

CLASIFICACION GENETICA PRELIMINAR DE LAS MANIFESTACIONES URANIFERAS EN COLOMBIA

JOHN PFEIFFER MOLANO y ALFONSO CORTES URAZAN¹

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN.....	185
ABSTRACT.....	186
1. INTRODUCCION.....	186
2. INSTRUMENTOS Y TECNICAS.....	186
3. BASE DE LA CLASIFICACION GENETICA.....	187
4. MANIFESTACIONES EN GRANITOS Y PEGMATITAS.....	187
4.1. GENESIS.....	189
5. MANIFESTACIONES EFUSIVAS-SEDIMENTARIAS.....	189
5.1. GENESIS.....	189
6. MANIFESTACIONES DE SHALES, LUTITAS, FOSFATOS.....	190
6.1. GENESIS.....	190
7. MANIFESTACIONES SEDIMENTARIAS METAMORFICAS.....	192
7.1. GENESIS.....	192
8. MANIFESTACIONES EN ARENISCAS.....	192
8.1. AREA DE ZAPATOCA.....	192
8.1.1. GENESIS.....	192
8.2. AREA DE QUETAME.....	194
8.2.1. GENESIS.....	194
8.3. TERCARIO.....	194
8.3.1. GENESIS.....	196
9. CONCLUSIONES.....	196
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	197

RESUMEN

Se determinan las más importantes manifestaciones uraníferas en el país, haciendo algunas consideraciones sobre las mismas, agrupándolas según el tipo de roca huésped.

La clasificación no es definitiva, por cuanto se presentan dificultades de interpretación y las investigaciones efectuadas no son suficientes.

Basados en un diagrama simplificado de origen y procesos dominantes en la formación de depósitos de Uranio (RUSICKA V., 1975), las manifestaciones conocidas se clasifican en: 1) Granitos y Pegmatitas; 2) Efusivas-Sedimentarias; 3) Shales, Lutitas y Fosfatos; 4) Sedimentarias-Metamórficas y, 5) Areniscas.

Hasta el momento no se han determinado resultados definitivos sobre depósitos económicamente explotables.

ABSTRACT

The most important Uranium manifestations in the country, were determined after making certain considerations, classifying then according to the host rock.

A tentative classification was done, without pretending to be definitive because of difficulties in interpretation and uncompleted research.

On the basis of a simplified diagram (RUSICKA V., 1975), the manifestations known are classified according to the original dominant processes as follows: 1) Granite and Pegmatites; 2) Efusive - Sedimentary; 3) Shale, Lutite, Phosphate; 4) Sedimentary-Metamorphic; 5) Sandstone.

Economically exploitable deposits have not been determined up to now.

1. INTRODUCCION

La finalidad que se persigue con este trabajo es presentar un panorama acerca de la distribución y características de las manifestaciones uraníferas. La clasificación que se hace, se debe admitir como preliminar y debe ser reexaminada. Nuevos datos geológicos, además de la información que se obtenga con perforaciones (evaluación de indicios), pueden definir un criterio genético real.

La diversidad de génesis de las manifestaciones, refleja las propiedades del Uranio radio iónico, polivalencia, solubilidad y estabilidad de compuestos uranosos, bajo condiciones reductoras. La precipitación puede ocurrir de varias maneras, pero su asociación con materia orgánica y sulfuros es determinante.

De acuerdo a la relación roca-proceso de formación, el origen de la mineralización es singenético o epigenético siendo de vital importancia los fenómenos de alteración y lixiviación de un potencial que puede ser liberado por obtener posteriormente una concentración.

2. INSTRUMENTOS Y TECNICAS

Los principales instrumentos utilizados actualmente para la prospección de Uranio son los centilímetros SPP 2 y GIS 4 (Integrating Gamma-Ray Spectrometer).

Ambos tipos de centelladores consisten esencialmente en un cristal (de yoduro de sodio activado por Talio como agente fosforescente), que centellea cuando recibe radiación gamma; los centelleos se registran por medio de un tubo fotomultiplicador electrónico.

El GIS 4, discrimina radiaciones de K, U, Th. Las técnicas de campo están basadas en la medida de radiaciones gamma y las medidas son esencialmente cualitativas.

La metodología utilizada consiste en un levantamiento geológico-radimétrico que incluye: a) Información radimétrica de los diferentes tipos de rocas, conociendo también el fondo radimétrico para cada formación. b) Información geológica referente a tipo de roca (características, composición, estructuras, etc.), edad y tectónica regional. c) Determinación y clasificación por orden de importancia, dentro del contexto geológico, de las diferentes anomalías.

3. BASE DE LA CLASIFICACION GENETICA

La Figura 1, muestra el diagrama utilizado para tratar de clasificar las manifestaciones conocidas en Colombia, dando lugar a tipos básicos de posibles depósitos de Uranio.

De acuerdo a la relación roca-proceso formativo de la mineralización, se pueden tener 2 tipos de procesos: singenético y epigenético, según que la concentración ocurra contemporáneamente o no con el proceso de formación de la roca huésped.

La continuidad de los procesos formativos de la mineralización se muestra en la Figura 1 como procesos formativos I y II de la mineralización; estas combinaciones dan lugar a los diferentes tipos de depósitos posibles de Uranio, que se localizan en la última columna.

4. MANIFESTACIONES EN GRANITOS Y PEGMATITAS

Este tipo, incluye además filones de diversa composición, localizados principalmente en rocas alcalinas de la Cordillera Oriental.

En California (N. de Santander), se presenta dentro de filones, con rumbos predominantes NE-SW, en rocas de edad triásica (?), de composición granítica-tonalítica; dichos filones contienen Uraninita, Cofinita, además de mineralizaciones de Au, Ag, Zn, Cu, Pb, Ca. El fondo radimétrico areal varía entre 100 y 300 c/s, existiendo anomalías entre 2.000 y 15.000 c/s. Los tenores de tales anomalías varían de 1.000 a 8.000 ppm de U_3O_8 . Tenores conocidos en la mina de California son del orden de 0,2% de U_3O_8 .

En La Playa (Norte de Santander), se encuentra dentro de diques pegmatíticos Permo-Triásicos con mineralización de Autunita. El fondo radimétrico varía entre 80 y 100 c/s; existen 19 anomalías en el sector de La Playa entre 500 y 4.000 c/s. Análisis químicos de una muestra de 4.000 c/s dió 3.900 ppm de U_3O_8 y tenor equivalente en Torio.

En Ocaña y Convención (Norte de Santander), hay manifestaciones asociadas a granitos, microgranitos, dioritas, riolitas y pegmatitas Permo-triásicas; el background es 150-200 c/s y las anomalías varían de 1.000 a 5.000 c/s. Los resultados anteriores fueron obtenidos para la región de Convención y Ocaña, así: Granito porfirítico, 200 c/s, 6 ppm; Riolita clara, 125 c/s, 28 ppm; Granito porfirítico, 2.500 c/s, 484 ppm; Pegmatita, 300 c/s, 5,2 ppm.

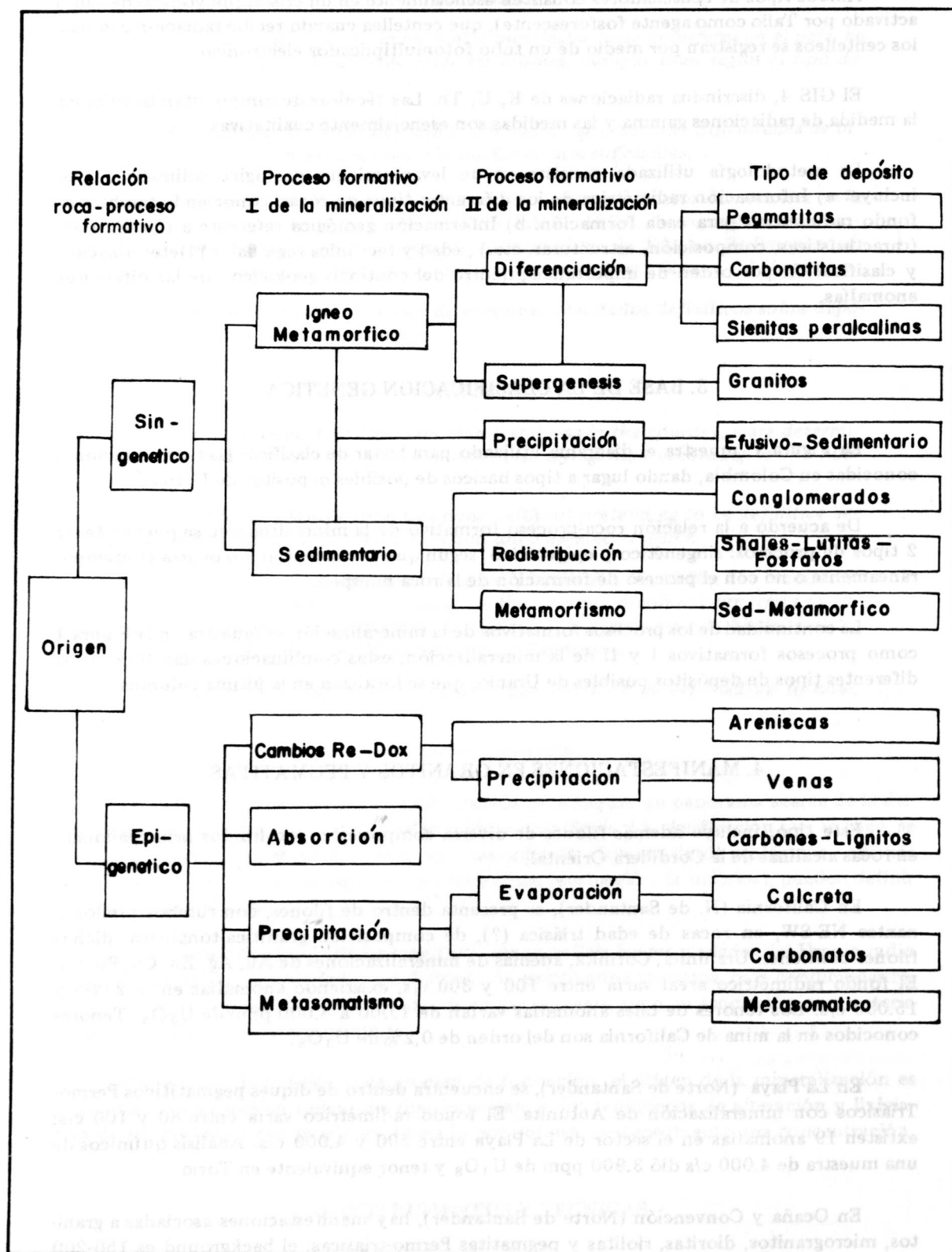


FIG. 1: Tipos genéticos de depósitos de uranio. (Modificado de RUSICKA, 1975).

En el Macizo de Garzón (Huila) se presentan manifestaciones asociadas a pegmatitas, granitos y migmatitas de edad precámbrica (?) Predevoniano. Anomalías primordialmente toríferas; background 70-100 c/s y variación de las anomalías de 300 a 2.000 c/s; tenor de 6,5 a 110 ppm de U_3O_8 y 2.100 ppm de Torio.

En la Sierra Nevada de Santa Marta, se encuentran pegmatitas Permo-triásicas y jurásicas. Radiactividad, 150-350 c/s, sin tenores de U_3O_8 conocidos.

En los batolitos de Ibagué, Sonsón y Antioquia, se encuentran diques pegmatíticos en rocas cuarzodioríticas Jura-triásicas. Fondo radimétrico de 60-150 c/s y las anomalías varían de 200 a 2.000 c/s, con tenores de 0,5 a 70 ppm de U_3O_8 .

4.1. GENESIS

La concentración de Uranio del clan granito, proviene fundamentalmente de soluciones residuales originarias de las últimas fases de diferenciación ricas en sílice y alcalis.

Fluidos ricos en Uranio se precipitan en diques y filones de pegmatitas, o permiten que se distribuya al migrar en soluciones hidrotermales. Estas manifestaciones son el resultado de la cristalización residual de magmas fundidos, a partir de los cuales se deposita el Uranio como constituyente menor de minerales accesorios de génesis hidrotermal; apoya este origen la presencia de sulfuros metálicos típicos de yacimientos hidrotermales (California).

Prueba de que se han producido movimientos de soluciones mineralizantes, son diques y filones de cuarzo y sulfuros metálicos que se localizan a lo largo de fracturas, que coinciden con la dirección predominante del cuerpo granítico. El proceso puede ser el siguiente:

Fase I. Emplazamiento de un complejo magmático ácido.

Fase II. Enriquecimiento posterior representado por fase tectónico-magmática, dando lugar a concentraciones intra y perigraníticas, además de formación de diques y filones mineralizados.

La mineralización diseminada en magmas de fases tardías muestra que el Uranio sería de formación singenética, que se localiza en filones cuando condiciones estructurales lo permiten.

5. MANIFESTACIONES EFUSIVAS SEDIMENTARIAS

La fase magmática del Triásico superior - Jurásico dió lugar a una actividad volcánica, con una acumulación de tobas, riolitas, dacitas, aglomerados, areniscas arcósicas y arcillas rojas, que corresponden a la Formación Post-Payandé, a la cual se asignan las manifestaciones. Las anomalías localizadas son puntuales; el fondo radimétrico areal varía entre 80 y 120 c/s, con anomalías de 300 - 400 c/s, dando un tenor de 12-28 ppm de U_3O_8 y 4-8 ppm en Torio.

5.1. GENESIS

Aguas circulantes puede haber disuelto el Uranio (proceso de precipitación tardío) de las tobas, durante una etapa de la historia geológica, arrastrándolo y poniéndolo en contacto con sedimentos. El Uranio procede de concentraciones dispersas en tobas y areniscas arcósicas. Es un proceso singenético en rocas volcánicas-sedimentarias.

6. MANIFESTACIONES EN SHALES, LUTITAS Y FOSFATOS

Fueron localizadas varias manifestaciones asociadas a sedimentos argiláceos, bituminosos y fosfáticos del Cretáceo (Huila, Tolima, Caldas, Antioquia, Santander, Norte de Santander y Boyacá).

La manifestación más conocida se localiza en rocas sedimentarias del Cretáceo medio, en el corregimiento de Berlín (Caldas), donde el Uranio aparece en forma de Grandalita (?) o de Fluorapatita (?), carbonatado en niveles fosfáticos arenosos y lutíticos negros con algunos niveles de chert; el fondo radimétrico varía de 90 a 100 c/s y los niveles anómalos varían en radiactividad de 750 a 13.000 c/s. Las relaciones $U_3O_8 - P_2O_5$ no han sido determinadas, lo mismo que la continuidad de los niveles anómalos, aunque los tenores varían de 122 a 4.190 ppm de U_3O_8 . (Fig. 2).

En el Cretáceo superior de Tolima y Huila se localizan cerca de 40 anomalías asociadas a fosfatos, con un background de 50-80 c/s y la radiactividad de las anomalías es de 300-3.800 c/s; los análisis químicos dan 12-460 ppm de U_3O_8 y un tenor promedio de 2 a 14% de P_2O_5 .

Las lutitas negras de la Formación Villeta (Cretáceo inferior), dan valores anómalos de 1.200 c/s sobre un fondo radimétrico de 120 c/s mostrando alguna continuidad; los análisis químicos no se conocen aún.

La Formación La Luna (Cretáceo superior), da resultados anómalos de 500 a 1.100 c/s y un background de 120 c/s y análisis químicos entre 100 y 200 ppm de U_3O_8 asociado con P_2O_5 , sin una relación definida. La potencia media de los niveles anómalos es de 0,20 - 1,20 m.

6.1. GENESIS

En cuanto a los procesos que dieron origen a las mineralizaciones, se esbozan las siguientes fases:

Fase I. Deposición de los sedimentos portadores de fosfato.

Fase II. a) Absorción de Uranio (del agua de mar) por las partículas de fosfatos.

b) En una etapa tardía (mismo ciclo) se produce concentración de mineralización por filtración de aguas subterráneas, que aprovechan zonas más porosas y permeables de los sedimentos.

c) El material bituminoso previamente depositado, actúa como agente de concentración.

Fase III. Puede corresponder a fenómenos de lixiviación y redeposición (enriquecimiento secundario).

Se tiene una depositación apreciable de Uranio cuando el pH y el eH se encuentran dentro de límites reducidos, además de otros factores como período de exposición de granos fosfáticos, permeabilidad, cantidad de Uranio de soluciones originarias, que explicarían la variación del tenor de U_3O_8 ; el Uranio es de origen singenético con una posterior redistribución.

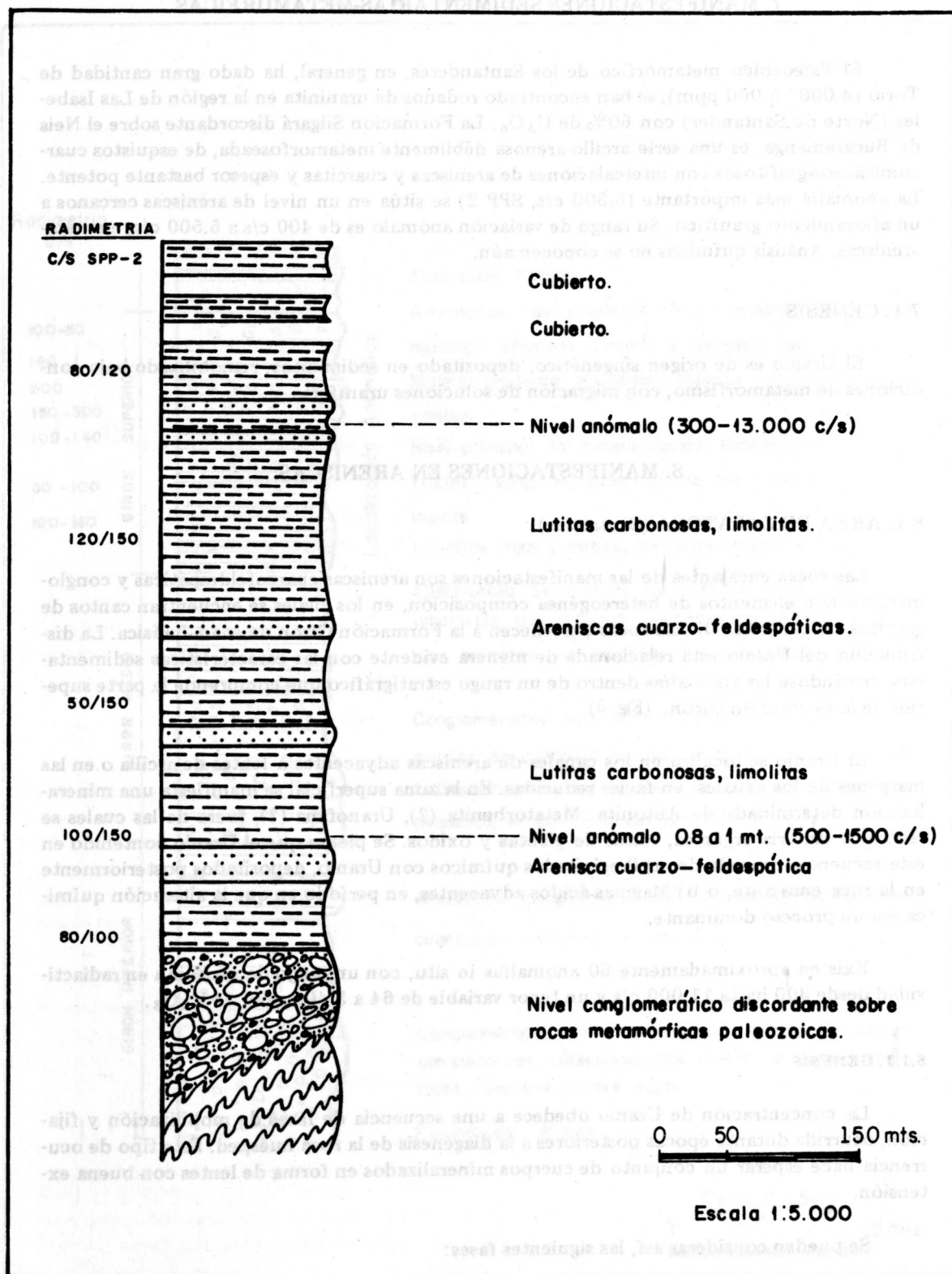


FIG. 2: Columna generalizada del Cretáceo - Zona Berlín.

7. MANIFESTACIONES SEDIMENTARIAS-METAMORFICAS

El Paleozoico metamórfico de los Santanderes, en general, ha dado gran cantidad de Torio (4.000 - 5.000 ppm); se han encontrado rodados de uraninita en la región de Las Isabellas (Norte de Santander) con 60% de U_3O_8 . La Formación Silgará discordante sobre el Neis de Bucaramanga, es una serie arcillo-arenosa débilmente metamorfoseada, de esquistos cuarzomícáceos grafitosos con intercalaciones de areniscas y cuarcitas y espesor bastante potente. La anomalía más importante (5.500 c/s, SPP 2) se sitúa en un nivel de areniscas cercanos a un afloramiento granítico. Su rango de variación anómalo es de 400 c/s a 5.500 c/s, en metaareniscas. Análisis químicos no se conocen aún.

7.1. GENESIS

El Uranio es de origen singenético, depositado en sedimentos, remobilizado bajo condiciones de metamorfismo, con migración de soluciones uraníferas.

8. MANIFESTACIONES EN ARENISCAS

8.1. AREA DE ZAPATOCA (Santander)

Las rocas encajantes de las manifestaciones son areniscas cuarzofeldespáticas y conglomerados con elementos de heterogénea composición, en los cuales se encuentran cantos de granitos hercinianos. Dichas rocas pertenecen a la Formación Girón de edad Jurásica. La distribución del Uranio está relacionada de manera evidente con las características sedimentarias, situándose las anomalías dentro de un rango estratigráfico que comprende la parte superior de la Formación Girón. (Fig. 3).

El Uranio se localiza en los canales de areniscas adyacentes a lentes de arcilla o en las márgenes de los canales, en facies reducidas. En la zona superficial se manifiesta una mineralización determinada de Autonita, Metatorbenita (?), Uranofana (?), fuera de las cuales se reconoce materia orgánica, restos de plantas y óxidos. Se piensa que el Uranio contenido en esta secuencia procede de: a) Precipitados químicos con Uranio, depositados posteriormente en la roca encajante, o b) Magmas ácidos adyacentes, en período en que la alteración química era un proceso dominante.

Existen aproximadamente 60 anomalías in situ, con un rango de variación en radiactividad desde 300 hasta 11.000 c/s y un tenor variable de 64 a 3.400 ppm de U_3O_8 .

8.1.1. GENESIS

La concentración de Uranio obedece a una secuencia de fases de movilización y fijación, ocurrida durante épocas posteriores a la diagénesis de la roca huésped. Este tipo de ocurrencia hace esperar un conjunto de cuerpos mineralizados en forma de lentes con buena extensión.

Se pueden considerar así, las siguientes fases:

Fase I. Depositación de la Formación Girón (Jurásico), caracterizada por una secuencia de areniscas gruesas en la base y gradación a clastos finos hacia el tope. (Fig. 3).

Radimetria
c/s

100-60

140

200

150-300

100-140

50-100

100-180

SUPERIOR

GIRON

GIRON MEDIO

GIRON INFERIOR

Localización Anomalías

Formación Tambor

Alternancia de areniscas finas a medias grises con manchas oxidadas, limolita y arcillas rojas micaceas. Materia orgánica abundante, algunos niveles conglomeráticos

Nivel principal de mineralización representada por — facies reaucidas, suceptible de desarrollarse lateralmente

Limolitas rojas y verdes, areniscas arcocicas grises

Alternancia de bancos de arenas finas, grises amarillas con algunos elementos arcillosos y bancos menores de limolitas y de arcillas grises.

Conglomerados con matriz feldespatica amarilla, con cantos de cuarzo, limolitas, alternando con areniscas feldespaticas verdes grises. Hacia la parte superior pequeños niveles arcilloso-limolíticos rojos.

Areniscas conglomeraticas de elementos calcareos cuarzosa, limolitas y areniscas.

Conglomerado, matriz verde silicea, cantos de cuarzo con calcareos, alternando, con niveles arcilloso-limolíticos, limolitas verdes rojas.

Formación Bocas.

Esc: 1:1.500

0 5 15 mts.

FIG. 3: Columna generalizada Formación Girón.

Fase II. Depositación de Uranio transportado en solución, asociación de paleocanales, asociación con facies reducidas ricas en materia orgánica y magnetita que lo remobilizan.

Fase III. Este proceso de concentración prosigue durante el tiempo de depositación de sedimentos más modernos y la intersección de elementos tectónicos puede ser una causa de la remobilización posterior del Uranio; asociados con aguas subterráneas producen sucesivas remobilizaciones del elemento.

El uranio es de origen epigenético asociado a un proceso de oxi-reducción.

8.2. AREA DE QUETAME-SUMAPAZ

Estas manifestaciones incluyen principalmente las localizadas en la parte norte del Macizo de Quetame; estas se reparten en series areno-arcillosas que se sitúan en una franja estratigráfica que comprende 200 - 300 m, de edad carboniana.

Estas manifestaciones aunque localmente puntuales, son susceptibles de presentarse en extensiones de 10 a 30 m y de repetirse.

Las anomalías varían de 3 a 6 m en espesor y poseen un fondo radimétrico de 1.000 c/s en el área anómala.

Los tenores encontrados en estos sedimentos son del orden de 64 a 34.000 ppm de U_3O_8 , con una radiactividad que va de 90 a 15.000 c/s. No está a la vista ninguna mineralización; análisis químicos muestran una paragénesis U, Cu, Ag, Ni, Co, Sr y Ba; en varias anomalías es notoria la presencia de materia orgánica y sulfuros de cobre.

8.2.1. GENESIS

La imagen de esta mineralización es una sedimentación tipo deltáico, constituida por canales arenosos poco espesos, de extensión variable, que constituyen una serie de tipo regresivo.

Los factores de control de la mineralización serían: 1) Lixiviación de capas suprayacentes, limitada por frentes de óxi-reducción (facies rojas). 2) Zonas reducidas ricas en materia orgánica.

Aunque se conocen manifestaciones aisladas de poca extensión con afloramientos, es posible que existan otras de dimensiones mayores.

El Uranio es de origen singenético en un medio particularmente reductor.

8.3. Terciario

Las rocas sedimentarias terciarias más estudiadas corresponden a la Formación Gualanday (Eoceno-Oligoceno), cuenca sedimentaria uranífera dentro de zonas relativamente estables. La sedimentación presenta características continentales dominantes, con facies fluvial y alternancia de sedimentos clásticos y finos. (Fig. 4).

Las manifestaciones anómalas se encuentran asociadas a zonas reductoras con trampas sedimentológicas y tectónicas o asociación de ambas. La presencia de zonas oxidantes y re-

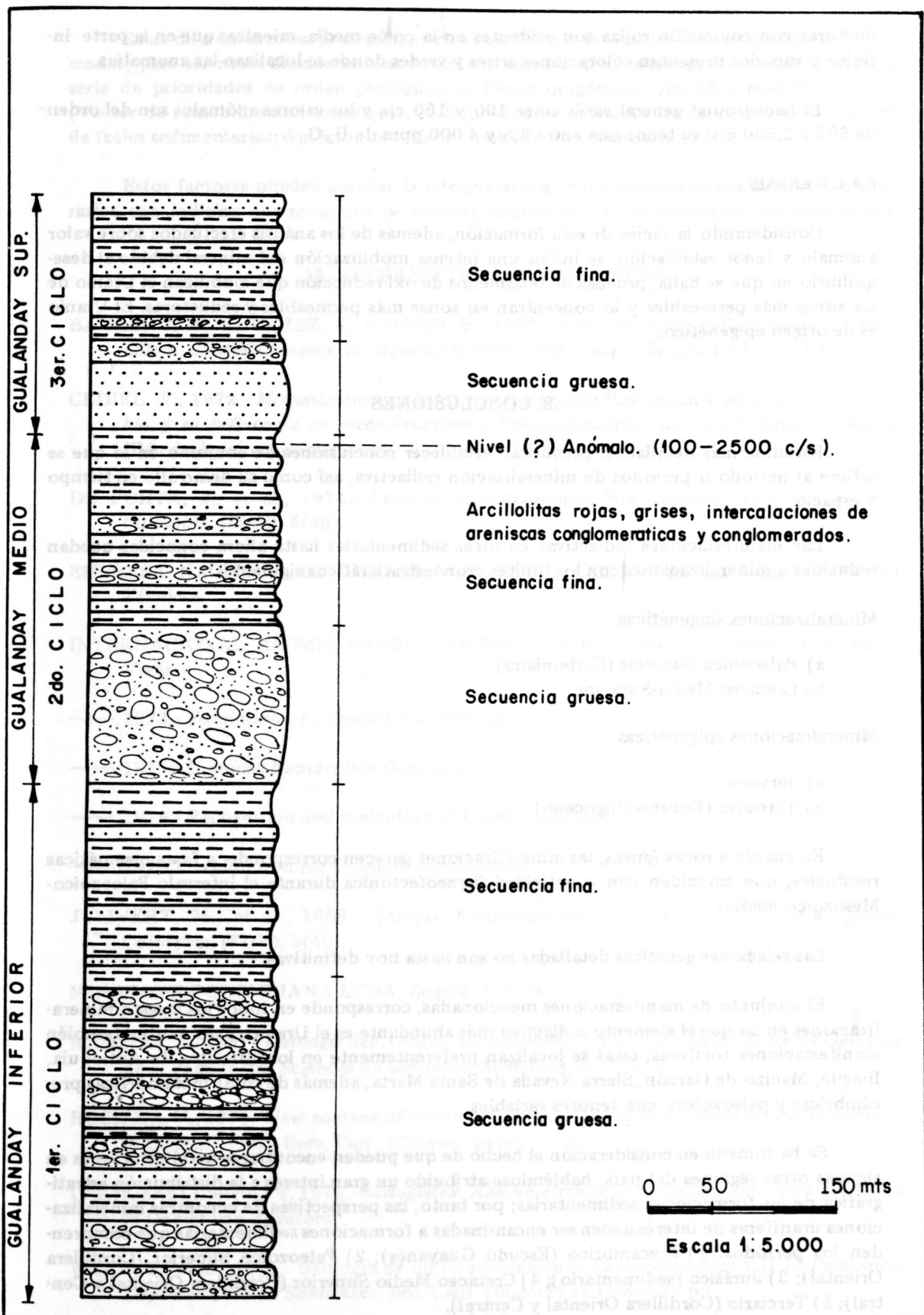


FIG. 4: Columna generalizada - Formación Gualanday.

ductoras con coloración rojiza son evidentes en la parte media, mientras que en la parte inferior y superior presentan coloraciones grises y verdes donde se localizan las anomalías.

El background general varía entre 100 y 150 c/s y los valores anómalos son del orden de 600 a 2.500 c/s; su tenor está entre 8,5 y 4.000 ppm de U_3O_8 .

8.3.1. GENESIS

Considerando la facies de esta formación, además de los análisis efectuados sobre valor anómalo y tenor establecido, se indica una intensa movilización del mineral debido al desequilibrio en que se halla, pruebas de fenómenos de oxi-reducción que mobilizan el Uranio de las zonas más permeables y lo concentran en zonas más permeables y reductoras. El Uranio es de origen epigenético.

9. CONCLUSIONES

Estudios más detallados, permitirán establecer conclusiones de conjunto en lo que se refiere al período o períodos de mineralización radiactiva, así como su desarrollo en tiempo y espacio.

Las manifestaciones radiactivas en rocas sedimentarias hasta ahora conocidas quedan reducidas a mineralizaciones con los límites cronoestratigráficos siguientes:

Mineralizaciones singenéticas:

- a) Paleozoico Superior (Carboniano)
- b) Cretáceo Medio-Superior.

Mineralizaciones epigenéticas:

- a) Jurásico
- b) Terciario (Eoceno-Oligoceno)

En cuanto a rocas ígneas, las mineralizaciones parecen corresponder a fases magmáticas residuales, que coinciden con la actividad ígneaefectónica durante el intervalo Paleozoico-Mesozoico medio.

Las relaciones genéticas detalladas no son hasta hoy definitivas.

El conjunto de manifestaciones mencionadas, corresponde en todos los casos a mineralizaciones en las que el elemento radiactivo más abundante es el Uranio, pero existen también manifestaciones toríferas; estas se localizan preferentemente en los Batolitos de Antioquia, Ibagué, Macizo de Garzón, Sierra Nevada de Santa Marta, además de rocas metamórficas precámbricas y paleozoicas, con tenores variables.

Se ha tomado en consideración el hecho de que pueden encontrarse manifestaciones en algunas otras regiones del país, habiéndose atribuido un gran interés a la distribución estratigráfica de las formaciones sedimentarias; por tanto, las perspectivas de encontrar mineralizaciones uraníferas de interés deben ser encaminadas a formaciones sedimentarias que comprenden los períodos: 1) Precámbrico (Escudo Guayanés); 2) Paleozoico Superior (Cordillera Oriental); 3) Jurásico (sedimentario); 4) Cretáceo Medio Superior (Cordillera Oriental y Central); 5) Terciario (Cordillera Oriental y Central).

Estas diferentes rocas presentan ciertas condiciones favorables (en algunos casos confirmadas) para ser rocas almacenadoras de Uranio; este objetivo refleja de manera concreta una serie de prioridades de orden geológico: a) Ciclos orogénicos, actividad magmática ácida (Vector de remobilización uranífera); b) Depósitos de ambiente Deltáico-Litoral; c) Bordes de facies sedimentarias; d) Ciclos detríticos (Ambientes Continentales).

Estos factores pueden ampliar la interpretación de los trabajos de evaluación y compararlos con indicios que presentan las mismas características, regionalizando los fenómenos.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BARRERO, D., ALVAREZ, J., KASSEM, H., 1979.- *Actividad Ignea o Tectónica en la Cordillera Central durante el Meso-Cenozoico*. Bol. Geol. (Bogotá) 17, (1-3):147-173.
- CEDIEL, F., 1972.- *Movimientos tectónicos en el intervalo Paleozoico-Mesozoico en Colombia y su influencia en reconstrucciones Paleogeográficas*. An. Acad. Brasil. Ciencias (Río de Janeiro), Suplemento.
- DE PORTA, J., et al., 1974.- *Lexique Stratigraphique International, Amerique Latine, Colombie*. (Paris). 5(4b).
- EMPRESA NACIONAL DE URANIO S. A. (ENUSA COLOMBIANA). Bogotá. *Informes Técnicos*.
- INTERNACIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1970.- *Uranium Exploration Methods*. Viena.
- , 1974.- *Formation of Uranium ore deposits*.
- , 1977.- *Uranium Exploration Geology*.
- , 1976.- *Recognition and evaluation of Uraniferous areas*.
- , 1976.- *Exploration for Uranium ore deposits*.
- JULIVERT, M., et al., 1968.- *Lexique Stratigraphique International. Amerique Latine. Colombie*, (Paris), 5(4b).
- MINATOME COLOMBIANA LTDA. Bogotá. *Informes Técnicos*.
- RADELLI, L., 1967.- *Geologie des Andes Colombiennes*. Travaux du Laboratoire de Geologie de la Faculté des Sciences de Grenoble. Memoires No. 6:457 pp.
- RUSICKA, V., 1975.- *New sources of Uranium? Types of Uranium deposits presently unknown in Canada*. Geol. Surv. Can., (Ottawa) paper 75-26.
- URANGESELLSCHAFT, 1976.- *Gedogische, Radiometrische un Geochemische untersuchngen in Gebiet von Zapatoca*.
- WARD, D., et al., 1973.- *Geología de los Cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona. Departamento de Santander*. Bol. Geol. (Bogotá) 21 (1-3);132 pp.