

C. N. E. A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1961

05.61.02

Bol. Acad. Nac. Cienc., Córdoba, Argent.  
ISSN 0328-2051

SOBRE ALGUNAS URANINITAS ARGENTINAS:  
SUS CELDAS ELEMENTALES  
Y UBICACION GEOLOGICA

POR

ENRIQUE LINARES y ROBERTO O. TOUBES

Comisión Nacional de Energía Atómica — Buenos Aires

RESUMEN

Se dan a conocer los resultados preliminares hallados en la medición —utilizando diagramas obtenidos por el método Debye Scherrer— de las celdas elementales de 26 uraninitas de distintos yacimientos argentinos, ordenadas según su modo de yacer en pegmatíticos, vetiformes y de depósitos en rocas sedimentarias.

De este modo, se confirmó que las celdas elementales mayores corresponden a uraninitas provenientes de yacimientos pegmatíticos, mientras que las menores a las procedentes de depósitos en sedimentos, variando entre ambos extremos las que se presentan en vetas. En todos los casos, se analiza el tamaño de la celda elemental calculada con el grado de alteración y tipo de mineral.

Asimismo, se diferenciaron, de acuerdo al método propuesto por Cohen, las que corresponden a uraninitas de las que pertenecen a la variedad pechblenda.

ABSTRACT

In this report the authors give the preliminary results in the measuring of the unit cells of 26 uraninites from different types of uranium deposits of the Argentine Republic.

The values obtained confirm that the uraninites from pegmatites have a, largest than those from vein and sedimentary deposits.

Also in the majority of the samples studied, using the Cohen's method, it has been differentiated the uraninites (s.s.) from pitchblendes.

## I. INTRODUCCIÓN.

En la República Argentina se conoce hasta el presente, un número aproximado de 40 localidades donde se ha constatado la existencia de uraninita.

Este trabajo tiene por fin dar a conocer los resultados preliminares de la medición de las celdas elementales de 26 uraninitas y la relación entre el tamaño de a., origen geológico y grado de alteración del mineral, como así también diferenciar —en los casos posibles y de acuerdo al método propuesto por Cohen (5)—, las que corresponden a uraninitas de las que pertenecen a la variedad pechblenda.

El mismo se ha llevado a cabo como parte de las tareas de investigación de los minerales radiactivos de la República Argentina, que realiza la División Laboratorio de Investigaciones del Departamento de Materias Primas de la Comisión Nacional de Energía Atómica.

## II. CELDAS ELEMENTALES DE URANINITAS ARGENTINAS.

En primer lugar se aclara que en este trabajo se considera uraninita (sensu stricto) al mineral cuya fórmula química ideal es  $UO_2$ , con estructura cúbica de caras centradas, tipo fluorita. Sin embargo, en la naturaleza nunca se ha hallado un mineral que responda a la fórmula teórica  $UO_2$ , sino que todas las uraninitas citadas en la literatura, están constituidas por una mezcla de  $UO_2$  y  $UO_3$  en proporciones variables.

Con el término pechblenda se designa, en cambio, a una variedad de dicho mineral, policristalina, cuyos individuos tienen dimensiones menores de  $10^{-3}$  cm y caracterizada, en muchos casos, por una estructura botrioidal o coliforme.

Si bien las diferencias entre uraninitas (s.s.) y pechblenda han sido ya destacadas por otros autores (6, 8, etc.), conviene recordar que las primeras contienen, por lo general,  $ThO_2$  y óxidos de tierras raras, siendo sus yacimientos característicos las vetas pegmatíticas donde, comunmente, aparece cristalizada en individuos que pueden ser observables megascópicamente; raramente se halla asociada con la variedad pechblenda en depósitos en veta. Por el contrario, la pechblenda no contiene  $ThO_2$  ni óxidos de tierras raras (sólo ocasionalmente y en muy pequeña proporción), siendo sus yacimientos

típicos los pertenecientes al ciclo hidrotermal y los depósitos de uranio en areniscas y conglomerados, cuyo origen geológico aún no está totalmente aclarado.

Pero desde el punto de vista mineralógico, los minerales que responden a las características citadas más arriba, deben llamarse uraninita, reservándose la denominación de pechblenda sólo para una forma de textura de este mineral.

Como se verá más adelante, la diferenciación entre uraninita y pechblenda puede efectuarse —no en todos los casos— siguiendo el criterio propuesto por Cohen (5).

*Factores que modifican el tamaño de la celda elemental de uraninitas.*

El valor del parámetro de la celda elemental del compuesto  $UO_2$  sintético se ha determinado como  $a_0 = 5,468 \text{ \AA}$  (7). Raramente y salvo en uraninitas ricas en  $ThO_2$  o en muestras frescas procedentes de yacimientos pegmatíticos se alcanza dicho valor, superándolo aquellos términos de la serie uraninita-torianita con alto contenido en torio. En la literatura se citan numerosos ejemplos donde el valor de  $a_0$  varía entre 5,360 y 5,468  $\text{\AA}$  (2,7) y aún más.

Esta amplia variación es atribuida por distintos autores a diversos factores, siendo los más importantes:

- a) oxidación por alteración meteórica, lo que involucra una conversión de  $U^{4+}$  en  $U^{6+}$ .
- b) sustitución de uranio en la estructura por Pb radiogénico, Th, tierras raras u otros elementos.
- c) cantidad de O y  $HO^-$  presente intersticialmente en la estructura.
- d) deterioro producido en la estructura por el bombardeo radiactivo.

La oxidación, según Berman (2), consiste en la conversión de parte del  $U^{4+}$  en  $U^{6+}$ , con compensación de valencia por la entrada de oxígeno en la estructura, sin que el tipo de ésta varíe. Ello produce una disminución de  $a_0$  a medida que aumenta el grado de oxidación debido a la diferencia entre los radios iónicos del  $U^{4+}$  (1,05  $\text{\AA}$ ) y  $U^{6+}$  (0,82  $\text{\AA}$ ), notándose además, una fuerte disminución de la densidad.

Las uraninitas de pegmatitas aparecen, en general, formando cristales masivos observables megascópicamente, por lo que la alteración meteórica es menor que en las pechblendas que, por su modo de presentarse, ofrecen una mayor superficie a la acción de los agentes oxidantes. Ello produce que la disminución en el valor de  $a_0$  sea por lo general menor en el primero de los casos.

El grado de oxidación, según Brooker y Nuffield (3), está indicado por la relación  $U^{6+}/U_{total}$ , que es pequeña para material compacto y duro y alta para los agregados blandos y pulverulentos.

La sustitución de U por Th y tierras raras en la estructura, común en uraninitas de pegmatitas, provoca un aumento en el tamaño de  $a_0$ . Según Frondel (7), dicho aumento se halla en relación lineal con el incremento del contenido de Th, lo que se comprende dado el mayor radio iónico del Th (1.10 Å), en comparación con el  $U^{4+}$  (1.05 Å).

Este aumento, debido a la presencia de dichos elementos, compensa en parte la disminución que provoca la oxidación, por lo que las uraninitas de pegmatitas, aún aquellas que presentan una relación  $U^{6+}/U_{total}$  grande, poseen un valor de  $a_0$  mayor que el de pechblendas que estén alteradas en la misma proporción.

También es de importancia la variación de  $a_0$  en función del contenido de Pb radiogénico o sea el originado en el proceso de desintegración radiactiva, dada la diferencia entre su radio iónico (0.84 Å) y el del uranio, al cual sustituye en la estructura. Esto ha sido utilizado por Wasserstein (11) como un medio para efectuar el cálculo de la edad geológica de estos minerales.

La cantidad de O y HO presente en la estructura, es nada más que una consecuencia del grado de alteración del mineral, dado que al producirse el pasaje de  $U^{4+}$  a  $U^{6+}$  debe haber una compensación de valencia.

El bombardeo radiactivo puede ocasionar la destrucción parcial o total de la estructura cristalina, llegándose en esos casos al estado metamético en el que la sustancia actúa como si fuera amorfa ante la difracción de rayos-X.

Finalmente, debe destacarse, que Croft (6) señala que el ensanchamiento observable en las líneas del espaciado de algunas uraninitas, se debe al reducido tamaño de los cristales y a desórdenes de la estructura. En pechblendas el ensanchamiento de las líneas es atribuido en general a desorden y ocasionalmente al tamaño redu-

cido de los cristales. En uraninitas, donde este efecto no puede atribuirse al tamaño, se cree que es debido a la distribución de celdas elementales de tamaños variados.

*Cálculo de las celdas elementales.*

Todas las determinaciones se han efectuado utilizando el método de Debye Scherrer y efectuando los diagramas en cámaras de polvo de 114,6 y 57,3 mm, con radiación de cobre y filtro de níquel.

Para el cálculo de las celdas elementales se utilizó el método de Straumanis (10), empleando solamente las líneas del "back reflection". Si bien los métodos para el cálculo de  $a_0$ , propuestos por Bradley y Jay y Nelson y Riley, son más exactos que el utilizado, no resultaban prácticos en este caso dadas las características y dificultades presentes en los diagramas obtenidos sobre uraninitas.

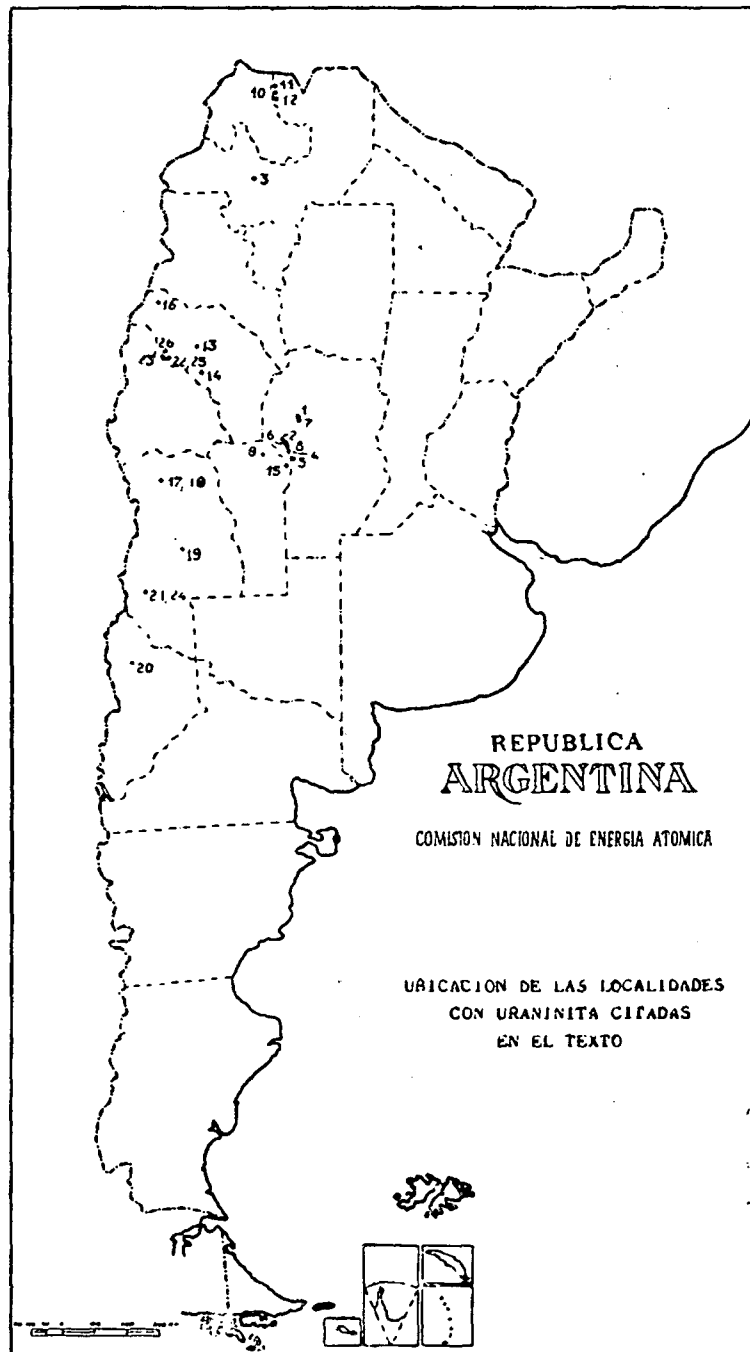
En este aspecto se puede citar la difusión y el ensanchamiento de las líneas debido, en especial, a la alta absorción de este mineral por lo que, y dado que estas determinaciones se consideran como preliminares, se decidió la utilización del método citado primeramente que, por otra parte, se considera suficiente a los fines perseguidos con este trabajo.

De cada uno de los minerales estudiados se han tomado 3 ó 4 diagramas, seleccionando los mejores y leyéndolos con diferentes medios. En todos los casos se han obtenido dos resultados por lo menos, los que fueron concordantes dentro del margen de error aceptado para este trabajo el cual es de  $\pm 0.005 \text{ \AA}$ .

Se ha encarado la repetición de estas determinaciones siguiendo el método propuesto por Croft (6), las que se darán a conocer en un trabajo futuro.

En el cuadro N<sup>o</sup> 1 se indican las celdas elementales agrupadas en minerales provenientes de pegmatitas, vetas y sedimentos, ordenadas en cada grupo por su tamaño decreciente. Asimismo, se indica el contenido de  $\text{ThO}_2$  y la relación  $\text{U}^{6+}/\text{U}_{\text{total}}$  obtenida de los análisis químicos realizados sobre algunas de las muestras (8,9).

Siendo este un trabajo de índole preliminar, es factible que algunos de los resultados en él ofrecidos, puedan ser modificados levemente, en más o en menos, al afinar los métodos de corrección de errores sistemáticos.



CUADRO N° 1

*Celdas elementales de uraninitas argentinas*

Localidad	a <sub>0</sub> A°	ThO <sub>2</sub> %	U <sup>6</sup> /U <sub>tot</sub> %	Met. Cohen
<b>a — PEGMATITAS</b>				
1. Cerro Blanco, Tanti, Córdoba	5,462			
2. Las Tapias, San Javier, Córdoba	5,461	7,50	78,40	U
3. San Miguel Abad, Cachi, Salta	5,461			U
4. Cerro Blanco, Los Guardias, Córdoba	5,458			U
5. Angel, San Javier, Córdoba	5,449			U
6. Cerro Blanco, Quebrada del Tigre, Córdoba	5,447	0,51	39,55	U
7. El Criollo, Tanti, Córdoba	5,438			U
8. La Elsa, San Javier, Córdoba	5,435	0,15	72,80	U
9. Santa Ana, Pringles, San Luis (*)	5,431	0,10	67,60	U
<b>b — VETAS</b>				
10. La Niquelina, Santa Victoria, Salta	5,435	—	30,90	
11. Quebrada Quirusillal, S. Victoria, Salta	5,432			P
12. La Esperanza, Iruya, Salta	5,429			
13. San Victorio, Sañogasta, La Rioja	5,413	0,03	72,75	P
14. San Roque, Independencia, La Rioja	5,411			P
15. La Estela, Villa Larca, San Luis	5,407	0,01	67,80	P
16. San Santiago, Jagüé, La Rioja (*)	5,403	—	25,90	P
17. Soberanía, General Las Heras, Mendoza	5,403			
18. Papagayos, General Las Heras, Mendoza	5,403			
19. Los Chañares, San Rafael, Mendoza	5,395			P
<b>c — SEDIMENTOS</b>				
20. La Primera, Rahue-có, Neuquén	5,425			
21. Huemul, Malargüe, Mendoza	5,414	—	65,65	
22. El Ingenio, Guandacol, La Rioja	5,413			
23. Sonia, Guandacol, La Rioja	5,407	—	60,75	P
24. Agua Botada, Malargüe, Mendoza	5,403			
25. El Pedregal, Guandacol, La Rioja	5,396			
26. La Marthita, Guandacol, La Rioja	5,394	—	52,30	P
(*) Según Gordillo, Linares y Poljak (8)				

## III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

A continuación se analizan en breve reseña, los resultados obtenidos.

a) *Minerales procedentes de pegmatitas*

Se han estudiado, en total, nueve muestras provenientes de depósitos pegmatíticos. El tamaño de  $a_0$  oscila entre 5.462 y 5.431 Å, lo que se halla de acuerdo con los resultados consignados en la literatura.

Es de destacar que los valores de  $a_0$  se encuentran entre los mayores de todos los calculados, situación concordante con la expuesta por Berman (2). Además, debe destacarse que las uraninitas cuya celda elemental es de parámetro menor son, por lo general, las que presentan un mayor grado de alteración, demostrada por la relación  $U^{6+}/U_{total}$  resultante de los análisis químicos efectuados sobre varias de las muestras. Al mismo tiempo, los especímenes pertenecientes a Cerro Blanco (Tanti), Cerro Blanco (Los Guardias), Angel y Cerro Blanco (Qda. del Tigre), con  $a_0 = 5,462, 5,458, 5,449$  y  $5,447$  Å respectivamente, son los que presentan menor alteración a la observación visual y de allí su tamaño mayor.

En la muestra de Las Tapias (5,461 Å) si bien la relación  $U^{6+}/U_{total}$  es muy elevada, por lo que haría factible un menor tamaño de  $a_0$ , ello no sucede dado que la misma posee el mayor contenido de  $ThO_2$  de todas las analizadas (7,50 %  $ThO_2$ ).

Las restantes muestras con valores de  $a_0$  menores: El Criollo, La Elsa y Santa Ana (5,438, 5,435 y 5,431 Å respectivamente), son las que presentan una mayor alteración.

Del análisis crítico de las líneas de difracción, se tiene que en aquellas uraninitas de  $a_0$  grande son finas, nítidas y con poca difusión en la zona del "back reflection", mientras que en los restantes casos, si bien las líneas son finas y nítidas se tornan más difusas a medida que disminuye el espacio hasta ser casi indeterminables. (Ver foto N° 1, A y B).

b) *Minerales provenientes de depósitos vetiformes.*

En este caso el tamaño de  $a_0$  oscila entre 5,395 Å y 5,435 Å, siendo estos valores muy variables, pero siempre menores que los

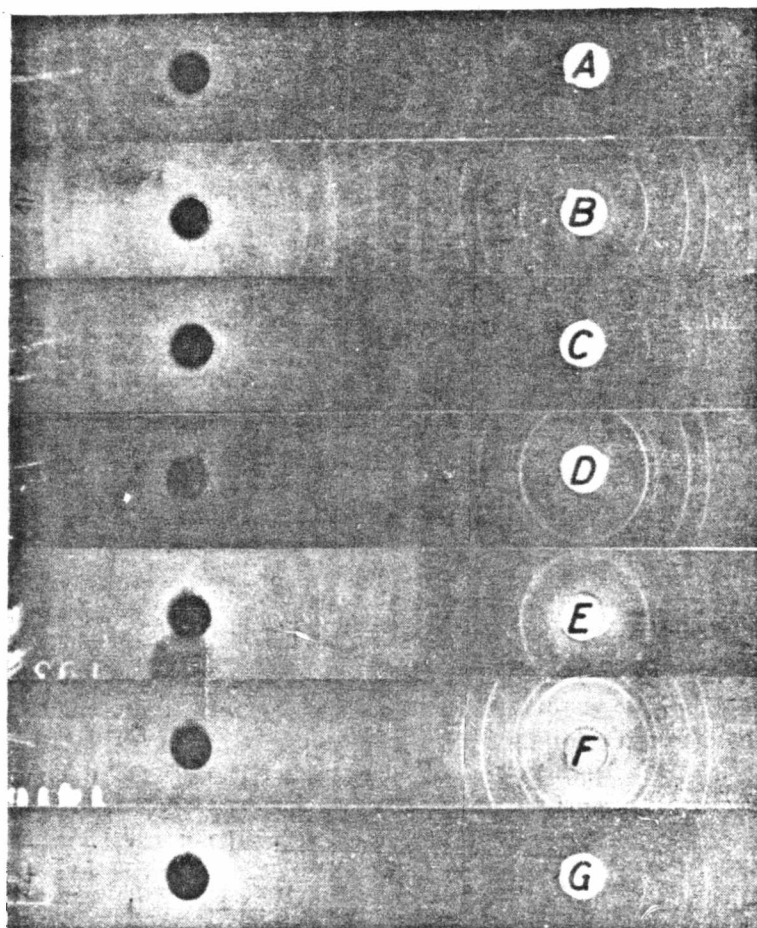


FOTO N° 1 — Espaciados de algunas uraninitas.

- A. Cerro Blanco, Los Guardias, Córdoba. (pegmatita)
- B. Cerro Blanco, Tanti, Córdoba. (pegmatita)
- C. Qda. Quirusillal, Santa Victoria, Salta. (veta)
- D. La Esperanza, Iruya, Salta. (veta).
- E. Bella Vista, Papagallos, San Luis. (veta)
- F. La Primera, Rahue-có, Neuquén. (sedimento)
- G. Sonia, Guandacol, La Rioja. (sedimento)

Obsérvese que los espacios de uraninitas de pegmatitas (A y B) presentan las líneas nítidas y finas. Para las muestras de depósitos vetiformes, en la correspondiente a Qda. Quirusillal (C), las líneas son nítidas y finas, mientras que las dos restantes aparecen muy anchas. Finalmente, para las uraninitas de depósitos en sedimentos, en el caso de Sonia (G) las líneas son nítidas y finas (debido a su forma masiva de presentarse) en tanto que en la correspondiente a La Primera (F) se observan líneas anchas, lo cual se atribuye al tamaño pequeño de los cristales individuales.

obtenidos para las uraninitas de pegmatitas, pero también mayores, en general, que las provenientes de depósitos en sedimentos.

Además, se observa que las celdas de uraninitas de yacimientos del mismo origen geológico y de ubicación cercana, son virtualmente las mismas, como en los casos de los depósitos La Niquelina, Qda. Quirusillal y La Esperanza en Salta y de Soberanía y Papagayos en Mendoza.

En general, los diagramas dan líneas nítidas pero más anchas que en los casos de uraninitas de pegmatitas, notándose al mismo tiempo, que el ancho de las líneas del espaciado aumenta a medida que disminuye el tamaño de los cristales individuales de uraninita (Ver foto N° 1, C, D y E), como puede observarse en el diagrama del mineral de Bella Vista (foto N° 1, E), donde el tamaño pequeño de los cristales se ha verificado por medio de la observación microscópica.

c) *Minerales procedentes de depósitos en areniscas y conglomerados.*

De las siete muestras estudiadas, el valor de  $a_0$  no sobrepasa en ningún caso el valor de  $5,425 \text{ \AA}$  obtenido para el mineral procedente del yacimiento La Primera, Rahue-có, Neuquén. En los demás casos, los valores de  $a_0$  oscilan entre  $5,414$  y  $5,394 \text{ \AA}$ , lo que concuerda con los obtenidos por otros autores para muestras provenientes de depósitos similares.

Con respecto a algunas de estas muestras debe señalarse, como un hecho interesante, que las uraninitas de los yacimientos del área de Guandacol, en la Provincia de La Rioja, presentan un alto contenido de  $\text{ZrO}_2$ , siendo ellas las que presentan una celda elemental menor (La Marthita, El Pedregal, Sonia y El Ingenio). Los estudios efectuados sobre esas muestras (9), parecen indicar que el circonio no se halla como zircón, sino en solución sólida y dentro de la estructura de la uraninita.

En general, el estudio de las líneas de los diagramas permite asegurar que los cristales que constituyen estos minerales, son de dimensiones muy pequeñas, dado que aquellas son nítidas pero anchas, presentando además, las correspondientes al "back reflection" difusas. Esto se halla en concordancia con la forma de presentación de los minerales de algunos de estos depósitos. Así, en las muestras

provenientes de Huemul, Agua Botada y La Primera, la uraninita aparece bajo la forma de esferulitas de un diámetro no mayor de 5 micrones, lo que se ha podido determinar por medio de observaciones microscópicas (Ver foto N° 1, F y G).

#### IV. MÉTODO DE COHEN.

Cohen (5), ha propuesto un criterio para la diferenciación entre uraninitas y pechblendas en base al tamaño de los individuos constituyentes del agregado cristalino.

Para ello expone a la acción de los rayos-X (radiación blanca) una pequeña astilla estacionaria del mineral en estudio, utilizando una cámara de polvo de 57,3 mm. Si el mineral está constituido por cristales mayores de  $10^{-5}$  cm, se tendrá un diagrama tipo de Laue, mientras que en el caso de pechblenda, siendo sus cristales menores que el tamaño indicado, se tendrán arcos continuos de Debye Scherrer.

Este criterio está, en parte, restringido en el primer caso, por el grado de alteración y en el segundo por la posible orientación preferencial de los individuos constituyentes del agregado cristalino (5,8).

Los resultados obtenidos en los minerales estudiados, han demostrado que los provenientes de yacimientos pegmatíticos dan diagramas de Laue, mientras que los procedentes de depósitos vetiformes y en areniscas dan diagramas de Debye Scherrer, lo cual las identifica como pechblenda (Ver foto N° 2, A, B, C y D).

En el cuadro N° 1 se señala con U y P los resultados mencionados, reservando la letra U para los que dieron diagrama de Laue (uraninitas s.s.) y la letra P para pechblendas.

Queda por añadir que las muestras no investigadas de este modo y pertenecientes a depósitos vetiformes y en sedimentos, dado su origen geológico y modo de presentarse, pueden considerarse como pertenecientes a la variedad pechblenda.

#### V. CONCLUSIONES.

Se midieron los parámetros  $a_0$  de las celdas elementales de 26 uraninitas provenientes de distintas localidades argentinas. Además, se empleó el método indicado por Cohen para diferenciar uraninitas (s.s.) de la variedad pechblenda.

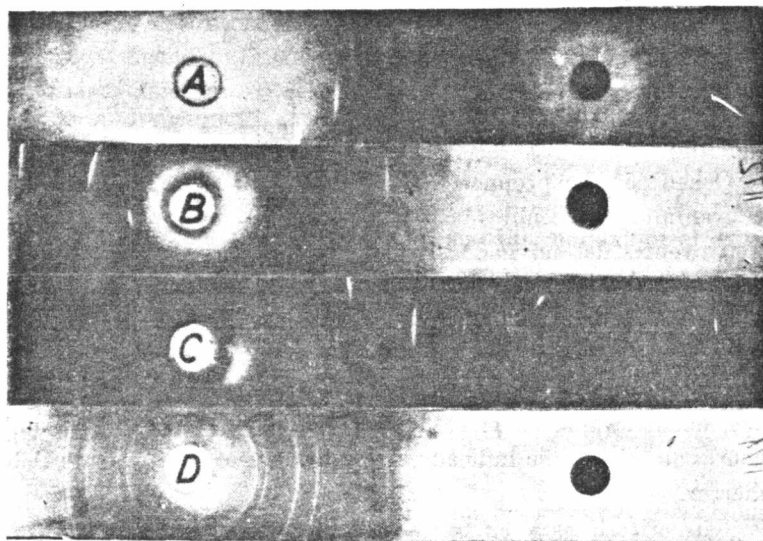


FIG. 2. — Método de Cohen. Diagramas tipo Laue (Uraninitas, s.s.). A. Cerro Blanco, Qda. del Tigre, Córdoba; B. Las Tapias, San Javier, Córdoba; C. Angel, San Javier, Córdoba. Diagrama tipo Debye-Scherrer (Pechblenda). D. La Marthita, Guandacol, La Rioja.

Todo ello permitió destacar el hecho de que aquellas provenientes de yacimientos pegmatíticos presentan un parámetro grande, acercándose al máximo dado para este mineral, tratándose, en todos los casos de uraninita (s.s.). En cambio, las provenientes de depósitos en sedimentos tienden hacia el mínimo en el tamaño de  $a_0$ , permaneciendo las depositadas en forma de veta con valores intermedios. Estas dos últimas formas de yacer, evidencian un tamaño de los individuos del agregado cristalino menor de  $10^{-3}$  cm, lo que las individualiza como pertenecientes a la variedad pechblenda.

Las muestras que actúan divergentemente con los resultados normales obtenidos, presentan un mayor grado de alteración (relación  $U^{4+}/U_{total}$ ) que puede ser atenuado o anulado y aún sobrepasado en su influencia sobre el valor de  $a_0$ , por la presencia de Th en la estructura. (Ver cuadro N° 1).

APENDICE — Espaciados comparados de diferentes tipos de uraninita

hkl	I	UO <sub>2</sub> sintético con: a <sub>0</sub> = 5.466 Å° según Frondel (7)		El Ingenio, Guandacol La Rioja		La Primera, Rahue-có Neuquén		La Esperanza, Iruya Salta		Qda. Quirusillal, Santa Victoria — Salta		El Criollo, Tanti Córdoba		Las Tapias, San Javier Córdoba		Cerro Blanco, Tanti Córdoba	
		d Å°	d Å°	d Å°	d Å°	d Å°	d Å°	d Å°	d Å°	d Å°	d Å°	d Å°	d Å°	d Å°	d Å°	d Å°	d Å°
111	10	3.14	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.11	3.11	3.11	3.13	3.14	
002	5	2.73	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.71	2.70	2.70	2.71	2.73	
022	8	1.926	1.908	1.908	1.902	1.908	1.908	1.914	1.902	1.908	1.908	1.914	1.914	1.914	1.918	1.926	
113	9	1.645	1.625	1.626	1.628	1.634	1.625	1.636	1.628	1.626	1.634	1.636	1.636	1.636	1.639	1.645	
222	4	1.574	1.558	1.552	1.553	1.565	1.558	1.565	1.553	1.552	1.565	1.568	1.565	1.565	1.564	1.574	
004	3	1.365	1.348	1.347	1.348	1.357	1.348	1.357	1.348	1.347	1.352	1.352	1.357	1.357	1.352	1.365	
133	6	1.251	1.238	1.238	1.236	1.243	1.238	1.243	1.236	1.238	1.241	1.241	1.243	1.243	1.246	1.251	
024	6	1.220	1.206	1.209	1.203	1.209	1.206	1.209	1.203	1.209	1.209	1.209	1.209	1.209	1.211	1.220	
224	6	1.115	1.103	1.101	1.101	1.104	1.103	1.107	1.101	1.101	1.107	1.107	1.104	1.104	1.114	1.115	
333,115	7	1.051	1.045	1.043	1.043	1.046	1.045	1.045	1.043	1.043	1.043	1.045	1.046	1.046	1.051	1.051	
044	4	0.966	0.960	0.960	0.958	0.965	0.960	0.965	0.958	0.960	0.963	0.963	0.965	0.965	0.965	0.966	
135	7	0.924	0.917	0.917	0.917	0.923	0.917	0.923	0.917	0.917	0.918	0.918	0.923	0.923	0.924	0.924	
006	5	0.911	0.902	0.905	0.903	0.910	0.905	0.910	0.903	0.905	0.905	0.905	0.910	0.910	0.912	0.911	
026	6	0.864	0.860	0.860	0.859	0.865	0.860	0.865	0.859	0.860	0.859	0.859	0.865	0.865	0.864	0.864	
335	5	0.833	0.830	0.830	0.829	0.833	0.830	0.833	0.829	0.830	0.830	0.830	0.833	0.833	0.833	0.833	
226	5	0.824	0.819	0.819	0.819	0.824	0.819	0.824	0.819	0.819	0.819	0.822	0.824	0.824	0.824	0.824	

## BIBLIOGRAFIA

- (1) AZÁROFF, L. V. y BUERGER, M. J. "The powder method in X-ray crystallography", 1958, New York, Mc Graw Hill.
- (2) BERMAN, E. R. "Unit cells dimensions of uraninites", *Am. Mineralogist*, 1955, XL, 9-10, 925-927.
- (3) BROOKER, E. J. y NUFFIELD, E. W. "Studies of radioactive compounds: IV. Pitchblende from Lake Athabaska, Canada", *Am. Miner.*, 1952, XXXVII, 5-6, 363-385.
- (4) BUERGER, M. J. "X-Ray Crystallography", 1949, New York, John Wiley & Sons.
- (5) COHEN, W. "A note on pitchblende and uraninite", U. S. Atomic Energy Commission, 1953, RME-3046.
- (6) CROFT, W. J. "An X-Ray line study of uraninite", U. S. Atomic Energy Comm., Annual Reports RME 3096, Pt. 2, 1954.
- (7) FRONDEL, C. "Systematic Mineralogy of Uranium and Thorium", U. S. Geol. Surv., 1958, Bulletin 1064.
- (8) GORDILLO, C. E., LINARES, E. y POLJAK, R. J. "Contribución al conocimiento de algunas uraninitas y pechblendas de la República Argentina", C.N.E.A., 1957, Serie Geológica I, 1.
- (9) GORDILLO, C. E., LINARES, E. y POLJAK, R. J. "Pechblendas con alto contenido de circonio, de Guandacol, La Rioja", C. N. E. A., 1959, Informe 21.
- (10) KLUG, H. P. y ALEXANDER, L. E. "X-Ray Diffraction Procedures for Polycrystalline and Amorphous materials", 1954, New York, John Wiley & Sons.
- (11) WASSERSTEIN, B. "Cube-edges of uraninite as a criterion of age", *Nature*, 1951, v. 166, p. 380.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA el haber permitido la realización de este trabajo, al Ingeniero Ernesto Galloni por sus valiosas sugerencias y a los integrantes del Laboratorio de Investigaciones que, de una u otra manera, han prestado su colaboración.