

# Prospección geoquímica de Uranio en la región de Mucuchíes, estado Mérida, Venezuela.

Ramón S. Sifontes<sup>1</sup> y Carlos E. Yanes<sup>1</sup>

## Resumen

El presente trabajo es el resultado de un proyecto de prospección geoquímica de uranio realizado en la región de Mucuchíes, distrito Rangel, estado Mérida, financiado por la empresa CADAPE. El objetivo consistió en la localización de concentraciones rentables de uranio, a fin de utilizarlas eventualmente como combustible nuclear para la producción de energía eléctrica.

La prospección fue llevada a cabo en dos etapas. La primera se hizo sobre la base de geoquímica de aguas y sedimentos de corriente y reveló importantes anomalías de uranio. La segunda consistió en una exploración más detallada, utilizando sedimentos de corriente, suelo aluvional de pie de serranía y rocas; además, se hicieron observaciones geológicas y mediciones de radiación gamma en los afloramientos. Esto permitió delimitar varias zonas anómalas de interés, las cuales coinciden con áreas graníticas profusamente inyectadas por diques pegmatíticos. Las zonas anómalas corresponden a tres prospectos de interés denominados Los Caracoles (en el pico Los Caracoles de la fila Las Pailas), Las Cruces (páramo Las Cruces) y Los Buitres (páramo Los Buitres).

Las áreas graníticas consisten de cuerpos granitos jóvenes (Mesozoico Inferior) no metamorfosados, que intrusionan a secuencias de gneises y esquistos cuarzo-feldespáticos-micáceos de la Formación Sierra Nevada (Precámbrico Superior ?) y que a su vez presentan las inyecciones de diques pegmatíticos.

En el prospecto Los Caracoles, en diques pegmatíticos de grano extragrueso, se ha detectado mineral secundario de uranio de color amarillo, a manera de película e impregnaciones.

Se cree que el uranio detectado en algunos suelos aluvionales de pie de serranía, ricos en materia orgánica, proviene de la alteración de un mineral primario de este elemento, hasta ahora no observado.

## Abstract

A project of geochemical prospecting was sponsored by CADAPE with a view to locate uranium deposits which could eventually be used in electric generation plants. In a first stage, waters were analysed and interesting uranium anomalies detected; in a second stage, detailed

<sup>1</sup> Instituto de Geoquímica, Universidad Central de Venezuela, Ciudad Universitaria, Caracas 1051.

geological work was completed, including gamma-ray measurements. The anomalies correspond with granites profusely injected by pegmatic dykes. The three principal prospects are Los Caracoles, Las Cruces and Los Buitres. Granites are unmetamorphosed Lower Mesozoic intruding gneisses and mica-felspar-quartz schists of the Upper Pre Cambrian (?) Sierra Nevada Formation, intruded by the pegmatites. In Los Caracoles, secondary uranium deposition in thin films and impregnations were noted. Uranium in some alluvial soils in the foothills, rich in organic materials, may have been produced by alteration of some so far undetected primary mineral.

### Introducción

El presente trabajo consistió en la realización de un proyecto de prospección geoquímica de uranio, en la región de Mucuchíes, distrito Rangel, estado Mérida, auspiciado por la empresa CADAFE, con el objeto de localizar depósitos rentables de este elemento, como una de las alternativas que contempla dicha empresa, para la eventual producción de energía eléctrica.

El área en cuestión, abarca una extensión aproximada de 400 Km<sup>2</sup>, ubicada al norte de la población de Mucuchíes, en una franja que se extiende desde esta población al sur, hasta el caserío Mucumpis al norte (Figura 1).

La región de Mucuchíes se caracteriza por ser un sector elevado de montaña, perteneciente a la sierra de La Culata de la Cordillera Los Andes venezolanos, cuyas alturas varían entre 3000 hasta más de 4500 m sobre el nivel del mar. Los cursos de agua son abundantes y por lo general tienen agua todo el año. El clima de la región corresponde al de las típicas zonas de páramo andino, con temperaturas que oscilan alrededor de 11°C a los 3000m descendiendo hasta cerca de 0°C a los 4500 m. La precipitación varía entre 708 mm en la población de Mucuchíes, 680 mm en las zonas de mayor altitud (4200m) con un período lluvioso desde abril hasta agosto, y otro desde octubre hasta noviembre (VILA, 1960). La mejor época para la realización del trabajo de campo es durante los meses de diciembre a marzo.

Los suelos en el área están casi siempre pobremente desarrollados, excepto en algunas pequeñas planicies al pie de las serranías, donde alcanzan buen desarrollo, y por lo general son ricos en materia orgánica. Los sedimentos, por

el contrario, son relativamente abundantes, en la mayoría de las quebradas, producto de la erosión de las partes altas.

El proyecto se llevó a cabo en dos etapas sucesivas, de las cuales la primera involucró un estudio geoquímico regional para uranio, en el área del estado Mérida, utilizando las técnicas de desmuestra en aguas y sedimentos de corriente, a fin de conocer concentraciones anómalas del mismo, tanto en el medio acuoso como en el sedimento.

Como resultado de esta primera etapa se pudo conocer la concentración de fondo para uranio en sedimentos de corriente y aguas superficiales de ríos, la cual es de 0 a 6 ppm y de 0 a 0,01 ppm, respectivamente, para el estado Mérida (YANES et al, 1985). Así mismo, se detectaron fuertes anomalías en agua, desde 10 hasta 100 veces el fondo, en la región de Mucuchíes, valores que se corroboraron en los sedimentos donde se obtuvieron para la misma zona, concentraciones que oscilan entre 2 y 10 veces el fondo, especialmente en la quebrada Mifafi, La Carbonera, El Banco y Los Buitres. Estas quebradas drenan áreas graníticas profusamente inyectadas por cuerpos pegmatíticos.

La segunda etapa consistió de un estudio en detalle y delimitación de las anomalías uraníferas detectadas en la primera etapa. Para tal fin, se utilizaron técnicas de desmuestra detallado en sedimentos a través de quebradas, estudios de afloramientos y desmuestra en rocas, junto con mediciones de radiaciones gamma, y localmente, desmuestra en suelo o material aluvional acumulado en terrazas fluviales. También se abrieron algunas calicatas sobre las explanadas formadas al pie de ciertas masas graníticas, como la del páramo de Las Cruces en la quebrada Mifafi y en las cabeceras de la que-

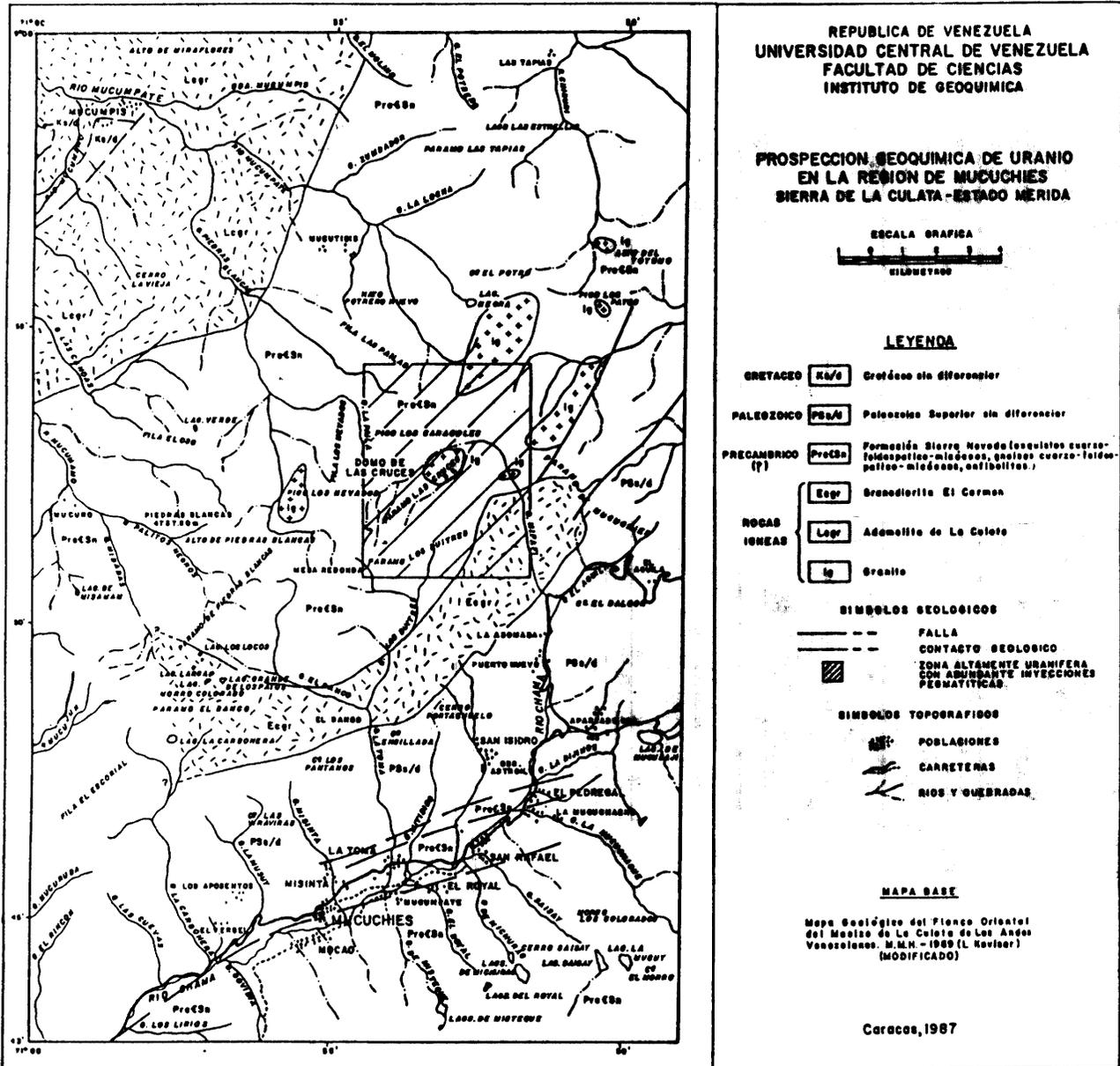


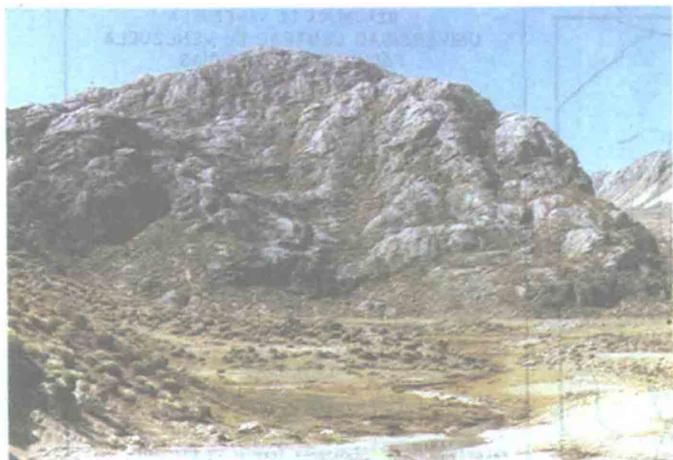
FIG. 1. MAPA INDICE

### Marco Geológico

brada Piedras Blancas.

El estudio estableció varios prospectos de interés, e inclusive en uno de ellos, el correspondiente al pico Los Caracoles (páramo de Las Pailas) se localizó mineral secundario de uranio (un mineral complejo de uranilo) asociado a diques de pegmatita.

De acuerdo con KOVISARS (1972) en la región de Mucuchies afloran tres unidades formacionales, un remanente del Cretáceo Inferior sin diferenciar y varias masas de intrusiones graníticas de diferente tamaño. Las primeras están integradas, de más antiguo a más reciente, por la Formación Sierra Nevada (Precámbrico Superior ?), la Formación El Aguila (Paleozoico



(a)



(b)

FIG. 2. (a) MASA GRANITICA DEL PARAMO LAS CRUCES CON DESARROLLO DE SUELO ALUVIONAL AL PIE DE LA SERRANIA.

(b) PARAMO LAS CRUCES, PARTE ALTA, CON ABUNDANTES DIQUES PEGMATITICOS.

Superior) y la Formación Sabaneta (Paleozoico Superior), que sólo incluye un pequeño afloramiento. La mayor parte del área está constituida por la Formación Sierra Nevada, y es en esta unidad donde se han conseguido los prospectos uraníferos, razón por la cual se la describe con más detalle, mientras que a las unidades paleozoicas se las menciona en conjunto, como Paleozoico sin diferenciar.

En cuanto a las intrusiones graníticas, hay dos masas principales, una la norte, que intrusión a la Formación Sierra Nevada, que se conoce

como la Adamelita de La Culata, con una extensión de alrededor de 66 km.<sup>2</sup>, y otra al sur, denominada Granodiorita de El Carmen, que comprende más de 40 km.<sup>2</sup> e intrusión tanto a la Formación Sierra Nevada como a rocas del Paleozoico Superior. La edad de la Granodiorita de El Carmen es de 210±17 m.a. (CORDANI et al, 1983); la Adamelita de La Culata parece ser del Mesozoico Inferior.

Además de las dos masas intrusivas antes mencionadas, hay varios cuerpos graníticos pequeños que varían de tamaño entre alrededor de 100 m hasta casi 4 km., así como también numerosos diques pegmatíticos desde pocos cm. hasta más de 5 m de espesor.

#### Formación Sierra Nevada

La Formación Sierra Nevada forma el núcleo de los Andes venezolanos, y ha sido considerada como la unidad estratigráfica más antigua de la cordillera de Mérida, sobre la cual se ha depositado discordantemente la Formación Mucuchachi del Paleozoico (BASS y SHAGAM, 1960). A dicha unidad comúnmente se la describe en la literatura, como constituyente del Grupo Iglesias, el cual fue mencionado por vez primera por KUNDIG (1938), quien utilizó los nombres de "Iglesias Serie" (versión en inglés) y "Grupo Iglesias" (versión en castellano del mismo texto). Este último fue adoptado en el Léxico Estratigráfico de 1956, debido a que se ajusta más adecuadamente a las normas establecidas en nomenclatura estratigráfica. Bajo los nombres antes mencionados KUNDIG (op. cit.) designó una secuencia de rocas de alto metamorfismo, parcialmente de origen ígneo, parcialmente de origen sedimentario, que conforman el basamento arcaico de los Andes venezolanos. La litología distintiva, según el autor, incluye ortogneises biotíticos, gneises migmatíticos con inyecciones aplíticas "lit-par-lit", augengneises porfidoblásticos biotíticos de grano grueso, gneises de grano fino con granate y biotita, y micaesquistos granatíferos. Estas rocas son típicas en el macizo de Los Conejos, pero en el macizo de Los Gatos la migmatización e inyecciones aplíticas son menos acentuadas, predominando los gneises dioríticos y graníticos,

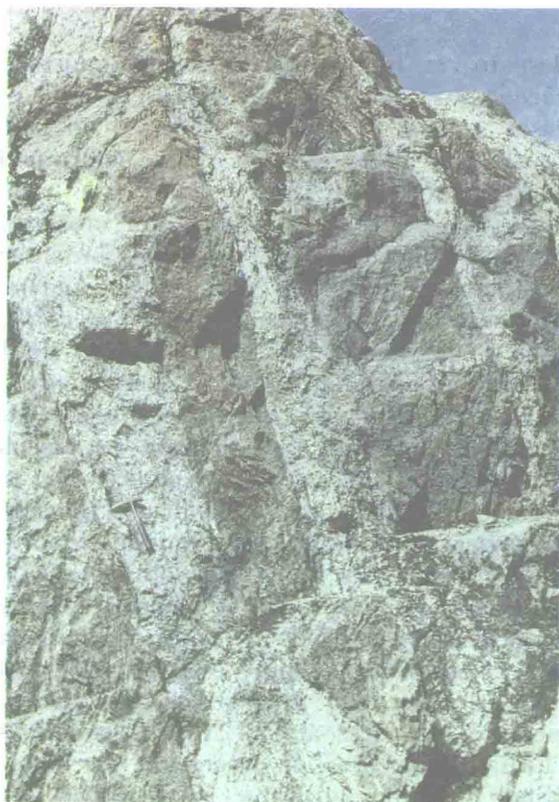
con escasos paragneises y sills de rocas básicas anfibolitizadas.

La localidad tipo la estableció SUTTON (1946) en el cerro Las Iglesias, macizo de Los Conejos, al noroeste de la ciudad de Mérida.

SHAGAM (1972) emplea el término Complejo Iglesias en vez de Grupo Iglesias, para denominar el basamento de los Andes venezolanos e incluye en él tres facies: la Facies Sierra Nevada, integrada por las rocas más antiguas (Precámbrico Superior ?) de dicho basamento, en una espesa secuencia que supone del orden de los 5 km. ó más, de espesor, constituida principalmente por rocas cuarzo-feldespáticas metamorfoseadas al grado de la anfibolita; y las facies Tostós y Bellavista constituyendo la parte superior del Complejo Iglesias, en los Andes centrales venezolanos, que muestran un metamorfismo del grado de los esquistos verdes, el autor postula un hiatus importante entre estas facies y la facies Sierra Nevada.

KOVISARS (1972) en el flanco oriental del macizo de La Culata al norte de Mucuchíes, describe la Formación Sierra Nevada como una secuencia metasedimentaria, integrada esencialmente por esquistos cuarzo-feldespático-micáceos, en parte silimaníticos y raras veces estaurolíticos; gnéises cuarzo-feldespático-micáceos con cantidades minoritarias o trazas de silimanita y granate, y anfibolitas plagioclásico-epidótico-hornabléndicas. Estas últimas le permitieron subdividir la formación en un miembro inferior y otro superior de acuerdo a su presencia o ausencia respectivamente. Le asigna un espesor mínimo de 5 km a la unidad.

GRAUCH (1975), en la región al sur de Mucuchíes, describe una secuencia de rocas integradas predominantemente por gnéises y esquistos cuarzo-feldespáticos de grano grueso, y en cantidades menores cuarcitas y anfibolitas que asigna a la Formación Sierra Nevada. Indica el autor que esta formación, en su área de estudio, es principalmente metasedimentaria.



(a)



(b)

FIG. 3. (a) INYECCIONES DE PEGMATITA EN EL PARAMO DE LAS CRUCES.  
(b) DIQUES DE PEGMATITA CRUZADOS (PARAMO DE LAS CRUCES).

SHAGAM (1977) propone un nuevo modelo para los Andes septentrionales venezolanos, en base a nuevos datos y reinterpretaciones tectono-estratigráficas, en el cual, las formaciones Sierra Nevada, Tostós, Mucuchachi y Sabaneta son contemporáneas, de edad Pensilvaniense, representado isógradas progresivas de metamorfismo. Menciona el autor, que todas las unidades han sido afectadas por la orogénesis del Paleozoico Superior.

**Observaciones Geológicas,  
Demuestra Geoquímico y  
Medición de Radiaciones Gamma.**

La realización de la primera etapa permitió observar que las quebradas que presentan concentraciones anómalas o altamente anómalas de uranio, drenan de áreas principalmente graníticas, las cuales por lo general muestran abundantes inyecciones pegmatíticas, como por ejemplo los páramos El Banco, Los Buitres, Las Cruces, Piedra Blanca, pico Los Caracoles, pico Los Nevados y otros. Por consiguiente, se elaboró un plan de reconocimiento geológico detallado en dichas áreas, que incluyó observaciones geológicas (litología, estructuras), demuestra geoquímico en suelos, rocas y sedimentos de las partes altas de las quebradas, así como también mediciones de radiaciones gamma en los afloramientos, lo que permitió constatar la existencia de varias masas graníticas de diferente tamaño, tal como lo había mencionado KOVISARS (1972), y al parecer, todas son de granitos jóvenes emplazados durante el Mesozoico Inferior. Estos granitos intrusionan a las rocas esquistosas y gnéissicas de la formación Sierra Nevada y al igual que éstas, muestran innumerables inyecciones pegmatíticas.

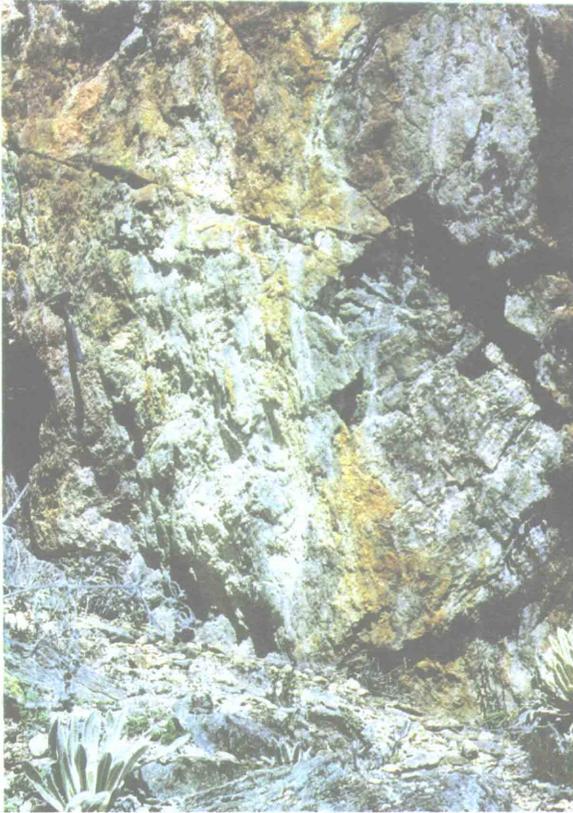
Los esquistos son las rocas más abundantes en la región estudiada; se presentan como una roca de grano medio, con cristales de unos 4 mm. de diámetro, de color gris plateado brillante y textura típicamente esquistosa, en parte lepidoblástica, en parte con bandas granoblásticas cuarzo-feldespáticas. Comúnmente se los observa ojos con la mica envolviendo al cuarzo, moscovita y feldespato. La mineralogía consiste principalmente de cuarzo, moscovita y fel-

despato; es frecuente la biotita (esquisto bimicáceo) y el granate, que siempre ocurre en escasos granos. Se observa epidoto con bastante frecuencia. Estas rocas a veces muestran horizontes muy cuarzosos, pasando a cuarcitas esquistosas que se distinguen por erosión diferencial, formando filas y picachos prominentes. Los gneises siguen en orden de abundancia a los esquistos. En el campo se los ve como una roca bien foliada, de grano medio, de hasta 10 mm de diámetro, pero generalmente entre 2 y 5, de color gris oscuro, localmente con tonalidades verdosas. Son bastantes parecidos a los esquistos con los cuales parecen ser transicionales. La textura es bandeada (bandas feldespáticas granoblásticas), limitadas por bandas micáceas más finas, lepidoblásticas. La mineralogía esencial incluye cuarzo, feldespato (microlino y plagioclasa), micas y escaso granate. La mica dominante es la biotita, mientras que la moscovita aparece en cantidades casi siempre inferiores al 1%. Con frecuencia se ve clorita a expensas de alteración de la biotita. Estas rocas, al igual que los esquistos, se presentan fuertemente plegadas.

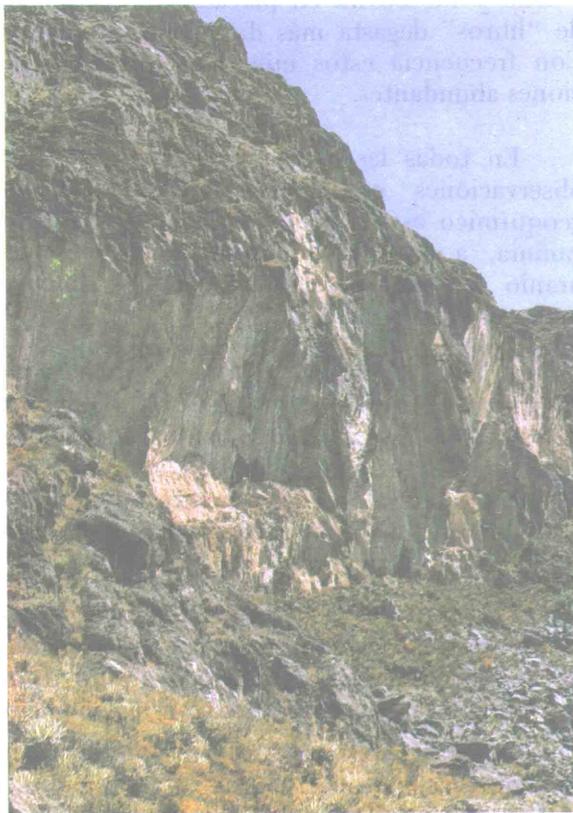
Además de los esquistos y gneises se observan, en menor cuantía horizontes anfibolíticos y cuarcíticos. Los primeros son los que utiliza KOVISARS (1972) para subdividir a la Formación Sierra Nevada en dos miembros, uno inferior con anfibolitas y otro superior carente de estas rocas. Estas rocas por lo general, se presentan en capas del orden del metro de espesor. Las anfibolitas comúnmente presentan epidotización bastante marcada, especialmente en el área del pico Los Nevados, donde se observan bandas epidóticas de hasta unos 30 cm de espesor, al parecer de origen hidrotermal. A estas rocas con frecuencia se las ve fuertemente plegadas, la igual que a las demás rocas de Sierra Nevada.

Las rocas intrusivas graníticas conforman varios cuerpos de diferente tamaño, de los cuales la granodiorita de El Carmen y la adamelita (cuarzo-monzonita) de La Culata son los de mayores dimensiones, luego hay varios cuerpos graníticos menores y numerosos diques pegmatíticos.

La granodiorita de El Carmen, constituye



(a)



(b)

una masa alargada en sentido noreste, que aflora en la parte centro-meridional de la zona de estudio, cuya anchura varía entre menos de 2, y más de 4 km. El límite este está en el páramo de Mucuchíes, mientras que el límite oeste no se llegó a delimitar, pero se sabe que se extiende al oeste del páramo El Banco; es una roca de color gris oscuro con puntos blanquecinos, de grano medio (alrededor de 2mm de diámetro) y textura granítica, con desarrollo de foliación hacia los bordes de la intrusión. La mineralogía incluye esencialmente plagioclasa (con cristales zonados muy vistosos y en parte se presenta alterada a sericita), cuarzo, microlino, biotita (en parte cloritizada y comunmente formando bandas sinuosas orientadas), y moscovita (en las bandas sinuosas, junto con la biotita). La mirmequita es frecuente en este tipo de roca.

La Adamelita de La Culata aflora en el extenso noroeste de la zona de estudio, en un área de más de 60 km<sup>2</sup> forma una masa prominente, caracterizada por ser una roca de color gris blanquecino con puntos negros y textura granítica, equigranular y homogénea en muestras de mano; es de grano medio (grano de 2 a 3 mm de diámetro). Mineralógicamente muestra principalmente cuarzo, plagioclasa zonada (parcialmente alterada a sericita), microlino, moscovita y biotita.

Los cuerpos graníticos menores afloran en masas lenticulares, en la parte centro-occidental de la zona de estudio; sus dimensiones oscilan entre menos de 500 m hasta más de 4 km de longitud, por alrededor de 100-150 m hasta casi 2 km de ancho. Su distribución, así como sus características litológicas, sugieren que se trata de varias apófisis de un cuerpo intrusivo mayor. Consisten de una roca masiva, de grano medio, heterogranular, de color gris blanquecino, cuya composición mineralógica incluye feldespato potásico (microlino) frecuentemente fracturado, cuarzo, plagioclasa (en parte bastante alterada a sericita), biotita (parcialmente cloritizada), moscovita (en menor proporción que la biotita) y escasos granos de granate. Se observa con frecuencia textura mirmequítica. Estas rocas comúnmente exhiben fuerte fractura-

FIG.4. (a) IMPREGNACIONES URANIFERAS (PARAMO DE LAS CRUCES).

(b) ZONA GRANITICA DEL PARAMO DE LOS BUITRES.



(a)



(b)

FIG.5. (a) PEGMATITA URANIFERA, FILA LAS PAILAS, PICO LOS CARACOLES.

(b) PEGMATITA CON MINERAL SECUNDARIO DE URANIO (DE COLOR AMARILLO), PICO LOS CARACOLES.

miento y cizallamiento (al menos en el páramo de Las Cruces) y se observan fracturas tensionales hasta alrededor de 50 cm de ancho. La relación con la roca caja, al parecer es principalmente discordante.

Las inyecciones pegmatíticas forman un conjunto de diques que en algunos sitios semejan un gran enrejado; el espesor individual de estos diques es muy variable, desde menos de 20 cm hasta más de 5 m, pero la mayoría está entre 1 y 2 m. Al parecer hay varias generaciones, ya que en muchos casos se observa que

se cortan unos a otros e inclusive se ve desplazamiento relativo. No se detecta una tendencia definida de emplazamiento, sino que se presentan prácticamente en todas direcciones. A muchos diques se los observa fuertemente cizallados y algunos coinciden con direcciones de fracturas tensionales. Las fracturas, en general, aunque variables en tendencia, muestran direcciones preferenciales, tales como la noroeste, alrededor de N50W, y buzamiento vertical. Uno de los lugares donde mejor se observan los diques pegmatíticos es en el llamado páramo de Las Cruces (Figuras 2, 3 y 4), donde son muy conspicuos y abundantes, al igual que las fracturas tensionales.

Las pegmatitas son bastantes variables en granulometría, desde grano medio a extra-grueso, y a veces exhiben intercrecimientos gráficos. En el rectángulo que comprende el páramo de Las Cruces y la fila Las Pailas (pico Los Caracoles), se observa la mayor abundancia de estas rocas, así como el mayor desarrollo en tamaño de los minerales. La mineralogía incluye principalmente feldespato potásico (microlino), cuarzo y moscovita en placas, a veces a manera de "libros" de hasta más de 10 cm de diámetro. Con frecuencia estos minerales forman segregaciones abundantes.

En todas las rocas ya descritas, además de observaciones geológicas, se hizo demuestre geoquímico así como mediciones de radiaciones gamma, a fin de detectar concentraciones de uranio o mineralizaciones de este elemento. Esto permitió establecer:

1) En los esquistos y los gneises la radiación gamma indica por lo general, valores entre 200 y 300 conteos por segundo (c/seg), lo que corresponde al fondo regional: sólo localmente se detectaron valores ligeramente mayores (400-500), donde habían inyecciones pegmatíticas, o en zonas de fracturas.

2) Tanto en la Granodiorita de El Carmen, como en la Adamelita de La Culata, la medición de la radiación gamma indica el fondo regional (0-300 c/seg). Los valores de estas mediciones gamma, se correlacionan bien con los valores de concentración de uranio determinados por análisis químico de rocas, de los afloramientos respectivos.

3) En las masas de las rocas graníticas menores y en los diques pegmatíticos, las mediciones de radiaciones gamma registran valores en un amplio intervalo (200-300 a más de 2000 c/seg), desde el fondo regional hasta altamente anómalos; lo mismo se observa en los análisis químicos de uranio en las rocas correspondientes. Los valores de concentración en estas rocas son relativamente bajos (2 a 5 veces el fondo\*), exceptuando algunos diques de pegmatita que han arrojado cifras un poco más altas (5 a 8 veces el fondo) y excepcionalmente, valores de más de 100 ppm de uranio. Pero aún los más altos valores encontrados son todavía muy bajos para pensar que estas masas graníticas puedan ser importantes como mena de uranio, pues se necesitan concentraciones mínimas del orden de los 1000 ppm, para constituir una mena aceptable.

4) Es en los diques pegmatíticos, específicamente donde se han registrado los mayores valores de radiaciones gamma (hasta 3000 c/seg en diques del pico Los Caracoles, en las filas Las Pailas). Lo mismo que para las otras rocas los valores más altos de radiaciones gamma coinciden siempre con las concentraciones más altas de uranio determinados por análisis químicos. Sin embargo, todos los diques de pegmatita no son anómalos: a grosso modo podría decirse que el 50% es anómalo, el 18% es ligeramente anómalo, el 6% presenta valores de umbral y el 26% corresponde a valores de fondo. Se ha notado que aquellos diques con granulometría extra-gruesa son siempre anómalos o altamente anómalos (pegmatita del pico Los Caracoles y algunos diques del páramo de Las Cruces). Los análisis de estas rocas han revelado que el uranio está principalmente concentrado en la moscovita, que es un mineral resistido liviano, inalterable durante los procesos de meteorización en todo clima, lo que significa que difícilmente se puede liberar el uranio que contiene. De los otros minerales de las pegmatitas, el fedespato potásico también contiene uranio, pero solo en cantidades moderadas, por lo general. No obstante estas consideraciones, cuando se analizan muestras de suelo de las partes altas del páramo de Las Cruces, por ejemplo, donde

hay pequeños manantiales provenientes del interior de la masa rocosa, se han detectado altas concentraciones de uranio, especialmente donde el manantial pasa sobre suelo rico en materia orgánica. Aquí se han registrado valores de concentración hasta de 4000 ppm (ladera norte) y hasta más de 20 000 ppm ( $>2\%$ ), en la terraza que forma el borde noreste, donde el contenido de materia orgánica en el material eluvional llega a 30%. También el suelo formado en algunas fracturas de las partes altas, ha dado concentraciones de uranio altamente anómalas; lo mismo se ha observado en muchas quebradas que drenan de las zonas de masas graníticas inyectadas por diques pegmatíticos (quebrada La Carbonera, El Banco, Los Buitres, Piedras Blancas y Mifafi). De éstas la quebrada Mifafi, a través de su curso medio-inferior, forma varios niveles de terrazas donde el sedimento acumulado tiene abundante materia orgánica, y las concentraciones de uranio son altamente anómalas, aún a considerable distancia de las fuentes graníticas.

Es evidente entonces, que hay una fuente uranífera que está liberando uranio, el cual es concentrado en suelos y sedimentos, especialmente donde hay abundancia de materia orgánica. Si consideramos que en las pegmatitas, el uranio tiene pocas probabilidades de ser liberado, ya que se encuentra principalmente en la moscovita, entonces debe existir otra forma de mineral de este elemento, el cual al alterarse permite que el uranio sea liberado. Esta hipótesis encuentra soporte en ciertas localidades, como en el páramo de Las Cruces, en donde se ha observado en fracturas, ciertas películas de mineral uranífero secundario. De igual forma, pero de manera más conspicua, en las pegmatitas de la fila Las Pailas, en el pico Los Caracoles, se observa un mineral secundario de uranio (al parecer mineral complejo de uranilo) de color amarillo, que contiene casi 3% de uranio (2,7%) que se presenta a manera de impregnaciones en la roca pegmatítica. En este sitio, la pegmatita (pegmatita del tipo simple) se caracteriza por una granulometría extra-gruesa, con cristales hasta alrededor de 15 cm. entre los que destacan moscovita, fedespato potásico (microfino) y cuarzo. Presenta además, granate en granos hasta 1 cm de diámetro, berilo azul, en prismas de hasta 4 cm de largo, y el mineral secundario de uranio. Es-

(\*) Los valores de fondo regional de uranio en rocas graníticas, están generalmente entre 2 y 4 ppm.; para las rocas graníticas de Mucuchíes, es de 0 a 4 ppm.

tos diques son relativamente pequeños, con espesores de 2 a 3 m. y continuidad visible hasta por 80 m. En el páramo de Las Cruces y fila Las Pailas sería conveniente hacer un levantamiento geológico detallado a escala 1:500, a fin de localizar todas las inyecciones pegmatíticas y hacer un demuestre exhaustivo y los análisis químicos correspondientes, con el objeto de hacer perforaciones exploratorias, si el caso lo amerita, con miras a definir el potencial de estas zonas.

De acuerdo con YOUNG (1984, p. 123), las pegmatitas y aplitas uraníferas se forman a partir de fluidos "pegmatíticos" producidos por saturación durante la última etapa de la evolución magmática. El uranio, debido a que no puede entrar a formar parte de los minerales comunes formadores de rocas a causa del tamaño de su radio iónico ( $U\ 4:\ \varnothing\ 97\ \text{Å}$ ) y a su carga durante la cristalización magmática, llega a ser progresivamente concentrado en los fluidos residuales. Agraga YOUNG que tales fluidos pegmatíticos pueden llegar a ser todavía más concentrados, en una segunda etapa de ebullición del magma. Por esta razón, las fases pegmatíticas de una secuencia comagmática, generalmente se muestran enriquecidas en uranio con respecto al plutón principal.

Según YOUNG (1984, p. 123) las pegmatitas uraníferas (principalmente pegmatitas del tipo granítico, como las observadas en Mucuchíes), ocurren como diques tabulares discordantes, aunque algunos son en forma de lentes alargados, estructuralmente simples o zonadas. Prescindiendo del tipo, los minerales radiactivos de las pegmatitas raramente ocurren en cantidades suficientes para constituir una fuente económica, de uranio o torio. Los tenores gradan desde trazas hasta más de 0,37% de U308, pero el promedio está cerca de 0,01%. Indica el mismo autor, que varios centenares de toneladas de minerales, en la forma de óxidos complejos, han sido producidos de pegmatitas en Malagasy (Madagascar). En tiempos recientes se han hecho exploraciones de uranio en pegmatitas zonadas y simples en Canadá. Las más importantes han resultado las pegmatitas rojas (simples) en el área de Bancroft, Ontario, Canadá, pero hay también importantes pegmatitas simples

(blancas), y algunas pegmatitas zonadas en otros lugares de ese país. Se ha estimado que las reservas de Bancroft están en el orden de 2000 toneladas de U308 y que el tenor promedio es de 0,11%. Otras pegmatitas uraníferas se conocen en Argentina, Australia, Brasil, Etiopía, Finlandia, India, Noruega, Sri-Lanka, Suiza, la URSS y Estados Unidos.

En el área estudiada, los diques pegmatíticos, aunque no han sido datados, al igual que los cuerpos de granito a los cuales intrusionan, podrían tener una relación genética con éstas, es decir, podrían ser comagmáticos, en cuyo caso la pegmatita representaría los líquidos residuales de la cristalización magmática.

La existencia del mineral secundario de Uranio, justifica hacer una exploración más exhaustiva en las dos zonas indicadas en párrafos anteriores, o sea, en el Páramo de Las Cruces y en el pico Los Caracoles de la fila de Las Pailas.

En conclusión, en la zona ubicada al norte de la población de Mucuchíes, estado Mérida, específicamente en el área que comprende el páramo de Las Cruces y el pico de Los Caracoles en la fila de Las Pailas (serranía de La Culata), existen fuertes anomalías de uranio que coinciden con zonas graníticas inyectadas profusamente por diques de pegmatitas, e inclusive se ha constatado la presencia de mineral secundario de uranio, con casi un 3% de uranio, lo cual convierte a dichas áreas en dos importantes prospectos para la detección de concentraciones rentables del elemento.

La zona del páramo Los Buitres, que presenta características litológicas similares a la de Las Cruces y Los Caracoles, es también un área fuertemente anómala en uranio, por lo que amerita ser considerada como otro prospecto de interés.

La metodología empleada para la prospección de uranio en los Andes Venezolanos, basada en la geoquímica de sedimentos y aguas de corriente, ha resultado ser una técnica satisfactoria para la búsqueda de concentraciones del elemento.

## Bibliografía

- BASS, M. y SHAGAM (1960) *Edades Rb-Sr de las rocas cristalinas de los Andes Merideños*. Mem., III Cong. Geol. Venezolano, I, 377-381, Caracas, Venezuela.
- CADAFE (1985) *Informe final del Proyecto Prospección Geoquímica de Uranio según el contrato N 444/82 suscrito entre CADAFE y la Universidad Central de Venezuela*. Inf. int. (inédito), 93 p.
- CORDANI, V. et al (1985) *Comentarios sobre datación geocronológica en la región de los Andes Centrales*. Mem., VI Cong. Geol. Venezolano, III, 1571-1584, Caracas.
- GRAUCH, R.I. (1975) *Geología de la Sierra Nevada al sur de Mucuchíes, Andes Venezolanos: Una Región Metamórfica de Aluminosilicatos*. Bol. Geol. (Caracas) 12(23), 339-441.
- KOVISARS. L. (1972) *Geología de la Parte Norte-Central de los Andes Venezolanos*, Mem., IV Cong. Geol. Venezolano, II, 817-859.
- LEXICO ESTRATIGRAFICO DE VENEZUELA (1970) Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Bol. Geol., Publ. Esp. No. 4, Caracas, Venezuela, 728 p.
- SHAGAM, R. (1972) *Geología de los Andes Centrales de Venezuela*. IV Cong. Venezolano, Mem., II, Caracas, Venezuela, 935-938.
- SHAGAM, R. (1977) *Stratigraphic Model for the Northern Venezuelan Andes*. V Cong. Geol. Venezolano, Mem., II, 855-877.
- SUTTON, F.A. (1946) *Geology of the Maracaibo Basin, Venezuela*: Bull., American Assoc. Pet., Geol., 10(30), 1621-1739.
- UNDIG, E. (1983) *Precretaceous Rocks of the Venezuelan Andes with some remarks about the tectonics*. Bol. Geol. y Min., II, 2, 3 y 4, 272 págs.
- VILA, P. (1960) *Geografía de Venezuela: I, El territorio Nacional y su Ambiente Físico*. Ed. Min. Educación, Caracas, p. 454.
- YANES, C.E
- YANES, C.E., R.S. SIFONTES, N. ANGULO, J. TORRES, J.O. TIRADO (1985) *Fondo Geoquímico de Aguas Superficiales a Nivel Nacional y en Sedimentos de Corriente en los Estados Mérida y Trujillo*. IV Cong. Geol. Venezolano, Mem., IV, Caracas, Venezuela.
- YOUNG, R.G. (1984) *Uranium Deposits of the World, excluding Europe: Uranium Geochemistry, Mineralogy, Geology, Exploration and Resources*. The Institution of Mining and Metallurgy, p. 201.