunto una de las mayores reservas uraníferas del país, actualmente sin valor económico por su tenor y potencia reducida (0,40 m).-

#### Sub-distrito 2: TONCO-AMBLAYO

Comprende dos largas y estrechas estructuras sinclinales (Tonco y Amblayo) de rumbo N-S, que afectan a las "Areniscas Inferiores", "Calcáreo-Dolomítico" y "Margas Multicolores" y en cuyos ejes aparecen sedimentos terciarios. Los flancos orientales de ambos sinclinales fueron suprimidos en gran parte por efectos de fallas regionales las que permiten el afloramiento de rocas antecámbricas. El buzamiento de las capas, variable entre  $45^\circ$  y  $80^\circ$ , aunado al tipo de erosión, dan lugar a la formación del típico relieve de "diente de sierra", a veces de pendientes muy abruptas, morfología que dificulta los trabajos de prospección aérea, terrestre y de exploración minera.-

Los niveles del "Calcáreo Dolomítico" y de las "Margas Multicolores" corresponden a facies costaneras o de bordes de cuenca, con abundantes areniscas friables, intercalaciones lutíticas y alternancia de calcáreos y de areniscas calcáreas.-

Los trabajos de prospección aérea realizados en el mes de noviembre de 1959, permitieron localizar más de diez anomalías radiactivas en ambos sinclinales, todas ellas en relación con cuerpos mineralizados de importancia variable, los que se alojan en niveles del "Calcáreo Dolomítico" y de las "Margas Coloradas Inferiores".-

Hasta el momento sólo se efectuaron trabajos de reconocimientos preliminares en algunas de las manifestaciones ("M.M.de Güemes", Cachiyal, "Los Berthos", "Don Otto" y otros cuatro cuerpos aún innominados en el ala occidental del sinclinal del Tonco), encontrándose en ejecución los de carácter exploratorio en "M.M.de Güemes" y "Don Otto".-

d) "M.M.de Güemes".- Entre 27 y 36 metros por debajo de su techo, el "Calcáreo Dolomítico" presenta un paquete de areniscas muy friables, grises, con intercalaciones de lutitas a veces arenosas, pardas, que en la zona del yacimiento del epígrafe incluye dos cuerpos mineralizados, el mayor de los cuales fue reconocido en superficie mediante trincheras a lo largo de 300 m, registrándose para el mismo una potencia media de 1,10 m. Varios sondeos certifican ya su continuidad en profundidad, con un desarrollo según el buzamiento de las capas

(45-50<sup>o</sup> E) de 50 metros y potencia superior a 1,50 m.-

Los análisis preliminares, efectuados sobre muestras de superficie y algunas de profundidad (perforaciones), indican que este yacimiento tiene una ley media cercana a 1,5 o/oo U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>. Hasta el nivel actual de los sondeos las reservas inferidas del cuerpo uranífero superan las 50.000 t, estimándose que la mineralización continúa en profundidad, dado el carácter uniforme de la misma, la litología homogénea de la roca portadora, etc.-

El mineral dominante es tyuyamunita, apareciendo el vanadio con tenores de interés (2,3 a 10 o/oo V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

e) "Los Berthos".- Esta manifestación se sitúa a 4 km al sur de "M.M.de Güemes", sobre la misma faja de afloramientos y en una posición estratigráfica ligeramente superior. Sólo fue reconocida en superficie, donde aflora un cuerpo mineralizado de 200 m de corrida, potencia de 0,50 m y ley media de 2,0 o/oo U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, registrándose algunas lentes de areniscas enriquecidas con más de 50 o/oo de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>. Los minerales presentes son tyuyamunita, autunita y carnotita.-

f) "Don Otto" (ex-"Tururú").- Este depósito se ubica en el flanco oriental del sinclinal del Tonco, en las cercanías de su cierre austral y es concordante a las areniscas y lutitas verdosas de la base de las "Margas Coloradas Inferiores", que buzan entre 60<sup>o</sup> y 80<sup>o</sup> W, aunque hay sectores donde ya aparecen rebatidas con valores de hasta 70<sup>o</sup> E. La mineralización, que se localiza en lutitas con fajas marginales de impregnación en areniscas, se distribuye en tres niveles, de los cuales el intermedio es el más regular y tiene una corrida en superficie superior a 2.500 m. El sector meridional del mismo, con 850 m de extensión, es el más interesante y muestra una potencia media de 0,75 m y tenor de 1,7 o/oo U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, aunque hay tramos con leyes superiores a 2,5 o/oo U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.-

Dos socavones con los que se ha iniciado la exploración preliminar del yacimiento, certifican ya la continuidad de la mineralización hasta más de 35 m de profundidad y permiten inferir reservas superiores a 100.000 t hasta dicho nivel con ley media de 1,4 o/oo U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.-

Hasta el momento se reconoció la presencia de tyuyamunita, schroeckingerita, metaautunita y fosfuranilita.-

- g) "Emmy".- La mineralización aparece en facies de areniscas friables, de grano fino y medio, pertenecientes al tercio superior del "Calcáreo-Dolomítico", registrándose algunas intercalaciones de areniscas lutíticas.-

La manifestación uranífera alcanza un desarrollo en superficie de 200 m y consiste en dos bancos mineralizados de 0,95 m de potencia media el superior y 0,45 m el inferior, superados por dos metros de sedimentos estériles. La mineralización está constituida principalmente por car-notita.-

El tenor en uranio, obtenido sobre muestras superficiales, es de 2,30 o/oo y 1,0 o/oo U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> respectivamente, para cada banco.-

- h, i, j, etc) Otras manifestaciones.- En la cuenca del Tonco, en el ala occidental de este sinclinal y a lo largo de una extensa faja sedimentaria de más de 30 km de longitud, comprendida entre los depósitos "M.M. de Güemes" y "Don Otto", hay un buen número de manifestaciones uraníferas descubiertas por los trabajos de prospección aérea y cuyo valor e importancia aún se desconoce, pues no han sido objeto de estudios detallados.-

## II - AMBIENTE DE LAS SIERRAS PAMPEANAS

Dentro del ambiente cristalino ante cámbrico de las Sierras Pampeanas, se han desarrollado, durante distintas etapas de la historia geológica, varias formaciones sedimentarias continentales de diversa extensión y potencia. Los principales complejos se depositaron durante el Permo-Carbónico, Triásico y Terciario. De ellos, adquieren interés desde el punto de vista uranífero, el primero y el tercero, ya que sus sedimentos son portadores de mineralizaciones en varios puntos.-

### Distrito 3: COSQUIN

En el valle longitudinal de Punilla y a lo largo de 30 kilómetros, entre Biale Massé y Capilla del Monte, aflora en forma discontinua el complejo sedimentario de los "Estratos de Cosquín" (Linares y Timonieri), referido por Pascual al Eoceno inferior, que posee una potencia comprendida entre 50 y 150 metros. El mismo se compone de un alternancia de areniscas limosas, limos arenosos y arcillosos, con alto contenido de carbonato de calcio, siendo su coloración variable entre el gris claro y el rojo ladrillo.-

Esta formación, de neto carácter continental, mantiene un rumbo predominante N-S y buzamiento variable entre 25° y 65° E. Se apoya discordantemente sobre el basamento antecámbrico, que es finalmente, el que forma todo el ambiente que rodea al distrito en cuestión y que se compone de esquistos y granitos en su mayor parte. Los últimos, dominantes por entero en amplísimas extensiones (Sierras Grandes), acusan un tenor de uranio superior al normal (1) para este tipo de rocas (entre 6 y 9 ppm) y están frecuentemente atravesados por pegmatitas portadoras de minerales radiactivos (uraninita y sus productos de oxidación, columbitas, tantalitas, etc) y por vetas de cuarzo oscuro, también radioactivas.-

A lo largo de toda esta faja sedimentaria se certificó la existencia de acumulaciones uraníferas en numerosos puntos, concentrándose los estudios en un sector de 6 km de la misma, comprendido entre el sanatorio Santa María y el camino al cerro Pan de Azúcar.-

La mineralización aparece como impregnaciones relativamente regulares de vanadatos de uranilo (carnotita, tyuvamunita y meta tyuvamunita), alojadas en tres niveles limo-arcillosos, que se sitúan en la parte alta de la serie sedimentaria y que en conjunto tienen un espesor de 9 a 12 m. Las mejores concentraciones y también las más regulares están en el horizonte medio, con espesores variables entre 5 y 7 m.-

Los estudios detallados preexploratorios que se cumplieron en el yacimiento "Rodolfo", a lo largo de 2 km dentro del sector de mayor interés de los 6 km antes señalados, mediante la ejecución de trincheras, perfiles radio e ionométricos y unas 40 perforaciones con un total de 650 metros, indican para el mismo una reserva del orden de 2.000.000 t de mineral con ley media de 0,39 o/oo  $U_3O_8$ . En el mismo depósito, si también se considera el mineral con 300 g/t, se sobrepasa fácilmente un contenido total de 1.000 t de óxido de uranio, a la vez que si se limita el yacimiento a los sectores más ricos, sobre 1.237 m de desarrollo, se integran 765.000 t con ley media de 0,53 o/oo  $U_3O_8$ .-

Este yacimiento, de bajo tenor uranífero, puede presentar sin embargo interés económico ya que, mediante simple deslamado acuoso es factible de elevar fácilmente más de 5 veces la ley de entrada del mineral, por eliminación de las partes más finas.-

Fuera de la corrida de 2 km que se es

(1) Según Klepper y Wyant el contenido normal de  $U_3O_8$  para los granitos es de 4 ppm.-

CUADRO ESTRATIGRAFICO SINTETICO DEL AMBIENTE DE PRECORDILLERA Y POSICION DE LOS DEPOSITOS URANIFEROS

E D A D E S		NONENCLATURA REGIONAL	LITOLOGIA Y FACIES		MANIFESTACIONES DE URANIO	
CENOZOICO	CUATERNARIO	VARIAS FORMACIONES	Sedimentos continentales.	Volcanismo moderado.	Impregnaciones de baja ley en mármoles <u>Onix</u> de Los Reynos (Mendoza).	
	TERCIARIO	VARIAS FORMACIONES	Sedimentos continentales: conglomerados y areniscas grises, alternando con arcillas rojas			Minerales amarillos en areniscas asociadas con restos carbonosos, en Mogna (San Juan)
MESOZOICO	CRETACEO	AGUA DE LA PIEDRA	Sedimentos continentales.	Volcanismo moderado: Miositico y ácido		
		OLIGOCENO	MOLLELITENSE			
	CRETACEO	DIVISADERO LARGO	CHILELITENSE	Sedimentos continentales.		
		MEDIO	USPALLATENSE	Sedimentos continentales: Intenso magnetismo ácido mesosilícico y básico.		
INFERIOR	FAMATINENSE - (Paganzo III) HIGUERENSE	CHOYOLITENSE	Sedimentos continentales.			
PALEOZOICO	PERMICO	"PAGANZO II"	Sedimentos continentales: conglomerados, areniscas, arcillas y lutitas rojas.		Minerales amarillos en lutitas en Tinogasta (Catamarca).	
	CARBONICO	"PAGANZO I"	Sedimentos continentales: conglomerados, areniscas y lutitas, con intercalaciones marinas y niveles tilfiticos.		Minerales negros y amarillos, asociados a restos carbonosos, en Guandacol (La Rioja), Jáchal-Talacas (San Juan), etc. Impregnaciones en areniscas en Sierra Pintada (Mendoza).	
		DEVONICO	VARIAS FORMACIONES	Sedimentos de mares poco profundos: lutitas arenosas y grauwacas.		
GOTLANDICO	ORDOVICICO	VARIAS FORMACIONES	Sedimentos predominantemente marinos: areniscas, lutitas y calcáreos.		Minerales negros de baja ley en lutitas, en Rodeo, Jáchal y Catamarca.	
	CAMBRIO	BASAMENTO CRISTALINO	Cuarzitas, filitas, micacitas, esquistos, gneises, granitos, etc.			

tudió en detalle, una serie de perfiles geofísicos ionométricos (Jemma) y de pequeños escarpes, demuestran la continuidad de la mineralización hacia el norte, por otros 4 km, lo que permite inferir que el potencial del sector de 6 km será del orden de 4 a 4.500.000 t con un tenor cercano a 0,3 o/oo U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.-

Linares y Timonieri, autores del estudio del yacimiento, piensan que el mismo es de carácter epigenético. Stipanovic y Friz, sin descartar en absoluto esa teoría, opinan que también hay buenos argumentos para admitir la posibilidad de su origen o de un aporte inicial parcial singenético, debido a la precipitación, tanto mecánica como química en el momento de la depositación de los sedimentos terciarios, de los productos uraníferos llevados por arrastre, en suspensión y/o solución, provenientes de la lixiviación de las extensísimas áreas graníticas vecinas, de tenor uranífero anormal y de la destrucción de las numerosas pegmatitas radiactivas de la zona. Es interesante destacar en tal sentido, que no es raro de encontrar fragmentos de pegmatitas con minerales de uranio dentro de los sedimentos terciarios y especialmente en los niveles mineralizados. Por otra parte el cuarzo ahumado, también procedente de pegmatitas y con valores radiactivos anómalos, es muy común en estos sedimentos.-

### Manifestaciones en el "PAGANZO"

Hasta el presente se han encontrado numerosas manifestaciones de minerales de uranio, a veces asociados a los de cobre, bajo la forma de impregnaciones reducidas y de valor económico prácticamente nulo, en varios afloramientos de los "Estratos de Paganzo" en las Sierras de los Llanos, Solca, Malanzán, Chepes, etc.-

Por último, debe señalarse que los restos orgánicos fósiles, especialmente los huesos, contenidos en las series triásicas de Ischigualasto-Ischichuca, son radiactivos.-

### III - AMBIENTE DE PRECORDILLERA

Se corresponde estrictamente con la unidad geomorfológica homónima, cuya composición se esquematiza en el cuadro Nº 2.-

De los complejos sedimentarios presentes, reviste especial interés por su potencial uranífero el de edad permo-carbónica ("Paganzo I y II") (1), que

(1) Dado el carácter de la presente síntesis, se adoptó la clásica nomenclatura de Bodenbender para las series continentales del Pérmico y Carbónico en la Precordillera y Sierras Pampeanas, en vez de aquellas más actualizadas de varios autores modernos, en parte inéditas y aún no unánimemente aceptadas.-

alberga desde un poco al norte de Guandacol (La Rioja) hasta Talacasto (San Juan) y a lo largo de 200 km, una numerosa serie de manifestaciones pequeñas, muy típicas y de alta ley, que permiten definir una de las provincias uraníferas más características de la Argentina.-

Al mismo complejo del "Paganzo" se refieren otros depósitos (Tinogasta en Catamarca), aunque no hay seguridad en la edad de la formación portante, la que también fué asignada al Triásico y aún al Terciario. Otro nivel de interés en la Precordillera lo constituye las lutitas ordovícicas, en las que hasta ahora sólo se encontraron concentraciones uraníferas de muy baja ley, aunque debe citarse que prácticamente no han sido exploradas. Acumulaciones discontinuas de escaso valor, también aparecen en sedimentos terciarios (Jáchal y Mogna).-

#### Distrito 4: TINOGASTA

Al oeste de Tinogasta se extiende una faja que presenta mineralizaciones uraníferas a lo largo de 20 km, las que se alojan en sedimentos continentales, tentativamente asimilados al "Paganzo II" y consistentes en una sucesión de areniscas y lutitas rojas, que alternan con conglomerados, areniscas y arcillitas. Las capas muestran plegamientos y dislocaciones, formando estructuras de rumbos meridionales.-

La mineralización consiste en carnotita, la que comunmente ocurre en forma de pátinas sobre las superficies de discontinuidad física (planos de diaclasas, estratificación o fracturas) de los términos finos de la serie sedimentaria, llegando a formar acumulaciones benesónicas en las zonas de mayor dislocación, las que aparecen superficialmente decoloradas.-

Las dimensiones de los cuerpos ocasionalmente sobrepasan los 100 m de longitud y las potencias varían entre 2 y 8 m, con leyes medias que oscilan alrededor de 0,4 o/oo  $U_3O_8$ , registrándose sectores más ricos, con 2,90 o/oo  $U_3O_8$ .-

Hasta el presente sólo se realizaron algunos estudios de superficie, desconociéndose datos de profundidad. Por ello, poco es lo que puede decirse en cuanto a su génesis y potencial del área, existiendo la posibilidad, por similitud con otros depósitos mundiales, de que el uranio esté diseminado en profundidad dentro de las lutitas y que fenómenos de lixiviación y redistribución hayan permitido los enriquecimientos superficiales ahora visibles.-

Las principales manifestaciones conocidas en este distrito son "Norma", "La Flecha", "Helios" e "Isabel".-

## Distritos 5, 6 y 8: NORTE DE JACHAL-RODEO-CALINGASTA

Las formaciones ordovícicas con facies lutíticas están ampliamente distribuidas en la Precordillera de San Juan y La Rioja. Con carácter de reconocimiento preliminar, se efectuaron algunos estudios en las de tipo alumbrífero de Calingasta, Rodeo y Jáchal, los que demuestran que los tenores en uranio de las mismas varían entre 20 y 100 g/t. Los valores más altos corresponden a las muestras de Rodeo.-

Las lutitas uraníferas constituyen un sedimento compacto con estratificación fina bien definida de composición sílico-arcillo-carbonosa y colores variables entre negro intenso hasta mate satinado.-

Estos depósitos uraníferos son de carácter singenético (Angelelli-Ortega).-

### Distrito 7: GUANDACOL (La Rioja) JACHAL-TALACASTO (San Juan)

Entre las localidades precordilleranas del epígrafe afloran varias fajas de sedimentos permo-carbónicos en los que se localizaron un buen número de manifestaciones uraníferas.-

Estas fajas consisten esencialmente de conglomerados, areniscas arcósicas y arcillas, con típica deposición torrencial y son de carácter continental. La materia orgánica está presente bajo la forma de troncos, frondas, partículas, etc carbonizados y ella ejerce el control básico de la mineralización.-

Se distinguen dentro del distrito dos grupos principales de manifestaciones:

#### A) Grupo de Guandacol - Cerro Aspero

Depósitos de: "La Marthita", "Sonia", "El Pedregal", "Los Rastròjos", "La Blanca", "Los Cóndores" etc (Prov. La Rioja).-  
"Cerro Aspero", "Chepical", etc (Prov. San Juan).-

#### B) Grupo del Arroyo Médano Rico

Depósitos de: "Médano Rico", "Cuculí", "Azulejos", etc (Prov. San Juan).-

En las manifestaciones del "Grupo de Guandacol" la mineralización se localiza en bancos de

areniscas arcóscicas definitivamente lenticulares -las que por lo común se apoyan en arcillas mediante suave discordancia erosiva-, y consisten en pequeñas lentes, guías o nódulos de uraninita íntimamente ligados a la materia carbonosa. En superficie aparecen minerales "amarillos" de uranio y carbonatados de cobre, junto con secundarios de hierro y manganeso.-

En el grupo de Arroyo Médano Rico, la mineralización (uranofano y betauranofano) se encuentra especialmente en las fracturas de la arenisca arcóscica, de manera que el control tectónico prevalece sobre el sedimentario.-

Las dimensiones de los cuerpos uraníferos de este distrito son siempre muy reducidas, factor que aunado a la distribución muy irregular de la mineralización, hace difícil determinar el potencial del mismo. Solo puede decirse que existe un buen número de cuerpos uraníferos, cuyas dimensiones varían entre 1 y algo más de 1.000 toneladas de mineral y leyes que oscilan entre 1,5 y 15,00 o/oo  $U_3O_8$ .-

Como dato ilustrativo puede mencionarse que de los trabajos de exploración cumplidos en el "Grupo de Guandacol", se extrajeron unas 100 t de mineral de alta ley (130 o/oo de  $U_3O_8$ ) y 60 t con 7,5 o/oo  $U_3O_8$ .-

#### Mogna:

En el departamento de Jáchal (San Juan), a unos 30 kms al ESE de Mogna, se encontraron manifestaciones uraníferas, de carácter discontinuo y baja ley, alojadas en sedimentos continentales del Terciario superior (areniscas de grano fino a grueso, con rodados de arcillita) y en relación con el contenido carbonoso de los mismos.-

Estas acumulaciones carecen de importancia económica y tienen tenores de 0,2 a 0,4 o/oo de  $U_3O_8$ .-

#### Distrito 9: SIERRA PINTADA

En la Sierra Pintada, al sur y al oeste de San Rafael (Mendoza), se conocen numerosas ocurrencias de minerales de uranio, algunas del tipo vetiforme clásico y otras alojadas en sedimentos.-

De estas últimas, la mayoría aparecen contenidas en sedimentos del Permo-Carbónico y hasta el presente, ninguna posee importancia económica.-

Como un ejemplo ilustrativo de las mismas puede citarse la manifestación Los Chañares, ubicada al oeste de la Cuesta de los Terneros. Allí, en bancos permeables de areniscas arcóscicas, se han localizado varios

cuerpos mineralizados, de reducidas dimensiones y espesores de hasta 0,60 m, con impregnaciones de "minerales amarillos" de uranio, que alcanzan leyes de 0,7 a 1,0 o/oo de  $U_3O_8$ . Su origen se vincularía con la lixiviación de los cuerpos mineralizados vetiformes próximos y la posterior redeposición en los sedimentos, en presencia de condiciones portantes favorables.-

Dentro de este ambiente puede igualmente destacarse la manifestación de Los Revunos, que se sitúa a 36 km al oeste de San Rafael. En esta zona se localizaron mediante prospección aérea extensas áreas anómalas, en correspondencia con depósitos de ónix. No se observan minerales visibles y la radiactividad se confina en un banco discontinuo de calcáreos impuros, fuertemente limonitizados, con espesores variables entre 0,20 a 0,50 m, que arrojaron leyes de hasta 0,7 o/oo de  $U_3O_8$ .-

#### IV - AMBIENTE NEUQUINO-MENDOCINO (Cuadro Nº 3)

Corresponde en grandes rasgos al sector argentino de la gran cubeta sedimentaria mesozoica, de régimen predominante marino y de pendiente pacífica, a la que se le sobreimpone, en la porción austrooriental, sectores del Neuqueniano, de pendiente atlántica y otras cuencas sedimentarias locales, terciarias y cuartarias. Este gran ambiente se delimita por el sur, en forma provisoria, con el macizo granítico antecámbrico de Río Negro y por el este, con los afloramientos mas orientales conocidos del Mesozoico.-

Dentro de las varias formaciones sedimentarias que participan en el mismo, revisten especial interés uranífero las del Loteniano, Tordillense, Diamantiano y Neuqueniano y muy especialmente las del tercero de ellos.-

Los sedimentos del Diamantiano afloran en una larga faja, de más de 500 kms de extensión y ancho no mayor de 100 kms, la que se extiende a través de las provincias de Mendoza y Neuquén. Si bien hasta el momento sólo se han prospectado en detalle algunos sectores aflorantes de la formación, ya se conocen en la misma no menos de 30 manifestaciones cupro-uraníferas, algunas de ellas de importancia económica.-

Las características comunes de los sedimentos huéspedes, los factores de control de la mineralización, la asociación mineralógica y el posible génesis de los depósitos, permiten configurar a una de las más conspicuas "provincias uraníferas" del país.-

Los principales distritos de la mis-

CUADRO ESTRATIGRAFICO SIMETICO DEL AMBIENTE NEQUINO-MENDOCINICO Y POSICION DE LOS DEPOSITOS URANIFEROS

E D A D E S	NOMENCLATURA REGIONAL	LITOLOGIA Y FACIES	MANIFESTACION DE URANIO
CUARTARIO	VARIAS FORMACIONES	Sedimentos continentales. Niveles de pie de monte. Vulcanismo intenso.	Uranio, con bajas leyes, en tobas (figaimbritas), en el Sur de Mendoza.
	VARIAS FORMACIONES	Sedimentos continentales. Vulcanismo intenso.	
PERMIANO	AGUA DE LA PIEDRA	Sedimentos continentales.	
	MOLLELITENSE		
	PIRCALA-COHUECO ROCA	Sedimentos continentales predominantes y marinos del Rocanense.	
	CHILELITENSE		
	LONCOCHENSE	Sedimentos continentales y de aguas salobres.	
	NEQUENTIANO	Sedimentos continentales: conglomerados, areniscas y arcillas varicolores.	Minerales amarillos, asociados con cobre, en el Plateau de Huincul y Cortaderas (Neuquén).
	DIAMANTIANO	Sedimentos continentales: conglomerados y areniscas grises, con predominio de arcillas varicolores y con yeso.	Minerales negros y amarillos, asociados con cobre y asfalto, en Malargüe. Minerales amarillos, asociados con cobre, vanadio y material carbonoso en Los Chihuidos.
	ANDICO	Sedimentos marinos: areniscas, lutitas, margas bituminosas y calcáreas, con yeso y sal.	
	TORDILLENSE	Sedimentos marinos o transicionales: areniscas (a veces tobíferas) margas, calcáreas y conglomerados y areniscas con restos carbonosos.	Minerales negros y amarillos, en tobas arenosas, asociados con cobre y materia carbonosa vegetal, en Rahue-Co.
	CHACAYANO	Sedimentos marinos: areniscas lutitas y calcáreas, con grandes acumulaciones de anhidrita y yeso.	
CRETACEO	LORENIANO	Sedimentos de ambiente mixto (areniscas, conglomerados y arcillas) en el borde de la cuenca y marinos (lutitas negras), en el centro.	Minerales amarillos, asociados con cobre y material asfáltico, en conglomerados de la Baida Negra (Pto. Dña. Juana, Pto. Muñoz, etc.)
	CUYANO	Sedimentos predominantemente marinos.	
	BATONENSE BAYOCENSE LIASICO		

CRETACEO, PALEOCENO y/o ANTECAMBRICO.

ma son:

Distrito 10: MALARGUE

La mayor parte de los depósitos uraníferos se distribuyen en una zona de 150 km<sup>2</sup>, comprendida entre arroyo Agua Botada-Pampa Amarilla y el codo del Río Grande.-

Otro grupo de depósitos se ubica a unos 100 km al sur de Malargüe, en los anticlinales de Ranquil-Co y Los Petisos.-

En Agua Botada-Pampa Amarilla, la columna estratigráfica se inicia con las vulcanitas triásicas del Choiyolitense y los depósitos continentales mesotriásicos de Llantenes, a los que suceden la potente serie sedimentaria mesozoica (detallada en el cuadro Nº 3), que termina con el complejo Diamantino, ya de régimen continental.-

La tectónica dominante se relaciona con el diastrofismo andino y consiste en plegamientos suaves, de gran radio y rumbo meridional, perturbados por fuertes fracturaciones inversas subparalelas a los pliegues, además de fallas secundarias de ajuste.-

Todos los depósitos cupro-uraníferos se alojan en niveles del Diamantino, formación que tiene un espesor medio de 900 m, en los que se reconoce una serie inferior (500 m) de carácter torrencial y predominio de conglomerados; una media (200 m) con intercalaciones de areniscas y arcillas amarillentas y rojizas y otra superior (200 m), compuesta de areniscas y areniscas conglomerádicas bayas.-

Las mineralizaciones se distribuyen en el flanco occidental y cierre austral del anticlinal de Pampa Amarilla, ocupando distintos niveles estratigráficos, en relación con bancos de areniscas y de areniscas conglomerádicas, como puede apreciarse en el cuadro siguiente:

Yacimiento o manifestaciones radioactivas	Número de niveles mineralizados	Intervalo entre nivel mineralizado y base del Diamantiano
Arroyo de los Leones	7	650 m
Pampa Amarilla	3	500
Cerro Mirano	2	500
Kilómetro 373	1	470
Puesto Vivanco	1	470
Las Vegas	3	360
Puesto Moya	3	230
Cerro Mollar	1	180
Agua de la Bombilla	1	180
Cerro Huemul	1	180
Agua Botada	5	160
Arroyo Seco	2	160
Casa de Piedra	1	120

De los depósitos anotados, los más importantes corresponden a los de "Huemul", "Agua Botada" y "Arroyo Seco", en los que actualmente se cumplen trabajos de exploración, desarrollo y explotación.-

El primero consiste en un cuerpo mineralizado principal que se aloja en un banco de arenas arcóscicas, en parte francamente conglomerádicas, de definida deposición torrencial y abundantes impregnaciones asfálticas, limitado en su base por arcillas y silts rojizos. Su buzamiento medio es de 35° W. Filones y filones capas de andesitas hornblendíferas del Mollelitense aparecen con profusión en las cercanías y en el contacto del cuerpo.-

Sus dimensiones, determinadas en base a labores mineros y a numerosas perforaciones, varían entre 60 y 110 m según el rumbo de las capas, y alcanza, en la profundidad actual de las labores, un desarrollo según el buzamiento de 270 m. El espesor promedio es de 0,70 m y sus leyes medias son de 3,7 o/oo U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>; 28 o/oo Cu y 3 o/oo V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.-

En superficie y en los niveles superiores se encontraron vanadatos de uranio: carnotita, tyuyamunita y sengierita, junto con uranofano, cuprosklodowskita, fosfuranilita, metaautunita, malaquita, azurita, crisocola, calcantita, brocantita y óxidos de hierro. En los inferiores, el mineral principal de uranio es pechblenda, el que aparece asociado a material asfáltico y a calcopirita, bornita, calcosina, cobelina, pirita y en menor proporción blenda, galena y pirrotina.-

El depósito "Agua Botada" se sitúa 2 km al sur de "Huemul" y en el mismo se localizaron 5 bancos con impregnaciones cupro-uraníferas. La mineralización se aloja en areniscas gruesas, hasta conglomerádicas, con cemento calcáreo de irregular distribución y variable impregnación asfáltica. Estos bancos quedan delimitados, en todos los casos, tanto en sus techos como bases, por capas limo-arcillosas, generalmente rojizas. La perturbación estructural, producida por fallas o intrusiones andesíticas es algo mayor que en "Huemul".-

Las dimensiones actuales de los cuerpos reconocidos mediante laboreos mineros y perforaciones son las siguientes:

Banco	Largo (N-S)	Ancho (E-W)	Espesor
1 (Superior)	95 m	40 m	0.30 a 0.60 m
2	10 m	4 m	0.50 m
3	60 m	5 m	0.33 m
4	510 m	85 m	0.35 a 0.50 m
5 (inferior)	100 m	60 m	0.15 a 0.50 m

La mineralización es semejante a la que se presenta en "Huemul" y lo mismo ocurre con los tenores en  $U_3O_8$  y  $V_2O_5$ . En cambio la ley en Cu es más baja (ligera-mente superior a 1%).-

Concurren fundamentalmente al control de la mineralización en ambos yacimientos ("Huemul" y "Agua Botada"): a) el factor litológico (porosidad, permeabilidad y granulometría), coincidiendo las condiciones más favorables con ciertos sectores lenticulares dentro de los bancos psamíticos gruesos y rudíticos, donde aparecen areniscas de grano fino o medio (a veces con rodados), b) el contenido reducido de  $CO_3Ca$  como matrix de la roca y c) el contenido en asfalto.-

El agente precipitante del ion uranilo puede haber sido el material asfáltico y/o gas natural, que favorecieron los fenómenos de adsorción y reducción.-

El otro grupo de manifestaciones cupro-uraníferas del sur de Mendoza se localiza en los anticlinales de Ranquil-Co y Los Petisos. En el primero se constató la presencia de 4 bancos arenosos, con corridas de hasta 150 m y espesores de 0,50 a 1,00 m, con mineralización pobre, (0.30 a 0.70 o/oo  $U_3O_8$ ) y en el segundo existen 2 bancos, con un desarrollo de 40 m, espesor promedio de 1.90 m y leyes de 0.50-0.60 o/oo  $U_3O_8$ .-

No se conocen datos de profundidad, pues hasta el presente sólo se realizaron pequeñas labores superficiales.-

La mineralización de "Huemul" y "Agua Botada", como así también la de los otros depósitos del distrito, es nétamente epigenética. Desde un principio se admitió su carácter hidrotermal póstumo (Angelelli, Stipanicic), de baja temperatura, vinculado verosímilmente al ciclo andesítico Chilelítico (Stipanicic) o bien al Mollelítico (Parera), aunque no debe olvidarse que los productos de este último afectan a los cuerpos mineralizados. Sin embargo, el mayor aporte de datos, derivados de los trabajos de desarrollo minero a mayor profundidad, el descubrimiento de nuevas manifestaciones en todo el distrito y las actuales concepciones que rigen para yacimientos similares, hacen ver también la posibilidad de considerar a los mismos como producidos por la fijación y/o precipitación del uranio en los sedimentos diamantianos, a partir de aguas circulantes que lo extrajeron por lixiviación de otras rocas, pudiendo haber recibido las mismas también un aporte hidrotermal.-

Debe citarse finalmente que en todo este distrito hay extensas formaciones tobíferas cuartarias (ignimbritas), de potencia variable (generalmente entre 5 y 20 metros), las que poseen un tenor en uranio muy alto (40-50 g/t  $U_3O_8$ ).-

#### Distrito 11: CHOS MALAL

En la región noroccidental de Neuquén aflora una larga faja meridional de sedimentos del Tordillense que se extiende desde la sierra de la Vaca Muerta hasta el norte de Chos Malal.-

En dicha formación, constituida principalmente por areniscas y ruditas verdosas o rojizas (con alternancia en distintos niveles de camadas lutíticas o arenitas tobíferas), que presentan a veces alto contenido de material carbonoso (diseminado o en troncos), se localizaron en varios puntos depósitos uraníferos y cupro-uraníferos. Los principales se agrupan en el área de Rahueco, a 20 km al WSW de Chos Malal, pero también son conocidos otros de menor importancia al pie del cerro Caicayen y en las cercanías del cerro Butalón, al sur de Chacay Melehue.-

En Rahueco, los sedimentos del Tordillense forman el cierre austral y el flanco suroriental de un gran anticlinal, en cuyo núcleo desmantelado afloran calcáreos fétidos del Auquilcoense, lutitas negras del

Loteniano<sup>(1)</sup>, afectadas por fallas y fracturaciones de diversa importancia y el cuerpo intrusivo mesosilícico mollelitense del cerro Caicayen.-

En este sector, los cuerpos mineralizados, de dimensiones variables (frentes de 5 a 25 m y potencias de 0.20 a 0.80 m), se alojan en varios niveles tobífero-arenosos, situados en el techo del tercio inferior del Tordillense, donde predominan las tonalidades claras, grises o azuladas, en oposición al resto de la sección aflorante, de coloración rojiza.-

Los minerales de uranio, asociados con los de cobre, se relacionan íntimamente con la composición litológica, distinguiéndose dos tipos de ocurrencia en relación con la materia orgánica presente: a) en superficies de estratificación, en bancos lenticulares bien definidos y en correspondencia con la materia carbonosa finamente disseminada ("carbón trash") y b) en troncos y vetas carbonizadas de variado tamaño, con sus correspondientes aureolas de impregnación.-

Los minerales de uranio son: uraninita, uranofano, metatorbernita y carnotita, a los que se asocian bornita, calcosina, covelina, calcopirita, malaquita, azurita, baritina y óxidos de hierro.-

Se atribuye el génesis de estos depósitos uraníferos a la circulación de soluciones, que habrían lixiviado dicho elemento de las tobas y andesitas del Mollelitense<sup>(2)</sup>, depositándolo luego en presencia de materia carbonosa o  $\text{SH}_2$ , los que han actuado como agentes reductores del  $\text{U}^6$  que se hallaba en solución, provocando  $\text{U}^{4+}$  y paralelamente la decoloración de la roca huésped.-

(1) En el sur de la provincia de Neuquén, desde cerro Lotena hasta Charahuilla, aflora una ancha faja de sedimentos del Loteniano constituida por arcillas, areniscas y conglomerados polimixtos. Entre cerro Lotena y el arroyo Picun Leufú, en paquetes rudíticos que albergan troncos silicificados y abundantes impregnaciones de bitúmen y oxidaciones de hierro, se señalan frecuentes mineralizaciones discontinuas de cobre, con registros radiactivos de 2 a 4 veces el "background". En Puesto Muñoz, al sur de Barda Negra, un nivel conglomerádico, con fuerte impregnación asfáltica, presenta intermitente y a lo largo de 1 km, mineralizaciones cupro-uraníferas, con tenores que alcanzan hasta 1,10 o/oo de  $\text{U}_3\text{O}_8$  sobre muestras aisladas.-

(2) Las andesitas mollelitenas del cerro Caicayen tienen de 20 a 60 ppm de  $\text{U}_3\text{O}_8$ , es decir un contenido muy superior al normal (Latorre).-

El principal yacimiento de dicho sector es "La Primera", del que se extranjeraron en los trabajos previos de reconocimiento, 140 t de mineral con leyes medias de 3,5 o/oo  $U_3O_8$  y 50 o/oo Cu. Le siguen en importancia: "La Segunda", "Cajón de Tierras Azules" y "La Clementina".-

#### Distrito 12: LOS CHIHUIDOS

Numerosas ocurrencias de minerales de uranio se localizaron en sedimentos del Diamantiano en la región centro-boreal de Neuquén, en el sector del valle del río homónimo, conocido como "Los Chihuidos".-

Los depósitos fluviátiles del Diamantiano alcanzan un espesor aproximado de 800 m y se dividen por su litología en 3 miembros, de los cuales afloran en Los Chihuidos los dos inferiores. El Diamantiano inferior está constituido por sedimentos finos: areniscas, limolitas y lutitas pardas, pardo-rojizas o gris amarillentas, con estratificación fina e intercalaciones de banquitos de yeso en diferentes niveles. El Diamantiano medio se destaca por sus gruesos bancos de areniscas entrecruzadas, de tonos claros, pardo rojizos, grises o blanquecinos, con las que alternan lentes o camadas arcillosas. El miembro superior fué erosionado en su mayor parte. Los movimientos del Cretácico superior y del Terciario originaron amplios anticlinales y sinclinales, de rumbo NNW-SSE, de hasta 20 km de largo y 8 a 10 km de ancho. Los primeros han sido desmantelados en sus culminaciones por la erosión.-

Las manifestaciones uraníferas de Chihuido del Medio se distribuyen en cuatro horizontes principales, dentro de bancos areno-arcósicos algo calcáreos, con estratificación entrecruzada y moderado contenido de materia carbonosa vegetal, finamente dividida, con restos de frondas. Los sectores mineralizados se corresponden con zonas decoloradas, grises o amarillo blanquecinas.-

La mineralización muestra un típico control litosedimentológico, en relación con: a) las características físicas de los bancos arenosos (granulometría, porosidad, permeabilidad, etc); b) las lentes de entrecruzamiento de los mismos, en cuyas capitas basales se concentra el mineral de uranio; c) la presencia de restos carbonizados; d) la presencia de mineral de hierro y e) el contenido arcilloso (lentes de arcillas o "clay balls").-

Estas lentes con mineralización pueden aparecer aisladas o bien concatenadas entre sí, en gran número, con dimensiones medias que oscilan entre 2 y 4 metros (ocasionalmente hasta 10) y con espesores que fluctúan

entre 0.10 y 0.30 m.-

La mineralización de uranio consiste principalmente en carnotita, a la que se asocian minerales carbonatados de cobre, volborthita, hematita, jarosita y materia carbonosa.-

El origen de estos depósitos puede atribuirse a la fijación del uranio por parte de la materia orgánica carbonosa y del ión ferroso contenido en los sedimentos, a partir de soluciones acuosas que se infiere lo extrajeron por lixiviación de otras rocas (granito del este, intrusivas y extrusivas ácidas y mesosilícicas del oeste, tobas ácidas, etc) de variada edad.-

Las leyes medias registradas oscilan entre 0,60 y 25 o/oo  $U_3O_8$  (media alrededor de 2 o/oo  $U_3O_8$ ), 40 o/oo Cu y alrededor de 30 o/oo  $V_2O_5$ .-

Los principales yacimientos del área son: "Palo Quemado" y "María Teresa", a los que siguen, en orden de importancia: "Ramblón de la Vidriera", "Mariquena", "Cerro de la Arena", "Cerro Mesa", "Puntilla de los Guanacos" y "Sarita".-

### Distrito 13: PLATEAU DE HUINCUL - CORTADERAS

En la zona extraandina de Neuquén y su prolongación en el sudeste de Mendoza, tienen amplia distribución regional los sedimentos continentales del Neuqueniano, conocidos también como Estratos con Dinosaurios. Esta formación, con más de 1.000 m de espesor, está constituida por una alternancia, varias veces repetida, de areniscas y arcillas, a las que se agregan en distintos niveles gruesas camadas de conglomerados. Desde el momento de su deposición, mantienen en general una suave pendiente regional hacia el Este y sólo acusan movimientos de poca magnitud, que se traducen en levísimos plegamientos.-

Por sus condiciones sedimentológicas, variaciones faciales, eventual contenido en materia carbonosa vegetal y vinculación con estructuras portadoras de hidrocarburos, es un complejo que ofrece muy buenas características litológicas y estructurales como para albergar acumulaciones de minerales uraníferos.-

Sólo se exploró el Neuqueniano en el área del Plateau de Huincul mediante prospección terrestre y aérea preliminar. Entre las numerosas ocurrencias de mineral nuclear localizadas, todas ellas sin valor económico (cuerpos pequeños con leyes que fluctúan entre 0,5-0,8 o/oo de  $U_3O_8$ , pueden mencionarse las siguientes:

Miembros	Nombre o Localidad	Sedimento huésped	Materia orgánica asociada	Paragénesis con
Cerro Lisandro	Barda Gonzalez	Areniscas	asfalto	Cobre y Hierro
Huincul	Cortaderas	Areniscas	material carbonoso y troncos.	Cobre y Vanadio
Huincul	Agua Escondida	Areniscas	material carbonoso y troncos.	Cobre
Huincul	Paso de Indios	Areniscas	material carbonoso con troncos y asfalto.	Cobre
Candeleros	Paso Aguerre	Areniscas y Conglomerados.	troncos carbonizados parcialmente silicificados.	Cobre
Candeleros	La Puerta de Calle	Conglomerados	troncos carbonizados, parcialmente silicificados.	Cobre

#### V- AMBIENTE DE PATAGONIA

Se delimita en líneas generales por los presentes afloramientos extremos del Chubutiano, es decir que este ambiente sobrepasa, en partes, la clásica configuración fijada con carácter petrolero, para la cuenca del Golfo de San Jorge. En tal sentido, sus formaciones transgreden, a veces extensamente, el ámbito del área positiva del Deseado y la del macizo de Gastre.-

De especial interés resultan los complejos sedimentarios del Matildense, Chubutense y Salamanquense-Riochiquense, cuyas características litológicas y relaciones estructurales con las demás unidades geológicas se sintetizan en el Cuadro N° 4.-

CUADRO ESTRATIGRAFICO SINTETICO DEL AMBIENTE DE PATAGONIA Y POSICION DE LOS DEPOSITOS URANIFEROS

E D A D E S		NOMENCLATURA REGIONAL	LITOLOGIA Y FACIES	MANIFESTACIONES DE URANIO
CUARTARIO		VARIAS FORMACIONES	Depósitos continentales. Niveles de pie de monte. Vulcanismo básico intenso.	Minerales amarillos, en sedimentos de cuencas sin dosague, en Sierra Cuadrada (Chubut).
	C O M P L E T O	RIONEGRENSE	Sedimentos continentales.	
		SANTACRUCENSE COLLONCURENSE	Sedimentos continentales; areniscas blanquecinas y tobas arenosas friables.	Minerales amarillos asociados con lignitos, en Valle de las Pinturas (Santa Cruz).
		PATAGONIANO	Sedimentos marinos (areniscas y calcáreos organógenos) y continentales (areniscas arcillas y tobas con niveles carbonosos) en el extremo NW.	
	E O C E N O	SARMIENTENSE	Tobas blancas	
		RIOCHIQUENSE	Sedimentos continentales: areniscas y arcillas rosadas, con niveles asfálticos y plantíferos.	Minerales amarillos en areniscas, asociados con restos vegetales carbonizados en Pto. Visser y con asfalto en Cañadón Krueger (Chubut).
	P A L E O C E N O	SALAMANQUENSE-ROCA	Sedimentos marinos: areniscas, arcillas y limos calcáreos con lumachellas, de colores claros.	Minerales amarillos, asociados con asfalto, en Cañadón Gato (Chubut).
		CHUBUTIANO	Sedimentos continentales: conglomerados, areniscas y arcillas varicolores con frecuentes variaciones faciales, coronados por "Tobas amarillas".	Minerales amarillos asociados con restos fósiles vegetales y animales, en Chubut y Santa Cruz. Impregnaciones de baja ley en "Tobas amarillas" de Chubut
		ANDICO	Sin afloramientos	
	C R E T A C I O	Med. Inferior		
Superior		MATILDENSE	Tobas, areniscas y lutitas amarillentas y pardas oscuras.	Minerales amarillos, en lutitas asfálticas en Cañadón Sausal y Arroyo Chico (Chubut).
Medio		CHON-AIKENSE	Pórfiros y porfiritas rojas y verdes con sus tobas asociadas. Areniscas	
J U R A S I O	Inferior	RIO GENOA - LANGUINEO - SERIE DE ROCA BLANCA, etc.		
				Cuadro No 4

Como resultado de la prospección realizada hasta el momento, se reconocieron en este ambiente 5 distritos uraníferos, (además de otras manifestaciones menores), en relación con distintos niveles estratigráficos, que en primera instancia, parecen ser los de mayor interés.-

#### Distrito 14: PASO DE INDIOS - ARROYO PERDIDO

Se extiende desde el valle del Río Chubut medio (Paso de Indios) hacia el noreste (Arroyo Perdido).-

Aparte de algunas anomalías menores que se registraron dentro del ambiente porfirico-porfirítico del Chon-Aikense, las manifestaciones de mayor interés se localizan en sedimentos del Matildense.-

En "Cañadón Sauzal", esta formación comprende lutitas amarillas y pardas, con intercalaciones de capas de diabasas e inclina 20-25° SW. A estas sedimentitas del Matildense suceden, mediante relación de discordancia angular, los conglomerados, areniscas y arcillas del Chubutense.-

Pocos metros por debajo de dicha superficie de discordancia se localizan dos bancos lutíticos mineralizados, de hasta 1 m de potencia cada uno, separados entre sí por un sector estéril de 10 m. La mineralización aparece en forma discontinua en unos 500 m de extensión y los cuerpos mineralizados mayores alcanzan desarrollos de hasta 50 m.-

La mineralización, constituida por "minerales amarillos" (sklodowskita), se aloja preferentemente y bajo la forma de pátinas, en las superficies de diaclasas y agrietamientos. Las leyes registradas varían en superficie entre 0,2 y 2,5 o/oo U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, pero decrecen en profundidad.-

Los trabajos preliminares efectuados hasta el momento no permiten definir el potencial y valor del distrito, ni anticipar información sobre su génesis, aunque algunos elementos de juicio hacen ver la posibilidad de que se trate de depósitos producidos a partir de la lixiviación del uranio de otras rocas sedimentarias y su posterior redeposición en las grietas y diaclasas del Matildense.-

Recientemente, y mediante trabajos de prospección aérea, se localizó una nueva zona de interés, en Las Ruinas (Arroyo Perdido), también en relación con los sedimentos del Matildense. En la misma, las capas

subhorizontales de este complejo incluyen una manifestación uranífera en una superficie de 800 x 100 metros, en la que aparecen "minerales amarillos" a la vista. Este descubrimiento, que data del mes de noviembre, confiere al distrito un nuevo interés y señala al Matildense como una de las formaciones portadoras favorables dentro del ambiente de Patagonia.-

#### Distrito 15: SIERRA CUADRADA

Constituye el distrito de mayor interés de la Patagonia conocido hasta el presente, pero esta situación puede variar en cualquier momento, ya que la superficie prospectada hasta ahora en ese ambiente es reducida.-

El distrito se ubica a unos 200 km al noroeste de Comodoro Rivadavia y en el mismo afloran, en los núcleos erodados de los anticlinales, los productos porfíricos y porfiríticos del Chon-Aikense, que sopor tan al Chubutiano (Series de Castillo y Barreal), formación a la que suceden el Salamanquense (marino), el Sarmientense (continental) y los basaltos eocuartarios.-

El depósito uranífero más importante es el de "Sierra Cuadrada", que se ubica en el flanco de un anticlinal, dentro de sedimentos de la Serie de Barreal, los que regionalmente buzan de 2º a 4º SW.-

Existen dos cuerpos principales, y en el primero de ellos la mineralización aparece en relación con un banco de 5 a 6 m de espesor, de estratificación entrecruzada torrencial, que lleva además de rodados de pórfiros y fragmentos de tobas verdes de la Serie de Castillo, gran cantidad de troncos fósiles, casi siempre bien silicificados. Los "minerales amarillos" de uranio se vinculan íntimamente a estos restos de vegetales fósiles, a los que recubren en superficie y penetran en sus fracturas, aún en las más finas, formando además aureolas alrededor de los mismos dentro de la masa rudítica, con impregnaciones de hasta 2 m de radio. La continuidad de la mineralización en los sedimentos, queda así supeditada en gran parte a la densidad de troncos fósiles presentes en el mismo.-

Hasta el presente, se investigó mediante trincheras y algunas perforaciones un área reducida, con un frente aflorante de 100 m de longitud, demostrándose que la mineralización es un tanto irregular en cuanto a la posición y densidad de los sectores con impregnaciones se refiere, así también como por sus leyes, que varían entre 0,2 y 8,3 o/oo U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.-

El segundo cuerpo se aloja en un banco arcilloso contiguo al anterior (con lentes de areniscas finas), donde la mineralización aparece finamente diseminada en los planos de sedimentación y fragmentación. Su corrida es de 70 m, el espesor promedio superior a 1 m y las leyes oscilan entre 0,2 y 1,0 o/oo  $U_3O_8$ .-

Los minerales presentes son: carnotita, schroeckingerita y autunita.-

El yacimiento de Sierra Cuadrada presenta en cuanto a génesis se refiere uno de los más típicos casos de lixiviación de minerales de uranio por aguas circulantes, a partir de un contenido singenético anormalmente elevado en el miembro "Tobas Amarillas" del Chubutiano y su posterior redeposición en sedimentos portantes favorables (Serie de Barreal), en presencia de materia carbonosa vegetal, la que actuó como reductora y fijadora del ión uranilo.-

El nivel conglomerádico de interés se extiende a lo largo de más de 80 km, en una superficie de varios miles de  $km^2$  y es portador de otras manifestaciones uraníferas de variada importancia, cuyo verdadero valor se determinará próximamente con trabajos geológico-mineros.-

Debe destacarse que los primeros indicios de mineralización del distrito -que sirvieron para orientar la prospección posterior- se encontraron, bajo la forma de redepósitos, en una pequeña cuenca cerrada actual, a la que afluyen las aguas pluviales procedentes de Sierra Cuadrada, que extrajeron los "minerales amarillos" contenidos en el Chubutiano, los transportaron y acumularon en aquella.-

#### Distrito 16: RIO CHICO

A ambos lados del valle del Río Chico, se desarrolla un ambiente geológico de interés uranífero, en el que participan esencialmente sedimentos del Salamancaquense y del Ríochiquense, los que son atravesados y coronados por diques y mantos de basaltos ecuartarios.-

Dentro de dicho ámbito se localizaron varias manifestaciones radiactivas, de las cuales sólo dos revisten interés hasta el presente ("Cañadón Gato" y "Cañadón Krueger"), distan entre sí 8 km y muestran aparente vinculación con una fractura regional común.-

La disponibilidad de datos de una sola de ellas (Gato), la información muy parcial recogida del otro (Krueger) y el tipo muy especial de mineralización

que se presenta en las mismas, hace difícil opinar sobre la clasificación y génesis de estos yacimientos, los que participan tanto de las características de aquellas de control sedimentario, como así también de los de tipo tectónico. Por las razones anotadas y la estrecha vinculación estructural que guardan los dos depósitos, se los describe en forma conjunta.-

En líneas generales, puede anotarse que en el área del distrito, la mineralización uranífera se relaciona íntimamente con dos factores:

- a) presencia de grietas tensionales o zonas de dislocación, a las que a veces se relacionan diatremas.
- b) características litológicas de los bancos sedimentarios interesados por las mismas, principalmente en lo que se refiere a la presencia de material asfáltico y arcilloso especial ("clay galls", nódulos, matrix).

Para el caso de "Cañadón Krueger", la mineralización responde al control sedimentario. Los cuerpos uraníferos se localizan exclusivamente en dos bancos de areniscas con características favorables -comprendidos entre paquetes arcillosos estériles- y donde el contenido asfáltico obró a manera de material adsorbente y reductor. Los sectores más ricos aparecen en las cercanías de las fracturas, cuyo relleno predominantemente arcilloso y/o bentonítico se comportó como una verdadera trampa estructural al pasaje de las soluciones. Como en algunos ejemplos clásicos del Plateau del Colorado (U.S.A.), las aguas superiores extrajeron el uranio por lixiviación a partir de las abundantes tobas de algunos niveles del ambiente circundante, los que poseen un "background" radiactivo muy elevado.-

Los cuerpos reconocidos alcanzan pequeñas dimensiones (algunas decenas de metros de longitud), espesores que oscilan entre 0,50 y 2 m y anchos variables (a partir de las grietas), que ocasionalmente llegan a 6 u 8 m. Las leyes oscilan entre 0,3 y 1,1 o/oo  $U_3O_8$ , aunque algunas muestras de areniscas asfáltíferas alcanzaron hasta 3 o/oo  $U_3O_8$ . El mineral presente es metatorbernita.-

En "Cañadón Gato", la mineralización se relaciona con una diatrema y/o dique clástico, la que presenta ensanchamientos (bulbos), que incluyen fragmentos de basalto.-

El mineral dominante es la metaau-

tunita y en menor proporción torbernita, los que aparecen como pátinas amarillentas, muy fluorescentes a la luz ultravioleta, en las superficies de fracturas y de diaclasmiento de las arcillas.-

En los bulbos, los minerales ocurren en general en relación con las partes arcilloso-bentoníticas de los mismos, donde también ha quedado incluido material asfáltico. En el sector lineal de la diatrema, el mineral se concentra especialmente en una franja de 0.30-0.40 m. de potencia, en contacto con la pared austral de la grieta y mostrando una aparente relación con las abundantes venillas y guías de yeso. En el sector restante del relleno (0.50 a 1.00 m de espesor), la metaautunita se disemina finamente como pequeños puntos amarillos, dentro de las arcillas o en cuerpos extraños de areniscas incluidos en la misma.-

Fuera del área de la grieta, y hasta una distancia variable que puede sobrepasar los 10 m, los fosfatos de uranio aparecen distribuidos en un banco arenoso del Salamanquense, en relación con intercalaciones de arcillas bentoníticas gris claras, con presencia de "clay galls" y muy en especial con la de nódulos ovoides, de la misma composición, que alcanzan diámetros de hasta 0.80 m.-

El desarrollo total del cuerpo es de unos 340 m, y la ley media del sector de interés económico, de 1,40 o/oo U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.-

Los controles de la mineralización, la exclusiva presencia de fosfatos de uranio tanto en los sedimentos como en la grieta, la disminución y desaparición de aquella en profundidad en el sector de la diatrema, su vinculación tectónica (fractura común), junto a otros argumentos, hacen suponer a los autores que el origen del yacimiento "Cañadón Gato" es semejante al de "Cañadón Krueger".-

A estar con Olsen, también es posible que la participación de gases volcánicos haya intervenido en el génesis de este yacimiento y en la distribución de la mineralización.-

#### Distrito 17: VALLE DE LAS PINTURAS

Se ubica en el ángulo noroccidental de la provincia de Santa Cruz y comprende solo un sector de los afloramientos de las formaciones terciarias de ese ambiente patagónico, las que se apoyan sobre mantos de pórfiros y sus correspondientes tobas, muy plegadas y fracturadas, que se refieren al Chon-Aikense. Completan el cuadro geológico coladas y diques basálticos terciarios y cuaternarios.-

Los sedimentos terciarios comprenden esencialmente al Santacrucesense (Mioceno) y tal vez también términos del Eoterciario. Se componen de tobas arenosas, con intercalaciones de arcillas y de areniscas friables, a veces impregnadas con asfalto, siendo frecuentes los niveles y mantos de lignitos.-

En Casa de Piedra, al oeste de la Ruta 40, un paquete de areniscas friables, de grano fino, asfaltíferas, lleva impregnaciones de "minerales amarillos", con leyes de hasta 0,9 o/oo  $U_3O_8$ , constituyendo cuerpos de dimensiones reducidas.-

En la misma zona y en igual posición estratigráfica, aparece un manto de lignito, de 0,60 m de espesor y corrida visible de 40 m, levemente impregnado con minerales radiactivos (0,1 o/oo  $U_3O_8$ ).-

Los datos de este distrito corresponden a los obtenidos en un reconocimiento preliminar, que se cumplió en el verano de 1958 (Etchart).-

#### Distrito 18: LAGUNA SIRVEN

Comprende el área de afloramientos del Chubutiano que aparece al sur del Río Deseado, y en la cual participan además el Chon-Aikense, Matildense, Salamanquense, Riochiquense, Patagoniense y los basaltos (filones y mantos) eocuartarios.-

La primera manifestación conocida del distrito (Laguna Sirven), se localizó en sedimentos de la Serie de Barreal, que ocupan el ala occidental de un anticlinal de rumbo NW-SE. Dichos sedimentos se componen de arcillas rojas, algo tobíferas, que alternan con potentes bancos de areniscas de grano mediano a grueso, hasta conglomerádico. Las psamitas basales muestran impregnaciones de petróleo y de "minerales amarillos" de uranio (carnotita y metaautunita), con leyes de 1,5 a 1,9 o/oo  $U_3O_8$ , siempre en cuerpos de reducidas dimensiones.-

Este distrito, potencialmente de interés uranífero dadas sus condiciones geológicas muy favorables, es aún prácticamente desconocido, pues sólo se realizaron en el mismo algunos vuelos y reconocimientos preliminares.-

Tal como acontece en Sierra Cuadrada, los depósitos de Laguna Sirven, se ubican típicamente entre los producidos por aguas superiores, que lixiviaron el uranio de otras formaciones ("Tobas Amarillas" del Chubutiano y/o sedimentos tobíferos terciarios), depositándolo en sedimentos con condiciones favorables y en este caso en relación con el contenido de materia orgánica (petróleo y/o asfalto y huesos fósiles).-



## CONCEPTOS SOBRE GENESIS Y CONTROL DE LA MINERALIZACION

Son bien conocidas las dificultades que presentan los ensayos de clasificación de los yacimientos uraníferos alojados en rocas sedimentarias o que admiten un control por tales elementos litológicos, máxime si se pretende que la misma revista un carácter genético.-

El extraordinario desarrollo de la geología del uranio en el mundo a partir de 1945 y el descubrimiento en la última década de numerosos yacimientos de éste tipo en varios países, permitieron acopiar un cúmulo de información sobre el tema, la que si bien en algunos casos sirvió para afianzar ciertos conceptos o hipótesis existentes, en otros, mostró argumentos irrefutables en contra de ellos.-

La importancia del tema que atañe al génesis de estos depósitos y al control de su mineralización se evidencia por el simple hecho de que alrededor del 90% de las actuales reservas en el mundo, que presentan interés económico, pertenecen a yacimientos en sedimentos.-

No corresponde al espíritu del presente trabajo entrar en detalles sobre el tema en cuestión y menos aún señalar o discutir los elementos de juicio que apoyan o invalidan a las principales teorías emitidas al respecto en los últimos años, y sólo debe señalarse que las concepciones hidrotermalistas de un primer momento perdieron terreno en forma paulatina y continua, para dejar paso a las teorías que relacionan a estos yacimientos uraníferos con la circulación de aguas superiores (subterráneas y/o superficiales), admitiendo que ellas extrajeron el uranio por solución a partir de otras rocas que lo poseían originariamente -casi siempre en concentraciones de muy bajo tenor y con carácter singenético-, para luego precipitarlo en sedimentitas de condiciones favorables, engendrando así yacimientos de interés económico. Las principales ideas al respecto -desarrolladas especialmente en los últimos cinco años-, evolucionaron desde su aparición y el lector interesado en el tema, puede consultar las síntesis actualizadas de NININGER et al, KATAYAMA, NOBLE, etc.-

Las teorías, argumentos y datos modernos, permiten explicar una buena parte de los ejemplos sobre control de la mineralización y génesis de los yacimientos uraníferos en rocas sedimentarias, pero lamentablemente quedan aún varios casos de difícil interpretación. Las recientes contribuciones de NININGER et al, de PAGE y en especial la nueva concepción de NOBLE, abren sin duda un nuevo camino a la solución del problema.-

En base a lo expuesto por numerosos autores y a la experiencia recogida en nuestro país, pueden puntualizarse una serie de factores o teorías principales, que sirven de apoyo para el ensayo de una clasificación de los yacimientos uraníferos en sedimentos. Los mis-

mos serían:

- I. a) En la casi totalidad de los depósitos, prácticamente no hay ninguna evidencia concreta de un aporte mineralizante directo a partir de soluciones hidrotermales, ni tampoco se encontró hasta el presente ninguna fractura que indudablemente demuestre haber servido de camino -hasta la roca huésped-, a las posibles soluciones mineralizantes ascendentes (KATAYAMA, 1960).-
- b) Las últimas investigaciones, basadas en las relaciones isotópicas de varios elementos, y especialmente en las del S, demuestran por un lado que la pirita que acompaña al uranio cristalizó a temperaturas inferiores a 70° C (ADLER, 1958; MILLER and KULP, 1958; FRONDEL and WEEKS, 1958 etc) y que los sulfuros presentes se formaron por acción bacteriológica, siendo perfectamente diferenciables de los de origen hidrotermal (JENSEN 1959; SAKAI and NAGASAWA, 1958, etc).-
- II. a) El uranio de los depósitos en sedimentos fué precipitado o fijado a partir de aguas superiores (superficiales y/o subterráneas), las que lo extrajeron de otras formaciones (mecanismo de "lixiviación-concentración").-
- b) Las fuentes de aporte del uranio pueden estar constituidas por cualquier roca ígnea -especialmente granitos-, que lo llevan diseminado en los intersticios y en cantidades generalmente inferiores a 10 ppm. Sin embargo, la mejor fuente la constituyen ciertas rocas tobíferas, las que en general poseen un tenor en uranio sensiblemente mayor (WATERS and GRANGER, 1953). No hace mucho, GRUNER (1956) demostró también que las rocas de origen no volcánico contienen suficientes concentraciones de uranio como para actuar de fuente de aporte.-
- c) El uranio en todos estos casos es fácilmente extraíble por simple lixiviación, mediante aguas circulantes que actúan sobre o a través de dichas rocas (NININGER et al, 1960). Estas soluciones y en especial las que circulan en ambientes tobáceos, son por lo común carbonatadas o sulfatadas, hecho que favorece enormemente la actividad del ión uranilo  $[(UO_2)^{2+}]$ , al permitir la formación de los iones complejos  $[UO_2(CO_3)_2]^{2-}$ ,  $[UO_2(CO_3)_3]^{4-}$ ,  $[UO_2(SO_4)_2]^{2-}$  y  $[UO_2(SO_4)_3]^{4-}$  (GARRELS, 1955).-
- d) Por otra parte, el ión uranilo no es estable en ambientes reductores y en presencia de H<sub>2</sub>S precipita óxido de uranio negro, el que pronto evoluciona a uraninita (MILLER, 1955). RAFALSKY (1948) demostró además que el ión uranilo no puede coexistir en soluciones junto con el anión sulfuroso.-

e) El mecanismo de la precipitación o fijación del uranio, a partir de las aguas circulantes, para engendrar acumulaciones de interés, puede responder a varias condiciones, las que coexisten o actúan en forma independiente:

- 1) La presencia de compuestos orgánicos (bacterias, carbón, asfalto, hidrocarburos, etc) en la roca huésped, favorece la precipitación del uranio, ya que al producir  $H_2S$  permite la reducción del ión uranilo, bajo la forma de óxido negro.-
- 2) Los procesos de adsorción pueden desempeñar también un papel importante en la fijación del uranio. Los casos más comunes se producen por la acción de los soles húmicos (SZALAY, 1958) y muy en especial por la de ciertas arcillas especiales (SMITH and CHANDLER, 1958; UKAY, en KATAYAMA, 1960; etc). Bajo este mecanismo se puede fijar directamente el ión uranilo, y por ende también los "minerales amarillos".-

En tal sentido, varios yacimientos relacionados con lutitas, esquistos, etc, muestran al uranio íntimamente fijado por materiales arcillosos y deben ser considerados sin genéticos, como los de Olancha (California), Ningyo (Japón), Vosgos (Francia), Calingasta-Rodeo-Jáchal (San Juan), etc.-

- 3) Fallas, fracturas, diques clásticos o ígneos, anteriores a la mineralización, pueden contribuir substancialmente en la distribución de la misma, ya que actúan a veces como barreras respecto a las aguas circulantes portadoras de uranio. Inclusive, en algunos casos, dichas estructuras ofrecen condiciones litológicas favorables para la precipitación o adsorción del uranio, al producir milonitización, incluir arcillas de otros niveles, etc, (Cañadón Gato y Cañadón Krüger).-
- 4) Si bien hay ejemplos típicos que demuestran el rol preponderante que juegan los dos factores antes señalados en la fijación o precipitación del uranio, existen numerosos casos -justamente en relación con las principales acumulaciones del Plateau del Colorado-, en los que se observa que los depósitos se localizan a lo largo de "bandas" o "cinturones", que son zonas elongadas y que en muchos casos muestran pequeña o ninguna relación con las características litológicas, estructurales, etc, del área de interés, pudiendo orientarse en cualquier dirección respecto a los afloramientos, rumbo y buzamiento de los estratos, líneas isopáquicas, etc. Estas circunstancias llevaron a NOBLE (1960) a admitir que la deposición mineral es controlada por las condiciones internas presentes en el fluido mineralizante, el cual se desplaza de acuerdo a su gradiente de presión. Cuando dicho gradiente decrece hasta un punto de

bajo del cual se produce el desequilibrio químico, resulta la precipitación del uranio en cantidades apreciables.-

Justamente las superficies equipotenciales entre las cuales ocurre la mayor precipitación del uranio, determinan los límites de los "cinturones". Como ejemplos típicos se tienen el Uravan Mineral Belt (Colorado), Lisbon Valley Belt (Utah) y Southern San Juan Basin Belt (New México).-

- III. Aún en el caso de soluciones hidrotermales, el uranio que no ha sido precipitado en los típicos depósitos vetiformes, entra casi de inmediato en el sistema de las aguas subterráneas (NININGER 1960; KATAYAMA 1960) y su deposición, fijación o precipitación posterior se produce dentro del ambiente de las mismas, según las leyes que ellas condicionan, pudiendo sobreponerse a éstas, factores favorables que facilitan tal proceso (adsorción, reducción, etc).-
- IV. Ciertos depósitos, especialmente los contenidos en conglomerados antecámbricos, muestran una paragénesis mineral relacionada con condiciones pseudo-hidrotermales. La misma puede explicarse fácilmente por el hecho de que estos yacimientos -en origen posiblemente del tipo común de "lixiviación-concentración"-, sufrieron los efectos de presión y temperaturas semejantes a las del hidrotermalismo, al ser tapados por varios miles de metros de cubierta rocosa. En la casi generalidad de los casos, los minerales de estos depósitos muestran fenómenos de recristalización, no debiéndose descartar que también pudo haber aporte de aguas mineralizantes juveniles.-
- V. Subsecuentemente a la deposición primaria que se señala en II, pueden introducirse en el yacimiento nuevos ambientes oxidantes, los que provocan otra etapa de lixiviación y posterior reprecipitación. Estos hechos hacen cambiar a veces en forma substancial la ubicación y el carácter del depósito primario, y junto con el fenómeno de recristalización (IV), dan lugar a confusiones en la interpretación sobre su origen, control primario de la mineralización, edades absolutas que se determinaron para el mismo, etc. Bajo tales circunstancias, sólo deben considerarse como válidas las edades mayores (KATAYAMA 1960; NOBLE 1960).-
- VI. Las oscilaciones del "water table" pueden provocar efectos similares. Una gradual subsidencia tiende a producir un enriquecimiento justo por debajo la misma. Viceversa, una elevación gradual y continua causa un empobrecimiento del depósito, siempre que no se produzcan estabilizaciones que permitan enriquecimientos secundarios.-
- VII.a) Existe una aparente relación entre las concentraciones uraníferas y el clima árido o semiárido que reinó en el momento de la deposición de los sedimentos huéspedes de la mineralización (MANGER 1958; KATAYAMA 1960).-

- b) El "background" uranífero normal en aguas subterráneas es sensiblemente mayor en regiones semiáridas que en las costaneras, variando entre 2,1 y 0,2 mg/t, respectivamente, como valores medios (SCOTT and BAKER 1958). En las cuencas cerradas de climas áridos, dicho "background" es tan alto que las concentraciones en uranio de las aguas subterráneas alcanzan a las que se registran en las que circulan en ambientes de yacimientos uraníferos (GERMANOV et al, 1958).-

ENSAYO DE CLASIFICACION GENETICA DE LOS  
PRINCIPALES YACIMIENTOS ARGENTINOS

I. SINGENETICOS

A.- TIPICOS

1.- Distritos: Norte de Jáchal-Rodeo-Calingasta.

B.- CON REDISTRIBUCION DE LA MINERALIZACION

2.- Distrito Cosquín (IIa ?)

3.- Distrito Tinogasta

II. EPIGENETICOS

A.- DE LIXIVIACION-CONCENTRACION

1.- Distrito El Cucho

2.- Providencia

3.- Don Bosco

4.- La Despedida

5.- M.M.de Güemes

6.- Los Berthos

7.- Don Otto

8.- Emmy

9.- Distrito Guandacol-Jáchal-Talacasto

a) Grupo de Guandacol-Cerro Aspero

b) Grupo Arroyo Médano Rico

10.- Mogna

11.- Los Chañares

12.- Los Revunos

13.- Cerro Mirano, Pampa Amarilla, Casa de Piedra, etc

14.- Ranquil-Co

15.- Los Petisos

16.- Distrito Los Chihuidos

17.- Distrito Chos Malal

18.- Distrito Plateau de Huincul-Co

19.- Distrito Paso de Indios-Arroyo Perdido

20.- Distrito Sierra Cuadrada

21.- Distrito Río Chico

22.- Distrito Valle de las Pinturas

23.- Distrito Laguna Sirven

B.- DE LIXIVIACION-CONCENTRACION, CON POSIBLE APORTE HIDROTHERMAL

24.- Huemul (IIa ?)

25.- Agua Botada (IIa ?)

C.- HIDROTHERMALES TIPICOS

NOTA: La extensión y el carácter sintético de la presente contribución no permiten incluir en la misma la numerosa lista bibliográfica correspondiente a los trabajos consultados.-

En tal sentido, debe anotarse que para su elaboración se dispuso de todos los informes geológicos y mineros necesarios, que elaboraron los técnicos del Departamento de Materias Primas de la Comisión Nacional de Energía Atómica, referentes a los depósitos uraníferos argentinos.-

Respecto a la bibliografía atinente al problema del control de la mineralización y génesis de los yacimientos, el lector interesado puede encontrar las principales contribuciones en:

- 1.- Contributions to the Geology of Uranium and Thorium by the United States Geological Survey and Atomic Energy Commission.....etc.- Geological Survey, Professional Paper 300, Washington (1956).-
- 2.- Proceedings of the International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, 1955, Vol. 6: Geology of Uranium and Thorium.- United Nations, New York (1956).-
- 3.- Proceedings of the Second United Nations International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, 1958, Vol. 2. Survey of Raw Material Resources.- United Nations, Geneva (1958).-
- 4.- Les matieres premieres nucleaires. Etat des connaissances apres la Conference de Geneve (Sept. 1958).- Direction des Recherches et Exploitations Minieres, Commissariat a l'Energie Atomique, nº 261 (1959).-
- 5.- Guidebook to Uranium Deposits of Western United States. Production Evaluation Division, Grand Junction Operations Office, U.S.A.E.C. (1959).-
- 6.- Genetic problems of uranium and thorium deposits. Report of the Twenty-First Session, Norden. Part XV, International Geological Congress, Copenhagen (1960).-