Génesis y Depositación de los Yacimientos de Molibdeno y Uranio, en el Distrito de Villa Aldama, Chihuahua

*Bazán Barrón, Sergio**

INTRODUCCION

Los depósitos de uranio asociados a plutonismo félsico, que ocurren como disseminaciones de tipo porfirítico, en aureolas de contacto, o bien como relleno de fracturas, tienen su origen en acumulaciones singenéticas, concentradas mecánica y químicamente en sedimentos detríticos del Precámbrico y del Fanerozoico; los que posteriormente han sido asimilados, removilizados y depositados hidrotermalmente durante el magmatismo de los grandes eventos orogénicos.

Básicamente, existen dos tipos de yacimientos de uranio sedimentario en rocas elásticas y detríticas:

A. Depósitos de uranio, concentrados singenéticamente por procesos mecánicos o de placer, durante la existencia de una atmósfera anoxigénica, con asentamiento de minerales pesados en conglomerados de cuarzo del Proterozoico Temprano (2400-1800 m.a.), marginales a escudos del Arqueano y mineralógicamente asociados a pirita, zircón, torio, uraninita, oro, plata, monacita y tucolita, finamente disseminados en la matriz del conglomerado. Como ejemplos, tenemos los enormes yacimientos de Witwatersrand, Sudáfrica; Blind River, Canadá y Las Mesteñas, Sonora.

B. Depósitos de uranio acumulados epigenéticamente por procesos geoquímicos en areniscas y arcosas, moderadamente permeables, donde un flujo de agua transporta soluciones de minerales de: molibdeno, vanadio, uranio, talio, arsenico, azufre y fierro, los que precipitan en estructuras estratiformes y de tipo roll, en un medio ambiente reductor (materia orgánica o hidrocarburos), bajo el nivel freático. Ejemplos de estos yacimientos están representados por los extensos depósitos sedimentarios del Colorado Plateau, E.U.A. En México, por los depósitos de La Coma y Buena Vista, localizados en sedimentos del Oligoceno, en la porción No Marina de la Formación Frio de la Cuenca Sedimentaria de Burgos, estados de Nuevos León y Tamaulipas.

Es importante señalar que entre los dos tipos de yacimientos sedimentarios, las reservas comercialmente aprovechables, alcanzan más del 75% de todo el conjunto de yacimientos explorados en la corteza terrestre.

La teoría genética del uranio establece que yacimientos de tipo sedimentario, por eventos plutónicos, son reversibles a depósitos hidrotermales y estos, a su vez, se lixivian y precipitan como depósitos sedimentarios epigenéticos en medios ambientes favorables.

En esas condiciones los yacimientos de Mo, U, V, Tl, Rb y Sr de la Sierra de Peña Blanca y de la Sierra de Gómez, V. Aldama, Chih., emplazados hidrotermalmente en fracturas, contactos de estratifi-

* Instituto Nacional de Energía Nuclear.

cación y zonas porosas de las calizas del Cretácico Inferior, así como en rocas volcánicas de naturaleza

riolítica del Oligoceno y Mioceno; paleogeográficamente provienen de una llanura costera o planicie continental del Triásico y Jurásico Temprano, que prevaleció en condiciones similares a los yacimientos de U, Mo, V y Tl de la provincia del Colorado Plateau, con la que probablemente estaba conectada, al oriente de Chihuahua. (Fig. 1).

DISTRIBUCION DE LOS DISTRITOS URANIFEROS EN LA FAJA OROGENICA MEXICANA.

El Distrito de Villa Aldama, Chih., forma parte de una faja de yacimientos hidrotermales de uranio emplazados en la base del flanco oriental de la Sierra Madre Occidental, por eventos de plutonismo calci-alcalino, durante la fase tafrogénica y más tardía del ciclo geotectónico mexicano.

Esta unidad tectónica con rasgos estructurales bien definidos, contempla la distribución geográfica y alineada de varios yacimientos de uranio a lo

largo de la parte central del territorio de México, factiblemente desde los estados de Utha y Arizona de E.U.A. a través de Chihuahua, Durango, Zacatecas, S.L.P., Querétaro, México, Puebla y probablemente Oaxaca.

Paleogeográficamente, los distritos uraníferos que definen esta provincia metalogenética de tipo hidrotermal, parecen coincidir con la zona de "umbral" del ortogeosinclinal, durante el Jurásico Superior y el Cretácico Inferior, o sea la zona de transición de la fase eugeosinclinal con el miogeosinclinal, también definida por Alvarez Jr., M. (1963), como "cresta media" y descrita por Aubouin J. (1971) como "miogeoanticlinal".

La faja mineralizada definida así por los distritos uraníferos, se orienta de NNW.30° SSE, flexionándose ligeramente hacia el oriente al penetrar al Eje Neovolcánico, en donde la estructura se interrumpe y sufre un desplazamiento cortical hacia el oeste, probablemente verificado a partir del Mioceno, para continuar con el mismo rumbo general por el Estado de México, Puebla y favorablemente has-

ta Oaxaca. Los distritos uraníferos descubiertos y reconocidos geológicamente hasta el presente, son los siguientes:

DISTRITOS URANIFEROS DE LA FAJA OROGENICA MEXICANA.

- 1.— Sierra de los Arados y Los Lamentos, Municipio de Villa Ahumada, Chih.
- 2.— Sierra de Gómez y de Peña Blanca. Mina Veta Grande y Las Margaritas, Municipio de Villa Aldama, Chih.
- 3.— Sierra de Adargas, Mina La Herradura, Municipio de Jiménez, Chih.
- 4.— Sierra de Cal.— Mina La Preciosa, Municipio de Nazas, Dgo. y Cantil del Mezquite, Mpio. del Rodeo, Dgo.
- 5.— Peñón Blanco, Mina La Víbora, Municipio de Salinas, S.L.P. y Zacatecas.
- 6.— Región de Vizarrón de Montes. Mina Juan Neopomuceno, Municipio de Vizarrón, Querétaro.
- 7.— Sierra de la Goleta, Mina Cueva Santa Rita, Municipio de Amatepec, Estado de México.
- 8.— Región de Jolalpan — Tlancingo, Minas Las Avispas, Municipio de Jolalpan, Pue.

Asociación Paragenética.

Debe hacerse notar que el Distrito de Villa Aldama, Chih., es principalmente productor de molibdeno y como subproductos asociados están el uranio, vanadio y talio. Por ejemplo, la Sierra de Gómez obtuvo una ley media de 0.43% de Mo; 0.28% de U; 0.18% de V y 0.11% de Tl. En cambio, los depósitos de Peña Blanca tienen aproximadamente 0.32% de Mo; 0.14% de U; 0.11 de Vanadio y trazas de Tl.

Con referencia a los distritos descritos, es importante señalar que si bien, los minerales de uranio se encuentran codistribuidos en zonas epitermales productoras de mercurio, fluorita, antimonio, tungsteno, bario y manganeso, existe una interdependencia en controles estructurales y asociaciones paragenéticas; no obstante, el uranio se presenta íntimamente asociado a otros elementos afines, donde los ensayos de Fluorescencia y Difracción de Rayos "X" dan cuenta de la presencia de: Sr, Bi, Mo, V, Fl, Rb, Zr, Y, Yb, Ce, Ra, La, Fr y Nb, que representan guías elementales para la loca-

lización de uranio, ya que constituyen una serie paragenética común; por lo tanto se establece que los minerales de baja presión y temperatura, como son: F, Hg, Sb, Ba, Mn, y P, aunque sean abundantes y de amplia distribución, no son guías mineralógicas para el uranio y corresponden obviamente a otro ciclo geoquímico y medio metalogenético.

Metalogénesis

El control estructural de los distritos de uranio epitermal y la distribución geográficamente alineada a lo largo de la Faja Orogénica Mexicana, establecen la firme posibilidad de asociarlos a la misma época metalogenética, datada entre el Oligoceno Tardío — Mioceno Temprano, durante la fase tafrogénica del Ciclo Geotectónico Mexicano, que comprende el fallamiento en bloques y eventos de palingénesis, con refusión de plutones y de rocas preexistentes.

La creación de la Orogenia Mexicana y su consecuente plegamiento dirigido de poniente a oriente, iniciada a partir del Cretácico Superior hasta el Eoceno, tiene evidente efecto tectónico como consecuencia de la interacción de placas tectónicas, proveniente de la expansión del fondo oceánico y deriva continental, al establecer que durante el Mesozoico y Cenozoico, la Placa Americana se ha venido desplazando hacia el Oeste y la placa oceánica del Pacífico, en dirección oriente.

La paleoplaca Farallón que en la actualidad está constituida por varias placas segmentadas por fallas transformes: la Tamayo, la Rivera y la Cocos, generaron un activo empuje oceánico bajo la Placa Americana hace unos 32 m.a., dando lugar a que el bloque volcánico y rígido que forma la Sierra Madre Occidental (eugeosinclinal), cabalgara sobre la fase plegada y plástica del miogeosinclinal, generando un sistema de fallas inversas imbricadas, en un episodio de migmatización y plutonismo intracratónico y con ello la removilización y disipación del uranio subyacente, proveniente probablemente del Triásico y Jurásico Inferior.

El cabalgamiento imbricado de la Sierra Madre Occidental a lo largo de todo su frente NNE—SSW, se desarrolló después que la Orogenia Hidalgoana alcanzó su máximo paroxismo, determinando que el traslape tectónico de la parte interna, avanzara sobre la externa, coincidiendo estructuralmente este evento con la faja de distritos uraníferos. Datos geocronométricos por K—Ar en rocas riolíticas presuponen la edad de 28 m.a. $\pm$ 5 para el evento de plutonismo y emplazamiento de los depósitos de uranio. (Fig. 2).

Por otra parte, la prolongación sur de la faja de yacimientos uraníferos, se encuentran tectónicamente desplazados al poniente, a partir de la fractura continental que forma el Eje Neovolcánico, por una distancia horizontal de 235 Kms. que determina el movimiento aparente de los bloques septentrional y meridional de México, situación que también pueda explicar la distribución y desplazamiento de los yacimientos o distritos de Au, Ag, Cu, Mn, Pb y Zn en los estados de México, Puebla, Guerrero, Michoacán y Oaxaca.

EL DISTRITO URANIFERO DE VILLA ALDAMA, CHIH.

1) Sierra de Peña Blanca, Chih.

El distrito uranífero de Villa Aldama, Chih., se ubica a 70 Kms. al NE de la Cd. de Chihuahua, distribuido principalmente en las sierras del Cuervo, Peña Blanca, de Gómez, Sta. Eulalia así como en los Valles de Aldama y San Diego de Alcalá.

Paleogeográficamente, está enclavado en la Cuen-

ca Mesozoica de Chihuahua, hacia el borde oeste de la península jurásica de Coahuila. Tectónicamente, las concentraciones de uranio ocurren en una faja estructural regionalmente fallada, definida por el traslape o cabalgamiento de la zona interna rígida (eugeosinclinal), que cabalga sobre la zona externa plástica (miogeo-sinclinal) del Orogeno Mexicano, evidenciada por relaciones extratigráficas y disarmonía estructural. (Fig. 3).

Es evidente que hacia el frente oriental de la Sierra del Cuervo - Peña Blanca, se tienen rasgos estructurales y relaciones estratigráficas que denotan un cabalgamiento regional bastante amplio, el cual invade o cubre el Valle de Aldama.

La sección de la cubierta alóctona, incluye los sedimentos flysch de la Formación Aldama (F. Rara) del Paleozoico; también la secuencia de calizas de las formaciones Cuchillo, Glen Rose, Walnut y Edwards del Cretácico Inferior y Asimismo, superpuesta, toda la secuencia de conglomerados, brechas, tobas y derrames de ignimbritas de naturaleza riolítica que avanza hacia el oriente, sobre un au-

PERFILES GEOLOGICOS W—E DEL AREA URANIFERA DE LA SIERRA DE PEÑA BLANCA, MOSTRANDO EL IMBRICAMIENTO REGIONAL DE LA ZONA INTERNA (EUGEOSINCLINAL) SOBRE LA ZONA EXTERNA (MIOGEOSINCLINAL) Y EL PROCESO DE METALIZACION.

someros que removilizaron uranio de formaciones subyacentes, probablemente de concentraciones estratiformes del Triásico y Jurásico Continental, aunque también puede acontecer que deriven de cuarcitas y rocas filíticas y cloríticas de los flysch subyacentes del Pérmio—Carbonífero, o bien de rocas fosfóricas del Cretácico Inferior, donde el uranio se encuentra finamente diseminado.

Es necesario por tanto, inferir la existencia de intrusiones batolíticas con ramificaciones aflorantes, cuyas soluciones emanadas hidrotermalmente, arrastraron y movilizaron el uranio, alterando la columna sedimentaria y volcánica atravesada, con desarrollo de zonas de argilitización, sericitización, hematización, caolinización, carbonatación y oxidación, fácilmente distinguibles al constituir guías mineralógicas, conjugadas con fracturas de control estructural y en los planos de contacto de las diversas unidades lito—estratigráficas, definiendo trampas de acumulación en la secuencia calcárea y volcánica; destacando por sus reservas los depósitos de Domitila, Las Margaritas, El Nopal, Las Puertas I, II y III en donde existen más del 60% de las reservas comerciales de uranio en México.

2) Sierra de Gómez, Chih.

Los yacimientos de uranio de la Sierra de Gómez que incluye además, las sierras de: Cochinos, Trancas, Diablo y Chicas de Gómez, se localizan en la fase miogeosinclinal del Orógeno Mexicano, distribuidos extensamente en una secuencia de calizas bastante plegadas de las formaciones Edwards y Georgetown del Cretácico Inferior en variados cuerpos de mineral que adoptan la forma de mantos, bolsas, vetas, clavos y pequeñas chimeneas, erráticamente agrupados en esta unidad orográfica, que tiene como 18 Kms. de largo por 2 a 4 Kms. de ancho. Cabe agregar que la Sierra de Gómez tectónicamente se encuentra ubicada en el bloque autóctono del cabalgamiento regional.

Estos depósitos tienen como control estructural un sistema reticular de fallas y fracturas con patrón general de NNW—SSE, paralelo al trend de la Sierra y el otro orientado SWW—NEE, normal a los ejes de los anticlinales. Los cuerpos de mineral se alojan erráticamente en las zonas de calizas más favorables que pueden ser de estratificación delgada y carentes de pedernal, pues son las zonas de más fácil disolución para el reemplazamiento metazo-

mático, conjugadas con otros elementos de control como suelen ser pliegues, fallas y contactos litológicos que constituyen trampas de las soluciones hidrotermales ascendentes.

Este carácter estructural es típico de zonas mineralizadas, conectadas a un intrusivo subyacente, expuestos en otros yacimientos como son: El Sotolar, El Rodeo, Peña Blanca, La Soledad, El Calvario, Sierra de la Cal, así como en varios distritos mineros de elementos básicos que ocurren a lo largo del Orogeno Mexicano, con clara incidencia metalífera cuando se define el sistema de fallas NNW-SSE, transversal al trend estructural del plegamiento.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS Y ESTRUCTURALES DE LOS DISTRITOS URANIFEROS

Estudios geológicos y mineralógicos establecen a los depósitos uraníferos de Peña Blanca, Chih., y Jolalpan Tlaucingo, Pue., de la Faja Orogénica Mexicana de emplazamiento hidrotermal (teletermal), como sigue:

1.— Los depósitos uraníferos están íntimamente diseminados en zonas de alteración (hematización, silicificación, sericitización, argilitización, caolinización), derivados de procesos hidrotermales de baja temperatura y estrechamente asociada a diques y apófisis de tipo granitoide.

2.— Las zonas mineralizadas están estrechamente controladas por dos sistemas de fracturas y fallas: uno NNW-SSE y el otro SWW-NEE, casi reticular, que obedecen al trend y tectónica regional de México, generado por la interacción de placas tectónicas.

3.— El mineral de uranio se distribuye en zonas fracturadas, fallas, contactos litológicos y estratificación de capas; sin embargo, la concentración se manifiesta conforme a la porosidad preexistente (fallas, fracturas, contactos, brechas), derivada del empuje de plutones subyacentes que atraviesan la sección de calizas y rocas volcánicas. (Fig. 5).

4.— Comunmente en los depósitos, el óxido de uranio se encuentra en las especies mineralógicas

DESCRIPCION ESQUEMATICA DEL PROCESO DE METALIZACION DE LOS DEPOSITOS URANIFEROS, SIGUIENDO EL TREND DE LA FAJA ESTRUCTURAL MEXICANA.

Fig N°5

I.N.E.N.

Sergio Bazán B.—1978

de novacekita, tyuyamunita, carnotita, uranofano, voesita, soddyita, paragenéticamente asociado a vanadio, selenio, molibdeno, talio y ocasionalmente a plomo, fluorita, cobre, zinc, plata y oro, como en la Sierra de Los Arados, Chih. y Jolalpan, Pue., en un proceso típicamente hidrotermal.

5.— Como se sabe, el enriquecimiento del uranio acontece próximo a la superficie, por tratarse de un elemento oxifilo; sin embargo, existen relictos de mineral primario de pechblenda (El Nopal y Margaritas), derivados de un proceso clásicamente hidrotermal.

6.— La mineralización hidrotermal primaria en rocas volcánicas, ha sido depositada en condiciones reductoras y ácidas; posteriormente lixiviada y oxidada, emplazada en los contactos de capas y de formaciones lito—estratigráficas, dentro de un proceso de enriquecimiento supragenético; siguiendo las soluciones las zonas de porosidad y fracturamiento inducido por las alteraciones.

7.— Existen evidencias geológicas y mineralógicas sobre la evolución tectónica de los yacimientos, al comprobarse una asociación metalogenética regional. El control estructural está relacionada a las fallas mineralizadas aflorantes, que se interpreta como conductos primarios de las soluciones, en un proceso preferencial de concentración que llega hasta las corrientes riolíticas más superiores, desprendidas de un plutón subyacente, de naturaleza granítica, con varias ramificaciones en forma de diques.

CONCLUSIONES

Los episodios de removilización y metalización hidrotermal del Distrito de Aldama, Chih. favorablemente aconteció por arcos de plutonismo generados hace 26 ± 4 m.a., como consecuencia del cabalgamiento regional del Geoanticlinal Occidental (Zona Interna), que en dirección oriente, traslapó los primeros pliegues de la cadena orogénica del mioceno inclinal (Zona Externa), donde

las soluciones mineralizantes se difundieron en fracturas y contactos de estratificación de las calizas del Cretácico Temprano y en rocas volcánicas riolíticas del Terciario, localizándose los yacimientos tanto en el alóctono (Sierra de Peña Blanca) como en el bloque autóctono subyacente (Sierra de Gómez). (Fig. 6).

Es interesante señalar que existe una estrecha relación metalogenética y paleogeográfica, entre los yacimientos hidrotermales de Mo, U, V, Tl y Se, asociados a episodios de plutonismo tardío de edad Laramide, con las planicies y llanuras costeras del Jurásico Superior (Oxfordiano), en donde probablemente se depositaron concentraciones estratiformes, tipo roll, en areniscas arcosas, asociadas a tobas riolíticas.

Es factible que las relaciones paleogeográficas mar-tierra del Jurásico y Cretácico definan una línea de interferencia favorable para la deposición de la asociación mineralógica de Mo, U, V, Tl y Se, tal como acontece por ejemplo, con los yacimientos sedimentarios de La Coma y Buena

Vista de la secuencia terciaria de Burgos, estados de Nuevo León y Tamps.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ADLER, H., H. (1974) Concepts of uranium-ore formation in reducing environments in sandstones and other sediments (IAEA-SM 183/43, Review Paper) Symposium Athens, Greece.
- ALVAREZ JR., MANUEL (1961) Orogenias Pre-Terciarias en México—i Convención Nacional de Ingeniería y Técnicos en Exploración y Explotación de Petróleo. Bol. Asoc. Mexicana Geo. y Pet., Vol. XIV.
- BAZAN, B., S. (1973) "Las Provincias Uraníferas de México", X Convención Nacional, Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México; Chihuahua, México.
- BAZAN B., S. (1974) Probables Provincias de Uranio en México, 1er. Congreso Nacional AMECYTEN, Acapulco, Méx.
- GASTIL, GORDON (1978) The Migration of the axis of Pacific Margin Magmatism Across Baja California, Sonora and Chihuahua.
- IAEA (1974) Formation of Uranium Ore Deposits.— Proceedings of a Symposium on the Formation of Uranium ore Deposits organized by the International Atomic Energy Agency y held in Athens, Greece.
- LOPEZ-RAMOS, E. (1974) Geología de México, 3ra. Edición, Méx.
- VINIEGRA O, FRANCISCO (1971) Age and evolution of Salt Basins of Southeastern México. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin—Vol. 55, No. 3.