

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1973

05.73.06

HUGO B. NICOLLI, EDMUNDO CHAAR
Y CARLOS O. LATORRE

**Características y Génesis
de los Yacimientos Nucleares
“Dr. Baulies” y “Los Reyunos”,
Departamento San Rafael,
Provincia de Mendoza**

Del Boletín de la Academia Nacional de
Ciencias de Córdoba,
Tomo 50 (1973)

Tirada aparte de la Comisión Nacional de Energía Atómica

CARACTERISTICAS Y GENESIS DE LOS YACIMIENTOS NUCLEARES "DR. BAULIES" Y "LOS REYUNOS", DEPARTAMENTO SAN RAFAEL, PROVINCIA DE MENDOZA

HUGO B. NICOLLI *, EDMUNDO CHAAR **
y CARLOS O. LATORRE ***

SYNOPSIS

Several experimental techniques have been employed in the study of samples from the main areas of the "Dr. Baulies" and "Los Reyunos" nuclear deposits, San Rafael Department, Province of Mendoza. They can be listed as: granulometry, determination of heavy and magnetic minerals, effective porosity, petrography, opaque minerals, mineralogy of the clay fraction, chemical analysis and Mössbauer effect.

Those uranium deposits with economic value occur in the Areniscas Atigradas Member of the Cochicó Group (presumed Permian age). It is mainly psammitic with tufaceous and/or limonitic intercalations. The host rock is an "arkosic" sandstone (high content in acid plagioclases); the feldspars are sericitized and kaolinized but the most intense alteration is the calcitization, phenomenon related to the processes of uranium transportation and deposition. Pitchblende is the principal uranium mineral that is associated to the cement enclosing the sandstone clasts.

The postulated genetic hypothesis takes into account the following processes: extraction of the uranium from its source, transportation and mechanism of deposition. On this account, the possible leaching of the tuff or of the fertile vulcanites and the phenomenon of devitrification of volcanic glasses are remarkable. Referring to the transportation, evidence is given of the importance of CO_2 in the solution as it results with UVI, into the formation of complex stable species such as UDC and UTC, which together with Ca^{++} , Fe^{++} and other cations, migrated in free aquifer through the Areniscas Atigradas, before its diagenesis.

As to the deposit environment the following phenomena may be pointed out: where oxygen is available the precipitation of hydrated ferric oxide takes place appearing its alpha or gamma variety according to the partial pressure of CO_2 in environment. Consequently, the gamma varieties that give red, reddish brown, and reddish violet colorations prevail in the upper levels and margins of the aquifer. In these levels, the uranium contents are higher. Inside the aquifer the gamma varieties precipitate (ochre pigments) with lower uranium contents.

The distribution of uranium reducing agents is conditioned on the above mentioned factors. The possible selective biogenetic action is admitted only at upper levels or margins where the bacteria find a more appropriate medium for its development. The realized association between the gamma variety of ferric oxides and high uranium contents at these levels becomes in that way justified.

Liberation of Fe from the chlorites (present in both pigments) and limonization processes of pyrites causing local variations in the Eh value, may be considered as other controlling factors.

SINOPSIS

Diversas técnicas experimentales han sido empleadas en el estudio de muestras provenientes de los sectores principales de los yacimientos nucleares "Dr. Baulies" y "Los Reyunos", departamento San Rafael, provincia de Mendoza. Ellas son: granulometría, determinación de minerales pesados y magnéticos, porosidad efectiva, petrografía, minerales opacos, mineralogía de la fracción arcilla, análisis químicos y efecto Mössbauer.

Los depósitos uraníferos de valor económico se alojan en el Miembro Areniscas Atigradas del Grupo Cochicó (de edad presumiblemente pérmica); es principalmente psamítico con intercalaciones tufíticas y/o limoníticas. La roca portadora es una arenisca "arcósica" (alto

* Comisión Nacional de Energía Atómica; Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

** Comisión Nacional de Energía Atómica.

*** Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Buenos Aires; Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

contenido en plagioclasas ácidas); los feldespatos están sericitizados y caolinizados, pero la alteración más intensa es la calcitización, fenómeno que se vincula con los procesos de transporte y deposición del uranio. La pechblenda es el principal mineral de uranio, la cual se halla asociada al cemento, englobando los clastos de la arenisca.

La hipótesis genética que se postula considera los sucesivos procesos: extracción del uranio de su fuente, transporte y mecanismo de deposición. Al respecto se destaca la posible lixiviación de las tobas o vulcanitas fértiles y los fenómenos de desvitrificación de vidrios volcánicos. En cuanto al transporte, se pone de manifiesto la importancia del CO_2 en las soluciones dando lugar con el U^{VI} , a la formación de especies complejas estables como el UDC y el UTC que, junto con cationes como Ca^{II} , Fe^{II} y otras, migraron en acuíferos libres en el seno de las Areniscas Atigradas antes de su diagénesis.

En cuanto al ambiente de deposición se pueden señalar los siguientes fenómenos: donde hay disponibilidad de oxígeno se produce la precipitación de los óxidos férricos hidratados; la presión parcial del CO_2 en el medio condiciona la formación de las variedades alfa o gamma. Consecuentemente, en los niveles superiores y de borde del acuífero predominan las variedades gamma, que dan coloraciones rojas, pardo rojizas y rojo violáceas, con contenidos uraníferos más altos y, en el seno del acuífero, precipitan las variedades alfa (pigmentos oscuros) con contenidos uraníferos más bajos.

Los factores mencionados condicionan la distribución de agentes de reducción de U^{VI} a U^{IV} . Así se admite una acción biogenética selectiva solo en niveles superiores o de borde, donde las bacterias encuentran un medio más propicio para su desarrollo y se explica la asociación observada en dichos niveles entre la variedad gamma de óxidos férricos y altos contenidos en uranio.

Además se considera probable la concurrencia de otros factores de control tales como: liberación de Fe^{II} proveniente de cloritas (presente en ambos pigmentos) y procesos de limonización de pirita que provocan variaciones locales en el valor del Eh.

1. INTRODUCCION

Los primeros datos sobre la presencia de rocas portadoras de minerales de uranio en el ámbito de la Sierra Pintada se remontan al año 1956 y corresponden a anomalías encontradas en las proximidades de la localidad de 25 de Mayo (Belluco, 1956 a), en "Puesto La Josefa" (Belluco y Parera, 1956) y en "Puesto Agua del Toro" (Belluco, 1956 b).

Estos primeros hallazgos sirvieron para orientar posteriores exploraciones. En 1968 se realizó una prospección aérea detallada en la vecindad occidental de la ciudad de San Rafael (Coco, 1969 a), surgiendo una serie de anomalías, verificadas al año siguiente (Coco, 1969 b), alojadas en el "Miembro Areniscas Atigradas" perteneciente al Grupo Cochicó.

Estos depósitos se hallan ubicados en la provincia de Mendoza, a unos 250 Km en dirección sur de la Capital y a unos 35 Km al Oeste de San Rafael.

El área que los contiene conforma una estructura de braquianticlinal, de relieve suave en su parte central y escabroso en los flancos, con una altura que oscila entre 900 y 1.200 m.s.n.m. (Rodríguez y Valdiviezo, 1970).

El sector mineralizado se halla alojado en una unidad morfoestructural denominada Sierra Pintada de San Rafael (Polanski, 1964) o Elevación Pedemontana de la Provincia de Mendoza (González Díaz, 1964) o más recientemente Sistema de la Sierra Pintada (Criado Roque, 1972).

Por razones prácticas adoptaremos la secuencia estratigráfica que para el área describen Ortega Furlotti *et al.* (1972) y que primitivamente establecieron Rodríguez y Valdiviezo (1970), si bien a veces no responde al *Código de Nomenclatura Estratigráfica*. La misma es la siguiente:

1. Sustrato Pre-Cochicó o Pre-Pérmico integrado por dos grupos: GRUPO LA HORQUETA, constituido por sedimentos metamorfozados de edad eopaleozoica hasta precámbrica(?).

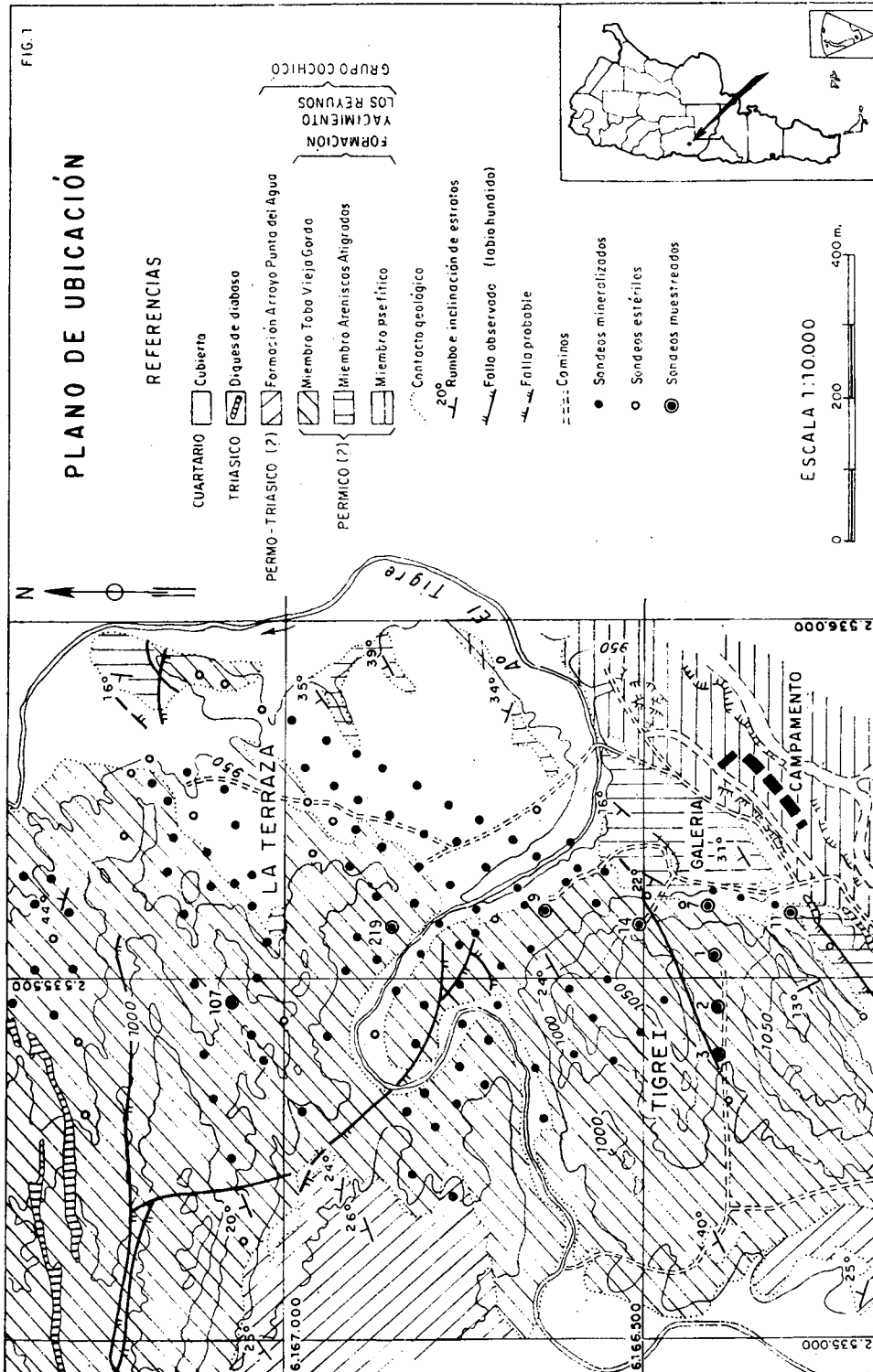


Fig. 1.

GRUPO EL IMPERIAL, formado por sedimentitas que van desde conglomerados hasta lutitas (de edad carbónica).

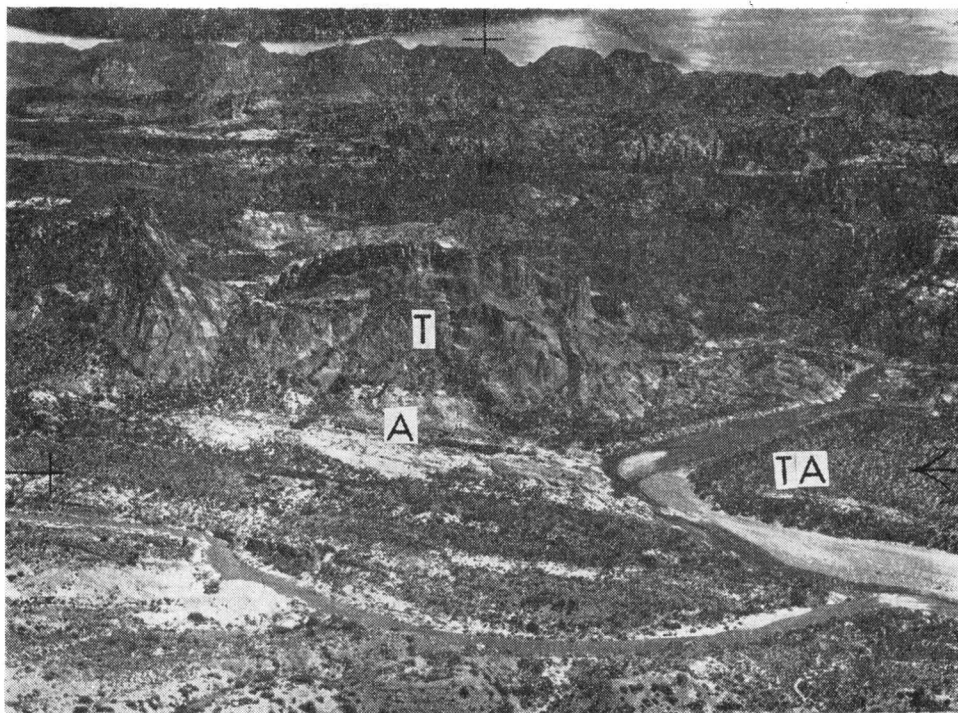
2. Cubierta continental y magmatismo integrado por dos grupos:

GRUPO COCHICÓ, formado por un relleno detrítico con piroclastos intercalados, de edad presumiblemente pérmica. Integran este grupo las siguientes formaciones:

Formación "Yacimiento Los Reyunos" portadora de minerales de uranio y compuesta por tres miembros:

- a) *Miembro Pséfítico*: constituido por conglomerados con intercalaciones de areniscas y dos niveles piroclásticos: el inferior, conglomerádico y el superior tobáceo.
- b) *Miembro Areniscas Atigradas*: (donde se alojan, hasta el presente, los depósitos uraníferos de valor económico). Es principalmente psamítico con intercalaciones de niveles limoníticos y/o tufíticos: estas areniscas serían de origen eólico o áqueo-eólico según diversos autores.
- c) *Miembro "Toba Vieja Gorda"*: constituido por tobas cristalinas líticas, de textura porfírica.

Formación "Arroyo Punta del Agua", integrado por psefitas y psamitas de posible edad permotriásica.



Vista panorámica hacia el SW. En primer plano Aº El Tigre y Sector "Tigre I" (Yac. Dr. Baulies). T: Miembro "Toba Vieja Gorda". A: Miembro "Areniscas Atigradas". TA: Terraza aluvional del Sector "La Terraza" (Yac. "Los Reyunos"). Al fondo Cordón de Los Mesones.

(Fotografía: A. L. Coco, 1969 a)

GRUPO CERRO COLORADO, en el cual en los alrededores del área mineralizada se distinguen dos formaciones:

Formación "Tobas del Tesoro Misterioso", con tobas conglomerádicas y arenosas.

Formación "Basaltos y Aglomerados Volcánicos del Cº Colorado", constituida por basaltos interestratificados con tobas, brechas, aglomerados volcánicos y riolitas, aflorando en la "Cuesta de los Terneros", lugar donde se aloja el yacimiento uranífero homónimo.

ROCAS ERUPTIVAS. En la Formación Los Reyunos se encuentran tobas provenientes de un vulcanismo sincrónico, sucediendo lo mismo con las vulcanitas provenientes de la Formación Arroyo Punta del Agua. Se observan, además, diques de diabasas que ocupan fracturas según un rumbo general NE-SW. Uno de estos diques que atraviesan el Grupo Cochicó en el ámbito de los yacimientos, ha sido datado por el método K/Ar dando 259 ± 25 m.a., lo cual lo ubicaría cronológicamente en el Pérmico (Toubes y Spikermann, 1973). También se halla representado el vulcanismo triásico en el Grupo Cº Colorado y, al N del Sector "La Terraza", hay una meseta coronada por basalto cuartario, que se lo ubica como basalto IV.

Si bien el estudio de estos yacimientos no ha concluido aún, la importancia económica de los mismos se pone de manifiesto por las reservas certificadas hasta la fecha, superiores a las 5.000 t de U_3O_8 , estimándose un potencial que sobrepasará las 10.000 t cuando se complete la exploración.

El presente trabajo tiene como finalidad adelantar una hipótesis —que no pretende ser completa ni definitiva— acerca de la génesis de estos yacimientos, sobre la base del conocimiento actual del área.

2. PARTE EXPERIMENTAL

Las muestras fueron coleccionadas en el Miembro Areniscas Atigradas (Formación "Yacimiento Los Reyunos" del Grupo Cochicó), dado que es el asiento principal —hasta el presente— de la mineralización uranífera.

Los estudios efectuados fueron:

Granulometría.

Contenido en minerales pesados y minerales magnéticos.

Determinación de la porosidad efectiva.

Petrografía.

Minerales opacos.

Mineralogía de la fracción arcilla.

Análisis químico.

Efecto Mössbauer.

2.1. Granulometría

Previo cuarteo de cada muestra, se procedió a su desagregación. Como se trata de psamitas muy coherentes y muy difíciles de desagregar, se siguió la técnica del sulfato de sodio. El control

del proceso se hizo por medio de lupa binocular y el tiempo demorado para conseguir este objetivo osciló entre dos y ocho meses para cada una de las muestras.

La granulometría se determinó por el método de la pipeta para las fracciones pelíticas ($< 62 \mu$) y empleando una serie de tamices Tyler para las psamíticas.

Del estudio se deduce que, en general, se trata de una arenisca cuya fracción psamítica oscila entre un 70 y un 85 %, siendo sus valores más frecuentes los que fluctúan entre 70 y 80 %. Por el tamaño de los clastos se las ubica en la categoría de *areniscas de grano mediano*; en contados casos las *areniscas son finas o gruesas*, pero nunca se hallan presentes los términos extremos de *areniscas muy finas* y *areniscas muy gruesas*.

La fracción correspondiente a limo (clastos entre 62μ y $3,9 \mu$) participa hasta con un 9 % como máximo, siendo sus valores más frecuentes los comprendidos entre 2 y 7 %.

La fracción arcilla ($< 3,9 \mu$) está representada por valores bastante variables ya que oscila entre 4 y algo más de 22 %, siendo sus proporciones más comunes las que participan entre el 4 y el 12 %.

La granulometría parece ejercer cierto papel en el control de la mineralización ya que se ha observado que ésta se halla presente, en la mayoría de los casos, donde el sedimento tiene una mala selección. Esto se puede ver comparando los histogramas (fig. 2) de la fracción psamítica ya que, en aquellas muestras donde no se observa una moda definida, ocurre un aumento en el contenido de uranio.

Fuera de la fracción psamítica, las otras dos fracciones, tanto limo como arcilla (esta última siempre considerada desde el punto de vista granulométrico), no parecen ejercer control alguno.

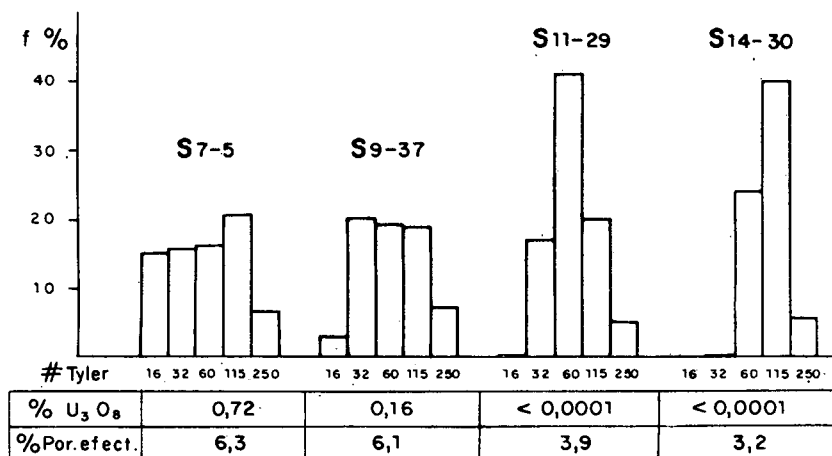


Fig. 2. — Histogramas de frecuencia de la fracción arena (muestras de sondeos). Relación con la porosidad efectiva y el contenido en uranio.

2.2. *Contenido en minerales pesados y minerales magnéticos.*

En general estas areniscas poseen un contenido bajo en minerales pesados, excluidos los magnéticos, entendiéndose por tales a aquellos de peso específico mayor que 2,8. Los valores hallados están comprendidos entre 0,38 y 0,001 %, siendo dentro de ellos los más frecuentes los limitados por 0,10 y 0,01 %. Solamente para una muestra se ha hallado un valor que se aparta significativamente del resto (2,27 %) para la cual, hasta el presente, no se ha encontrado explicación.

En cuanto a los minerales magnéticos, su participación es prácticamente despreciable dado que su contenido es menor que 0,01 %. Las variaciones halladas no están relacionadas con el contenido en uranio.

2.3. *Determinación de la porosidad efectiva.*

La determinación del valor de la porosidad efectiva¹ puede dar una idea sobre la posibilidad de circulación de soluciones a través de las rocas en estudio.

El porcentaje obtenido para cada muestra es la media de diez determinaciones efectuadas sobre otros tantos trozos de la misma; cuando el material disponible fue insuficiente el promedio se hizo sobre un número menor de determinaciones, nunca inferior a cinco.

El conjunto de valores obtenidos (que son bajos para este tipo de rocas) oscila entre 6,2 y 12,4 % para las muestras de galería y entre 2,3 y 9,1 % en muestras de sondeos. Una explicación de estas diferencias de porosidad efectiva podría buscarse en la disminución del cemento calcáreo en niveles superiores del miembro psamítico, puestas de manifiesto por el menor contenido en carbonatos de las muestras de galería. En ambos casos se insinúa una relación directa entre la porosidad efectiva y el contenido en uranio para un cierto número de muestras (fig. 3).

2.4. *Petrografía.*

Para ampliar la información (granulometría y composición mineralógica) obtenida sobre las muestras disgregadas, se efectuaron estudios petrográficos, aprovechando la facilidad que ofrecen estas rocas por su coherencia, para la confección de cortes delgados.

Las rocas estudiadas provienen de dos conjuntos: a) muestras tomadas en superficie (paralelas al rumbo de la galería), y b) muestras de sondeos. La ubicación puede observarse en la fig. 1.

Se ha comprobado que no existen diferencias sustanciales entre ambos conjuntos, por lo tanto las conclusiones son válidas para las rocas de superficie como para las de sondeos.

¹ Se entiende por porosidad efectiva al conjunto de poros no confinados, o sea los que se hallan en contacto mutuo y con el exterior. No se realizaron ensayos de permeabilidad que hubiesen contribuido al mismo propósito porque la mayor parte de las muestras resultaron inadecuadas para ello.

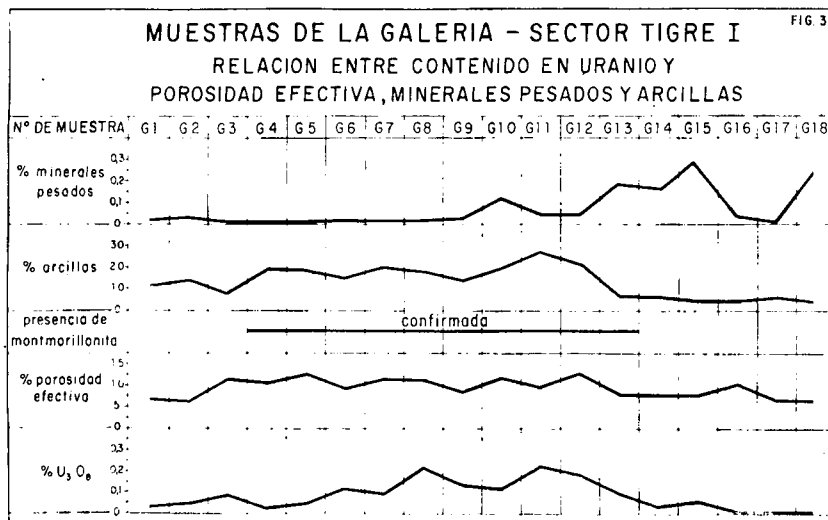


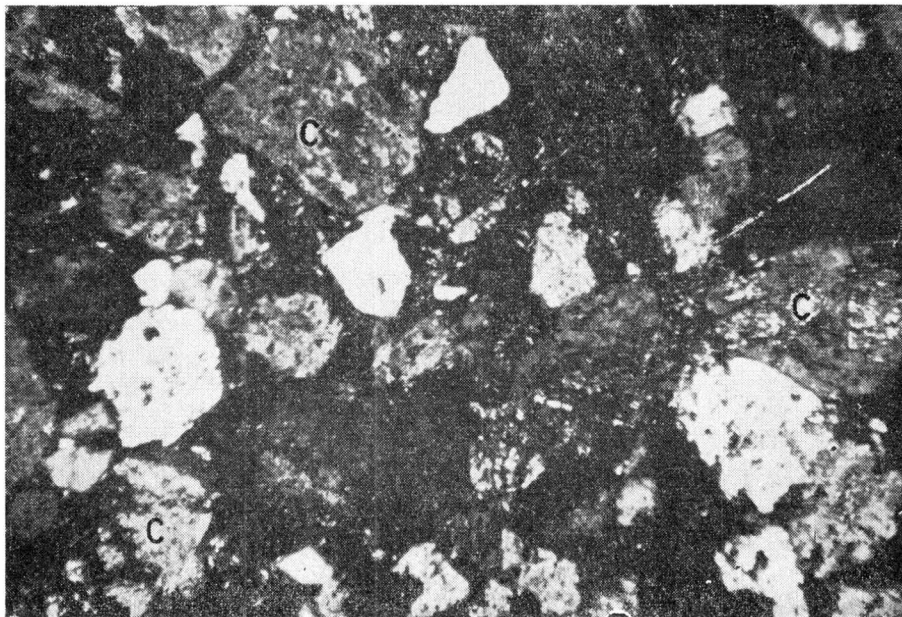
Fig. 3.

Son areniscas con alto porcentaje de plagioclasas ácidas, fuertemente calcitizadas (a veces completamente) y alteradas a sericita y caolín. Para calificar esta proporción tan grande de feldespato y a pesar de que en muchos casos no se pudo establecer con seguridad la existencia de feldespatos potásicos, se denominó a varias de ellas "areniscas arcósicas" para denotar la gran proporción de aquéllos. La textura de la masa principal muestra una angulosidad muy grande en los clastos, motivo que llevó a veces a calificarlas como "brechosas". Además, se nota, incluso megascópicamente, la alternancia de bandas de menos de uno y hasta dos centímetros de espesor, caracterizadas por una buena selección y redondeamiento de sus granos (casi exclusivamente de cuarzo) lo que contrasta con la masa principal. Estas camadas se intercalan a intervalos irregulares del orden de uno o más metros. La explicación de la presencia de estas camadas podría buscarse en la variación temporal de la capacidad del agente de transporte y en el origen de los clastos.

Alteración de los componentes: si bien las rocas son coherentes, la observación microscópica comprueba la fuerte alteración de los feldespatos (caolinización, sericitización). En las plagioclasas la alteración más intensa es la calcitización (fotomicrogr. 1), la que llega a ser tan importante en algunos casos que los clastos, más que de plagioclasas, parecen ser de carbonatos.

Clasificación: conforme a las características descritas, es posible clasificar estas rocas como areniscas "arcósicas" de grano mediano, dando al término "arcósica" un significado amplio con el que se quiere indicar el alto contenido en plagioclasas.

La característica más sobresaliente de estas muestras reside en la fuerte alteración de sus plagioclasas a carbonatos (calcitización), fenómeno que puede vincularse con los procesos probables de transporte y depositación del uranio.



Fotomicrografía 1. Muestra S. 9 - 39. Arenisca con textura clástica microbrechosa. Se observan plagioclasas alteradas a calcita (C).

2.5. *Minerales opacos.*

El estudio calcográfico se realizó sobre muestras de sondeos en las que megascópicamente se observó la presencia de sulfuros.

Microscópicamente se constató la existencia de los siguientes minerales: pechblenda, pirita, limonita, hematita, calcopirita y covellita. La forma en que se presenta la *pechblenda* depende de que las muestras sean ricas o pobres en uranio. En el primer caso aparece como individuos anulares de hasta 2 mm de diámetro o en bandas de 0,2 a 1,5 mm de ancho que cementan a los clastos de la roca portadora. En el segundo caso adopta las formas esferulítica y/o subrectangular (con diámetros que oscilan entre 1-2 y 10 micrones) ya sean aislados o formando asociaciones que engloban a los clastos de la arenisca.

En ningún caso se observaron relaciones entre la pechblenda y los otros minerales opacos.

La *pirita* aparece como pequeños individuos de secciones subcuadradas incluidos en los clastos de la roca o en granos aislados de 2 a 8 mm de diámetro reemplazados en parte por material limonítico. La *limonita* aparece también como manchas aisladas.

La *hematita* se presenta en pequeños granos alotriomorfos generalmente como parte integrante del cemento.

La *calcopirita* es muy escasa y suele aparecer como pequeños individuos irregulares incluidos en los clastos de la arenisca; comúnmente es reemplazada por *covellita*.

2.6. Mineralogía de la fracción arcilla.

Este estudio se efectuó sobre la fracción menor de dos micrones en muestras duplicadas (naturales y desferizadas según el método acético-acetato). En ambos casos dieron diagramas similares.

Su reconocimiento se hizo por medio de difracción de Rayos-X siguiendo técnicas de calentamiento y expansión.

Los resultados obtenidos indicaron la presencia de minerales de los grupos: illita, kaolinita, montmorillonita y en unos pocos casos dickita e interestratificadas.

En las muestras correspondientes al sector de la galería de Tigre I se observó relación entre el contenido de uranio y la presencia de montmorillonita (fig. 3). Esta relación no fue certificada en estudios posteriores para muestras de otros sectores, aunque se notó que, en líneas generales, hay montmorillonita en zonas cercanas a las muestras ricas en uranio.

2.7. Análisis químicos.

La ubicación de las muestras seleccionadas para análisis químicos se indica en el Cuadro I, donde además se consignan los resultados obtenidos por la aplicación de las siguientes técnicas:

Elementos determinados	Técnicas empleadas
eU ₃ O ₈	Radimetría con escalímetro "Nuclear" mod. ETS 70214
U ₃ O ₈	Fluorescimetría y espectrofotometría con D.B.M.
FeO	Volumetría con KMnO ₄
Fe ₂ O ₃ (Fe total)	Espectrofotometría con α - α' - dipiridilo
CaCO ₃	Gravimetría
Cu	Espectrofotometría con neocuproína
P	Espectrofotometría como fosfomolibdato de amonio

2.7.1. Correlación.

El Cuadro II muestra los resultados correspondientes a la aplicación del programa para cálculo de correlaciones (Stat-Pac - Vol. I, IV-2) mediante la computadora "Hewlett-Packard". Se consignan el número de pares de valores considerados (n) de cada correlación y el coeficiente de correlación calculado (r).

CUADRO I
Resultados de análisis químicos

SONDEO N°	MUESTRA N°	PROF DESDE BOCA DE POZO EN m	U ₃ O ₈ %	U ₃ O ₈ %	FeO %	Fe ₂ O ₃ %	FeO/ Fe ₂ O ₃	Ca CO ₃ %	Cu %	P %
7	1	6,00	< 0,02	0,002	2,13	0,34	6,3	6,4	0,000	0,033
7	2	12,00	< 0,02	0,001	1,08	0,56	1,9	6,4	0,006	0,028
7	3	14,50	0,04	0,043	1,78	0,61	2,9	5,7	0,007	0,027
7	4	21,80	0,10	0,104	1,29	0,53	2,4	5,7	0,010	0,041
7	5	27,00	0,62	0,72	n.d.	1,92	-	5,7	n.d.	0,044
7	6	29,30	0,02	0,018	1,51	0,48	3,1	5,0	0,000	0,060
7	7	30,00	< 0,02	0,010	1,29	0,58	2,2	8,5	n.d.	0,038
7	8	67,40	< 0,02	0,004	1,16	0,70	1,7	6,6	0,015	0,050
1	9	64,50	< 0,02	0,014	n.d.	2,81	-	5,5	0,004	0,052
1	10	78,10	< 0,02	0,001	1,70	0,45	3,8	7,7	0,008	0,042
1	11	78,70	< 0,02	0,010	1,35	0,37	3,6	9,3	0,004	0,042
1	12	82,10	0,05	0,004	1,41	0,77	1,8	4,4	0,004	0,050
1	13	82,80	0,05	0,052	1,50	0,57	2,6	8,2	0,004	0,044
1	14	86,40	0,02	0,015	1,24	0,42	3,0	9,3	0,004	0,030
1	15	86,60	< 0,02	0,004	1,35	0,46	2,9	4,8	0,003	0,046
1	16	102,00	< 0,02	< 0,001	1,65	0,27	5,7	6,6	0,006	0,026
2	17	77,30	< 0,02	0,003	1,40	0,67	2,1	5,9	0,004	0,046
2	18	93,80	< 0,02	0,011	0,70	3,17	0,00	5,5	0,005	0,045
2	19	94,50	0,05	0,040	0,17	1,73	0,05	5,0	0,005	0,042
2	20	95,00	0,04	0,040	0,35	2,64	0,10	5,5	0,012	0,042
2	21	109,50	< 0,02	< 0,0001	1,18	0,52	2,3	5,2	0,00	0,028
3	22	97,00	< 0,02	< 0,001	1,67	0,64	2,6	4,3	0,017	0,052
3	23	104,50	< 0,02	< 0,001	1,3	0,45	2,7	6,3	0,012	0,040
3	24	106,00	< 0,02	0,009	1,23	1,25	1,0	5,9	0,000	0,037
3	25	109,30	< 0,02	0,002	1,10	0,31	3,5	7,3	0,000	0,042
3	26	124,00	< 0,02	0,006	2,04	0,45	4,5	3,8	0,007	0,035
11	27	10,00	0,00	0,083	1,05	0,70	2,8	4,8	0,004	0,051
11	28	26,10	< 0,02	0,010	1,70	0,40	1,3	5,0	0,011	0,037
11	29	29,00	< 0,02	< 0,0001	1,78	0,62	2,9	5,2	0,012	0,030
14	30	42,00	< 0,02	< 0,0001	1,30	0,56	2,3	6,4	0,011	0,041
14	31	56,70	0,02	0,010	1,63	0,43	3,8	9,2	0,025	0,046
14	32	60,10	0,30	0,32	1,26	0,75	1,7	4,3	0,010	0,050
14	33	65,90	< 0,02	0,016	1,55	1,05	1,5	18,2	0,015	0,038
14	34	69,50	< 0,02	0,0001	0,47	0,45	1,0	9,8	0,013	0,027
9	35	28,50	< 0,02	0,0032	2,10	0,47	4,5	6,6	0,011	0,056
9	36	34,10	< 0,02	0,006	1,87	0,43	4,3	6,6	0,008	0,058
9	37	43,70	0,15	0,16	0,45	2,96	0,15	6,1	0,015	0,046
9	38	54,00	< 0,02	< 0,0001	2,01	0,70	2,9	11,6	0,014	0,045
9	39	62,50	< 0,02	0,0031	n.d.	n.d.	-	5,2	0,010	0,020
107	40 *	109,00 a 110,40 a	0,02	0,020	1,63	0,66	2,5	7,8	n.d.	n.d.
107	41 *	110,40 a 112,00 a	0,33	0,39	0,62	3,30	0,18	6,7	n.d.	n.d.
107	42 *	112,00 a 114,00 a	0,12	0,135	0,81	1,56	0,52	7,3	n.d.	n.d.
107	43 *	114,00 a 116,60 a	0,08	0,085	1,49	0,99	1,5	10,2	n.d.	n.d.
107	44 *	116,60 a 120,20 a	0,07	0,050	1,04	0,70	2,5	8,0	n.d.	n.d.
107	45	120,00	0,03	0,026	1,98	0,51	3,9	8,5	n.d.	n.d.
107	46 *	125,30 a 126,20 a	0,03	0,022	2,11	0,60	3,5	8,5	n.d.	n.d.

Analistas: F.H. Larumbe, E.A. Douce, A. Colombo, N. Causo, S. Gomez, L.S. Rizzari y M. Hernandez
(Div Estudios Especiales, Gerencia Materias Primas, C.N.E.A.) y H.B. Nicoli.

* Fe total * Resultados sobre un común n.d. No determinado

CUADRO II
Correlaciones

Correlación	n	r	Correlación	n	r
FeO—U ₃ O ₈	36	—0,172	(Limo+arcilla)—U ₃ O ₈	18	0,307
Fe ₂ O ₃ —U ₃ O ₈	36	0,205	Arcilla—U ₃ O ₈	18	0,477
FeO/Fe ₂ O ₃ —U ₃ O ₈	36	—0,272	Poros. efect.—U ₃ O ₈	31	0,306
CaCO ₃ —U ₃ O ₈	39	0,139			
Cu — U ₃ O ₈	37	0,301			

Si bien el número de valores analizados es *insuficiente* para obtener *conclusiones significativas*, se pueden tomar como un primer ensayo que revela, al menos, una cierta tendencia. Así los valores obtenidos de *r*, muy bajos, permiten señalar que no existe, en las muestras de sondeos, correlación de U₃O₈ con los constituyentes químicos indicados. El mismo razonamiento vale para las correlaciones con las fracciones *limo+arcilla* y *arcilla*, así como con la *porosidad efectiva*, si bien los valores de *r* son algo mayores en estos tres casos.

2.7.2. Distribución estadística.

En el cuadro III se han resumido los resultados correspondientes a la aplicación del programa "Cálculo de Parámetros Estadísticos", escrito en Fortran IV para computadora GE-625, a un conjunto de valores seleccionados sobre muestras de los sondeos 1, 2, 3, 7, 9, 11 y 14 (Sector "Tigre I").

CUADRO III
Parámetros estadísticos

Hipótesis: distribución normal							
Constituyente	n	$\bar{\chi}$ (*)	s ²	g ₁	g ₂	g ₁ /σ	g ₂ /σ
U ₃ O ₈	32	0,0146	0,000561	2,289	4,896	5,61	6,00
FeO	36	1,37	0,2578	—0,741	—0,047	—1,81	—0,06
Fe ₂ O ₃	32	0,56	0,0405	1,512	2,748	3,49	3,17
CaCO ₃	38	6,37	3,0063	1,065	0,649	2,68	0,82
Cu	37	0,009	0,000024	0,937	0,783	2,33	0,97
P	39	0,042	0,000075	—0,076	—0,565	—0,19	—0,72
Hipótesis: distribución lognormal							
Constituyente	n	$\bar{\chi}$ (*)	n ²	g ₁	g ₂	g ₁ /σ	g ₂ /σ
U ₃ O ₈	32	—5,249	2,1624	0,363	—1,140	0,89	1,40
Fe ₂ O ₃	32	—0,629	0,10320	0,471	0,207	1,08	0,24

* en %

CUADRO IV

Aplicación de la prueba del χ^2

Const.	n	r-3	χ^2_5	Distrib. normal χ^2	p*	Distrib. lognor. χ^2	p*
U ₃ O ₈	32	10	18,31	195,50	<<0,1	18,45	2-5
FeO	36	4	9,488	5,15	20-30	32,10	<0,1
Fe ₂ O ₃	32	6	12,592	30,14	<0,1	72,90	<<0,1
CaCO ₃	39	12	21,026	42,02	<0,1	116,92	<<0,1
Cu	37	5	11,070	12,93	2-5	16,35	0,1-1
P	39	4	9,488	2,64	50-70	64,67	<<0,1

* en %

En dicho cuadro se consigna el número de valores considerados para cada constituyente (n), media aritmética ($\bar{x}$), varianza (s^2), asimetría (g_1), coeficiente de exceso (g_2) y las razones de la asimetría y del coeficiente de exceso con sus respectivas desviaciones típicas. Estos dos últimos dan un primer criterio de *aceptación* o *rechazo* de la hipótesis de distribución supuesta según que ambos sean menores que 3 ó que uno de ellos o ambos sobrepasen dicho valor, respectivamente.

Así el FeO, CaCO₃, Cu y P se ajustarían a una distribución normal y el U₃O₈ y Fe₂O₃ a una distribución lognormal.

Por otra parte, la aplicación de la décima del χ^2 (cuadro IV) que ofrece un mejor criterio, confirma la hipótesis de distribución normal para P y FeO y en cierto modo, podría aceptarse para el Cu, puesto que el valor de χ^2 *no está significativamente apartado* del χ^2_p elegido ($p = 5\%$) (Nicolli, 1970, pág. 279). En cuanto al U₃O₈ se confirmaría, por la misma razón, la aceptación de la distribución lognormal. Sin embargo en el caso de CaCO₃ y Fe₂O₃ las hipótesis deben ser rechazadas por cuanto los valores de χ^2 se apartan *muy significativamente* del χ^2_p .

Si bien el número limitado de datos no permite dar a estas conclusiones carácter definitivo, es digno de mención el hecho de que los constituyentes más directamente vinculados a la hipótesis genética que se postula para los yacimientos estudiados son los que, precisamente, se apartan de manera significativa de los modelos de distribución normal o lognormal.

2.8. *Efecto Mössbauer.*

Para la aplicación de esta técnica se seleccionaron dos muestras correspondientes al sondeo 219 del sector "La Terraza" (yacimiento "Los Reyunos") cuyas características son:

Muestra Nº	Sondeo Nº	Profund. desde boca de pozo	U ₃ O ₈ %	Radi- metría c/seg	Fe II %	Fe III %	Fe II/ Fe III
219/64	219	63,9 m	0,3	600	0,52	1,02	0,51
219/94	219	94,2 m	n.d.	40	1,29	0,62	2,08

Como puede apreciarse son dos muestras muy típicas, con contenidos uraníferos y características geoquímicas distintas, lo que permite oportunas comparaciones con las muestras del sector "Tigre I" (yacimiento Dr. Baulies) estudiadas anteriormente (Nicolli, 1972).

El efecto Mössbauer se aplicó a muestras pulverizadas, encapsuladas entre discos de acrílico. Se empleó un espectrómetro Mössbauer marca Elrom, con modo de aceleración constante. Se usó una fuente de Co^{57} en cobre de aproximadamente 10 m Ci, detectándose la radiación con un contador proporcional Reuter Stokes RSG/61 de Ar. Las corridas fueron hechas a temperatura ambiente.

El espectro de la muestra 219/94 (Fig. 5) es muy similar al de la especie ocre estudiada anteriormente (e.e. 34.107: Nicolli, *op. cit.*). Sus picos se hallan en $2,29 \pm 0,03$, $0,45 \pm 0,02$ y $-0,45 \pm 0,06$ mm/seg (la muestra e.e. 34.107 presenta los picos $2,26 \pm 0,04$, $0,50 \pm 0,04$ y $-0,2 \pm 0,1$ que pertenecen a un mine-

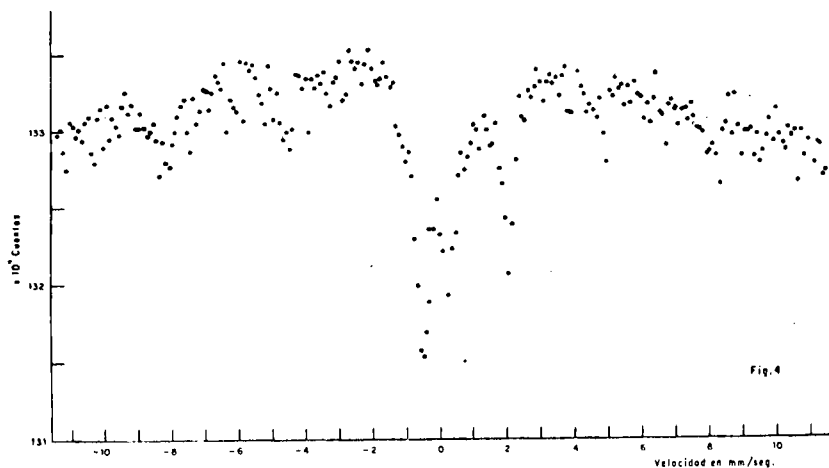


Fig. 4. — Espectro Mössbauer de la muestra N° 219/64, a temperatura ambiente, con fuente Co^{57}/Cu .

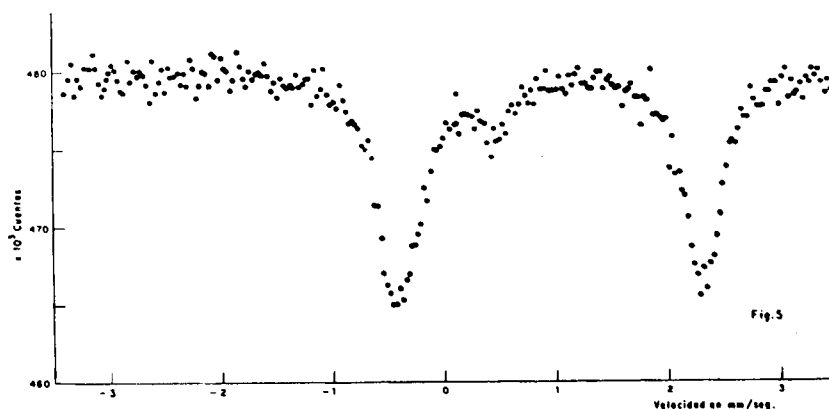


Fig. 5. — Espectro Mössbauer, de la muestra N° 219/94, a temperatura ambiente, con fuente Co^{57}/Cu .

ral de la serie de las cloritas). Ese último pico ($-0,45 \pm 0,06$) es probablemente un pico doble como se puede apreciar por la inflexión en el lado situado hacia las velocidades positivas, donde se esboza en 0,11 un cuarto pico que sería el compañero del situado en 0,45 formando el duplete correspondiente a Fe^{+3} . La muestra 219/94 es más rica en Fe^{+2} que la muestra e.e. 34.107 y se calcula que la relación $\text{Fe}^{+2}/\text{Fe}^{+3}$ es de aproximadamente $2,6 \pm 0,3$. Esto se traduce en que el pico $\sim 0,45$ mm/seg es de mucha menor intensidad relativa que el de $\sim 2,29$ mm/seg en comparación con la muestra a la que se hace referencia y el pico a $\sim -0,45$ también resulta menos intenso que en la citada muestra.

La muestra 219/63 (Fig. 4) presenta superpuestos un espectro de tres picos y un espectro con estructura hiperfina magnética débilmente esbozado. Esto impide determinar claramente la especie a que corresponde, pero no cabe duda que pertenece a algún tipo de óxido férrico, ya que los picos intensos en $2,18 \pm 0,05$, $0,43 \pm 0,05$ y $-0,36 \pm 0,05$, coinciden muy bien en su posición con los de la especie rojiza analizada anteriormente (e.e. 34.106: Nicolli, *op. cit.*) y con la 219/94 haciendo la salvedad que la relación $\text{Fe}^{+2}/\text{Fe}^{+3}$ en la parte que corresponde a la clorita es mucho menor que en la 219/94.

Por otra parte la porción de Fe^{+3} en la parte magnética es menor que en la muestra e.e. 34.106, lo que hace que la muestra 219/63 tenga los picos de $\sim 0,43$ y $\sim 0,36$ mm/seg mejor resueltos que los correspondientes a la muestra e.e. 34.106 y que el espectro magnético no quede, como se dijo, claramente definido.

Se está trabajando en la obtención de espectros a baja temperatura (nitrógeno líquido) lo cual ayudaría a dilucidar completamente la identidad de las especies encontradas.

3. CONSIDERACIONES SOBRE LA GENESIS DE LA MINERALIZACION URANIFERA.

Este tema ha sido tratado, aunque en forma parcial, por diversos autores. De estos trabajos analizaremos algunas conclusiones que resultan de interés a los efectos de elaborar la presente hipótesis.

Respecto de la fuente del uranio, desde los trabajos de Waters y Granger (1953) hasta los de Shatkov *et al.* (1970) y Rosholt *et al.* (1971) se ha mencionado que el uranio, lixiviado de "lavas" y tobas volcánicas, es fácilmente incorporado a soluciones mineralizantes. En el caso que nos ocupa Stipaniceic (1970) opina que "existe alguna posibilidad de que el uranio del distrito provenga en parte de las peneplanicies del Triásico superior, pero resulta mucho más verosímil el admitir su origen desde aquellas amplias superficies labradas en el Terciario...". Ortega Furlotti *et al.* (1972) considera que "la mineralización es exógena-epigenética; su fuente de origen serían las tobas sobrepuestas o colaterales o intercaladas con las unidades portadoras". Pérez, Prieto y Mazziere (1971) y Antonietti (1972) tienen opiniones coincidentes al respecto. También mencionan que "existe un vulcanismo ácido de

edad presumiblemente triásica (pórfiros cuarcíferos) cuyo nivel radimétrico es muy superior al "back ground" regional (Ortega Furlotti *et al.*, *op. cit.*).

Parte del uranio pudo tener como fuente el vidrio volcánico y se habría liberado por alteración de éste, según lo prueba una cierta asociación, observada en algunos sectores, entre uranio y montmorillonita, arcilla proveniente de la alteración de vidrio volcánico (Chaar y Latorre, 1970).

En cuanto al control de la mineralización Katayama (1960) señala que las condiciones climáticas de formación de areniscas rojas y conglomerados continentales a partir de penillanuras graníticas, favorecen un contenido mayor de uranio en los sedimentos.

La razón que podría haber incidido en la mineralización del sector del paquete arenoso habría que ubicarla en la mayor homogeneidad granulométrica de la fracción arena y, por consecuencia, su mayor porosidad efectiva (Chaar y Latorre, *op. cit.*) lo que a su vez supone la existencia de soluciones.

Antonietti (*op. cit.*) destaca: "Las areniscas portadoras aparecen impregnadas con mineral de uranio generalmente a unos 10 m por debajo del contacto con la toba suprayacente y determinando un plano más o menos paralelo al mismo. A partir de allí la mineralización se extiende verticalmente unos 20-30 m, ya sea en forma continua o discontinua. A veces existe un nivel inferior bien mineralizado con un intervalo estratigráfico de 20 m respecto al superior".

Rodríguez y Valdiviezo (1970) consideran que "si se admite que las soluciones uraníferas provienen de las fuentes exógenas (lixiviación de rocas fértiles) y que han integrado un cuerpo líquido del tipo "ground water" que saturaba los niveles acuíferos, resultan dos posibles interpretaciones del modo de origen de la mineralización: que se tratara de niveles confinantes o de niveles freáticos"... "En el primer caso la deposición o precipitación pudo producirse en cualquier posición de los paquetes litológicos, quedando la morfología y disposición espacial de los cuerpos resultantes condicionados a factores tales como permeabilización secundaria y existencia de elementos precipitantes"... "Si en cambio se hubiera tratado de un nivel freático, la mineralización podría obedecer a fluctuaciones del "water table" que determinaría franjas de oxidación paralelas entre sí".

Antonietti (*op. cit.*) agrega "No se ha encontrado fallas o juegos de diaclasas que permitan suponer un ascenso de soluciones hidrotermales. Por el contrario las fallas desplazan al mineral, lo que signa a éstas una actuación posterior a la mineralización". Esto último concuerda con lo que fuera expresado anteriormente por Stipanovic (*op. cit.*) que considera que la mineralización "... es anterior a la fracturación en bloques de la sierra, producida a fines del Terciario...".

El análisis de los antecedentes consignados y de los procesos descritos por uno de los autores en un estudio anterior (Nicoli, 1972), lleva a la elaboración de la siguiente hipótesis que considera los sucesivos procesos: extracción del uranio de su fuente, transporte por soluciones y mecanismo de depositación en el miembro portador.

- Es probable que el uranio provenga de la lixiviación de tobas o vulcanitas fértiles; también los fenómenos de desvitrificación de los vidrios volcánicos de las areniscas pueden aportar uranio.
- El uranio lixiviado fue incorporado al ciclo de las aguas superiores (superficiales o subterráneas) que lo redistribuyeron.
- La presencia de CO_2 acrecienta notablemente la solubilidad del uranio por formación de las especies complejas disueltas $[\text{UO}_2 (\text{CO}_3)_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}]^{-2}$ y $[\text{UO}_2 (\text{CO}_3)_3]^{-4}$, conocidas como UDC y UTC, respectivamente. La primera es estable entre pH 4,5 y 6,5 en tanto que la segunda lo es de pH 6,5 hasta 11,0.
- Es importante la acción del carbonato de calcio que participa, no sólo en la composición del cemento de las areniscas, sino también en los procesos de fuerte calcitización que muestran las plagioclasas.
- Las soluciones portadoras de U^{VI} , Ca^{II} , Fe^{II} y de otros cationes en proporciones menores, incorporadas al ciclo de las aguas subterráneas, circularon en el seno de las "Areniscas Atigradas", poco tiempo después de depositadas, en forma de acuífero libre. La horizontalidad del techo de la mineralización confirma esta hipótesis.
- La falta de consolidación y de una diagénesis avanzada de dichas areniscas facilitó el proceso. El "conglomerado rojo" infrayacente actuó como piso de la napa freática en virtud de la abundancia de pelitas en su composición.
- Si en estos ambientes hay disponibilidad de oxígeno el Fe^{II} se oxida produciéndose la precipitación de $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Este fenómeno está regulado por el pH y Eh del medio y por la presión parcial de CO_2 . Los óxidos férricos así formados pueden ser autóctonos (no se descarta la idea de que también pueden haber sido transportados, al estado de coloides, por las aguas circulantes).
- En el nivel superior del acuífero la menor presión parcial de CO_2 favorece la formación de la variedad $\gamma \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (lepidocrocita) que por deshidratación posterior da $\gamma \text{Fe}_2\text{O}_3$ (maghemita) pigmento rojizo predominante en ciertos niveles con altos contenidos uraníferos. La variedad $\alpha \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (goethita) precipita en el seno del acuífero donde la presión parcial de CO_2 es mayor. (Nicolli, *op. cit.*).

Todas las experiencias de laboratorio efectuadas hasta el presente a los fines de este trabajo, apoyan la tesis de la existencia de una serie de procesos físico-químicos que, gobernados por la presión parcial de CO_2 , definen las condiciones fundamentales del medio y regulan la distribución de agentes de reducción, tales como las bacterias. Por esta razón la acción biogenética se habría circunscripto a niveles superiores y de borde, de un acuífero libre, lugares donde las bacterias encuentran el medio más propicio para su desarrollo (Nicolli, *op. cit.*).

La intercalación en las areniscas, a modo de bandas, de horizontes con distintos pigmentos, podría interpretarse como debido a vasculaciones del nivel acuífero. La estratificación entrecruzada no habría tenido más que una importancia secundaria en la dis-

tribución de la mineralización uranífera, subordinada a la oscilación del nivel freático. Estos fenómenos pueden complicar grandemente el cuadro depositacional del uranio dificultando su estudio, pero debe recordarse que los trabajos de campo han comprobado que las mayores concentraciones de uranio se encuentran circunscriptas a las bandas más fuertemente pigmentadas con tonos rojos, pardo rojizos y rojos violáceos¹.

Otra dificultad de interpretación estaría dada por los fenómenos de superposición en la distribución de las bandas diferentemente pigmentadas y una redistribución de los contenidos uraníferos a partir de los horizontes más ricos.

Con referencia al contenido uranífero de niveles en donde predomina la variedad α $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (pigmentos ocre) se debe señalar la capacidad de sorción de limonitas jóvenes formadas "in situ" y la mencionada redistribución.

Finalmente, pueden señalarse otros factores de control de la mineralización uranífera tales como la presencia de minerales de la serie de las cloritas en la composición de los diversos pigmentos, que por liberación de FeII puede producir la reducción de UVI a UIV ; y los procesos de limonitización de la pirita que libera $\text{S}^=$ y provoca fuertes variaciones locales de los potenciales de oxidación-reducción.

4. CONSIDERACIONES FINALES

La posibilidad de una evaluación más precisa de los fenómenos vinculados con la génesis de los depósitos uraníferos del distrito de Sierra Pintada, depende de la continuación de las investigaciones en el área.

Se estima que puede aportar datos más precisos para una correcta y más eficiente interpretación de los fenómenos genéticos, un programa de trabajo que incluya:

- Separación y estudio de minerales pesados, especialmente de los sulfuros contenidos en las areniscas portadoras de la mineralización. Ciertos estudios sobre la distribución de la pirita podrían aportar datos que contribuyan a establecer el posible origen, biogénico o físico-químico, de la misma.
- El estudio isotópico del azufre de los mismos sulfuros también aportaría datos sobre su origen.
- Estudio y evaluación del aporte de las posibles fuentes del uranio.

Este trabajo comprendería:

Caracterización petrológica y determinación de contenidos uraníferos de los cuerpos intrusivos del área y de afloramientos de tobas, seleccionando prioritariamente algunos perfiles típicos.

¹ Si bien se ha señalado que proporciones variables de H_2O no son significativas en la composición de pigmentos distintos, es probable que dichos tonos sean debidos a la descomposición parcial de γ $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (*lepidocrocita*) a γ Fe_2O_3 (*maghemita*) que es metaestable, pasando lentamente a α Fe_2O_3 (*hematita*) (Nicolli, op. cit.).

— Eventuales estudios complementarios como:

- a) Determinación de pH y Eh en las aguas superficiales y subterráneas en el área;
- b) Datación de la mineralización uranífera.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren manifestar su agradecimiento a las autoridades de la Gerencia de Materias Primas de la Comisión Nacional de Energía Atómica: al Dr. Félix Rodrigo, Jefe del Depto. Delegaciones y al Dr. Carlos T. C. J. Friz, Jefe del Depto. Recursos Minerales por el interés que han evidenciado en el desarrollo de la investigación; a la Dra. Milena González, Jefe de la Div. Estudios Especiales y a los Dres. R. O. Toubes y F. Larumbe, Responsables de los Sectores Mineralogía y Petrología y Química Analítica, respectivamente, como así también al personal de sus laboratorios por las facilidades dadas en el desarrollo de la parte experimental; al Geól. J. P. Spikermann y al Dr. I. B. A. Schalamuk por sus colaboraciones en el estudio petrográfico y de minerales opacos, respectivamente. También se agradece la colaboración de los Dres. E. Frank y C. Saragovi de Badler, de la Gerencia de Investigaciones, por los estudios con efecto Mössbauer y al Sr. C. A. Balbi, de la Gerencia de Energía, por los cálculos estadísticos.

Ex-profeso se ha dejado para el final la mención del Dr. Pedro N. Stipanovic, Gerente de Materias Primas, a quien se agradece la revisión del original del presente trabajo y sus sugerencias.

FE DE ERRATAS

	<i>Pág.</i>	<i>Línea</i>	<i>Donde dice:</i>	<i>Debe decir:</i>
Synopsis	147	7 19	tufaceous cautions	tuffaceous cations
Cuadro III	158		$\bar{\chi}$ $\bar{\chi} \quad n^2$	$\bar{x}$ $\bar{x} \quad s^2$
	159	11	décima	dócima

BIBLIOGRAFIA

- ANTONIETTI, C. 1972. Estado actual de la prospección pedestre entre río de las Peñas y Aº Punta del Agua, Sierra Pintada. *Inf. int. CNEA RM/O/M-156*, inéd.
- BELLUCO, A. E. 1956 a. Exploración por uranio en la zona de 25 de Mayo (San Rafael, Mendoza). *Inf. int. CNEA RM/O/M-18*, inéd.
- 1956 b. Afloramiento "Puesto Agua del Toro" (25 de Mayo, depto. San Rafael, Mendoza). *Inf. int. CNEA RM/O/M-23*, inéd.
- y PARERA, C. A. 1956. Exploración de la costa sur del Río Diamante, zona "Puesto La Josefa". *Inf. int. CNEA RM/O/M-19*, inéd.
- COCO, A. L. 1969 a. Relevamiento radimétrico aéreo: San Rafael (Mendoza). *Inf. int. CNEA RM/O/M-116*, inéd.
- 1969 b. Resultados de la revisión terrestre de anomalías aéreas: Mendoza sur. *Inf. int. CNEA RM/O/M-117*, inéd.
- CRIADO ROQUE, P. 1972. Bloque de San Rafael; en "Geología Regional Argentina" (A. F. Leanza, ed) *Acad. Nac. Ciencias, Córdoba, Argentina*, 283-295.
- CHAAR, E. y LATORRE, C. O. 1970. Estudio sedimentológico, petrográfico y mineralógico preliminar sobre muestras del yacimiento Dr. Bauliés, Sector Tigre I. *Inf. int. CNEA RM/O/M-136*, inéd.
- GONZÁLEZ DÍAZ, E. F. 1964. Rasgos Geológicos y evolución geomorfológica de la Hoja 27 d (San Rafael) y zona occidental vecina (Provincia de Mendoza). *Rev. Asoc. Geol. Arg. XIX*, 151-188.
- KATAYAMA, N. 1960. Genesis of the uranium deposit in sedimentary rocks. *XXI Int. Geol. Congr., Part. XV, Genetic Problems of Uranium and Thorium Deposits*, 7-13.
- NICOLLI, H. B. 1970. Análisis estadístico de la distribución de elementos en rocas graníticas. *Bol. Acad. Nac. Ciencias. Córdoba. XLVII*, 273-281.
- 1972. Consideraciones sobre la génesis de depósitos uraníferos en areniscas: distrito de Sierra Pintada, departamento de San Rafael, provincia de Mendoza (República Argentina). *Actas Vº Congr. Geol. Argentino*, Villa Carlos Paz, Córdoba. (En prensa).
- ORTEGA FURLOTTI, A., RODRÍGUEZ, E. J., PRIETO, A. O. y VALDIVIEZO, A. 1972. El nuevo distrito uranífero de Sierra Pintada - Provincia de Mendoza. *Actas Vº Congr. Geol. Argentino*, Villa Carlos Paz, Córdoba. (En prensa).
- PÉREZ, E., PRIETO, A. O. y MAZZIERI, G. 1971. Informe sobre los resultados de la exploración geológico-minera en el braquianticlinal del Tigre. Sus manifestaciones nucleares más importantes. *Inf. int. CNEA RM/O/M-139*, inéd.
- POLANSKI, J. 1964. Descripción geológica de la Hoja 27-c, La Tosca, *Dirección Nacional de Minería, Bol. 101*, Bs. Aires.
- RODRÍGUEZ, E. J. y VALDIVIEZO, A. 1970. Exploración geológica semiregional: Sierra Pintada. *Inf. int. CNEA RM/O/M-135*, inéd.
- ROSHOLT, J. N., PRIJANA and NOBLE, D. C. 1971. Mobility of uranium and thorium in glassy and crystallized silicic volcanic rocks. *Econ. Geol.*, 66, 1061-1069.
- SHATKOV, G. A., SHATKOVA, L. N. and GUSHCHIN, Ye. N. 1970. The distribution of uranium, thorium, fluorine, chlorine, molybdenum, and niobium in liparites and acid volcanic glasses. *Zapiski Vses. Mineralog. Obshch* 99, 165-177. (*Geochem Int.* 7, 1051-1063).
- STIPANICIC, P. N. 1970. Conceptos geoestructurales generales sobre la distribución de los yacimientos uraníferos con control sedimentario en la Argentina y posible aplicación de los mismos en el resto de Sud América. *Proceedings of a Uranium Exploration Geology, Viena, IAEA - PL - 391/24*, 205-216.
- TOUBES, R. O. y SPIKERMANN, J. P. 1973. Algunas edades K/Ar para la Sierra Pintada, provincia de Mendoza. *Rev. Asoc. Geol. Argentina*. (En prensa).
- WATERS, A. C. and GRANGER, H. C., 1953. Volcanic debris in uraniferous sandstones and its possible bearing on the origin and precipitation of uranium. *U. S. Geological Survey, Circ.* 224, 26 p.