

REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS
INSTITUTO GEOLOGICO NACIONAL

YACIMIENTOS DE URANIO Y OTROS METALES EN LA REGION DE LA BAJA, MUNI-
CIPIO DE CALIFORNIA, DEPARTAMENTO DE SANTANDER.-

Por:

JESUS A. BUENO O.
Ingeniero de Minas.-
Subdirector Instituto Geológico Nacional.

INFORME No. 1143

INVESTIGACIONES DE GEOLOGIA MINERA

Bogotá, diciembre de 1.955.-

I N D I C E

	Página
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	4
HISTORIA.....	6
DATOS GEOGRAFICOS Y ECONOMICOS.....	11
VIAS DE COMUNICACION.....	16
GEOLOGIA.....	17
 DESCRIPCION DE LOS YACIMIENTOS URANIFEROS	
GENERALIDADES.....	20
FILON DE SAN CELESTINO	
Generalidades.....	22
Estructura.....	22
Mineralización.....	23
Alteración por agentes meteóricos.....	35
Muestreo y estimación del tenor.....	38
Expectativas sobre la cantidad y la calidad del mineral más allá de lo conocido actualmente.....	46
Observaciones preliminares sobre el problema del beneficio.....	50
Prosecución de las investigaciones.....	57
 AREA URANIFERA DE SAN ANTONIO	
Generalidades.....	59
Descripción de los puntos de mayor radioactividad.....	61
Interpretación de la mineralización radioactiva de San Antonio.....	67
Datos e indicios sobre el filón de Pié de Gallo.....	69

Exploración del filón de Pié de Gallo.....	71
Otros sitios de interés en la parte SW del- área de San Antonio.....	72
FILON LAS ANIMAS Y SAN CRISTOBAL.....	74
MINA O REGION MINERA DE LA FRANCIA.....	77
EL URANIO EN RELACION CON LOS DEMAS METALES ECONOMICOS.....	79
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES SOBRE LA REGION URA NIFERA DE LA BAJA.....	81

A N E X O S

ANEXO No. 1.- Examen petrográfico de las muestras radioacti vas procedentes de California, La Baja (Depar tamento de Santander). Por H. Wolfgang Nelson. Petrólogo del Instituto Geológico Nacional...	1A
ANEXO No. 2.- Estudios mineralógicos realizados en los labo ratorios de la Atomic Energy Commission de E.E.U.U. sobre muestras uraníferas de la re - gión de La Baja.....	10A
ANEXO No. 3.- Estudios preliminares de tratamiento del mi - neral urano-auro-argentífero de San Celestino Por Jesús A. Bueno.....	15A

P L A N C H A S

PLANCHA No. 1.- FILON DE SAN CELESTINO. Proyección horizon tal con indicación de los puntos de muestreo.	
PLANCHA No. 2.- AREA URANIFERA DE SAN ANTONIO. Mapa del mues treo y del levantamiento radiométrico.	
PLANCHA No. 3.- MINA "IAS ANIMAS" o "LA ENTRADA". Proyección Horizontal.-	

YACIMIENTOS DE URANIO Y OTROS METALES EN LA REGION DE "LA BAJA", MUNICIPIO DE CALIFORNIA, DEPARTAMENTO DE SANTANDER.

R E S U M E N

La región de California, en Santander, Colombia, ha sido un centro de explotación de yacimientos de oro y plata desde los tiempos coloniales. Se trata de depósitos hipogénos en los que las soluciones mineralizantes han rellenado fracturas y alterado metasomáticamente la roca adyacente.-

En la zona de los yacimientos a que alude este estudio la roca es un pórfido constituido esencialmente por cuarzo y feldespatos, y aflora en una extensión relativamente grande. Se supone que con esta roca hipoabisal esta relacionada la mineralización, por lo menos en el sector restringido que cubrió el presente estudio.-

Según la mineralización y otras características, los yacimientos de California se formaron en condiciones de temperatura y presión moderadas hasta bajas, o sea que pueden variar desde mesotermales hasta epitermales. La mineralización, considerada la región globalmente, se caracteriza por la presencia de los sulfuros comunes de hierro, zinc y plomo y de compuestos del grupo de las sulfosales, principalmente las argentíferas. Los metales económicos que se han aprovechado han sido solamente oro y plata, pero localmente, y en especial en el sector de La Baja, se encuentran zinc, plomo y cobre que merecen interés como subproductos, aparte del uranio.-

El presente estudio se refiere exclusivamente a los yacimientos o zonas mineralizadas que de acuerdo con los reconocimientos radiométricos realizados en 1953 por el Instituto Geológico Nacional en combinación con la Atomic Energy Commission de los E.E.U.U., revelaron contener una mineralización radioactiva digna de investigarse. Tales son: el filón de San Celestino, el área de San Antonio y los filones de San Cristóbal y Las Animas, todos ellos en el sector minero de La Baja. Además, se dan los resultados de un reconocimiento radiométrico preliminar en el antiguo sector minero de La Francia al S. de La Baja.-

El filón de San Celestino está constituido por el relleno de una fractura que da origen a una brecha mineralizada y, además, por la roca adyacente afectada por las soluciones hidrotermales. Este filón fué explotado antiguamente para metales preciosos, con intensidad desconocida. La zona explotada solo es accesible 15 m. en rumbo y 20 m. en buzamiento. Por afloramiento se conoce el filón a lo largo de unos 70 m. ✓ JP

La mineralización está constituida principalmente por cuarzo, pirita, esfalerita, tetrahedrita y galena. El cuarzo contiene casi la totalidad del uranio del cual se identificaron dos compuestos: uraninita y cofinita. El oro está asociado a los sulfuros y la plata está, por lo menos en su mayor parte, en la tetrahedrita. El tenor promedio del mineral en la zona accesible es el siguiente: Uranio (en U₃O₈), 0.22%; oro, 30.84 g/t.; plata, 730.32 g/t.; zinc, 4.42%; plomo, 0.91%; cobre, 0.10%. Computando el oro y la plata a su precio actual en el país y convirtiendo a pesos colombianos el valor del uranio al precio en E.E.U.U., la tonelada métrica de este mineral vale in situ, por concepto de esos tres metales, \$ 294.74. Con base en los precios en el mercado de E.E.U.U. el valor de la misma tonelada métrica es de US\$ 92.73.- JP

En las condiciones actuales, el tonelaje de mineral "a la vista" no es económicamente importante. Una apreciación general de las expectativas es la de que, por tratarse de un depósito de tipo filoniano en una zona minera que se caracteriza más por la abundancia de estructuras mineralizadas con bonanzas (ore shoots) de alto tenor, que por la magnitud de los depósitos, hay que pensar en que se trata de un prospecto mediano a pequeño pero de perspectivas halagueñas en cuanto al tenor. JP

En el área de San Antonio, cercana al filón de San Celestino, hay varias manifestaciones de radioactividad algunas de las cuales están relacionadas con pequeñas estructuras por las cuales ascendieron soluciones hidrotermales, y otras se deben a redeposición de compuestos secundarios precipitados de aguas meteóricas. A excepción de una o dos que merecen explorarse las demás no interesan por sí sino como manifestaciones de que en esta área ha habido una mineralización hidrotermal uranífera cuyo foco principal se supone que sea el filón de Pié de Gallo que cruza esta área y que fue explotado antiguamente para metales preciosos. Este filón no puede conocerse hoy en la parte que fué explotado. En sitios JP

que se suponen corresponder a la prolongación de esta estructura se puede apreciar una ligera radioactividad. Las expectativas de esta área están, pues, relacionadas con este filón cuya exploración a tala dro se justifica. Además, hay en esta área otros sí rios radioactivos relacionados al parecer con otras estructuras independientes y en los que se justifi can también algunos cateos preliminares por medio - de cortes y socavones de averiguación.

Los filones de San Cristobal y Las Animas han sido - trabajados también para metales preciosos y hoy pue - den conocerse en un sector reducido de la zona ex - plotada. Su tenor en uranio y en metales preciosos - es bastante inferior al de San Celestino. Según los muestreos hechos, el contenido de uranio en uno y - otro filón oscila entre 0.04 y 0.10 % U₃O₈. Es nece - sario explorar un poco estos filones, especialmente el de Las Animas, avanzando los frentes actuales, - para poder estimar sus posibilidades a base de un - conocimiento más amplio de sus características. Es - ta exploración se justifica por la posibilidad que - hay de que estos filones puedan explotarse económi - camente mediante el aprovechamiento conjunto del - uranio, el cobre y los metales preciosos.

En la región de La Francia no hay hasta ahora ningún yacimiento prospectable, pero como hay señales de - mineralización uranífera y condiciones geológicas - similares a las de La Baja, se justifica un recono - cimiento radiométrico sistemático en busca de depó - sitos filonianos uraníferos.-

Finalmente, siendo la región de California la única en que se ha encontrado hasta ahora una mineraliza - ción prometedora como fuente de uranio industrial y estando caracterizada por la multiplicidad de estruc - turas mineralizadas, es de interés no solamente lle - var a cabo la exploración de los depósitos ya conoci - dos sino proseguir la búsqueda de otros nuevos. Y - afrontar el estudio de los problemas que afectan la minería de metales preciosos en esa región entre - otras razones porque en gran parte la explotación - económica del uranio puede depender del aprovecha - miento simultáneo de aquellos metales.-

I N T R O D U C C I O N

El Ministerio de Minas y Petróleos designó una comisión del Instituto Geológico Nacional integrada por el autor del presente informe y por los señores Gonzalo Bohórquez, Topógrafo, y José A. Muñoz, Explorador, para llevar a cabo una etapa de investigación más avanzada de los yacimientos de minerales radioactivos que en reconocimientos anteriores habían sido localizados en la región de La Baja, municipio de California, Santander.-

El trabajo de campo se realizó en 24 días, comprendidos entre el 23 de julio y el 15 de agosto de 1954. Durante ese lapso se hicieron los siguientes trabajos: estudio y muestreo del filón urano-auro-argentífero de San Celestino; levantamiento topográfico y radiométrico y estudio y muestreo del área uranífera de San Antonio; estudio y muestreo de los filones urano-auro-argentíferos de Las Animas y San Cristóbal; y reconocimiento radiométrico preliminar en la mina o zona minera de La Francia, al SE. de La Baja, en la que no se habían hecho antes estudios de esta naturaleza.-

En los análisis y estudios de las muestras tomadas durante esta comisión intervinieron diferentes entidades y personas, así: el doctor W. Nelson, Petrólogo del Instituto Geológico Nacional, estudió secciones delgadas y pulidas de rocas y minerales e hizo algunos exámenes roentgenológicos, cuyos resultados aparecen en el estudio titulado "Examen petrográfico de las muestras radioactivas procedentes de California, La Baja, Santander", que se incluye entre los anexos del presente informe. Los análisis radiométricos y químicos para determinación de uranio fueron realizados en los laboratorios de la Atomic Energy Commission de los Estados Unidos de América. Allí mismo se hicieron también algunos estudios mine

ralógicos especiales. Los análisis químicos para determinación de metales distintos de uranio fueron hechos por el doctor Braulio G. Montenegro, Químico del Servicio Minero de Pasto, y por el Laboratorio Químico Nacional, bajo la dirección del doctor Alfonso Fernández M.- Las determinaciones cualitativas de uranio por medio de la perla de fluoruro de sodio y las pruebas de beneficio y metalurgia para la recuperación de los metales económicos, fueron hechas en los laboratorios del Servicio Minero de Pasto por el autor de este informe con la colaboración del personal de esa institución, muy especialmente la del doctor Braulio C. Montenegro. También fué de mucho valor la ayuda prestada al autor por el señor Luis F. Rincón, Conservador del Museo de Mineralogía del Instituto Geológico, en diversos estudios mineralógicos. A todas las personas y entidades nombradas les expresa el autor sus rendidos agradecimientos.-

Los levantamientos topográficos superficiales y subterráneos fueron realizados por el Topógrafo de la comisión, señor Gonzalo Bohórquez, con la ayuda del Explorador, señor Muñoz. Para estos trabajos topográficos fueron de mucha ayuda algunos planos de la región levantados por entidades privadas.-

En el trabajo de muestreo fué muy importante la colaboración del Explorador, señor José A. Muñoz, y del minero de la región, señor Eduardo Villamizar. La labor de los señores Bohórquez, Muñoz y Villamizar fué una contribución valiosa para el éxito de la comisión.-

En la preparación de los gráficos inter vino idónea y asiduamente el señor A. Cortés Posada, Cartógrafo del Instituto Geológico Nacional.-

H I S T O R I A

La provincia minera de California, en el Departamento de Santander con sus tres zonas "La Alta", "La Baja" y "Vetas", ocupa un sitio destacado en la historia de la minería colombiana de metales preciosos.-

Desde mediados del siglo XVI en que los mineros españoles hicieron los primeros hallazgos de depósitos auríferos, la minería en esa región ha sido una sucesión de éxitos y fracasos, de épocas brillantes y de oscuros días de decadencia. Todavía hoy puede decirse que sigue siendo uno de los campos de investigación minera de mayor interés en el país, para metales preciosos, para algunos metales bajos como zinc, plomo y cobre y últimamente para uranio.-

Respecto de los minerales radioactivos - en esta misma región de California, la historia es mucho más reciente. Al parecer la referencia autorizada más antigua que hay acerca de yacimientos de minerales de uranio en la región de La Baja se debe a Lleras Codazzi (1) quien después de describir las especies pechblenda, ocre de uranio, calcouranita (metatorbernita) y autunita dice: "Estas especies se encuentran en el norte de Santander (Provincia de Pamplona y región de Baja y Vetas). La pechblenda de la serranía que se extiende entre Cucutilla y Eochalama, frente a Arboledas, contiene una proporción apreciable de plomo y señales de bismuto. La roca donde se ha encontrado este mineral es una pegmatita de grandes elementos. Al doctor Luis Eduardo Villar se debe el hallazgo de estos minerales en las localidades mencionadas.- "

(1) Lleras Codazzi, R. Los minerales de Colombia. Bogotá, 1927. Pág.- 128.-

Como se ve, la referencia es más o menos precisa en cuanto a la ubicación de los yacimientos situados en el Departamento de Norte de Santander, relacionados con cuerpos pegmatíticos. Pero es muy vaga respecto de la región de Baja y Vetas, en el Departamento de Santander.-

Quizá con base en esta referencia se hizo en 1.950 el estudio radiométrico de las pegmatitas que afloran en los municipios de Pamplona, Pamplonita, Durania, Bochalema y Cucutilla en el Departamento de Norte de Santander, estudio que llevó a cabo el geólogo del Servicio Geológico Nacional, doctor Marino Arce Herrera (1) según el cual la localidad más interesante es la región de Las Isabeles en el municipio de Pamplonita.-

En cuanto al uranio de La Baja, en el Departamento de Santander, es probable que los hallazgos a que se refiere el profesor Lleras Codazzi hayan ocurrido en el área de San Antonio donde se presentan minerales secundarios de los que él menciona y que, como los de Norte de Santander, se destacan por sus vivos colores verde o amarillo, lo que hace relativamente fácil el hallazgo por la curiosidad que ellos despiertan aun para el profano.-

(1) Arce Herrera M. Informe preliminar sobre las pegmatitas uraníferas de Norte de Santander. Informe No. 702 del Servicio Geológico Nacional, 1.950 Inédito.-

Arce Herrera M. Minerales radioactivos en las pegmatitas uraníferas del Norte de Santander Informe No. 793 del Servicio Geológico Nacional. 1.951 Inédito.-

En cambio, la mineralización primaria en filones, que como se verá más adelante es la realmente importante en esta región de La Baja, no podía encontrarse por las simples guías mineralógicas sino mediante investigaciones radiométricas.-

De aquí que el hallazgo de los yacimientos primarios de uranio y la localización precisa de las manifestaciones de origen secundario que hoy se conocen en la región de La Baja son el resultado de los reconocimientos radiométricos que ha realizado desde 1.953 el Instituto Geológico Nacional por sí mismo o con la colaboración de expertos de la Comisión de Energía Atómica de Los Estados Unidos de América.-

En 1.953, los expertos de la Comisión de Energía Atómica señores Th. McArvill y L.C. Smith en asocio de técnicos del Instituto Geológico Nacional hicieron dos reconocimientos radiométricos en esa región utilizando contadores Geiger y, por primera vez en Colombia, cintiladores o contadores de centelleo.-

El primer reconocimiento se hizo en mayo de 1.953 e incluyó el levantamiento radiométrico de la ruta desde Bucaramanga hasta las minas de oro La Tosca y El Volcán; en la zona minera de Vetas. En este estudio intervinieron los técnicos de la Comisión de Energía Atómica y por parte del Instituto Geológico Nacional el geólogo Jaime López Casas y el autor del presente informe. El único sitio en que se encontró alguna anomalía radioactiva fué en la mina El Volcán, en un corto trayecto a lo largo de uno de los filones auroargentíferos que allí se explotan. La muestra de este sitio dió solamente 0.01 % de U3O8 en análisis químico (1).-

(1) Bueno, J.A. y López Casas, J. Estudios sobre la radioactividad en el Departamento de Santander Informe No. 932 del Instituto Geológico Nacional. Inédito.-

El segundo reconocimiento se hizo en julio del mismo año por una comisión integrada por McArvill, Smith y Bueno (2) y cubrió la región de La Bata desde California hasta la mina Las Animas. Este segundo reconocimiento se hizo a raíz de haber sido identificada como radioactiva una muestra de mineral de la mina Las Animas colectada meses antes por el doctor, H. Buergl, geólogo del Instituto Geológico Nacional.-

Llevando el control radiométrico de la ruta, a partir de California, se localizó en primer lugar un sitio de radioactividad apreciable en un corte alto del camino, donde aflora un filón auroargentífero conocido con el nombre de San Celestino. Poco más adelante se localizó el área radioactiva de San Antonio, en la zona de los antiguos laboreos del filón de Pié de Gallo, área en la cual se constató la existencia de diversos puntos de anomalía radioactiva apreciable.-

Avanzando por el camino de La Bata se llegó finalmente a la mina de Las Animas o La Entrada donde se constató la radioactividad en los residuos del molino y en los propios filones de San Cristóbal y Las Animas.-

En este reconocimiento quedó, pues, establecida la existencia de minerales radioactivos en varias localidades de la región de La Bata, asociados a menas auroargentíferas conocidas allí desde los tiempos coloniales.-

(2) Bueno J. A. Reconocimiento de yacimientos de uranio en la región de La Bata, municipio de California, Departamento de Santander. Informe No. 933 del Instituto Geológico Nacional. Inédito.-

R. Wokittel (1), del Instituto Geológico Nacional, en comisión cumplida entre el 5 y el 20 de agosto de 1.953 hizo un estudio que cubrió las tres zonas de La Alta, La Baja y Vetatas, tanto en lo relacionado con minerales radioactivos como con los demás conocidos en esa región, especialmente oro, plata y cobre. En cuanto a minerales radioactivos, este estudio confirmó los hallazgos anteriores y dió resultados positivos pero muy bajos en dos minas de La Alta que se investigaron por primera vez.

La información anterior deja en claro la participación preponderante que ha tenido el gobierno nacional, por intermedio del Instituto Geológico en los hallazgos y en los estudios hasta ahora realizados de los yacimientos de uranio de los Departamentos de Santander y Norte de Santander.

(1) Wokittel R. Informe preliminar sobre la radioactividad investigada en el Departamento de Santander en Julio y Agosto de 1.953. Informe No. 944 del Instituto Geológico Nacional. Inédito.-

Wokittel R. Recursos minerales de las zonas Alta, Baja y Vetatas en el Municipio de California, Depto. de Santander. Informe No. 1030 del Instituto Geológico Nacional. Inédito.

DATOS GEOGRAFICOS Y ECONOMICOS

La región de California (véase fig. 2 - pág. 13 y fig. 3 pág. 14) hace parte de la vertiente SW de la Cordillera Oriental en la parte en que ésta sirve de límite entre los Departamentos de Santander y Norte de Santander. La Cordillera en esta parte tiene cimas de 4.000 y más metros de altitud y desciende bruscamente hacia el S y el W con laderas empinadas y cortadas agudamente por numerosos cursos de agua que constituyen las fuentes principales del río Lebrija.



Fig. 1.- El valle del río La Baja a la altura de San Antonio, mirando hacia el NE o sea aguas arriba.

Uno de tales cursos de agua es el río La Baja que en sus partes altas atraviesa la zona minera de La Alta - y luego la de La Baja, donde están los yacimientos uraníferos a que se refiere el presente informe.-

A poca distancia al NE de California se une al río La Baja el río Vetas procedente de la región minera de este mismo nombre y ya unidos reciben más abajo el nombre de río Sura tá.-

A la altura de La Baja, el río de este nombre forma todavía un valle estrecho de laderas empinadas en las que se encuentran los numerosos filones auroargentíferos conocidos desde la Colonia (véase foto Fig. 1 pág. 11).-

En La Alta, la zona mineralizada llega a altitudes de 3.500 metros. La parte de La Baja donde se encuentran los yacimientos uraníferos tiene 2.400 a 2.500 metros de altitud y goza de un clima sano y agradable.- ✓

Gran parte del territorio del municipio de California es inapropiado para actividades agropecuarias debido a la aspereza del relieve que ha causado intensa erosión y contribuido al empobrecimiento de los suelos. Las reducidas áreas cultivables están dispersas y dan señales de empobrecimiento a causa de su larga explotación, principalmente con cultivos de trigo.-

En las vecindades de La Baja se dispone de algunas zonas de bosques que pueden suministrar madera para explotaciones mineras de escala moderada, pero para atender a una demanda considerable y continua sería preciso una campaña de reforestación. ✓

En el río La Baja y en sus afluentes se tiene agua de fácil aprovechamiento y en la cantidad que se requiera

ZONA URANIFERA DE CALIFORNIA EN EL DEPTO. DE SANTANDER, COLOMBIA

MAPA INDICE

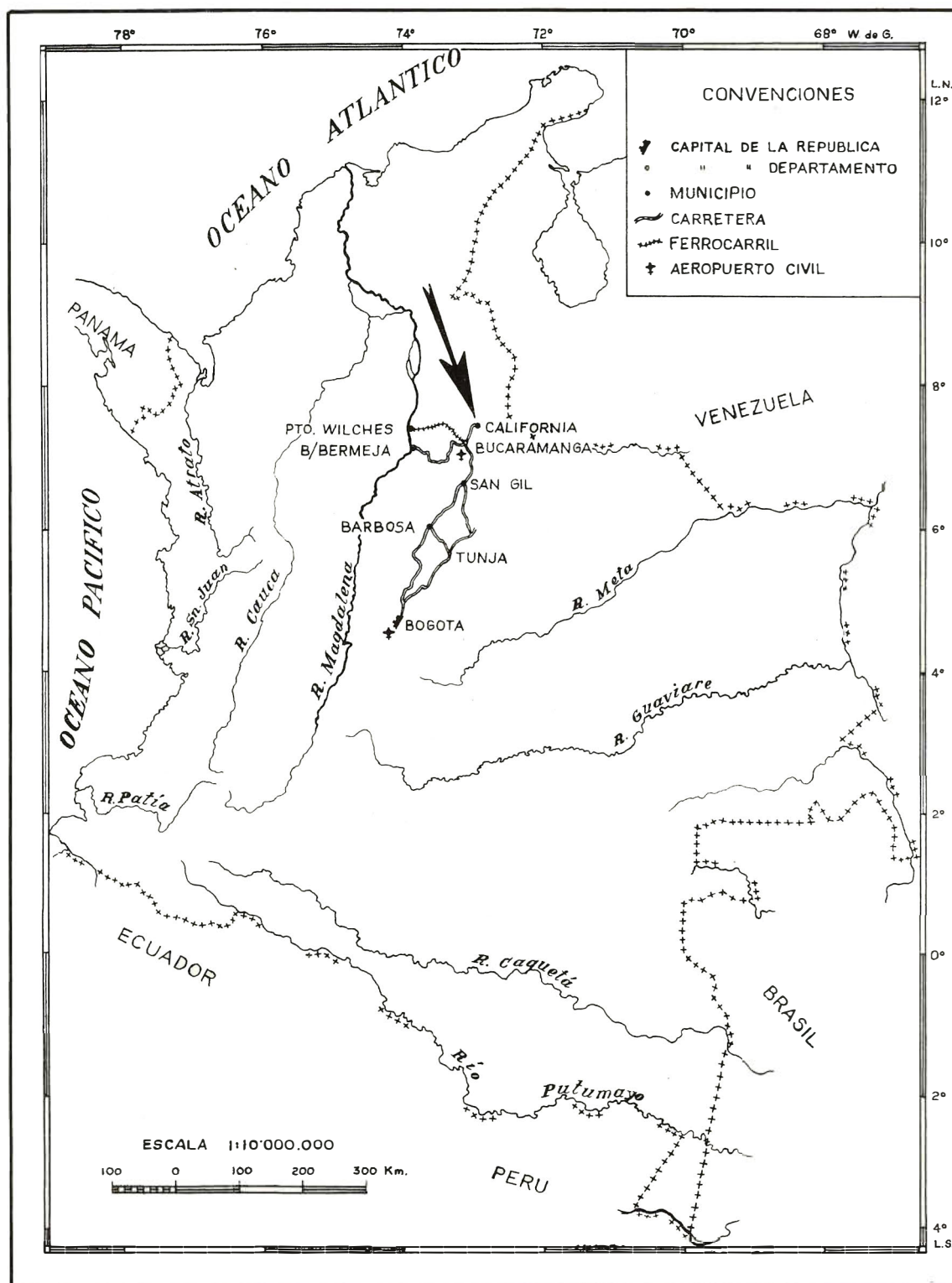


FIGURA 2

URANIO EN LA REGION DE "LA BAJA"

MPIO. DE CALIFORNIA, SANTANDER

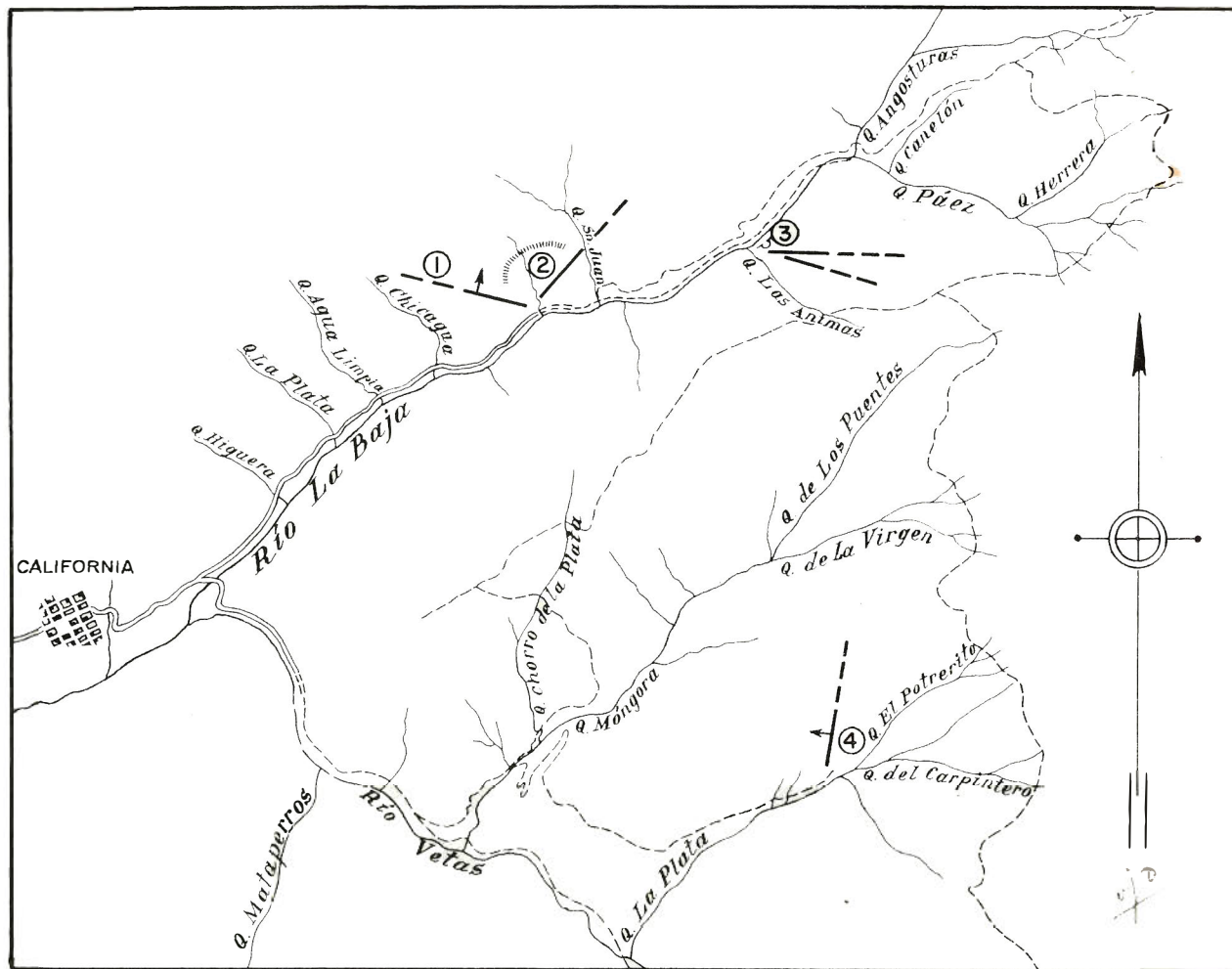


FIGURA 3

MAPA DE LOCALIZACION DE LOS YACIMIENTOS

ESCALA 1:50.000

LEYENDA

- ① FILÓN DE "SAN CELESTINO"
- ② AREA URANIFERA DE "SAN ANTONIO"
Y FILÓN DE "PIE DE GALLO"
- ③ FILONES "LAS ANIMAS" Y "SAN CRISTOBAL"
- ④ FILÓN "LA FRANCIA"

para explotaciones mineras. Ellos mismos pueden ser también fuentes de energía para plantas hidroeléctricas de la magnitud necesaria para esos fines industriales.-

En las cercanías de Suratá, a unos 20 - kilómetros de La Baja, por carretera, se conocen algunos mantos de carbón dentro de la formación de Guaduas (1). Es posible que una investigación seria de esta región dé por resultado que hay mantos de carbón explotables, lo que sería de mucho interés para la minería de La Baja y en general de la región minera de California, ya que como se verá más adelante, es muy probable que la elaboración de estos minerales requiera procesos pirometalúrgicos para los cuales sería de sumo interés contar con un combustible barato. Otros yacimientos de carbón más distantes de la zona minera son: a) Los de San Vicente de Chucurí, (2) sobre la carretera a Barrancabermeja, que distan 150 k. de California, por carretera; los mantos de carbón son gruesos y se adaptan para una explotación mecanizada. Son del tipo bituminoso y dan más o menos 7.000 calorías, b) Los del páramo del Almorzadero (3), distantes a 230 k. de Bucaramanga y 284 de California, por carretera. Este es un carbón de muy buena calidad que da alrededor de 8.000 calorías

(1) Hubach, E. Información oral.

(2) Hubach, E. Carbón del Páramo del Almorzadero y Carbón y fuentes de agua sal de Molagavita en el Departamento de Santander. Informe No. 926 del Instituto Geológico Nacional. Boletín Geológico No. 5, 1,953.-

(3) Hubach, E. Ibid.-

En la región de California, que ha sido tradicionalmente minera, es posible encontrar el elemento humano necesario para labores mineras, pero es necesario adiestrarlo en los trabajos especializados. Dada la pobreza de la región en agricultura y la falta de otros medios de ocupación, la explotación de los recursos minerales sería la redención económica para muchas gentes de esa comarca.-

VIAS DE COMUNICACION

La población de California está unida a Bucaramanga por una carretera de 54 k. que sigue el curso del río Suratá.-

De California arranca un carreteable hacia La Baja que llega hasta la vereda de San Antonio (5 k.) y de allí sigue el camino de herradura que va a La Alta atravesando toda la zona de La Baja. En el trayecto de La Baja, o sea hasta el sitio de Angosturas, este camino tiene una pendiente moderada; de Angosturas hacia La Alta asciende con fuertes declives.

El carreteable a que se ha hecho referencia prácticamente da acceso por carretera a los yacimientos uraníferos de San Celestino y San Antonio, que son los de más inmediato interés. La prolongación del carreteable hasta Angosturas en una extensión de unos 4 ks. cruzaría toda la región de La Baja inclusive el sector de los filones uraníferos de San Cristóbal y Las Animas a los que también se hace referencia en el presente informe.-

Finalmente, la región de La Francia al S. de La Baja, que tiene algún interés prospectivo para uranio, se comunica con California por el camino real que va a Vetas hasta la vereda de Móngora de donde se desprende un ramal que va al sitio de los antiguos laboreos.-

Las figuras 2 (página 13) y 3 (página 14) muestran claramente los medios de acceso a los sitios mineros a que se refiere el presente informe.-

G E O L O G I A

No se ha hecho todavía un estudio detenido de la geología de la región de California ni de sus relaciones con los yacimientos metalíferos que allí existen.-

Es ésta una investigación de mucho interés por las guías o criterios que ella puede suministrar para una correcta interpretación del origen y características de los yacimientos y por consiguiente para la apreciación de las posibilidades económicas de éstos y de las perspectivas que ofrece el territorio para el hallazgo de nuevos focos de mineralización, principalmente uranífera.

Por cuanto los estudios a que se refiere el presente informe estuvieron circunscritos a una área muy reducida entre California y la parte inferior de La Baja y a algunos reconocimientos rápidos en otras localidades y, además, porque la comisión se refería concretamente a una investigación de carácter minero, apenas es posible hacer aquí una breve referencia a las condiciones geológicas locales.-

Los yacimientos metalíferos a que se alude en este informe están ubicados en una zona constituida por rocas ígneas de características texturales y de composición más o menos parejas según el examen macroscópico. En algunas partes la roca presenta una textura porfirítica, en otras su aspecto es el de una roca equigranular de grano medio. Por lo regular los componentes esenciales apreciados a simple vista son cuarzo y feldespato, con ausencia de minerales melanocratos que solo aparecen ocasionalmente; en algunos ejemplares puede verse mica muscovita. Los feldespatos están con mucha frecuencia alterados por meteorización y, en las vecindades de las zonas de mineralización, afectados por la acción hidrotermal que según los estudios al microscopio se manifiesta por procesos de alunitización y sericitización. No es raro observar en ejemplares de esta roca zonas altamente silíceas y aun prácticamente exentas de feldespatos al lado de otras en que uno y otro mineral están más o menos en igual proporción. Son frecuentes en la roca pequeñas cavidades (vugs) tapizadas con cristales menudos, al parecer de cuarzo. En algunas localidades a las cavidades originales parecen agregarse otras debidas a la disolución de los feldespatos dando lugar a una roca silícea cavernosa.-

Los pórfidos que hemos descrito se extienden de La Baja hacia California y avanzan también por el camino a Vetas, adelante del puente sobre el río La Baja. También aparecen en la región de La Francia, al S. de la Baja, talvez formando un cuerpo independiente del de La Baja.-

En varios sectores del territorio estudiado y especialmente en la zona adyacente a la confluencia de los ríos Veta y la Baja, el pórfido está localmente mineralizado con pirita tanto diseminada en la masa como en vetillas, junto con cuarzo. Por alteración de esta pirita, que probablemente es cuprífera, la roca adquiere una coloración amarillenta o rojiza y se cubre con manchas formadas por eflorescencias de sulfatos de hierro y de cobre. Se tra

ta de sitios en que la roca ha sido afectada por soluciones hidrotermales que ascendieron a través de pequeñas cavidades e intersticios de la roca y que han dado lugar a una mineralización que no alcanza a formar depósitos comerciales. Una muestra tomada en uno de estos sitios de mineralización dió 0.7 gramos de oro y 6.7 gramos de plata, por tonelada métrica. En esos mismos sitios el cintilador muestra una anomalía radioactiva apenas superior a la regional.-

Algunas de las muestras de roca que se tomaron en la región de California fueron estudiadas por W. Nelson, Petrólogo del Instituto Geológico Nacional. En su informe titulado "Examen petrográfico de las Muestras Radioactivas de California-La Baja, Santander" que aparece entre los anexos del presente estudio, describe las muestras Bj 43 y Bj 45, identificando la primera como una micropegmatita y la segunda como un pórfido granítico. Con base en el estudio petrográfico afirma el doctor Nelson: "El Batolito granítico de Santander, posible fuente de la mineralización, no está representado entre las rocas colectadas. En cambio figuran varias muestras de los llamados diques hipoabisales, de zonas no afectadas por el brechamiento ni por la mineralización". Las rocas hipoabisales a que se alude en este párrafo son los pórfidos que hemos descrito anteriormente a base de inspección macroscópica y que en masas de amplias dimensiones y no como diques ocupan por lo menos la mayor parte del territorio comprendido entre la parte inferior de La Baja y las cercanías de California.-

El granito del batolito de Santander parece aflorar en alto grado de descomposición a la salida de California hacia La Baja. Según E. Hubach (1) al SW. de California el Cretácico Inferior reposa transgresivamente sobre granito; el mismo geólogo cree, con base en lo observado en otras localidades de Santander, que estos pórfidos de California sean posteriores al granito del macizo de Santander, pero todavía muy antiguos, quizá pre-devonianos.-

(1) Información oral.-

DESCRIPCION DE LOS YACIMIENTOS URANIFEROS

GENERALIDADES

Como se ha dicho anteriormente, en las tres zonas de Vetas, La Alta y La Baja se conocen numerosos yacimientos metalíferos que se han explotado desde tiempos remotos para la extracción de oro y plata.-

Todos estos yacimientos se han formado por soluciones hidrotermales que han rellenado cavidades e intersticios de la roca y han afectado a ésta por procesos de sustitución metasomática. Las condiciones de temperatura y presión en que se formaron estos yacimientos pueden variar desde las correspondientes a la zona mesothermal hasta la epitermal. Algunos depósitos de La Baja más o menos ricos en cobre como el de Las Animas y otros pudieran considerarse como del tipo mesothermal. En la región de Vetas, mina La Tosca, hay depósitos clasificados como epitermales por J. Sandoval (1) con base en las características texturales, estructurales y principalmente por la mineralización. El filón de San Celestino descrito en detalle más adelante se considera por su mineralización y otras características como formado en condiciones que lo aproximan al límite superior del grupo de los yacimientos mesotermales.-

La mineralización es variable pero en general se encuentran sulfuros de hierro, cobre, zinc, plomo y varios compuestos del grupo de las sulfosales, principalmente las argentíferas.-

(1) Sandoval, J. Mineralization and ore deposition at the Tosca Mine, Santander, Colombia, South America. Trabajo para Master of Arts, Columbia University.-

Estos yacimientos se han explotado solamente para oro y plata pero algunos de ellos se los señala como posibles fuentes de otros metales, como subproductos, en especial cobre y zinc.-

Puede pensarse que la fuente de la mineralización en esta región de Alta, Baja y Vetas sea el batolito granítico de Santander. Sin embargo, lo que se observa en la reducida porción de este territorio minero a que se concretó el presente estudio inclina a atribuir esa mineralización a las rocas hipoabisales o pórfidos ya mencionados. Además, tratándose de yacimientos formados relativamente cerca de la superficie, parece más probable que sus nexos genéticos sean más bien con una roca hipoabisal que con un macizo plutónico. A este respecto es interesante observar que los depósitos de la provincia minera de California tienen similitudes mucho más aparentes en cuanto a mineralización y a características genéticas y morfológicas con los depósitos auroargentíferos de la Cordillera Occidental colombiana relacionados con rocas hipoabisales terciarias, como son los de Marmato y Titiribí entre otros, que con los depósitos relacionados con el batolito antioqueño, por ejemplo.-

El presente informe se concreta a aquellos yacimientos o localidades de la región minera de California que según los reconocimientos radiométricos hechos anteriormente justificaban un estudio más detenido de sus posibilidades como fuentes de mineral de uranio. Tales son: el filón de San Celestino, el área de San Antonio y los filones de Las Animas y San Cristobal en la mina La Entrada o Las Animas, todos ellos situados en la región de La Baja. Además, se agrega una información somera sobre un filón de la región de La Francia, al S. de La Baja, donde se hizo por primera vez un reconocimiento radiométrico. Todas estas localidades uraníferas están indicadas en el mapa de la Fig. 3, pág. 14, y de ellas se habla separadamente a continuación.-

FILON DE SAN CELESTINO

GENERALIDADES

Avanzando desde California por el camino de La Baja, poco antes de cruzar la quebrada de San Antonio aparece el pórfido en un corte alto del camino, con las características que ya hemos indicado de los sitios en que la roca ha sido afectada por soluciones mineralizantes: pirita diseminada o asociada con cuarzo en vetillas, eflorescencias de sulfatos de hierro y cobre, etc. - En este sitio los aparatos detectores indican una anomalía radioactiva apreciable que se localiza especialmente a lo largo de una franja inclinada constituida por roca brechoide con algo de pirita, cuarzo-cavernoso y óxidos de hierro, y de algunas vetillas de menor dimensión. Se trata del afloramiento del filón de San Celestino.-

En los reconocimientos anteriores este filón se había estudiado y muestreado en dicho afloramiento y en un túnel de 12 m. que tiene su entrada allí mismo. En los trabajos para el presente estudio fue posible destapar un pequeño sector de la parte trabajada antiguamente, lo que permitió conocer el filón en una parte muy interesante de la zona primaria. Los trabajos antiguos avanzan aún más pero para tener acceso a ellos se requieren labores de destape cuyo costo no estaba al alcance de los recursos de que disponía la comisión. En la plancha No. 1, anexa al presente informe, está indicada la parte del filón cuyo estudio y muestreo ha servido de base para la información que de él vamos a dar en las páginas siguientes. Esa zona abarca 15 metros en el sentido de la dirección y 20 metros a lo largo del buzamiento.-

ESTRUCTURA

Como se ha dicho, el filón de San Celestino, como todos los demás de la región, se ha formado por soluciones

hidrotermales que han llenado espacios abiertos en la roca y han producido en éstas alteraciones por sustitución metasomática.-.

Los espacios abiertos que han servido para la circulación y la deposición de la mineralización son primordialmente una falla de rumbo general N 75° W y 45° de buzamiento al N y un sistema de diaclasas (joints) que sigue aproximadamente la misma orientación. Aparentemente la falla es una estructura compleja con ramificaciones. Así se explica la zona de brecha altamente sulfídica que con rumbo N 45° W y buzamiento al NE aparece en el nivel inferior entre los puntos de muestreo 12 y 15 (véase plancha No. 1) y la brecha también mineralizada que sigue a lo largo de la misma guía por su pared sur (puntos de muestreo 6 a 12) con un buzamiento al N. Lo reducido y defectuoso de los trabajos subterráneos impide apreciar las relaciones de éstas que parecen ser dos estructuras concurrentes.

El material fracturado de la falla ha sido cementado por el relleno hidrotermal, formándose así una brecha mineralizada. También en las diaclasas más próximas a la zona de fracturamiento ha habido, por lo menos en parte, relleno hidrotermal, que en algunos sitios consiste solamente de cuarzo uranífero. La figura 4, página 24, explica gráficamente esta interpretación de la estructura del filón.-

MINERALIZACION

Según lo dicho anteriormente, el mineral del filón de San Celestino está constituido en parte por el material que rellena la fractura principal y las secundarias y en parte por la roca adyacente a estas fracturas, que por acción hidrotermal ha sido mineralizada. Esto se aprecia claramente en el afloramiento bien descubierto del camino de La Baja. Allí aparece el pórfido en un corte de 25 o más metros dentro de los cuales hay una zona-

INTERPRETACION GENERAL DE LA ESTRUCTURA DEL FILON DE SAN CELESTINO

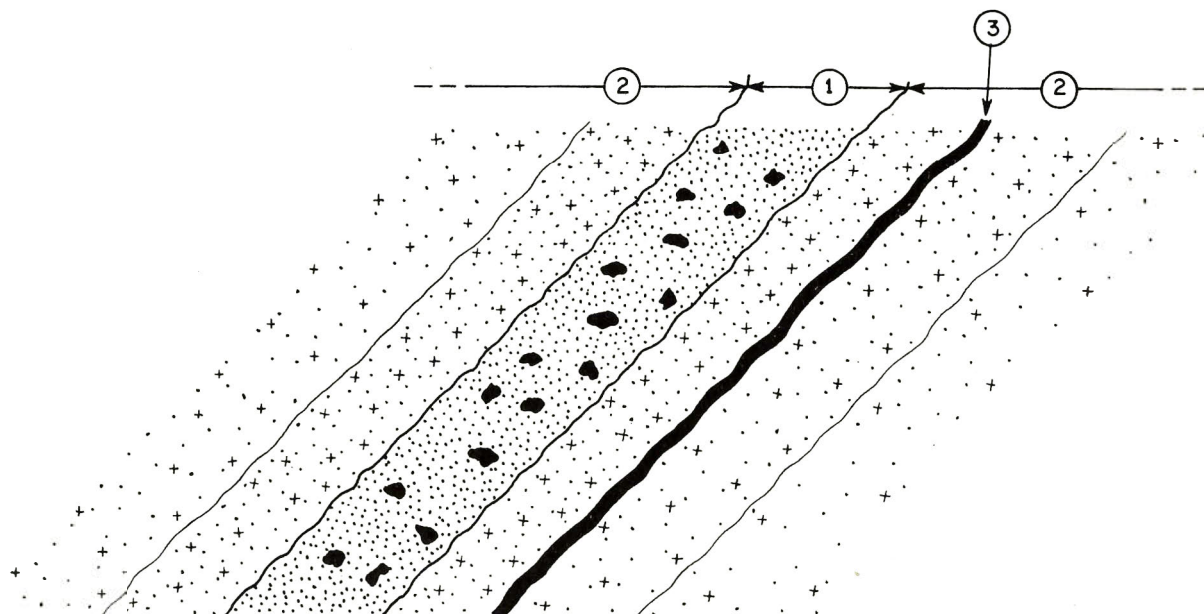


FIGURA 4

- ① Zona central de brechamiento, con relleno sulfídico y de cuarzo uranífero.
- ② Zona de pórfido hidrotermalmente alterado con valores principalmente en oro y plata.
- ③ Relleno de una diaclasa.

claramente afectada por soluciones mineralizantes. La acción hidrotermal es notoriamente más intensa en la zona central correspondiente a la estructura mayor (falla) que controla la mineralización; de allí hacia los costados va reduciéndose paulatinamente hasta llegar a la roca sin señales visibles de mineralización. Lógicamente, la distribución de los minerales económicos a lo ancho del filón sigue la misma ley. Esto está confirmado por el análisis de dos muestras tomadas en este afloramiento, la una de la parte central en la zona de fracturamiento y la otra a uno y otro lado de la primera:

Muestra		%	Oro	Plata	Plomo	Cobre
No.	O r i g e n	U ₃ O ₈ Eq.	G/t.	G/t.	%	%
Bj 49	Parte central del aflto. 1.40 m. de ancho en el sector de más aparente <u>in</u> fluencia hidrotermal	0.071	238.91	2415.58	2.60	0.139
Bj 124	A uno y otro lado del canal de la muestra Bj 49. En un <u>an</u> cho total de 7.0 metros.	0.024	53.25	396.12	0.58	0.00

Se tiene, pues, que en éste como en todos los depósitos en que intervienen procesos de acción metasomática

no existe un límite bien definido entre el mineral y la roca estéril sino una transición paulatina del uno a la otra. La tabla indica, por ejemplo, que en este afloramiento los 9.30 metros de ancho muestreado son de mineral explotable para metales preciosos y que un muestreo más amplio podría indicar que el ancho explotable es todavía mayor.-

La roca alterada constituye la parte más importante de la fracción no metálica del mineral de San Celestino y en mucho menor proporción el cuarzo y la alunita depositados por las soluciones mineralizantes. La parte metálica está constituida por pirita, esfalerita, tetrahedrita, galena, oro, plata (en su mayor parte asociada a la tetrahedrita) y dos o más minerales primarios de uranio.-

Un análisis químico cualitativo practicado por B.C. Montenegro, del Servicio Minero de Pasto, sobre una mezcla de las muestras del filón dió los siguientes resultados:

<u>Elementos investigados</u>	<u>Resultado</u>
Antimonio.....	Positivo
Arsénico.....	Positivo
Bario.....	Trazas
Bismuto.....	Negativo
Cadmio.....	Positivo(muy poco)
Cobalto.....	Negativo
Cobre.....	Positivo
Estroncio.....	Trazas
Litio.....	Negativo
Manganeso.....	Positivo(muy poco)
Mercurio.....	Negativo
Molibdeno.....	Negativo

<u>Elementos investigados</u>	<u>Resultado</u>
Niquel.....	Trazas
Oro.....	Positivo
Plata.....	Positivo
Plomo.....	Positivo
Selenio.....	Negativo
Teluro.....	Negativo
Tungsteno.....	Negativo
Vanadio.....	Positivo(muy poco)
Zinc.....	Positivo

El Cuarzo hidrotermal se lo encuentra re llenando cavidades mayores y menores y quizá haya intervenido tam — bién en procesos de sustitución de la roca porfídica.-

Este cuarzo hidrotermal tiene una impor- tancia singular por ser el asiento de los minerales de uranio, según ha quedado plenamente establecido por los estudios de Nelson (1) y - por pruebas químicas y de beneficio de minerales hechas por el autor, a que se hará referencia más adelante.-

(1) Nelson, W. Examen Petrográfico de las Muestras Radioactivas Pro- cedentes de California-La Baja-Santander. Informe ane xo al presente estudio, páginas 1A y siguientes, al - que se hará referencia repetidas veces en relación -- con la mineralogía de los yacimientos uraníferos de - La Baja.-

Por observación macroscópica de diferentes muestras se tiene la impresión de que hay dos variedades de cuarzo hidrotermal, una de cuarzo lechoso en parte con alguna tonalidad gris y otra de cuarzo negro de aspecto criptocristalino, y que las dos correspondieran a dos generaciones diferentes, la última de las cuales sería la del cuarzo negro criptocristalino. Además, según algunas pruebas de uranio en una y otra de estas dos variedades, el uranio estaría asociado solamente al cuarzo negro.-

En todo caso, los estudios ópticos hechos por Nelson indican que aparentemente hubo dos fases en la mineralización, en la primera de las cuales se depositaron los sulfuros y en la segunda el cuarzo uranífero. Probablemente hubo entre las dos fases una etapa de inactividad hidrotermal durante la cual ocurrieron nuevos esfuerzos tectónicos que ocasionaron el brechamiento de los sulfuros observado por el mismo Nelson, y en general una reapertura de grietas en las cuales se depositó el cuarzo uranífero.-

Algunas pruebas de uranio con perla de fluoruro de sodio se hicieron sobre granos de esfalerita, tetrahedrita, galena y pirita escoridos cuidadosamente con ayuda del binocular. Algunos de los resultados fueron positivos, lo cual puede explicarse al observar las autoradiografías preparadas por Nelson (1) donde es muy aparente la "contaminación" de los sulfuros por el uranio en las vecindades del contacto entre este y aquellos. A esto mismo debe atribuirse, por lo menos en parte, la presencia de uranio en los concentrados piríticos obtenidos en las pruebas de flotación a que se hará referencia más adelante.-

(1) - Véase pág. 5-A de los anexos.

Los estudios ópticos y roentgenológicos de Nelson indican que el mineral de uranio que existe en la zona primaria del filón de San Celestino es Uraninita en inclusiones finísimas diseminadas en el cuarzo. Este mismo mineral y además Cofinita (un silicato de fórmula aproximada $USiO_4$) fueron determinados en muestras del mismo filón en los laboratorios de la Atomic Energy Commission (1).-

Según pudo observarse en el filón y por el estudio radiométrico de las muestras, se considera que la sede del cuarzo uranífero está, por lo menos en su mayor parte, en la zona de la brecha tectónica mineralizada y, localmente, en "agujas" o vetillas que siguen las diaclasas del pórfido próximas a la fractura principal. Tanto en el filón como en las muestras se observa que las más altas lecturas del contador Geiger corresponden al material que rellena estos dos tipos de grietas. En cambio, numerosos ejemplares de roca pirítica de la zona de metasomatismo que sin duda contienen valores en oro y plata y aún en otros metales como zinc, no produjeron ninguna anomalía con el contador Geiger. Es, pues, indudable que en el filón de San Celestino el uranio tiene una distribución mucho menos difusa o diseminada que los metales preciosos, por ejemplo. Es de mucho interés ahondar más las investigaciones en este sentido, pues como se verá más adelante, esto tiene relación muy estrecha con los procesos de concentración que hayan de adoptarse para obtener un producto de alto contenido de este metal.-

Con base en la interpretación de la estructura del filón de San Celestino, dada en la figura 4, se da en la figura 5, pág. 30, una explicación gráfica de lo que acabamos de decir sobre la distribución del uranio.-

(1) - Véase pág. 13-A de los anexos.-

DISTRIBUCION DEL URANIO
EN EL FILON DE SAN CELESTINO

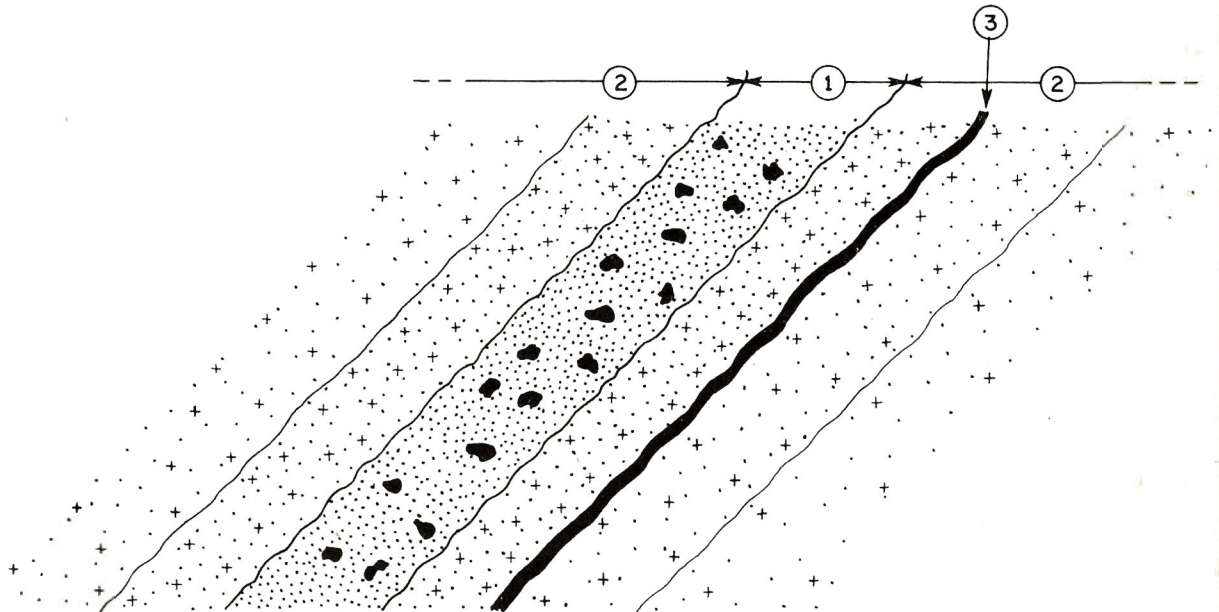


FIGURA 5

- ① Zona central de la brecha mineralizada con cuarzo uranífero.
- ② Zona, de pórfido hidrotermalmente alterado, pobre o estéril en mineralización uranífera.
- ③ Diaclasa con relleno de cuarzo uranífero.

La Pirita es de importancia secundaria dentro de la mineralización de relleno de la brecha, pero es el compuesto sulfídico predominante en la zona de sustitución metasomática y probablemente sea el más abundante de los sulfuros considerando las dos zonas de mineral en conjunto.-

En la roca aparece diseminada, ya sea en pequeñas masas o en cristales o granos aislados, por lo regular muy pequeños. Esta diseminación en individuos de tamaño muy reducido da lugar a que sea muy difícil lograr una separación completa entre la ganga cuarzosa y la pirita por medio de una molienda ordinaria. Observando material del filón molido a diferentes grados de finura se encuentra que aun en las porciones que pasan por el tamiz No. 100 de la serie Tyler hay todavía granos de cuarzo con pirita adherida. Esto obviamente tendrá influencia en cualquier proceso de beneficio que tenga por objeto separar los compuestos metálicos de la ganga cuarzosa.-

Según Nelson, la pirita es probablemente aurífera, aunque el estudio óptico no permitió establecer la sede del oro. Más adelante veremos que los estudios metalúrgico confirman esta suposición, por lo menos respecto del oro que está en la zona de sustitución.-¹

La Esfalerita es sin duda el más abundante de los sulfuros que forman el relleno de la fractura principal y se encuentra también en cantidad moderada en la zona de reemplazo-metasomático. Su coloración varía desde ambar hasta muy oscuro. Se presenta generalmente en concentraciones masivas.-

Este mineral es, desde luego, la fuente del zinc, que es el más abundante de los metales bajos y por lo tanto uno de los posibles subproductos de la explotación de este filón. Y-

cabe observar que la esfalerita parece ser uno de los más abundantes-sulfuros en las minas de la parte inferior de La Baja, a juzgar por los reconocimientos rápidos que allí se hicieron.-

La esfalerita debe ser el asiento de las pequeñas cantidades de cadmio detectadas en el análisis transcrito en las páginas 26 y 27.-

La Tetrahedrita es también un componente importante del relleno de la fractura y probablemente ocupa el tercer lugar en orden de abundancia después de la pirita y la esfalerita. A la vista se revela en concentraciones masivas.-

El examen petrográfico de Nelson indica que se trata de una tetrahedrita argentífera por lo cual a ella debe estar asociada una gran parte de la plata que hay en este filón. La existencia de plata en sitios del filón exentos de tetrahedrita indica que ésta no es la fuente única, otras pueden ser la asociación de oro y plata nativos, y la galena, sin contar los compuestos secundarios, como la argentita, que se encuentra en la zona de oxidación.-

La tetrahedrita debe ser también la fuente del cobre, del antimonio y del arsénico que en cantidades menores existen en el filón de San Celestino.-

La Galena es el más escaso de los sulfuros. Macroscópicamente solo se la determinó en una muestra. Sin embargo, casi todas las muestras dan alguna cantidad de plomo que varía desde 0.1 hasta 8.8 %.-

La existencia de Alunita en el filón de San Celestino fué establecida tanto por los estudios de Nelson como por los realizados en los laboratorios de la Atomic Energy Commission.

Según el primero, la alunitización del pórfido en la zona de sustitución metasomática se ha llevado a cabo con desalojamiento casi total del feldespató. Este mineral puede considerarse como el más indicativo de que el ambiente de deposición mineral en el filón de San Celestino se aproxima al límite entre los grupos mesotermal y epitermal y algunos lo consideran como característico del grupo epitermal (1).-

Al hablar del cuarzo se trató igualmente del Uranio que está asociado a él. Falta referirnos más detalladamente a los demás minerales económicos que se encuentran en el filón de San Celestino, o sean oro, plata, zinc, plomo y cobre.

El Oro y la Plata hacen parte muy importante del grupo de los metales de interés económico contenidos en el filón de San Celestino. De los dos es mucho más abundante la plata. La relación promedia en las muestras que se tomaron es Oro : Plata :: 1:15.5.-

No hay datos directos acerca de las condiciones en que se encuentra el oro en el mineral de San Celestino. Nelson no pudo observarlo en las secciones pulidas por lo cual considera que debe hallarse en forma muy diseminada (2). Tampoco en los estudios mineralográficos de la Atomic Energy Commission se hace referencia a él.-

(1) Cf. H.E. McKinstry. Mining Geology, Prentice Hall, Inc. Pág.380

(2) Véase anexos pag. 3A.-

Con base en los ensayos de las muestras y en las pruebas de tratamiento de este mineral se puede establecer lo siguiente: a) el oro se encuentra tanto en el material sulfídico de relleno como en la zona de metasomatismo del pórfido; b) todo o casi todo el oro de la zona primaria del filón está asociado a los sulfuros y gran parte de él en partículas muy finas dentro de esos sulfuros; c) según el punto anterior y teniendo en cuenta que la piritita es casi el único sulfuro de la zona de metasomatismo hay que aceptar que asociado a ella se ha de encontrar la mayor parte del oro que hay en dicha zona; d) es probable que fuera de la piritita o otros compuestos sulfídicos de la zona de relleno sean auríferos; e) en la zona de oxidación el oro en mayor o menor cuantía según la intensidad de aquella, queda liberado de su clausura dentro de los sulfuros y por consiguiente en condiciones más sencillas de recuperación.-

En cuanto a la Plata, ya se ha dicho que su fuente es la tetrahedrita argentífera y que probablemente la hay también nativa asociada al oro.-

Según lo observado en el afloramiento y en algún otro sitio en que se hizo muestreo múltiple, la cuantía del oro y la plata es la que define, por lo menos localmente, el ancho comercialmente explotable del filón. Es decir, que hay zonas laterales del filón que carecen de interés desde el punto de vista del uranio pero que todavía contienen oro y plata en cantidad comercial. Esto es consecuencia de lo ya dicho respecto de la difusión de los metales preciosos en virtud de la cual avanzan dentro de la zona de metasomatismo mucho más allá de la zona en que se desarrolla la mineralización uranífera.-

Ya se ha dicho que de los metales bajos el Zinc es el que se encuentra en una proporción más importante,

por encima del plomo y del cobre. La zona muestreada da un promedio de 4.42 % de zinc.-

El muestreo revela una distribución más bien irregular de este metal con zonas de alta mineralización se paradas por otras pobres o estériles.-

El Plomo, a pesar de la aparente irregularidad en la distribución de la galena revela en el muestreo cierta constancia a lo largo de la zona muestreada. Pero la proporción en que se encuentra es bastante baja, siendo en promedio de 0.9 %.-

El Cobre se ha señalado como uno de los metales de más perspectivas de aprovechamiento, como subproducto, en la zona minera de La Baja. Efectivamente algunos filones como el de Las Animas y el de San Cristóbal contienen una mineralización cuprífera apreciable. En cambio, en el filón de San Celestino aparece en una proporción muy baja. El tenor promedio de la zona muestreada solo alcanza a 0.10 %. Sin duda, por lo menos una parte de este cobre procede de la tetrahedrita. Pero quizás haya también algo de cobre en la pirita. Así se podría explicar la presencia de este metal en algunas muestras en que aparentemente no hay más sulfuros que pirita. En los varios sitios aledaños a la confluencia de los ríos Vetas y La Baja en que aparecen eflorescencias de sulfato de cobre más o menos abundantes, el único sulfuro que se aprecia a la vista es la pirita.-

ALTERACION POR AGENTES METEÓRICOS.

En la parte estudiada del filón de San Celestino la acción de los agentes meteóricos no ha sido intensa. Ya se ha visto que en el propio afloramiento se encuentra la roca relati-

vamente fresca con abundante pirita diseminada. Y a unos 20 metros de profundidad se encuentra el filón prácticamente libre de productos de meteorización. Con todo, este bajo grado de meteorización permite observar a través de los análisis de las muestras algunos efectos sobre los minerales de interés económico.-

En cuanto al uranio, los análisis de las muestras del afloramiento comparados con las demás del mismo filón revelan que ha habido sin duda disolución y migración del mineral de uranio. Efectivamente, las muestras de la zona más intensamente radioactiva del afloramiento son las más pobres de todas las que se tomaron en el propio filón. Y además son las únicas que revelan una diferencia notable entre el resultado radiométrico y el químico lo que indica un estado de desequilibrio radioactivo debido a que el uranio fue en parte desplazado en solución quedando como fuentes principales de la radioactividad, los productos más estables de su desintegración normal. En este filón y en general en toda la zona minera de La Baja hay condiciones muy favorables para que las aguas del subsuelo se acidulen por la alteración de los compuestos sulfídicos, que abundan no solamente en los filones sino diseminados en la roca. De aquí que la disolución de los compuestos de uranio por la acción de estas aguas ácidas es allí un proceso de muy fácil ocurrencia. Tenemos, pues, aquí, el caso frecuente en los yacimientos uraníferos de tipo filoniano de que los afloramientos, y en general la zona de oxidación, son más pobres en uranio que las partes profundas, no meteorizadas (1).-

En cuanto al oro, parece que ha habido algún enriquecimiento secundario, a juzgar por el tenor en el aflora

(1) Cf. Mckelvey, V.E. Search for Uranium in the United States, U.S. G.S. Bulletin 1030-A. 1.955

miento, y es evidente que gracias a la alteración supergena alguna parte de este metal ha quedado en estado de libertad como consecuencia de la meteorización de los sulfuros en que originalmente se encuentra.-

La plata también ha sido liberada en alguna proporción, como resultado de los procesos de meteorización del filón. Además, los análisis revelan también cierto grado de enriquecimiento secundario. Algunas pocas manifestaciones de argentita en el afloramiento del filón se deben probablemente a precipitaciones de origen secundario.-

Las eflorescencias de sulfato de cobre que en cantidad reducida aparecen en el afloramiento de San Celestino pueden provenir de la meteorización de la tetrahedrita. Pero ya se ha dicho que es posible que la pirita de este filón sea siquiera ligeramente cuprífera.-

Finalmente, la muestra principal del afloramiento de San Celestino dió un resultado comparativamente alto en plomo (2.6%) solo superado por el de una de las muestras de la zona primaria. Aun en la muestra de ese afloramiento tomada en las zonas laterales de roca alterada hidrotermalmente, el contenido de plomo es relativamente alto. El plomo de estas muestras casi seguramente no está asociado a galena sino a un mineral secundario que parece ser piromorfita.-

Hemos dicho que en la parte estudiada del filón de San Celestino la extensión y la intensidad de la alteración supergena son reducidas. Sus efectos más destacados como son el empobrecimiento en uranio y el enriquecimiento y liberación de los metales preciosos, prácticamente solo son sensibles en el afloramiento y hasta menos de 10 metros hacia adentro. Sin duda influye en esto el hecho de que dicha parte del filón está al fondo del valle del río La

Baja donde la ladera es más empinada y por lo tanto la erosión ha podido trabajar en ventaja sobre la meteorización. A niveles más altos el perfil del valle es más suave y allí es posible que los agentes atmosféricos hayan alcanzado a obrar más intensa y extensamente.-

Que la zona de meteorización del filón de San Celestino sea más o menos extensa es un hecho que influye económicamente en dos sentidos opuestos, según lo que se ha dicho anteriormente. La oxidación es perjudicial desde el punto de vista del uranio por cuanto ocasiona la disolución y la fuga de este metal. En cambio es favorable respecto de los metales preciosos que siendo difíciles de recuperar en su estado original de asociación íntima con los sulfuros, gracias a la oxidación quedan al alcance del minero común de la región que solo cuenta con equipos y procedimientos técnicos rudimentarios.-

MUESTREO Y ESTIMACION DEL TENOR

La Plancha No. 1 adjunta al presente informe muestra una proyección horizontal de la parte conocida del filón de San Celestino, con indicación de los sitios de muestreo. Y en forma tabulada se presentan allí mismo los resultados de los análisis de todas las muestras tomadas en dicho filón. Buena parte de los trabajos subterráneos que aparecen en ese gráfico están fuera del plano del filón, lo que explica la irregularidad del muestreo. En varios de los sitios de muestreo se tomó más de una muestra, de acuerdo con las variaciones de la intensidad radioactiva. El muestreo estuvo primordialmente controlado por esas variaciones de la radioactividad, de aquí que es posible que en algunos sitios los canales de muestreo no hayan abarcado sino una parte del ancho total mineralizado. En este mismo sentido influyó también lo indefinido de la transición entre el mineral y la roca estéril, lo mismo que lo defectuoso de las labores subterráneas que en trayectos se apartan totalmente del filón, o lo

descubren solo parcialmente.-

A pesar de estas circunstancias desfavorables, el muestreo realizado se presta para hacer una deducción del tenor promedio del mineral en la zona conocida del filón y sobre todo, ha sido la base para obtener una información muy valiosa sobre la naturaleza y peculiaridades de este yacimiento.-

Entre las muestras hay algunas que se tomaron para fines de investigación y que por el sitio de origen o por otras condiciones anormales no se han tenido en cuenta para el cálculo del tenor promedio de la zona muestreada. Tales son las muestras B_j 49 y B_j 124 que corresponden al afloramiento, donde, como se ha visto, han ocurrido fenómenos de empobrecimiento y de enriquecimiento. Y también las muestras B_j 53, 61, 126, 127, 128 y 129 por ser muestras extras, comprendidas dentro de la zona de influencia de otras muestras.-

Para la deducción del tenor medio se tuvo en consideración el ancho muestreado en cada punto y la distancia de influencia de cada muestra a lo largo de las líneas de muestreo.- Los anchos medidos son en varios sitios de muestreo inferiores al total por incompleta exposición del filón. En el sector comprendido entre los puntos de muestreo 2 y 6 la distancia de influencia de las muestras se mide sobre la recta que une tales puntos extremos, proyectando sobre ella los puntos intermedios 3, 4 y 5. Esa línea imaginaria coincide aproximadamente con el buzamiento del filón.-

En las muestras que no han sido analizadas químicamente para uranio se adopta para el cálculo el porcentaje de U_3O_8 radiométrico. Esto no introduce error grave por tratarse de un mineral cuyo muestreo indica que está prácticamente en equilibrio radioactivo.-

La tabla de la página 41 reúne todos los datos y los resultados del cálculo del tenor medio del mineral de San Celestino en uranio, oro, plata, zinc, plomo y cobre.-

Tenemos, según esa tabla, que los tenores promedios en la zona muestreada del filón de San Celestino son:

Uranio (en términos de U308)	:	0.22 %				
Oro	:	30.84 gramos por ton. métrica				
Plata	:	730.32	"	"	"	"
Zinc	:	4.42 %				
Plomo	:	0.91 %				
Cobre	:	0.10 %				

Para fines prácticos conviene convertir estas cifras a pesos por tonelada.-

Respecto del uranio, a falta de un mercado nacional de este metal adoptamos, como una aproximación, las tarifas establecidas por la Atomic Energy Commission para minerales producidos en E.E.U.U. Contando los premios por tenor y las bonificaciones por desarrollo y por producción inicial un mineral de 0.22 % se paga a razón de:

U.S \$ 33.30 por tn. (2.000 lbs.).

equivalentes a

U.S. \$ 36.71 por ton. métrica. O sean

\$ 91.77 m/c. por ton. métrica (Cambio al 250)

Para el oro adoptamos un precio de \$4.45 el gramo de metal puro que es aproximadamente el que se paga hoy en -

DATOS Y CALCULOS DEL TENOR EN URANIO, ORO, PLATA, ZINC, PLOMO Y COBRE
DEL MINERAL DE "SAN CELESTINO" EN LA ZONA MUESTREADA

MUESTRA Nº	ANCHO METROS	LONGITUD INFLUENCIA METROS	% U ₃ O ₈	grs/ton. ORO	grs/ton. PLATA	% ZINC	% PLOMO	% COBRE	A x B	A x B x U	A x B x Au	A x B x Ag	A x B x Zn	A x B x Pb	A x B x Cu
	A	B	U	Au	Ag	Zn	Pb	Cu							
Bj.-50	0.55	3.10	0.10	63.33	1.336.25	0.00	1.06	0.03	1.705	0.1705	107.98	2.278.30	0.00	1.81	0.05
Bj.-51	0.70	3.95	0.12	38.33	747.41	1.98	1.60	0.09	2.765	0.3318	105.98	2.066.59	5.47	4.42	0.25
Bj.-52	1.65	2.15	0.13	26.50	329.47	8.07	0.32	0.73	3.547	0.4611	93.99	1.168.63	28.62	1.13	2.59
Bj.-53	1.10	6.05	0.12	27.00	575.83	0.70	0.65	0.01	6.655	0.7986	179.68	3.818.84	4.66	4.33	0.07
Bj.-54	0.80	—	0.07	23.66	134.16	0.00	0.47	0.05							
Bj.-55	0.40	—	0.29	22.25	213.75	0.00	0.17	0.00							
Combinación	1.20	6.00	0.14	23.19	160.69	0.00	0.44	0.03	7.200	1.0080	166.97	1.156.97	0.00	3.17	0.22
Bj.-56	1.05	2.50	0.26	9.66	213.83	0.56	0.19	0.00	2.625	0.6825	25.36	561.30	1.47	0.50	0.00
Bj.-57	0.85	2.50	0.19	31.12	92.75	Trazas	0.09	0.05	2.125	0.4037	66.13	197.09	0.00	0.19	0.11
Bj.-59	0.40	—	0.24	8.00	117.50	0.00	0.18	0.08							
Bj.-59A	0.80	—	0.14	9.25	85.58	Trazas	0.13	0.02							
Combinación	1.20	2.50	0.17	6.43	96.22	0.00	0.17	0.04	3.000	0.5100	19.29	288.66	0.00	0.51	0.12
Bj.-60	1.04	—	0.61	59.62	2.710.00	12.70	0.62	0.16							
Bj.-60A	0.60	—	0.11	23.33	1.013.25	7.83	0.21	0.02							
Combinación	1.64	2.50	0.43	46.34	2.089.24	10.92	0.47	0.11	4.100	1.7630	189.99	8.565.88	44.77	1.93	0.45
Bj.-66	0.80	—	0.26	17.50	352.16	6.31	0.69	0.00							
Bj.-67	0.90	—	0.57	107.33	3.571.66	25.82	8.84	0.08							
Bj.-68	0.70	—	0.80	10.83	289.41	8.84	1.06	0.00							
Combinación	2.40	1.85	0.53	49.24	1.541.17	14.36	3.85	0.03	4.440	2.3532	218.62	6.842.79	63.76	17.09	0.13
Bj.-64	0.88	0.60	0.16	36.62	2.482.75	42.05	0.39	0.06	0.528	0.0845	19.33	1.310.89	22.20	0.21	0.03
		33.70							38.690	8.5669	1.193.32	28.255.94	170.95	35.29	4.02

MULTILITH LUCROS

Δ

$$\text{Tenor medio de Uranio} = T_U = \frac{\sum A \times B \times U}{\sum A \times B} = \frac{8.5669}{38.690} = 0.22\% \text{ U}_3\text{O}_8$$

$$\text{Tenor medio de Zinc} = T_{Zn} = \frac{\sum A \times B \times Zn}{\sum A \times B} = \frac{170.95}{38.690} = 4.42\%$$

$$\text{Tenor medio de Oro} = T_{Au} = \frac{\sum A \times B \times Au}{\sum A \times B} = \frac{1.193.32}{38.690} = 30.84 \text{ grs/ton.}$$

$$\text{Tenor medio de Plomo} = T_{Pb} = \frac{\sum A \times B \times Pb}{\sum A \times B} = \frac{35.29}{38.690} = 0.91\%$$

$$\text{Tenor medio de Plata} = T_{Ag} = \frac{\sum A \times B \times Ag}{\sum A \times B} = \frac{28.255.94}{38.690} = 730.32 \text{ grs/ton.}$$

$$\text{Tenor medio de Cobre} = T_{Cu} = \frac{\sum A \times B \times Cu}{\sum A \times B} = \frac{4.02}{38.690} = 0.10\%$$

el país teniendo en cuenta la prima minera y las deducciones por impuestos, etc.-

O sea que el mineral vale, por concepto del oro que contiene:

\$ 137.24 m/c. por ton. métrica

Al precio internacional de U.S. \$35. la onza troy el valor es de U.S. \$ 34.70 por tonelada métrica.-

Para la Plata adoptamos el precio de — \$90.00 el kilo (1). Entonces tenemos que por concepto de la plata, el mineral vale:

\$ 65.73 m/c. por tonelada métrica.

Tomando el precio promedio en E.E.U. en septiembre de 1.955 que fué de U.S. \$ 0.908 por onza troy (2) se tiene que los 730.32 gramos de plata que hay en cada tonelada métrica de mineral valen U.S. \$ 21.32.-

Las cifras anteriores se condensan en la tabla de la página siguiente:

(1) Dato de la Casa de Moneda. Bogotá

(2) Eng. & Min. Journal. October 1.955.-

Metales.	Contenido	Valor por- ton.metr.- al precio- en Colom- bia \$ Col.	% del va- lor total en Colom- bia.	Valor por - ton.métrica al precio - en E.E.U.U. U.S. \$	% de valor total en - E.E.U.U.
Uranio en					
U ₃ O ₈	0.22 %	91.77 (+)	31.1	36.71	39.6
Oro	30.84 grs/ ton.metr.	137.24	46.6	34.70	37.4
Plata	730.32 - grs/ton.- metr.	65.73	22.3	21.32	23.0
		<u>\$294.74</u>	<u>100.0</u>	<u>92.73</u>	<u>100.0</u>

(+) Se insiste en que este dato es en realidad el precio en E.E.U.U.- convertido a pesos colombianos, que se adopta aquí para dar una cifra siquiera aproximada del precio que puede llegar a tener este metal en Colombia.-

Naturalmente las cifras anteriores dan el valor de los metales ya extraídos y refinados sin la deducción de los costos de producción.-

La tabla anterior revela claramente cómo cada uno de los tres metales principales de este yacimiento, uranio, oro y plata, aporte una cuota sustancial al valor total del mineral.- Así que la explotación del yacimiento no podría hacerse con una eficiencia satisfactoria si se prescindiera de la recuperación de alguno de ellos.-

En cuanto a los metales bajos zinc, plomo y cobre, las condiciones son especiales. Ellos ocupan un lugar secundario no solo por la baja concentración en que se encuentran sino porque la sola posibilidad que hay, por lo menos de inmediato, de que sean aprovechados, es la de exportar sus concentrados. Y dentro de una previsión general de la manera como haya de afrontarse el problema del tratamiento de este mineral de San Celestino no aparece como una solución lógica la de exportar concentrados. En efecto, excluido el uranio por estar asociado casi totalmente a la "ganga" silícea, los mayores valores contenidos en los sulfuros son el oro y la plata que, como es de esperarse, podrán recuperarse en una forma más económica por medio de una planta de beneficio ubicada en la mina misma. Por lo tanto, es poco probable que se justifiquen procesos especiales de concentración selectiva para obtener un pequeño volumen de concentrado cuyo valor dependería casi únicamente de su contenido de zinc. Naturalmente, estas observaciones resultan de las cifras que hemos dado sobre el tenor del mineral en metales bajos; si el filón revela más adelante un enriquecimiento en estos metales podrían variar sustancialmente las condiciones. Y también cabría esperar mejores perspectivas para el aprovechamiento de estos metales si en lugar de considerar el problema solamente desde el punto de vista de una sola mina o yacimiento se lo plantea en la magnitud real que él tiene, o sea generalizado a toda la zona minera de California. Sobre este punto se tratará brevemente en otra parte de este informe.-

Para dar una idea del valor de los metales bajos en la parte muestreada del filón de San Celestino se da en la tabla siguiente el valor de cada metal por tonelada de mineral, con base en los precios unitarios que rigen en E.E.U.U. para metal refinado, según datos tomados de la revista Deco Trefoil de septiembre-octubre de 1.955.-

Metal	Tenor del mineral de Sancelestino en kilos/ton. métrica.	Precio en E.E. U.U. Dols/kilo de metal refinado.	Valor en dólares de cada metal por ton. métrica de mineral.
-------	--	--	---

	(A)	(B)	(A) x (B)
Zinc	44.2	0.2866	12.77
Plomo	9.1	0.3263	2.97
Cobre	1.0	0.9759	0.97

Valor total por tonelada de mineral.....U.S.\$16.71

EXPECTATIVAS SOBRE LA CANTIDAD Y LA CALIDAD DEL MINERAL MAS ALLA DE
LO CONOCIDO ACTUALMENTE.

Las cifras que se acaban de dar sobre el valor unitario del mineral de San Celestino son sin duda atrayentes. Una explotación técnica de este mineral en la que se aprovecharan siquiera los tres metales principales, uranio, oro y plata, tendría halagadoras perspectivas de éxito económico.-

Pero tales cifras se refieren solamente a una porción mínima del yacimiento, de 15 metros a lo largo de la dirección y 20 en el sentido del buzamiento. De aquí que sea del mayor interés tratar de deducir, a base de una sana interpretación de los hechos conocidos, algunas apreciaciones útiles respecto de lo que puede esperarse de este filón, en cuanto a cantidad y calidad del mineral, más allá de lo que se conoce actualmente.-

En los reconocimientos radiométricos superficiales que se hicieron tratando de perseguir la traza del filón sobre la superficie del terreno se localizaron dos puntos que pueden corresponder a la prolongación NW del filón o sea sobre la ladera derecha del río La Baja (Véase Plancha No. 2. Mapa general del área-uranífera de San Antonio). En uno de estos puntos, el más cercano al afloramiento del camino, la lectura radiométrica subió hasta 0.05 MR/h. o sea cinco veces el registro básico. Allí asoma ligeramente una formación de cuarzo o roca cuarcífera meteorizada. El otro punto un poco más arriba por la ladera y a un lado del antiguo camino a California, muestra un mineral de roca cuarcífera con pirita y óxidos de hierro. Allí se tomó la muestra B₁ 33 en un canal de 1.60 ms. de ancho que corresponde a la zona de más alta lectura radiométrica. Esta muestra dió 0.02% U₃O₈ Eq., oro negativo y trazas de plata. En este afloramiento la lectura radiométrica sube hasta 0.10 MR/h.

Por la deficiente exposición del afloramiento la posición del filón no está bien definida; parece tener un rumbo $N20^{\circ}W$ con buzamiento hacia el NE., posición no muy diferente de la que tiene el filón de San Celestino en el afloramiento inferior. Por su situación y por la carencia de metales preciosos es dudoso que este afloramiento corresponda realmente al filón de San Celestino. De serlo, se tendría una longitud conocida de 70 metros, en el sentido de la dirección y casi de 40 metros verticales, o sea 56 en el sentido del buzamiento.-

Las investigaciones en la ladera SE del río La Baja no dieron ninguna indicación sobre la prolongación del filón en este sentido; ni siquiera en las propias márgenes del río pudieron determinarse anomalías radioactivas que pudieran indicar la presencia del mismo filón o de otro cualquiera. A lo largo de la orilla izquierda del río se hizo una investigación minuciosa con resultados negativos aun en algunos cortos socavones y en afloramientos de pequeñas venas mineralizadas que por allí aparecen. Así, pues, parece que la erosión del río La Baja ha acabado con el filón en su prolongación hacia el SE y por lo tanto las expectativas de mineralización se presentan mucho menos favorables de este lado que hacia el NW, por la ladera derecha del río.-

Otro aspecto que también interesa considerar aquí es el de la magnitud de los antiguos laboreos. Sin duda estos avanzaron más allá de lo conocido por la comisión. Por debajo del nivel inferior estudiado hay otro casi a la altura del lecho del río y con el cual posiblemente se comunican los dos niveles superiores. La próxima labor de investigación de este filón debe consistir en destapar totalmente estas galerías hoy derrumbadas y llegar hasta los frentes que dejaron los antiguos mineros. Esta es una labor que no será muy costosa ya que la solidez de la roca permite suponer que los trayectos obstruidos no sean largos. Mientras se hace esta labor que es de sumo interés por la información que puede obtenerse sobre-

las características del mineral hacia la profundidad y sobre la magnitud de las explotaciones antiguas, se puede suponer que por lo menos en la zona de mineral primario dichas explotaciones no fueron extensas. En efecto, en aquellos tiempos, y casi hasta hoy, los mineros anduvieron detrás del oro "libre" fácilmente recuperable por amalgamación o por procesos rudimentarios de separación por gravedad. Y como se ha dicho ya, el oro del mineral primario de San Celestino no es recuperable por esas técnicas elementales. En cambio, en la zona de oxidación sí es probable que hayan encontrado oro de fácil extracción y aun en cantidad apreciable, y como consecuencia de ello esta zona sí puede haber sido explotada intensamente. La única época en que pudo haberse explotado mineral de la zona primaria fue cuando funcionó la planta de fundición de The Francia Gold and Silver Co. en la primera década de este siglo. Pero hay indicios de que este filón no fué trabajado por esa empresa. Hay, pues, bases para esperar que la parte del filón no afectada por los procesos de la meteorización esté prácticamente sana.-

Una guía de mucho valor para juzgar sobre las perspectivas de este filón sería el conocimiento de las variaciones mineralógicas y estructurales de los filones explotados más intensamente en esa región. Desgraciadamente la comisión no dispuso de tiempo suficiente para estudiar con más amplitud la zona minera de La Baja, ni existe una literatura técnica de origen respetable que recoja los datos suministrados por la experiencia a lo largo de las explotaciones anteriores.-

Sin embargo, las informaciones recogidas en la región coinciden en destacar el hecho de que los metales preciosos (y casi seguramente los metales bajos con que generalmente se encuentran asociados) ocurren en "clavos" o bonanzas de alta concentración separados por zonas estériles o no explotables económicamente. Alrededor de estos clavos de riqueza espectacular se -

han tejido muchas leyendas, algunas de las cuales han sido recogidas en los escritos sobre la historia de esta provincia minera.-

El autor pudo observar una parte de los trabajos antiguos de la mina Santa Catalina, una de las más renombradas de la región por su riqueza en metales preciosos y por la complejidad de los minerales. Allí se advierte que solo localmente el filón fue "vaciado" hacia arriba y hacia abajo en el sentido del buzamiento y que en otras partes el mineral está intacto y lo constituye la roca cuarcífera con alguna escasa mineralización pirítica. Dos muestras de este mineral dieron 4.5 y 5.0 gramos de oro y 68.3 y 201,3 gramos de plata por tonelada métrica, o sea que se trata de un mineral no explotable económicamente.-

Por otra parte, esta forma de distribución irregular de los valores es característica de los yacimientos formados a escasa profundidad como parece serlo éste, según se ha visto anteriormente.-

Es, pues, probable que el filón de San Celestino participe de estas características. Y que la zona conocida, por lo menos en la parte más profunda, corresponda a una bonanza (ore shoot) que ha de alcanzar hacia adentro un mayor desarrollo. Y por lo tanto es de esperarse también que hacia el interior aparezcan zonas de extensión imprevisible tan pobres en los metales económicos que su explotación sea impracticable.-

Estas conclusiones que se derivan principalmente de la experiencia sobre los metales preciosos servirán también de orientación respecto del uranio? O su distribución en el filón obedecerá a otras leyes? Al hablar de controles estructurales que gobiernan la mineralización del filón de San Celestino se esbozó la hipótesis de que la deposición del cuarzo uranífero hubiera

sido un proceso posterior y en cierto modo independiente del que dió lugar a la deposición de los demás metales económicos. Se sugirió - que después de la primera mineralización la brecha ya cementada hubiera sido sometida a nuevos esfuerzos y a la consiguiente reapertura, formándose así el campo para la nueva invasión hidrotermal que depositó el cuarzo uranífero. De ser esto así, podría pensarse que el uranio tuviera su forma propia de distribución en el filón, no necesariamente concordante con la de los demás metales.-

Las observaciones anteriores, lo mismo que las limitaciones en la magnitud del filón en sentido longitudinal y hacia la profundidad debidas al origen mismo de éste y a la intensa acción destructiva a que ha sido sometido por la erosión, contribuyen a fortalecer el concepto de que este yacimiento, individualmente considerado, debe estimarse, por lo menos inicialmente, como un prospecto minero de pequeña a mediana magnitud que ofrece perspectivas de éxito más por el valor unitario del mineral que por el volumen de éste. Y los intereses económicos que eventualmente puedan vincularse a este prospecto minero estarán mejor garantizados si el planeamiento de la exploración y explotación se apoya en estas apreciaciones realistas más bien que en una sobreestimación de la magnitud del filón.-

Por otra parte, el yacimiento justifica sobradamente proseguir los estudios y adelantar una exploración sistemática que definirá en último término la magnitud y calidad del depósito.-

OBSERVACIONES PRELIMINARES SOBRE EL PROBLEMA DEL BENEFICIO

La definición de los procesos de beneficio y metalurgia a que deba someterse el mineral de San Celestino-

para lograr el máximo rendimiento en la recuperación de los metales económicos es uno de los aspectos más importantes de la investigación general del yacimiento. Y aunque él debe afrontarse en forma definitiva cuando se conozca con más amplitud el depósito, una información preliminar es de mucho valor tanto como orientación para los estudios subsiguientes como para estimar la influencia que pueda tener este problema en la economía general de la explotación.-

Por este motivo el autor de este informe realizó en el laboratorio de beneficio de minerales del Servicio Minero de Pasto algunos estudios que por las limitaciones a que estuvieron forzadamente sometidos por el tiempo y el mineral disponibles, deben considerarse tan solo como una primera aproximación al conocimiento de la manera como este mineral se comporta en algunos de los procesos básicos de beneficio y metalurgia relacionados con la recuperación de los principales metales económicos que contiene.-

Los estudios se orientaron hacia dos aspectos primordiales del problema: la concentración del uranio y la concentración y recuperación de los metales preciosos, aspectos éstos que están estrechamente relacionados entre sí.-

CONCENTRACION DEL URANIO

En los Estados Unidos se habla de que el explotador de uranio no debe pensar en términos de toneladas de mineral sino de libras de U_3O_8 , queriendo con esto destacar la importancia que tiene para el minero la adopción de las medidas posibles para eliminar las impurezas que acompañan a los minerales de uranio y poder entregar en las estaciones de compra un producto del más alto puntaje posible en dicho metal. Y las tarifas que rigen en ese país tienden a estimular la producción de minerales de alto tenor mediante precios por unidad de U_3O_8 más altos a medida que se eleva el tenor del mineral.

Entre nosotros aquella consigna tiene especial validez porque nuestros altos fletes influirían onerosamente sobre los transportes de minerales sin concentrar hasta las estaciones de compra.-

Como se dijo anteriormente, por los estudios de Nelson se estableció que los minerales de uranio en el filón de San Celestino están asociados al cuarzo hidrotermal o de relleno. Este hecho y el de que los metales preciosos y los otros metales bajos de valor económico están en su totalidad asociados a los sulfuros en la zona primaria, tienen obviamente una influencia decisiva en la solución del problema de la elaboración de este mineral. Gracias a esta circunstancia afortunada se puede, en principio, esperar que mediante la adopción de alguno de los procesos convencionales de concentración por gravedad o por flotación se obtenga en una sola etapa del proceso, por una parte, un concentrado sulfídico de los metales preciosos y el zinc, el plomo y el cobre, y por otra parte, un "concentrado" de uranio constituido por la fracción no metálica del mineral.-

Sin embargo, en la práctica la eficiencia de esta separación estará afectada por dos factores a los que ya se ha hecho referencia anteriormente: en primer lugar, la "contaminación" de los sulfuros por el uranio en ciertos sitios de los contactos entre el cuarzo uranífero y las piritas (véase página 28); y en segundo lugar, aquella forma de asociación del cuarzo uranífero con granos o cristales menudos de pirita, debido a la cual se necesita una molienda muy fina para destruir totalmente esta asociación (véase página 31). Como consecuencia obvia del primero de estos factores, es de esperarse que el concentrado sulfídico contenga algo de uranio, en proporción no sustancialmente importante.-En cuanto al segundo factor, los estudios de laboratorio revelan que una molienda del mineral a malla 150 (Tyler) no es todavía suficiente para destruir totalmente

la asociación cuarzo-pirita, o sea que la eficiencia de la separación del uranio y el oro (que es el principal metal asociado a la pirita) depende de una molienda muy fina que puede influir fuertemente en el costo del beneficio del mineral. Los efectos de este factor fueron claros en las pruebas de flotación. En todos los concentrados sulfídicos obtenidos flotando mineral molido a malla 150 se encontró pirita adherida a granos de cuarzo. Y como consecuencia obvia de esto, tales concentrados dieron una anomalía radioactiva apreciable. Una estimación aproximativa en términos de U308 utilizando un Geiger de campo, debidamente calibrado, dió por resultado que más o menos un 10% de U308 del mineral flotó con los sulfuros, o sea que la recuperación fué de más o menos 90%. Quizás utilizando reactivos depresores del cuarzo podría evitarse la flotación de los granos complejos de cuarzo-pirita. Con esto se lograría mejorar la recuperación del uranio pero a costa de aumentar las pérdidas de oro en las colas silíceas. Hay, pues, aquí un problema técnico de interés por sus claras repercusiones económicas.-

Suponiendo hecha la separación de las partes metálica y no metálica del mineral por uno de los procedimientos conocidos, el "concentrado" uranífero estaría constituido por cuarzo hidrotermal uranífero, y por material no uranífero de roca hidrotermalmente alterada (cuarzo, feldespatos y alunita principalmente). Una etapa ulterior de la depuración del uranio sería la eliminación de este último material. Esta separación no podría hacerse por los procedimientos mecánicos convencionales; pero habría otros medios para evitar que una gran parte de este material de roca no uranífero se mezclara con el cuarzo uranífero si los estudios ulteriores confirman la suposición que hicimos anteriormente (véase página 28) de que el cuarzo uranífero está restringido dentro del filón a la zona de relleno de la fractura principal y de una que otra diaclasa, y que falta o está en muy baja proporción en la zona de alteración hidrotermal de la roca porfídica. De ser esto así sería factible una escogencia-

del mineral uranífero en los propios frentes de arranque aprovechando la clara diferenciación que existe entre una y otra zona del mineral. De aquí la importancia de estudiar más detenidamente la distribución del cuarzo uranífero dentro del conjunto de la mineralización del filón.-

Finalmente, una escogencia a mano del mineral extraído de la mina, controlada con un contador Geiger, sería en cualquier caso una ayuda importante para la selección del material uranífero.-

LA RECUPERACION DE LOS METALES PRECIOSOS

La historia de la minería de metales preciosos en la región de California revela que desde los tiempos coloniales se ha luchado con problemas metalúrgicos que han frustrado muchos esfuerzos dedicados a la explotación de esas minas. La época más brillante parece haber sido la de las primeras explotaciones en que los mineros españoles trabajaron la zona meteorizada de los yacimientos, favorable para el hallazgo de grandes concentraciones de oro, fácilmente beneficiable. Pero todavía en la Colonia (en 1776) escribía don Pedro de Ugarte al virrey Messia de la Zerda en relación con este problema: "Bastante hay gastado haciendo guías (ensayos) de todos los metales de estas cercanías sin dar a luz la curación de alguno, pues todos están muy enfermos de antimonios y otras mezclas, que impiden al azogue coger la plata aunque la tengan"(1). Y a continuación de esta cita agrega Don Vicente Restrepo: "En efecto, la estibina o sulfuro de antimonio, la blenda o sulfuro de zinc y algunos compuestos arseniurados se oponen tenazmente a la amalgamación de esas mine-

(1) Cita de Restrepo, Vicente. Estudio sobre las minas de oro y plata de Colombia. Bogotá, 1888. Pág. 143.-

rales complejos, El minero Aleman D. Jacobo Wiesner se dejó vencer - al fin del siglo XVIII por esta dificultad que tampoco pudieron superar los ingleses que explotaron estas minas en el segundo cuarto de este siglo" (el siglo XIX), Y todavía hoy los mineros de la región - siguen luchando contra la indocilidad de los minerales para la amalgamación y la cianuración. Y las pruebas preliminares que se hicieron sobre mineral del filón de San Celestino confirman que la recuperación de los metales preciosos contenidos en el mineral primario no es efectivamente una cosa sencilla que pueda lograrse eficientemente mediante la aplicación rutinaria de los procesos metalurgicos más comunes.-

Las pruebas preliminares se realizaron sobre muestras de mineral primario y de mineral parcialmente oxidado. Los detalles de este trabajo se describen en el Anexo 3, págs. 15A y siguientes. Aquí solamente haremos referencia a los resultados generales, así:

1o Una prueba de amalgamación sobre mineral primario indica que no hay oro libre amalgamable en este tipo de mineral. Otra prueba sobre mineral parcialmente oxidado del afloramiento mostró que hay allí algo de oro libre amalgamable, en proporción inferior al 10% del oro total.-

2o. Una prueba de flotación sobre mineral primario dió un concentrado de sulfuros que contiene el 86% del oro y el 89.8% de la plata. Esta prueba hace ver la estrecha asociación de los metales nobles con los sulfuros.-

3o. Una prueba de cianuración por agitación de concentrados crudos molidos a 100% - 200 mallas (Tyler) dió una extracción del 25.75 % del oro y del 7.62% de la plata. Otra prueba sobre concentrados crudos de una muestra especial, molidos a 100% - 150 mallas dió una extracción del 28.03% del oro y de 9.3% de la plata.-

4o.- Una prueba de cianuración por percolación sobre mineral parcialmente oxidado molido a 100% - 20 mallas, dió una extracción de 87.38 % del oro y de 33.58% de la plata.-

Según estos resultados cabe hacer las siguientes observaciones:

1o. Solamente en la zona de oxidación puede esperarse que haya oro libre recuperable por amalgamación.-

2o. Aunque no se hicieron pruebas de concentración por gravedad es casi seguro que la mejor eficiencia en la concentración se obtendrá por flotación. Más experimentación por este sistema puede dar por resultado una más eficiente separación del uranio por una parte y de los metales preciosos y bajos por otra.-

3o. La cianuración, aun por percolación, puede dar buen resultado en el tratamiento de los minerales oxidados.- *

40. La baja extracción del oro en el mineral primario se debe probablemente a que este metal está dentro de los sulfuros en partículas finísimas de tal modo que ni aun una molienda muy fina es suficiente para liberarlas, dejándolas en condiciones de ser atacadas por el solvente. En favor de esta hipótesis habla el hecho de que en los estudios ópticos realizados por Nelson no se pudo observar el oro. Y del hecho de que en la cianuración de mineral oxidado se haya logrado una mejor extracción surge la posibilidad de que la tostación de los concentrados seguida de cianuración por agitación sea el proceso indicado para obtener una buena extracción del oro.-

50. Respecto de la plata, la baja extracción en todas las pruebas de cianuración se puede explicar, por lo menos en parte, por el hecho de que las condiciones de las pruebas en cuanto a concentración de las soluciones de cianuro, tiempo del tratamiento, etc. fueron las ordinarias para el beneficio del oro pero no de la plata. Es probable que la tostación sea también un proceso favorable para la extracción de este metal.-

PROSECUCION DE LAS INVESTIGACIONES

La etapa subsiguiente en el estudio del yacimiento de San Celestino es obviamente la de la exploración con miras a asegurar reservas de mineral.-

Esto debe iniciarse con la reapertura de las galerías antiguas que será un medio fácil de ganar una información adicional sobre las características del filón al mismo tiempo - que se descifra el interrogante de la magnitud de los antiguos labores.-

Lo que haya de hacerse a continuación depende en gran parte de los resultados que se obtengan en esta primera investigación. Si ella no enseña mucho debido a escaso avance de los trabajos anteriores, parece que lo más recomendable sería avanzar la guía del nivel más bajo hasta donde persista la intensa mineralización sulfídica que se observa en el frente actual. Así podrá conocerse directamente esta parte valiosa del filón. Si más adelante ocurre un empobrecimiento, la búsqueda de nuevas bonanzas en la prolongación NW de la estructura podría hacerse mediante trabajos superficiales de destape y algunos cortos túneles de averiguación, eventualmente complementados con perforaciones a taladro. No debe destacarse tampoco alguna investigación por cortes en busca de la posible prolongación del filón por la ladera izquierda del río La Baja.-

A medida que se avance en el conocimiento de la zona primaria del filón deberá proseguirse en las investigaciones de laboratorio para la definición del sistema de beneficio aconsejable y en el filón mismo debe investigarse mejor la distribución de la mineralización uranífera que, como se ha dicho, puede tener gran influencia para la escogencia del mineral rico en uranio en los propios frentes de arranque.-

AREA URANIFERA DE SAN ANTONIO

GENERALIDADES

En la misma región de La Baja y a corta distancia de la mina de San Celestino está la localidad de San Antonio donde hay una gruta en que se venera la imagen de este Santo, que le da también su nombre a la quebrada que cruza esta localidad poco antes de desaguar al río La Baja (véase Fig. 3, pág. 14)

La zona de interés por sus manifestaciones de radioactividad se extiende en su mayor dimensión en un sentido SW-NE, desde las vecindades del filón de San Celestino, al SW de la quebrada San Antonio, hasta la quebrada San Juan y quizá más allá.-

Esta área radioactiva fue localizada por primera vez radiométricamente en 1953 por la comisión de McArvill, Smith y Bueno y confirmada poco después por Wokittel. Durante la comisión a que se refiere el presente informe se hizo un levantamiento radiométrico y un muestreo que cubrieron toda el área de interés. Los resultados de este trabajo aparecen en la Plancha No. 2 adjunta.-

El trabajo se llevó a cabo tomando un gran número de lecturas radiométricas con un contador, tratando de cubrir sistemáticamente toda la zona. En los puntos de anomalía apreciable se tomaron muestras. Las lecturas radiométricas fueron muchas más de las que están registradas en el mapa, pues para claridad de éste se ha prescindido de muchas de significado negativo, dejando solamente las necesarias para dar un idea de conjunto acerca de la distribución de la mineralización radioactiva.-

Geológicamente, el área de San Antonio está constituida en toda la extensión estudiada por la misma roca porfídica de la región California-La Baja. Esta roca está bastante meteo

rizada en las partes SW y NE de la zona, pero en el sector central, a uno y otro lado de los antiguos laboreos mineros se encuentra más o menos fresca. El pórfido muestra aquí también como componentes esenciales discernibles a simple vista, cuarzo y feldespatos, destacándose localmente ciertas características anotadas anteriormente, tales como la ausencia de minerales melanocratos, la presencia de zonas altamente silíceas y la textura cavernosa en parte original y en parte debida a los espacios vacíos dejados por la disolución de los feldespatos.

En épocas remotas, al parecer en la Colonia, esta localidad de San Antonio fué la sede de intensas labores mineras, tanto superficiales como subterráneas, de lo cual es testimonio una gran zona cubierta de escombros. Se explotó allí el filón de Pié de Gallo de cuya riqueza en metales preciosos quedan referencias históricas confundidas con leyendas.-

La zona de escombros indica que en los trabajos a cielo abierto se removieron con agua las partes superficiales del filón hasta donde lo permitió la dureza del material, y del mineral removido se extrajeron los metales preciosos por sistemas primitivos de concentración.-

La magnitud de los trabajos subterráneos se desconoce y el acceso a ellos es hoy imposible. De esta mina se dice que los trabajos se suspendieron debido a un gran hundimiento que cegó todas las galerías.-

La ausencia de afloramientos y la inaccesibilidad de los trabajos antiguos impiden conocer el filón de Pié de Gallo que según se verá más adelante suponemos que es la estructura principal de esta área y el foco más importante de la mineralización uranífera.-

Estudiando el mapa radiométrico y de muestreo de la Plancha No. 2, puede verse que en esta área de San Antonio están diseminados unos cuantos puntos de mayor o menor mineralización radioactiva. Puede allí notarse un hecho que se destaca con evidencia en el terreno, o sea que esos puntos no forman parte de una unidad estructural que los ligue y relacione entre sí sino que son pequeños focos aislados de mineralización radioactiva. Algunos de ellos están relacionados con alguna estructura menor, los demás son meros sitios de redeposición de minerales secundarios transportados por aguas meteóricas.-

En el plano de la Plancha No.- 2 hemos destacado los cinco puntos de mayor radioactividad y a continuación hacemos una breve descripción de cada uno de ellos para mostrar las diversas modalidades de la mineralización radioactiva de esta localidad y deducir de allí alguna interpretación general de esta área uranífera.

DESCRIPCION DE LOS PUNTOS DE MAYOR RADIOACTIVIDAD

Punto I

El punto radioactivo I, situado en el sector NE del área de San Antonio, está dentro de una estructura bien definida, donde puede apreciarse que se trata de una zona de brechamiento rellenada y cementada por una mineralización hidrotermal. Una galería de 7 metros de profundidad corta la veta, que parece seguir un rumbo $N70^{\circ}E$. No hay ningún trabajo de exploración a lo largo de la veta, así que ésta solo puede conocerse en el sitio que fue cortada por el socavón. El sector radioactivo se caracteriza por la presencia de cuarzo y por una mineralización sulfídica en la que se distinguen principalmente calcosita y pirita, según lo que puede determinarse macroscópicamente.-

En este punto se tomaron dos muestras: la B_j 70 abarca 1.75 m. a lo ancho de la parte más intensamente radioactiva de la veta; el análisis dió 0.61% U₃₀₈ quím. y 0.56% U₃₀₈-Eq.; 5.0 g/t. de oro, 16.6 g/t. de plata y 1.84% de cobre. La muestra B_j 112 se tomó a uno y otro lado del sector más radioactivo correspondiente a B_j 70, en un ancho total de 4.50 m. El análisis dió 0.082% U₃₀₈ Eq., 0.5% de cobre y trazas de metales preciosos.-

La mineralización de uranio de este sitio no fue estudiada específicamente, pero es probable que la muestra B_j 70 contenga minerales primarios de uranio, i.e. depositados originalmente en el relleno de la veta, y de ser esto así, también es probable que sea éste el único sitio en que estén actualmente descubiertos minerales primarios de uranio en el área de San Antonio.-

Sin duda la exploración de esta veta se inició en busca de metales preciosos y no se persistió por su pobreza en ellos. Pero cobra ahora interés por su contenido de uranio, con base en el cual se justifica explorarla un poco con galerías en uno y otro sentido, a lo largo de la dirección.-

Punto II

El punto II está situado, lo mismo que el I, en el paredón de roca que cierra por el Norte el área de San Antonio. Allí hay un pequeño socavón en que se ve una angosta fisura horizontal que desaparece en el mismo socavón antes de alcanzar una longitud expuesta de 10 metros. A uno y otro lado de esta abertura el pórfido es radioactivo y la anomalía persiste hasta el piso del socavón. Más allá del corto trayecto en que aparece la vetilla no se registra anomalía radioactiva. Todo allí indica que la mineralización es muy local y está relacionada con una pequeña fisura por la cual circularon las soluciones hidrotermales que han afectado en corta extensión la roca adyacente.-

La muestra B; 114, tomada en este sitio en un canal de 1.40 m. a lo ancho de la zona de más intensa radio actividad dió en el análisis 0.23 % U308 Quim. y 0.33 % U308 Eq., - 1.35 % de cobre y resultado negativo para metales preciosos. En este punto, como en el No. I, hay sulfato de cobre en forma de eflor^{escen}cias en las paredes del socavón.-

Punto III

Esta localidad está a uno y otro lado de la cuebrada de San Antonio, por el camino que conduce a la gruta.-

Aquí la roca alterada y manchada de óxi dos de hierro está cruzada por venas de cuarzo cavernoso también teñi do de los mismos óxidos. Se trata sin duda de una veta constituida en parte por relleno de cuarzo a lo largo de una fisura de escasa magni tud, y principalmente por la roca adyacente, afectada por las solucio nes mineralizadoras.-

• Este punto fue muestreado por la comi sión de McArvill, Smith y Bueno en 1953 y también en la comisión a que se refiere este informe. Los resultados de estos muestreos son los siguientes:

Muestra No.	E s p e c i f i c a c i ó n	%U308		Perla de NaF.
		Quim	Eq.	
<u>Comisión de McArvill et al.....1953</u>				
F 16725	(1) Aflto.del camino Canal de 6"	0.009	0.10	
F 16726	(1) Ibid.Canal de 15"	0.002	0.50	

(1) Véase en Anexo No. 2. - pág. 12 - A el resultado del análisis mine ralógico de esta muestra practicado en los laboratorios de la A.E.C.

211308

Muestra	E s p e c i f i c a c i ó n	Quim.	Eq.	Perla de NaF.
<u>Comisión Bueno</u>				
Bj 75	Aflto. del camino. Canal de 5.20 m.	0.009	0.16	Neg.
Bj 76	Ibid. Canal de 1.20 m. sector más radioactivo.	0.28 (?)	0.33	Neg.
Bj 77	Aflto. lado izq. de la quebrada. Canal de 0.60 m.	0.094	0.12	Neg.

Puntos IV y V

En los contornos de la cima de la pequeña eminencia que está frente a la gruta de San Antonio, hay varios sitios aislados donde se registra una anomalía radioactiva apreciable.-

Los puntos de mayor interés en esta localidad son los marcados en el plano con los números IV y V.-

El punto IV está en un pequeño promontorio que se yergue aisladamente en la ladera de la eminencia mayor. Cerca de la cima del montículo, en una franja angosta de menos de 0.10 m., comprendida entre dos diaclasas de la roca, ocurre la mayor radioactividad. La roca está bastante alterada a un material blanquecino poco consistente con pequeñas manchas verdes y amarillentas entre las que se encuentran minerales secundarios de cobre y de uranio depositados superficialmente. El material amarillento de las manchas o costuras, y principalmente los mineralés de color verde dan reacción positiva muy viva para uranio en la perla de fluoruro de sodio. Fuera de

esta franja, hay zonas de roca más fresca con algunas señales de radioactividad localizada en planos de diaclasas y en relación también con pequeñas costras de minerales secundarios depositados en la superficie de los planos de diaclasamiento.-

En este sitio se tomaron las muestras Bj 93, Bj 94 y Bj 94-a cuyos resultados son los siguientes:

Muestra	O r i g e n	%U308			
		Quim.	Eq.	Oro G/t.	Plata G/t.
Bj. 93	De varios sitios del montículo.	0.38-0.34	0.79-0.78	3.0	5.0
Bj. 94	De la franja más radioactiva	0.30-0.32	1.2-1.2	25.0	4.0
Bj. 94-a	Ibidem	7.0	1.2-1.2	6.0	8.6

El punto V tiene características muy similares al anterior. Su radioactividad no está asociada a zonas de cuarzo levemente mineralizado con pirita y esfalerita que por allí aparecen sino que se la encuentra en sitios donde hay pequeñas manchas verdes o amarillas de minerales secundarios depositados en la superficie de la roca y en sus oquedades.-

En este punto V se tomaron las muestras Bj 97 y Bj 98, la primera formada de cantos de diversos sitios radioactivos y la segunda del sitio de más alta lectura radiométrica. Los resultados de los análisis fueron los siguientes:

Muestra No.	% U308		Oro	Plata
	Quim.	Eq.	G/t.	G/t.
Bj.- 97	0.16-0.14	0.21-0.21	Neg.	Trazas.
Bj.- 98	1.2	1.2	19.3	10.0

Según los estudios de Nelson sobre las muestras de estas localidades, principalmente sobre la Bj 94-a, los minerales secundarios allí depositados son sulfatos de cobre (calcan-tita y broncantita) y los compuestos de uranio torbernita y metatorbernita. Además, en la muestra Bj 98 se encontró uranoespatita (un compuesto de uranio de composición no bien conocida, quizás un fosfato o arsenato) en análisis hecho en los laboratorios de la Atomic Energy Commission. Este mismo compuesto se encontró también en la muestra Bj 82 tomada de un gran canto rodado encontrado a un lado del camino de El Cavilán. Esta muestra dió 0.80 % de U308 en el análisis químico.-

El resultado del análisis de la muestra Bj 94-a que es de 7.0 % U308 químico y solamente 1.2 % radiométrico puede interpretarse de dos maneras: O que hubo una deposición reciente de uranio de tal modo que no se han alcanzado a producir los derivados de desintegración en cantidad suficiente para que se establezca el equilibrio radioactivo, o que ha habido disolución y migración de estos derivados quedando el mineral original privado de sus productos de desintegración. Esto último es menos probable por cuanto los derivados radioactivos del uranio son menos solubles que éste. Un caso evidente de migración de los minerales de uranio y sus derivados en esta localidad de San Antonio lo suministra la muestra Bj 87. tomada a unos pocos metros al NE del punto III. Allí hay un paredón empi-

nado por el que desciende un arroyo que trae las aguas que en invierno no se recogen en la parte alta, inaccesible, del cerro que allí se levanta. El paredón muestra una franja negra muy destacada que coincide con el lecho del arroyo y que es solamente una costra superficial de un material compuesto de óxidos de hierro y manganeso y de materia orgánica y altamente radioactivo. El análisis radiométrico de este material dió 0.62-0.60 % de U_3O_8 y el químico 0.054 %. Sin duda esta costra se ha formado por precipitación de las aguas meteóricas, y muestra claramente el proceso de la migración de los minerales radioactivos.-

INTERPRETACION DE LA MINERALIZACION RADIOACTIVA DE SAN ANTONIO

Los casos descritos anteriormente son representativos de la mineralización radioactiva en el área de San Antonio, que en parte está constituida por concentraciones locales de origen hidrotermal relacionadas con grietas o fracturas menores y en parte son redeposiciones de minerales transportados en estado de disolución en aguas meteóricas.-

Con excepción de la veta uranífera del punto I y eventualmente la del punto III las demás manifestaciones de uranio en esta área carecen de interés como posibles fuentes de producción económica de este metal. Como se trata de concentraciones locales, la cantidad de mineral que puede dar cada uno de esos sitios de mineralización es comercialmente insignificante por más que el tenor sea en algunos de ellos elevado.-

En cambio, tienen un gran interés indirecto por cuanto siendo demostraciones evidentes de que ha habido una mineralización uranífera hidrotermal en esa área, permiten suponer que el depósito hidrotermal que tiene su sede en la estructura mayor, o sea el filón de Pié de Gallo, sea uranífero.-

Contribuye a fortalecer esta suposición el hecho de haberse encontrado en el sector de la quebrada San Juan, - al NE de San Antonio, sobre una línea que puede justamente considerarse como la traza del filón de Pié de Gallo, un afloramiento de roca silíceo pirítica, con un registro de radioactividad varias veces superior al básico (background count). En este sitio se destaca un paredón empinado constituido por la roca porfídica muy silíceo, cavernosa, con pirita diseminada. Allí el cintilador indicó hasta 0.4 MR/h, con un background en esta zona de 0.02. Las muestras Bj-79 y Bj-80 tomadas allí dieron los siguientes resultados:

Muestra No.	Explicación	%U308 Eq.	Oro G/t.	Plata G/t.	Cobre
Bj 79	Canal de 0.80 en un sitio del paredón	0.049	Trazas	13.6	Neg.
Bj 80	Canal de 0.90 m. en otro sitio del paredón	0.080	Trazas	5.0	Neg.

Del otro lado de la quebrada San Juan - en una brecha que ha destapado la roca, se halló un sitio, indicado también en el plano de la Plancha 2, en el que se tuvo una lectura de 0.05 MR/h., sitio que está igualmente sobre la prolongación de la traza del filón de Pié de Gallo.-

En el extremo NE de la zona de los labores antiguos de este filón (véase el plano) el paredón que cierra por el N la angosta brecha abierta sobre el afloramiento muestra en algunos sitios anomalías radioactivas, bien sea en la roca misma que pu -

diera considerarse como el respaldo del filón, bien en alguna pequeña fisura lateral; en el respaldo, la mayor lectura fué de 0.16 MR/h y - en fisura, de 0.36 MR/h. La muestra Bj 117 de esa localidad dió 0.023% U308 Eq.-

Naturalmente, los bajos resultados de los análisis radiométricos en esta supuesta prolongación NE del filón de Pié de Gallo no le quitan interés a este hallazgo. Para sustentar la hipótesis de la mineralización uranífera de este filón basta que - estas localidades estén sobre la línea de la orientación general de la estructura y que haya manifestaciones positivas de anomalía radioactiva.-

DAIOS E INDICIOS SOBRE EL FILON DE PIE DE GALLO.

El hecho de que estén vinculadas al filón de Pié de Gallo las expectativas de uranio en cantidad comercial - en esta área de San Antonio le da interés a la información que pueda - darse sobre este depósito, información que en su mayor parte ha de tener un valor meramente aproximativo, dada la falta de medios de investigación directa.-

Con base en los datos de campo y en el levantamiento radiométrico este filón no avanza al SW sino hasta donde llegaron por este lado los laboreos antiguos, según lo indica el plano de la Plancha 2.. Más allá de este punto no hay sino leves señales de mineralización en los declives escarpados de la parte más próxima a la zona de aquellos laboreos. Y las anomalías radioactivas de interés observadas más al SW se consideran correspondientes, en parte, al filón de San Celestino y, en parte, a otras estructuras independientes a las que se hará referencia más adelante.-

Por el NE, podemos aceptar inicialmente que el filón, o más propiamente la estructura, avanza hasta un poco más allá de la quebrada San Juan o sea hasta el punto más avanzado de esta zona en que hubo anomalías radioactivas atribuibles a esta estructura.-

Según estos datos la extensión del filón en el sentido de su dirección es de cerca de 600 metros. Exploraciones más avanzadas por el costado NE pudieran revelar una mayor extensión. De esta longitud, por lo menos la parte cubierta por escombros de laboreos antiguos debe considerarse como mineralizada y, por lo tanto, la de mayor interés inmediato. Esta parte abarca una extensión de 300 metros.-

La existencia de mineral en la parte NE no trabajada antiguamente es por lo menos incierta. Parece poco probable que de continuar la mineralización en este sentido, los tuzos mineros españoles de la Colonia no la hubieran explotado siquiera en sus niveles más superficiales. Es más probable que sea ésta una zona estéril a la que eventualmente puede suceder más adelante otra nueva bonanza, conforme a lo que parece ser el hábito de la mineralización en esta provincia minera.-

Sobre el espesor nada concreto puede decirse, ni siquiera si se trata de un filón simple o de una estructura compuesta, como lo indica algún mapa de esa región. A base de los indicios que suministra la morfología del terreno y la distribución de los escombros la parte central explotada tuvo un ancho considerable, con adelgazamiento hacia uno y otro costado. En la parte NE la huella de los laboreos superficiales desaparece con un ancho de unos 10 metros. A uno y otro lado la roca del respaldo está cortada casi verticalmente dando la apariencia de un foso. Este también es el único dato que se tiene en cuanto a la inclinación del filón.-

Otro aspecto de interés en relación con la magnitud de las reservas de mineral explotable en el filón de Pié de Gallo, sería el de la intensidad con que fué explotado anteriormente. Fuera de los laboreos a cielo abierto hay referencias de que hubo explotación subterránea hasta que por deficiencias en la entibación de las galerías ocurrió un asentamiento que cegó todos los trabajos. Probablemente la explotación subterránea se desarrolló en la zona primaria, de mineral duro no trabajable por los procedimientos utilizados en el laboreo a cielo abierto. Esto lleva a la suposición de que la zona primaria de este filón contiene oro libre, que era el único recuperable en aquella época. Pero los datos de la historia y de la tradición, que son muy explícitos en la ponderación de la riqueza aurífera de este filón, no suministran información alguna sobre la intensidad y duración de la explotación. Lo único que parece cierto es que el asentamiento ocurrió hacia 1.740 y que de entonces a hoy la mina no se ha explotado más.-

EXPLORACION DEL FILON DE PIE DE GALLO

La exploración de este filón, fuera de ser más incierta es también más costosa que la del filón de San Celestino. Pero, por otra parte, hay indicios que permiten suponer que aquél sea un centro de mineralización más potente que éste.-

La exploración puede contemplar dos aspectos: investigar el filón por debajo de los laboreos antiguos y perseguirlo hacia el NE en busca de otras posibles bonanzas dentro de la misma estructura.-

La exploración del filón por debajo de las explotaciones anteriores debe hacerse con perforaciones de taladro desde el costado Sur. Con una cruzada de 160 metros desde el nivel más bajo que es el del río se cortaría el filón a solo 40 m. del nivel superficial más bajo, es decir a una profundidad muy escasa que posiblemente fué alcanzada en los trabajos antiguos.-

Una compañía minera de los E.E.U.U. - subsidiaria de la Anaconda Copper Co. exploró a taladro este sector del filón de Pié de Gallo en 1.947 con resultados desconocidos.-

Las averiguaciones del filón hacia el NE pueden hacerse inicialmente a base de cortes persiguiendo la traza del filón en la superficie. El control radiométrico puede ser de gran ayuda en estos trabajos.-

OTROS SITIOS DE INTERES EN LA PARTE SW DEL AREA DE SAN ANTONIO

En el plano del área de San Antonio - (Plancha :2) se han señalado con signo y numeración especiales algunos puntos que por sus manifestaciones de radioactividad merecen investigarse más detenidamente. A todos ellos se les considera independientes de los filones de Pié de Gallo y de San Celestino.-

Ya se habló de la veta del punto 1, situada en la parte nororiental del área de San Antonio, en la que se justifica una exploración en uno y otro sentido a lo largo de la dirección.-

El punto explorable 2 está al N del - afloramiento del filón de San Celestino; allí asoma la roca silícea con cuarzo en parte cavernoso manchado de óxidos de hierro y con escasa mineralización pirítica y trazas de argentita. El registro radiométrico máximo fue de 0.22 MR/h. y la muestra B_j 84 dió 0.026 % - ²³⁸U Eq.; prueba de uranio con perla de NaF, negativa; oro, 1.0 g/t.; plata, 4.0 g/t. Es necesario destapar más este afloramiento para de terminar la posición y saber algo sobre las características del de pósito. En el terreno se tiene la impresión de que pudiera formar - una sola unidad con otra manifestación radioactiva que está a 30 m.

al SW en la que aflora una vetilla de cuarzo donde se leen hasta 0.018 MR/h. En todo caso esta localidad merece explorarse porque puede tratarse de un filón que más allá de la zona de oxidación contenga una mineralización primaria uranífera. Por su posición se considera que este afloramiento no corresponde al filón de San Celestino, a menos que haya una desviación fuerte del rumbo que este tiene en la parte donde se estudió.-

El punto explorable 3 está un poco al E. del anterior, sobre la margen derecha de una cañadita. En este punto hay un afloramiento de roca que forma un pequeño paredón al pié del cual se registra una anomalía que sube hasta 0.23 Mr/h. Se trata de roca muy meteorizada con abundantes óxidos de hierro que por lo menos en parte parecen ser el resultado de oxidación de pirita. La anomalía es mayor hacia la base, donde la roca desaparece por debajo del material suelto de la ladera. La muestra B_j 69 tomada de un canal de 1.50 m. en la base del paredón dió 0.03 % de U₃O₈ en un análisis radiométrico aproximado hecho por el autor utilizando un contador Geiger de campo. Además, dió trazas de oro y 6.0 g/t de plata. En los contornos de este punto no se encontró otra anomalía que pudiera correlacionarse con ésta, de tal manera que no es posible hablar sobre la forma y orientación de este posible yacimiento.-

FILONES LAS ANIMAS Y SAN CRISTOBAL

A 1.5 k de San Antonio, por el camino que va a La Alta, está la mina de Las Animas o La Entrada, en la que esporádicamente y en muy pequeña escala se explotan para metales preciosos los filones de Las Animas y San Cristóbal (véase Fig.3 pág. 14). Estos filones fueron identificados como radioactivos en el reconocimiento radiométrico realizado en 1.953 por los expertos de la A.E.C. en combinación con el Instituto Geológico Nacional.-

Se trata de dos filones muy próximos entre sí con un rumbo cercano a la línea E-W y buzamiento fuerte al N. El de Las Animas está constituido desde el techo hacia el suelo por tres zonas o franjas bien definidas: una salvanda (gouge) de pocos centímetros de espesor, luego una zona de roca y cuarzo con escasa mineralización y de 0.60-0.90 m. de espesor; y finalmente una banda de cuarzo o roca con intensa mineralización pirítica, de un espesor visible de 0.30-0.40 m. El filón de San Cristóbal también está constituido por roca mineralizada pero por lo regular hay una franja de más intensa concentración de sulfuros en los que predomina la pirita. En la guía o nivel inferior el ancho total es de 1.50 a 2.0 m.-

Una cruzada al nivel del río La Baja corta los dos filones y da acceso a una parte de la zona explotada anteriormente, principalmente la zona de oxidación del filón de San Cristóbal. El de Las Animas solo puede conocerse a lo largo de una guía de 10 m. en la zona primaria, lo demás es inaccesible (véase la plancha No. 3 adjunta).-

Wokittel (1) estimó en 10.000 toneladas las reservas de los dos filones en la zona conocida de 100 m. longitudinales y de 13 m. entre los niveles superior e inferior.-

Estos filones han sido explotados para la extracción de los metales preciosos, principalmente el oro, pero contienen también cobre en una proporción que varía entre 3.4 y 7%, según los estudios de Wokittel, quien considera que estos filones son los más ricos en cobre en la región de California.-

De los metales preciosos la plata es el más abundante, En la parte muestreada del filón de San Cristóbal el contenido de oro fluctuó entre 6 y 10 g. por t. En los 10 m. accesibles del filón de Las Animas la delgada franja altamente piritífera dió 44.0 g. de oro por tonelada y la más ancha escasamente mineralizada dió solamente 1.6. No se sabe si el mineral primario de estos filones contiene oro libre o si este metal está, como en San Celestino, íntimamente ligado a los sulfuros.-

En cuanto al uranio, el tenor en uno y otro filón oscila entre 0.04 y 0.10 % en términos de U₃O₈, según los análisis de las muestras tomadas por esta comisión y por la de los expertos de la A.E.C. Según los estudios mineralográficos hechos sobre las muestras F-16722 (Filón Las Animas) y F-16723 (Filón San Cristóbal) (2), el cuarzo contiene inclusiones negras, menudas que se sospecha sean de peblenda; este cuarzo con inclusiones da reacción positiva para uranio en la perla de fluoruro de sodio. Se requieren estudios más completos de estos minerales para conocer mejor la naturaleza de -

(1) Wokittel, R. Recursos minerales de las zonas Alta, Baja y Vetas en el Mpio. de California, Depto. de Santander Inf. No. 1030 del Instituto Geológico Nacional. Pág. 22.-

(2.) Véase anexo No. 2.- pág.- 11-A.

su mineralización uranífera.-

En la Plancha No. 3 adjunta al presente informe se presenta una proyección horizontal de estos filones y una tabla con los resultados del muestreo.-

A base de los resultados que se tienen hasta ahora sobre el tenor de estos dos filones en uranio y otros metales, es preciso convenir en que las expectativas son menos halagadoras que las del filón de San Celestino.-

Los resultados del filón de San Cristóbal tanto en uranio como en los demás metales no son realmente un estímulo para proseguir las exploraciones, o una explotación para oro en escala mínima que sirviera al mismo tiempo para conocer el comportamiento del mineral más adentro principalmente en lo relativo al uranio.-

Las condiciones en los 10 metros conocidos del filón de Las Animas son más favorables. El tenor combinado de las dos franjas del filón, con un ancho total de 1.06 m, es de 15.20 g/t. de oro; 107.65 g/t. de plata; 0.0383 % U₃O₈; y 3.29 % de cobre. Los metales preciosos valen \$77.33 por tonelada, al precio actual. Estas cifras revelan que el mineral de Las Animas ofrece perspectivas favorables siempre que se busque el aprovechamiento conjunto de los metales económicos que contiene. Se justifica pues, explorar hacia la zona primaria avanzando el frente actual, a fin de poder juzgar de su tenor y demás características a base del conocimiento de un sector más amplio del filón. Además interesa estudiar con más detenimiento la mineralogía de estos depósitos para conocer en qué forma está distribuida la mineralización uranífera y las relaciones de ésta con los demás metales de valor económico.-

MINA O REGION MINERA DE LA FRANCIA

Con el nombre de La Francia se conoce una localidad situada al Sur de la Baja, en la margen izquierda de la quebrada La Plata afluyente del río Vetas (véase figura 3, pág. 14). Está unida por camino de herradura al que conduce de California a Vetas. El clima es frío (Altitud, 2.700 m) y las tierras están extensamente cultivadas.-

Parece que la compañía The Francia Gold and Silver Co. explotó allí uno o varios filones auroargentíferos en la primera década de este siglo.-

Al término de la comisión a que se refiere el presente informe se hizo un reconocimiento rápido de esta localidad y concretamente de un filón que fue explotado anteriormente y del cual se conservan algunos socavones accesibles en poca profundidad.-

El filón tiene un rumbo N10°E y un buzamiento de 65° al W, y está respaldado en un pórfido semejante al de la región de La Baja.-

Más o menos al nivel de la antigua casa de la mina y avanzando hacia la quebrada, hay un socavón abierto en un trayecto de pocos metros. Sigue un filón de 0.60 m. de espesor constituido por cuarzo mineralizado con pirita y esfalerita. La lectura del contador sube allí hasta 0.10 MR/h.-

Unos 50 m. más abajo hay otro socavón sobre el mismo filón, que es accesible hasta una profundidad de 5 m. Las características de la mineralización son las mismas que en el socavón superior, pero la lectura del contador solo subió hasta 0.05 MR/h.-

Parece que hay otros socavones a niveles más bajos, sobre el mismo filón, pero inaccesibles.-

En el socavón superior se tomó la muestra Bj 130 y en el inferior la-
No. Bj 131, de las que se obtuvieron los siguientes resultados:

Muestra	O R I G E N	% U308 Eq.	Oro G/t.	Plata G/t.
Bj 130	Socavón superior, canal de 0.60 m.	0.013	7.3	413.6
Bj 131	Socavón inferior, canal de 1.45 m	- -	1.3	51.0

Como se ve, la radioactividad es muy baja pe-
ro estos datos son suficientes para señalar a esta región como digna-
de estudios radiométricos superficiales más amplios.-

EL URANIO EN RELACION CON LOS DEMAS METALES ECONOMICOS.

Como hemos visto, los yacimientos de La - Baja en que se encuentra el uranio contienen también oro, plata y otros metales útiles, y de hecho esos yacimientos fueron explotados anteriormente, en mayor o menor escala, para la extracción de los - primeros. La presencia de estos otros metales no solamente es un es - tímulo adicional en favor de la explotación del uranio sino que aun - puede ocurrir que la explotación de estos yacimientos sea económica - solamente si se recuperan, con el uranio, los demás metales útiles, - principalmente el oro y la plata. Según se dijo atrás, en la zona - muestreada del filón de San Celestino los metales preciosos repre - sentan aproximadamente las dos terceras partes del valor del mineral, - la otra tercera parte corresponde al uranio; y en el filón de Las A - nimas, cuyo tenor de uranio es bajo, el aprovechamiento de este me - tal depende de que se recuperen al mismo tiempo los demás como el - oro, la plata y el cobre.-

Esta interdependencia de uno y otros meta - les en cuanto a sus perspectivas de explotación, obliga a pensar, aun - que sea solamente dentro del interés por el uranio, en la solución de - los problemas técnicos, económicos y de otra índole que desde tiem - pos atrás pesan sobre la minería de la región de California.-

Aparte de los obstáculos que surgen de la - situación legal de esas minas hay problemas de orden técnico a los - que debe atribuirse en buena parte la decadencia de la minería en - esa región. Uno de ellos es sin duda el de la calidad refractaria - de los minerales a los procesos metalúrgicos usuales entre nosotros - para la recuperación de los metales preciosos. Ya vimos cómo desde -

los tiempos de la Colonia se luchaba con la indocilidad de los minerales al proceso de la amalgamación; y las pruebas preliminares de - que se da cuenta en este informe han mostrado también que el mineral primario de San Celestino es reactivo a la cianuración directa por agitación en sus condiciones usuales.-

Es éste un problema común a toda la región-minera de California y para resolverlo debe afrontarse en conjunto y no en forma restringida a una mina o a un pequeño grupo de minas. En efecto, la solución obvia del problema es la adopción de procedimientos modernos y eficientes de beneficio y metalurgia que exigen la inversión de capitales fuertes y por consiguiente reservas suficientes de mineral. Debe, por tanto, pensarse en una central de beneficio a donde lleguen los concentrados que se produzcan en toda esa zona minera.-

Los ensayos que se han hecho en el país sobre centrales de beneficio han fracasado porque se han escogido para la instalación regiones donde las minas están muy diseminadas y con medios de comunicación deficientes y costosos por lo cual el transporte de los concentrados resulta a un costo prohibitivo. En cambio, la región de California es una de las pocas en el país donde ocurre una intensa mineralización concentrada en un territorio relativamente pequeño. Principalmente las zonas de La Baja y La Alta que posiblemente son las de mayor y más compleja mineralización ofrecen a primera vista condiciones muy favorables para una explotación intensiva a base de producción de concentrados para una central de beneficio situada a corta distancia de las minas y con medios de transporte baratos.

Para definir si esta solución es económicamente recomendable se requiere desde luego estudiar cuidadosamente - cada uno de los yacimientos para establecer la capacidad de producción

de concentrados, el tenor de éstos en los distintos metales aprovechables y los sistemas de beneficio y metalurgia necesarios para la recuperación de éstos. Creemos que la región ofrece suficientes estímulos para llevar adelante esta investigación.-

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES SOBRE LA REGION URANIFERA DE LA BAJA.

Los estudios oficiales realizados hasta ahora en Colombia en relación con yacimientos de uranio indican que las localidades de interés más inmediatos son las de los municipios de Pamplona, Pamplonita, Durania, Bochalema y Cucutilla, en el Departamento de Norte de Santander y la región de La Baja, en el municipio de California, Departamento de Santander.-

Los yacimientos de Norte de Santander fueron estudiados en 1.950 por el doctor Marino Arce Herrera (1), geólogo del Servicio Geológico Nacional. De sus informes se deduce que se trata de depósitos relacionados con rocas pegmatíticas en las que están diseminados diferentes compuestos de uranio tales como uraninita, becquerelita, fosfuranilita y autunita-uranocircita. Sobre la distribución de estos minerales dice Arce Herrera: "En las pegmatitas de la región antes mencionada, cuya localización se indicará en un mapa en el informe definitivo, se presentan los minerales de uranio diseminados en la roca, de modo que es necesario remover gran cantidad de ma

(1) Arce Herrera, Marino. Informe preliminar sobre las pegmatitas uraníferas de Norte de Santander. Informe No. 702 del Instituto Geológico Nacional. 1950. Inédito.
Arce Herrera, Marino. Minerales radioactivos en las pegmatitas uraníferas del Norte de Santander. Informe No. 793 del Instituto Geológico Nacional. 1951. Inédito.

terial para encontrar pequeños fragmentos de dichos minerales. La distribución de ellos no es uniforme ni regular. Aquí y allá se presentan en pequeños "nidos" que se encuentran al quebrar la roca sin seguir una ley determinada, ya que ocurren indiferentemente asociados con cuarzo, con feldespatos y con mica." Y en otra parte agrega: "A primera vista y antes de tener los resultados de los análisis y estudios sobre la posibilidad de hacer concentraciones artificiales, el suscrito conceptúa que los yacimientos de uranio mencionados no son económicamente explotables para la extracción exclusiva de uranio".-

Por otra parte es sabido que las pegmatitas uraníferas rara vez llegan a tener un tenor explotable económicamente. Según Bain (1) "Las pegmatitas, a lo mejor, dan en promedio solamente 0.01 % U₃₀₈; la explotación de 200.000 toneladas de pegmatita que es una cantidad grande para cualquier región, daría menos de 20 toneladas de U₃₀₈. Por esta razón las pegmatitas no se consideran ya como fuentes de uranio industrial".-

De aquí que las expectativas actuales quedan reducidas prácticamente a la región uranífera de tipo filoniano de La Baja, a que se ha hecho referencia en este informe.-

Como se ha visto, se conocen allí varios yacimientos de uranio y otros metales que dentro de las limitaciones que hay actualmente para su estudio por lo escasamente descubiertos, es posible señalarlos como dignos, en mayor o menor medida, de trabajos ulteriores de exploración que en el caso del filón de San Celestino deben orientarse principalmente a asegurar reservas de mineral-

(1) Bain, W. George. Geology of Fissionable Materials, Economic Geology. Vol.45 No. 4. 1950. Pág. 296.-

y a definir los procedimientos de concentración y metalurgia adecuados para la eficiente recuperación de los metales principales que contiene; y en los demás casos, a ganar un conocimiento más completo de las características de los yacimientos que sirva de base para una apreciación de sus posibilidades de explotación económica.-

Pero, además, siendo esta región de California la única hasta ahora donde se ha encontrado una mineralización - uranífera de interés económico y tratándose de una provincia minera que se caracteriza por numerosas estructuras esparcidas en ese territorio, es muy posible que una investigación radiométrica sistemática en toda la extensión geológicamente favorable conduzca al hallazgo de nuevos depósitos. La experiencia obtenida en el estudio de la pequeña área de San Antonio donde el levantamiento radiométrico con el cintilador permitió localizar varias estructuras nuevas que merecen ser exploradas, nos indica cuán provechosa podría ser una investigación similar en un ámbito más amplio debidamente controlado por las guías geológicas y por el hábito de la mineralización en esa región.-

Y no solamente dentro del interés del uranio sino del minero en general, fuera de la doble actividad que hemos indicado para una nueva etapa de investigación en esa región, está la de los estudios técnicos y económicos sobre la posibilidad de instalar una central de beneficio para el tratamiento de los concentrados complejos de esa región. Esto puede ser el principio de una nueva época de prosperidad para esta importante zona minera de Colombia.-

A N E X O S

A N E X O No. 1.

EXAMEN PETROGRAFICO DE LAS MUESTRAS RADIOACTIVAS

PROCEDENTES DE CALIFORNIA, LA BAJA.- Santander.-

por

H. WOLFGANG NELSON,
Petrólogo del Instituto -
Geológico Nacional

EXAMEN PETROGRAFICO DE LAS MUESTRAS RADIOACTIVAS PROCEDENTES

DE CALIFORNIA-LA BAJA (DEPARTAMENTO DE SANTANDER)

I - I N T R O D U C C I O N

Las muestras radioactivas descritas a continuación fueron colectadas por el Dr. J.A. Bueno durante una corta visita a la región de California-La Baja (Depto. de Santander). Proceden principalmente del filón abandonado de San Celestino, el cual fue explotado en años pasados por el oro. Otras muestras representan el filón Pié de Gallo, situado en el área de San Antonio (Municipio de California).

El exámen de las muestras se llevó a cabo por medio de secciones delgadas y secciones pulidas. Unas autoradiografías en las cuales se aprecia precisamente la sede de la radioactividad dentro de la muestra, dirigieron eficazmente el exámen óptico. Además, se elaboraron varios diagramas con Rayos X para verificar los datos obtenidos, especialmente de los minerales muy dispersos y apenas visibles al microscopio.

II - O B S E R V A C I O N E S G E O L O G I C A S G E N E R A L E S

Para la descripción de la situación geológica, se refiere el informe, rendido por el Dr. J. A. Bueno. El estudio en el terreno, realizado por él, no pudo abarcar la geología regional, sino que tuvo que limitarse principalmente a los filones radioactivos mismos. Las relaciones entre ambos deberá precisarse en una comisión futura.

El batolito granítico de Santander, posible fuente de las mineralizaciones, no está representado entre las rocas colectadas. En cambio, figuran varias muestras de los llamados diques hipoabisales - de zonas no afectadas por el brechamiento ni por la mineralización. - Se distinguen:

Micropegmatita (Bj-43), compuesta por cuarzo y feldespato alcalino (principalmente ortoclasa); ambos minerales frecuentemente en estructura micrográfica.

En otras muestras (Bj-132), dicha estructura micrográfica - se observa escasamente, de manera que la roca se transita a una aplita.

Pórfido granítico (Bj-45), con fenocristales de soda-plagioclasa, ortoclasa y cuarzo; como melanocratos se observan hornblenda y biotita; la masa es de textura microgranítica y compuesta por los mismos elementos; accesoriamente se encuentra titanita en cristales bastante grandes.

III - LA MINERALIZACION

La mineralización se verificó obviamente en una zona fallada de los llamados pórfidos, dando por resultado una brecha mineralizada. La asociación de los minerales precipitados acusa un carácter hidrotermal y aparentemente se distinguen dos fases sucesivas:

a) - La mineralización sulfúrica

Durante la primera fase ascendieron soluciones cargadas de sulfuros, las cuales rellenaron las grietas y demás aberturas de la brecha tectónica. Estas soluciones, e igualmente sus vapores, han ejercido una fuerte acción metasomática sobre los fragmentos de la brecha y sobre las zonas marginales.

El feldespato del pórfido está casi totalmente sustituido por alunita, sulfato hidratado de potasio y aluminio. Luego la sílice se disolvió parcialmente y se precipitó nuevamente en forma de nidos de cuarzo agregado. Dichas transformaciones se observan en todas las secciones examinadas, aunque en grado variable.

Los sulfuros metálicos distinguidos en una gran serie de secciones pulidas, son los siguientes:

esfalerita (blenda),
tetraedrita argentífera,
galena,
pirita.

Entre éstos, la esfalerita es el mineral más abundante. En cambio, la galena ocurre sólo en cantidad muy reducida y varias muestras carecen totalmente de este mineral. La tetraedrita está entrelazada en la blenda, en pedacitos angulares de tamaño microscópico hasta megascópico y entonces susceptible de ver con el binocular. La proporción volumétrica es muy variable en las diversas muestras. Las características en luz reflejante indican que se trata de tetraedrita-argentífera, integrada principalmente por los elementos cobre, antimonio y plata (Cu, Sb, y Ag).

Indudablemente debemos ver en este mineral la fuente principal del contenido en Ag. y Cu. Los porcentajes de Ag., obtenidos por medio de análisis químicos, van en general muy bien paralelos con los porcentajes volumétricos de tetraedrita observados en las secciones pulidas. Pirita se observa sólo en poca cantidad. Probablemente es aurífera, en vista del contenido de oro de las mineralizaciones en cuestión. El mineral precioso debe hallarse en forma muy diseminada, pues ópticamente no se le observó

Una investigación espectrográfica con Rayos X, debe confirmar esta suposición.





Fig.- 1

Aspecto de la muestra B-j - 64,

en sección pulida. Consta de:

- esfalerita (1)
- tetraedrita (2)
- galena (3)

Nótense los hoyos triangulares (oscuros) en la galena, originados durante el pulimento , debido a la fácil exfoliación-cúbica de dicho mineral.

80 x, inmersión

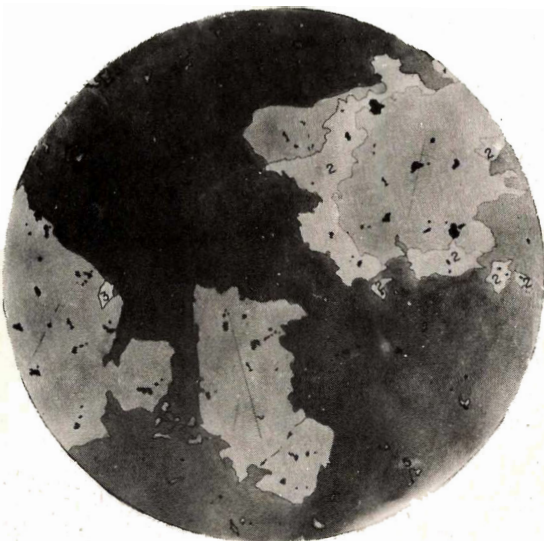


Fig.- 2

Otra parte de la misma sección B-j-64.

La brecha de sulfuros, representada por blenda (1) y tetraedrita (2) está rellena y parcialmente substituída por cuarzo radioactivo, (4). La uraninita (5) se aprecia como partículas finas en el vehículo cuarzoso. Accesoriamente hay pirita (3).

400 x, inmersión

b) - La mineralización cuarzo-uranífera

Las autoradiografías demuestran claramente que la sede de la radioactividad está localizada en vetillas finas de cuarzo oscuro. Esta substancia rellena los espacios más finos que han dejado los minerales sulfúricos; éstos últimos aparecen también bastante brecheados. En algunos lugares se observan reabsorciones en los bordes de los elementos sulfúricos. Ocasionalmente se ha desarrollado un borde de pirita al rededor de la blenda en los contactos con el cuarzo uranífero.

La radioactividad y el color oscuro del cuarzo se deben a inclusiones finísimas de uraninita. Las partículas radioactivas se revelan sólo al microscopio, utilizando aumentos muy grandes, aproximadamente de 500 x, a 1.000 x. En sección delgada se manifiestan como inclusiones opacas. En sección pulida tales partículas (de talla irregular) demuestran reflexión débil y mal pulimento.



Fig. - 3 Auto-radiografía de las muestras Bj-61, 64 y 53

Las partes oscuras pertenecen a la blenda brecheada, cuyos fragmentos fueron cementados por cuarzo (gris claro). Localmente en ciertas zonas y vetillas, el cuarzo contiene numerosas partículas finas de uraninita, las cuales son la causa del color muy blanco.

Tiempo de exposición : 37 días

de acuerdo con las características de la uraninita. Su distribución caprichosa en niveles diferentes dentro del vehículo cuarzoso, produce un efecto óptico muy llamativo en el microscopio metalográfico. Se distingue un retículo fino, el cual - con observación cuidadosa - parece ser el resultado de las "líneas de luz" individuales alrededor de cada partícula. (La "línea de luz" se forma en el límite entre dos substancias de dureza diferente, y es en cierta manera comparable con la "línea de Beche" que se forma en luz transmitente entre dos substancias de diferente refracción).

Los diagramas con Rayos X, hechos del cuarzo oscuro, ilustran muy bien la presencia de la uraninita y confirman el análisis óptico. (Véase figura No. 6).

= = = = =

= = = = =

= = = = =

= = = = =

= = =

=

=

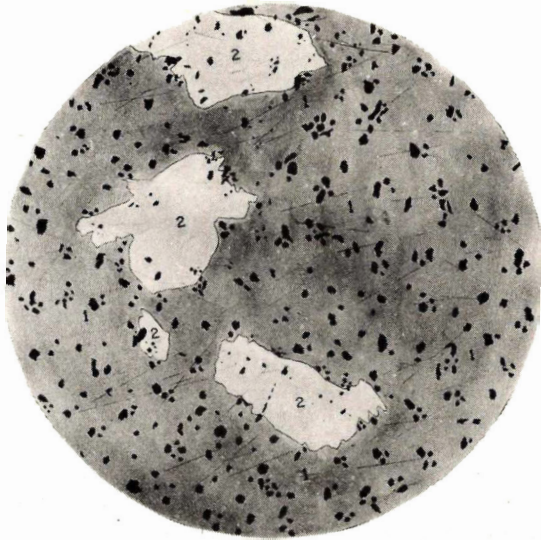


Fig.- 4

La gráfica muestra tetraedrita
argentífera (2), entrelazada en
esfalerita (1), Bj-61

80 x, inmersión

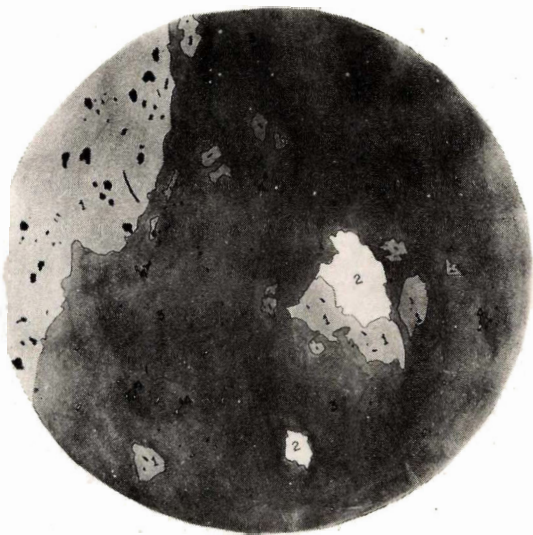


Fig.- 5

Zona radioactiva de la muestra
Bj-53

Se aprecian los siguientes mi-
nerales:

- | | |
|---------------------------------|-----|
| blenda | (1) |
| pirita | (2) |
| cuarzo radioactivo | (3) |
| con inclusiones de
uraninita | (4) |

400 x , inmersión

IV - CONCENTRACIONES SECUNDARIAS POR EFECTOS DE METEORIZA-
CION.

La circulación de aguas meteóricas por los filones ha causado la parcial disolución de los sulfuros y del cuarzo uranífero. Estos elementos se precipitaron subsecuentemente en otros lugares. -- Precisamente a la salida de los filones, en el talud, se encuentran -- incrustaciones de minerales secundarios, muy llamativos por sus colores verdosos y gris-amarillentos. La radioactividad en ellas puede -- ser muy apreciable.

Los productos secundarios procedentes del filón Pié-de Gallo se examinaron mineralógicamente. Se distinguen en primer lugar: sulfatos hidratados de cobre, a saber, calcantita (vitriolo azul) y rara vez broncantita; se confunden a primera vista fácilmente -- con malaquita y azurita, minerales que parecen estar ausentes. Juntamente con los sulfatos de cobre se distinguen los minerales radioactivos torbernita y metatorbernita. El último mineral provoca la radioactividad muy alta de la muestra Bj-94-a. Al microscopio, la metatorbernita es muy característica debido a sus colores anómalos de interferencia y, por ésta y otras propiedades, se distingue fácilmente -- de la torbernita. Ambos minerales se observan también en asociación -- en una misma muestra; parecen ser la fuente principal de la radioactividad en las concentraciones secundarias en cuestión. Sólo de manera subordinada se distingue un mineral terroso, de color amarillento. -- Sus propiedades no se alcanzan a definir al microscopio; probablemente se trata de otra especie de mineral uranífero secundario.

V - OBSERVACIONES FINALES

De lo anterior se puede deducir, que soluciones de carácter hidrotermal ascendieron en las zonas brecheadas de pórfidos. Primero se precipitaron los sulfuros metálicos, como blenda, galena, tetraedrita, etc., seguidos por la precipitación de cuarzo uranífero. Las mineralizaciones han producido fenómenos de metasomatosis en los contactos entre sí y con la brecha porfirítica. La asociación de los sulfuros, la ausencia de casiterita y otros productos neumatolíticos, así como los efectos más bien leves sobre la roca infiltrada parecen indicar que se trata de soluciones de temperatura mediana, o sea mesotermal.

Frecuentemente las soluciones hidrotermales se diferencian según la profundidad. Por consiguiente, existe la posibilidad de que los elementos uraníferos alcanzan una mayor concentración a mayor profundidad. Filones a niveles inferiores o perforaciones, podrían controlar este efecto.

Como se entiende, el solo estudio de algunas muestras no permite hacer conclusiones acerca del valor económico de los filones en cuestión. Exploraciones intensivas en una área bastante extensa, deben decidir sobre este punto. En vista de que los minerales radioactivos son fáciles de localizar por medio de contadores Geiger, etc., es aconsejable estimular la exploración por parte de los particulares. De tal manera, se pueden explorar regiones muy vastas y obtener datos valiosos en cuanto a la difusión del mineral radioactivo. Las labores del Instituto Geológico Nacional se limitarían al estudio detenido de los descubrimientos más prometedores.

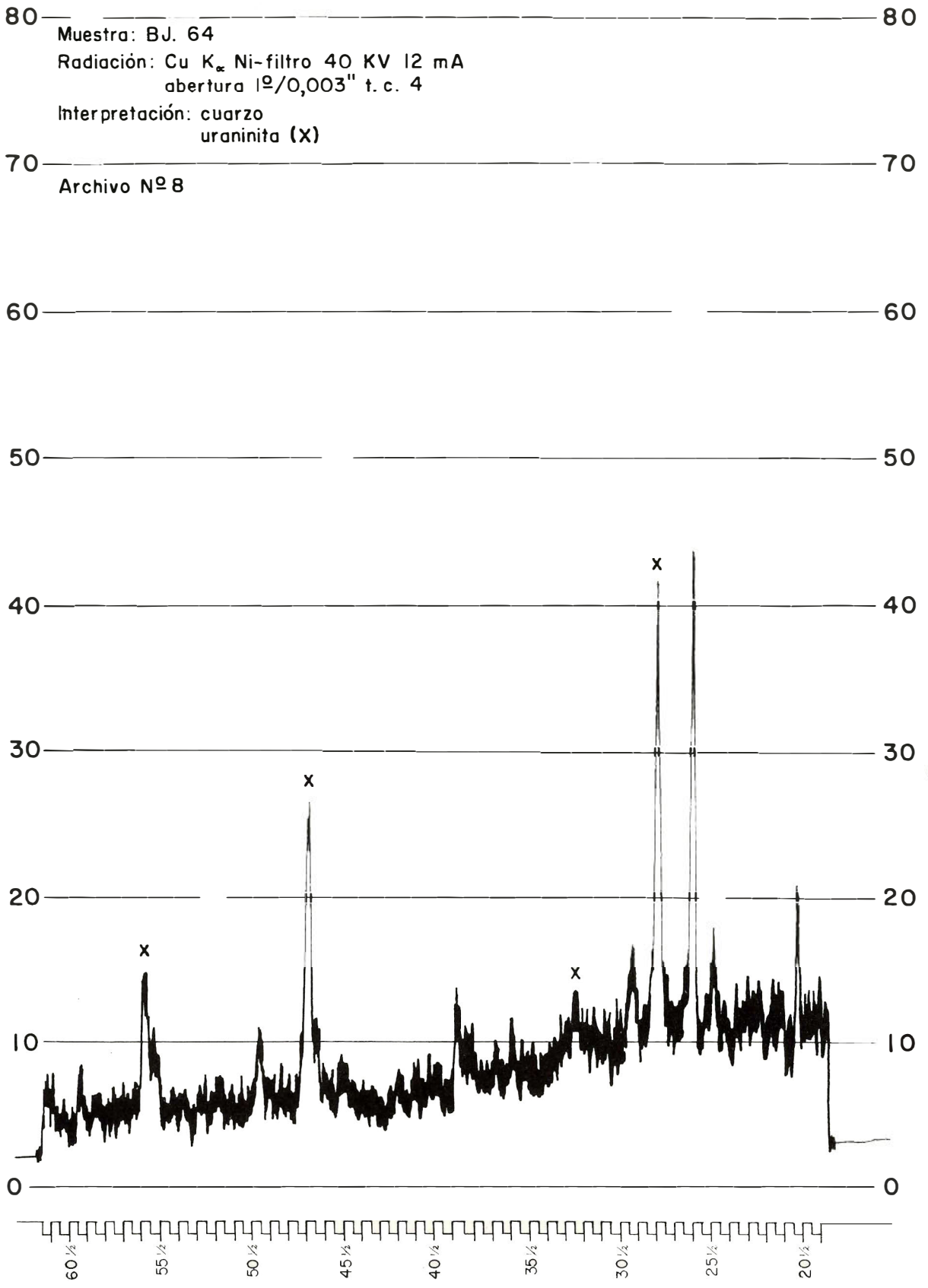
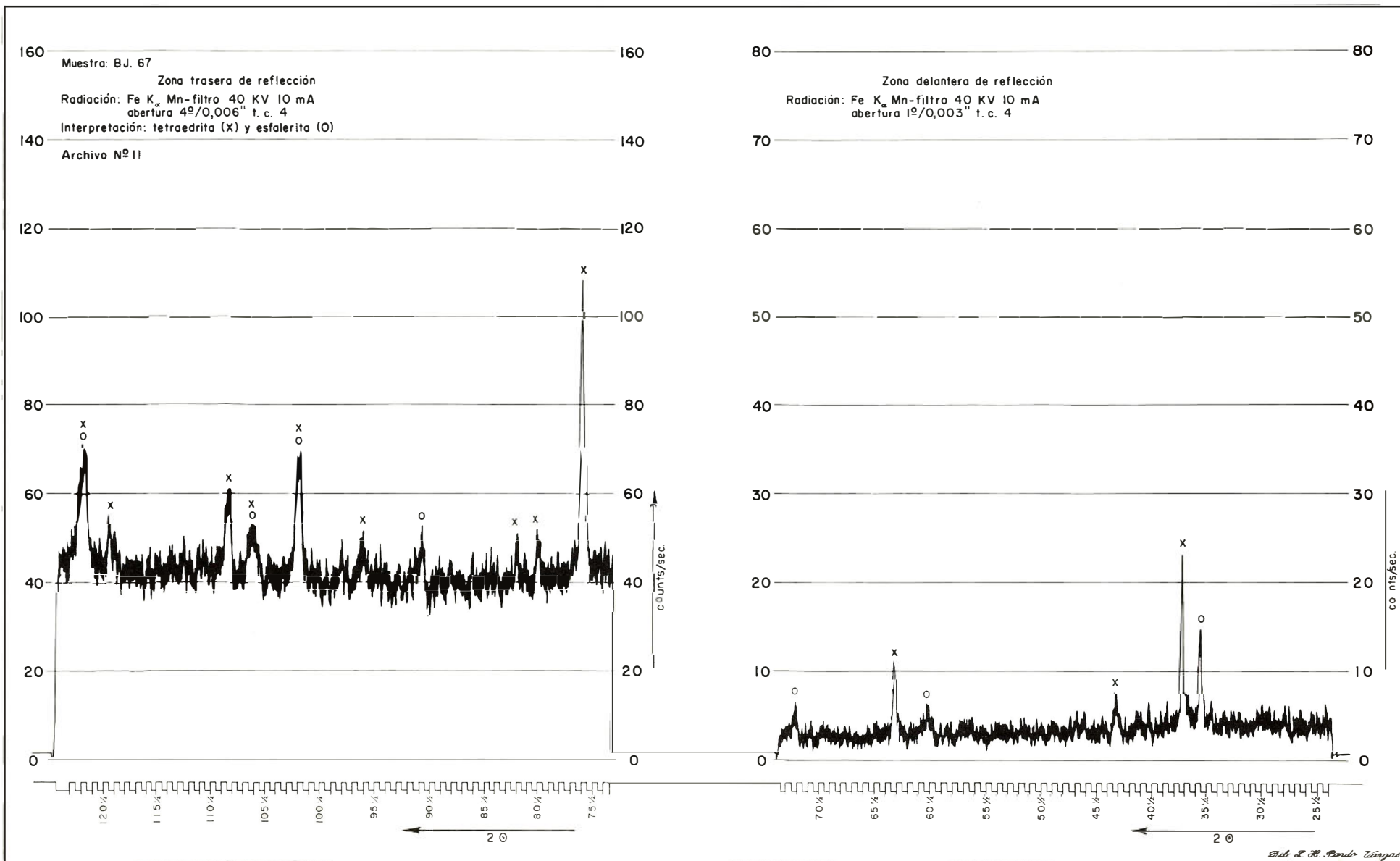


DIAGRAMA DE LA TETRAEDRITA ENTRELAZADA EN LA ESFALERITA



A N E X O No. 2

ESTUDIOS MINERALOGICOS REALIZADOS EN LOS LABORATORIOS
DE LA ATOMIC ENERGY COMMISSION DE E. E. U. U. , SOBRE
MUESTRAS URANIFERAS DE LA REGION DE LA BAJA, SANTANDER

Muestra F-16719

Origen: Filón de San Celestino. Tomada en un corto túnel en el afloramiento del camino de La Baja, Ancho, 24"

Colector: McArvill y Smith. Julio 1953

Análisis: 0.07 % U3O8 Eq. 0.042 % U3O8 -- Quím.

Estudio mineralógico. "Sample consists of pyrite-bearing, grey quartzose rock stained with iron oxide. Trace amounts of chalcocite and magnetite are present. A heavy liquid separation was made on a split of the sample, and it was noted that the radioactivity is predominantly associated with the light fraction which consists largely of quartz. Bead tests indicate that the quartz containing black inclusions also contains uranium. The inclusions are minute, black and essentially opaque under the polarizing microscope. These inclusions could not be isolated for further tests to possibly establish identity. It is suspected that they are pitchblende, since this mode of occurrence has been observed for pitchblende in certain other deposits".-

Muestra F-16721.

Origen: Concentrado de la mina Las Animas o La Entrada

Colector: McArvill y Smith. Julio 1953

Análisis: 0.07 % U3O8 Eq. 0.057 % U3O8 Quím.

Estudio mineralógico. "Sample is a fine to coarse-grained fragmentary concentrate consisting mainly of copper and iron sulfide. The major mineral constituents are brassy pyrite and bluish bornite, with minor quartz and other gangue constituents such as epidote, feldspar, amphibole and mica. The radioactivity of the sample is primarily associated with the heavy mineral fraction obtained on the superpanner, which consists mainly of pyrite and bornite. A split of the fraction also gives a positive sodium-fluoride bead test for uranium. It is expected that any pitchblende that might be present in the sample would tend to concentrate in this fraction. Unfortunately, the presence of the dark-colored bornite in the heavy fraction makes it virtually impossible to recognize or pick out any pitchblende".-

de that might be present. Upon heating the concentrate in concentrated hydrofluoric acid a few distinct grains alter to a light greenish compound. It has been observed that pitchblende will alter similarly when treated with hydrofluoric acid, although the color obtained is usually a deeper green. The hydrofluoric acid has no apparent effect on the bornite or pyrite.-

Muestra F-16722.-

Origen: Frente del filón de Las Animas.

Colector: McArvill y Smith. Julio 1.953

Análisis: 0.05 % U₃O₈ Eq. 0.041 % Quím.

Estudio mineralógico. "Sample is a brecciated quartzite containing pyrite, chalcopyrite, bornite, and chalcocite in veinlets and as disseminated particles throughout the rock. Minor feldspar, secondary copper minerals and iron oxides are also present. As in sample F-16719, black opaque inclusions, ranging in size from less than .0.025 to 0.075 millimeters, are present in the quartz. The quartz containing these inclusions give a positive bead test for uranium".-

Muestra F-16723.-

Origen: Filón San Cristóbal

Colector: McArvill y Smith. Julio 1.953

Análisis: 0.06 % U₃O₈ Eq. 0.044 % Quím.-

Estudio mineralógico. "Sample is a mineralized siliceous rock containing disseminated pyrite, chalcopyrite, and bornite. Limonite and hematite are also abundant in the rock. Sodium fluoride bead tests were obtained on quartz containing minute, black, optically opaque inclusions. It is suspected that these are pitchblende inclusions, as in samples F-16719 and F-16722. Weak bead tests indicating uranium were also obtained and some of the limonite. The uranium is probably present as an impurity".

Muestra F-16724.-

Origen: Area de San Antonio. De un pequeño apique.

Colector: McArvill y Smith. Julio 1.953

Análisis: 0.07 % U₃O₈ Eq. 0.048 % Quím.

Estudio mineralógico. "Sample is a mineralized siliceous breccia. Chal-

copyrite, bornite, and sphalerite are disseminated in the rock and are also present as veinlets in quartz. Iron oxides together with a yellowish mineral believed to be jarosite occur as surface coatings on the rock. As in samples F-16719, F-16722, and F-16723, the radioactivity results mainly from the quartz and is undoubtedly due to the minute black inclusions, which are believed to be pitchblende.

Muestras F-16725 y F-16726.

Origen Area de San Antonio, camino a la gruta. Corresponde al punto III del plano de la Plancha No. 2 anexa a este informe.

Colector: McArvill y Smith, Julio 1.953

Análisis: Muestra F-16725, 0.10 % U308 Eq, 0.009 % U308 Quím.

Muestra F-16726, 0.50 % U308 Eq, 0.002 % U308 Quím.

Estudio mineralógico. "Both samples are altered siliceous rock consisting principally of quartz and white alteration mineral (s), and minor zircon, pyrite, magnetite, ilmenite, iron oxide, and a heavy, light yellow-brown radioactive mineral resembling both barite and thorite in optical properties. A sodium fluoride bead test for uranium on a concentrate of the radioactive mineral, obtained by superpanning and magnetic separation, is negative. X-ray and spectrographic analyses on the concentrate show that it is barite. Spectrographic analysis shows mayor Ba, minor Si, and a trace of Fe and Al; these determinations suggest that radioactivity in this barite may be due to radium, since neither thorium nor uranium were detected spectrographically. Since both radium and barium form relatively insoluble sulfates, it is reasonable to expect that both might precipitate under similar geochemical conditions".

Muestra Bj-60.

Origen Filón San Celestino. Punto 11 de muestreo, véase Plancha No. 1 anexa a este informe.

Colector: J. A. Bueno, Agosto 1.954

Análisis: 0.55 % U308 Eq, 0.61 % U308 Quím.

Estudio mineralógico. "Sample number 60 consists of brecciated sulfide-

rock comprising mainly galena, pyrite, sphalerite, and quartz. X-ray analysis suggests the presence of uraninite in the sample. Positive identification of this mineral is precluded by the presence of finely intergrown sulfides which yield diffraction patterns similar in many respects to the uraninite pattern.

Muestra No. Bj-61.

Origen: Filón San Celestino, Punto 12 de muestreo, véase Plancha No. 1 anexa a este informe.

Colector: J. A. Bueno, Agosto 1.954

Análisis: 0.90 % U3O8 Eq. 1.00 % U3O8 Quím.

Estudio mineralógico. "Sample number 61 consists of brecciated sulfide rock made up mainly of galena, pyrite, sphalerite, tetrahedrite, and quartz. Several unidentified, green and yellow, secondary uranium minerals were detected in small amounts. These apparently account for the radioactivity of this sample".

Muestra No. Bj-68

Origen: Filón San Celestino, Punto 14 de muestreo, véase Plancha No. 1 anexa a este informe.

Colector: J. A. Bueno, Agosto 1.954

Análisis: 0.79 % U3O8 Eq. 0.80 % U3O8 Quím.

Estudio mineralógico. "Sample number 68 consists of quartzitic vein-material containing principally pyrite, galena, and alunite. Coffinite, a uranium silicate, was identified by X-ray diffraction analysis. The presence of a second uranium mineral, uraninite, is suggested by X-ray pattern".

Muestra No. Bj-82.

Origen: Area de San Antonio, De un canto rodado.

Colector: J. A. Bueno, Agosto 1.954

Análisis: 0.81 % U3O8 Eq. 0.80 % Quím.

Estudio mineralógico. "Sample number 82 consists of a finely crystalli

ne, weathered, quartzitic rock containing some pyrite. A secondary uranium mineral, identified by X-ray pattern as uranospathite, is present, and accounts for the radioactivity of the sample".

Muestra No. Bj.98.-

Origen: Area de San Antonio. Punto uranífero V, véase Plancha No. 2 anexa a este informe.

Colector: J.A. Bueno, Agosto 1.954

Análisis: 1.2 % U3O8 Eq. 1.2 % U3O8 Quím.

Estudio mineralógico. "Sample number 98 consists of finely crystalline, weathered, quartzitic rock containing some barite and uranospathite,

Muestra No. Bj.135.-

Origen: Filón San Cristobal. Véase Plancha No. 3 anexa a este informe.

Colector: J.A. Bueno

Análisis: 0.11 % U3O8 Eq. 0.10 % U3O8 Quím.

Estudio mineralógico. "Sample number 135 consists of a weathered, sulfide-bearing rock made up largely of pyrite and quartz. No radioactive mineral could be isolated or identified in this sample.

= = = == = = = = = = = = = =

= = == === = = == = = = =

= = = = = = = = = =

= = = = = = =

= = = = =

=

=

A N E X O No. 3

ESTUDIOS PRELIMINARES DE TRATAMIENTO DEL MINERAL

URANO-CURO-ARGENTIFERO DE SAN CELESTINO . - -

Por

J E S U S A. B U E N O
Ingeniero de Minas

I. - MINERAL PRIMARIO.-1. - Preparación de la muestra.-

Se hizo una mezcla con los residuos de las muestras B_j 52, 53, 54, 55, 57, 58, 60, 60-a, 61 y 64, con cantidades arbitrariamente escogidas de cada una tratando de tener cantidad suficiente de la mezcla -- aunque no fuera rigurosamente representativa.- La mezcla así formada -- está constituida de mineral primario, sin que falten algunas manifestaciones de oxidación.

2. - Ensaye de la muestra. -

La muestra de "cabezas" se ensayó para oro y plata:

Oro, 43.37 g/t. - Plata, 1.159.37 g/t.

3. - Grado de finura inicial. -

La mezcla dió en un análisis de tamices el siguiente resultado:

Malla (Tyler)	% en peso	% acum.	E n s a y e		% Distribución .	
			Oro	Plata	Oro	Plata
+ 35	0.00	0.00	-.-	-.-	-.-	-.-
+ 60	39.2	39.2	34.00	951.75	33.2	33.4
+ 80	10.8	50.0	39.50	1111.33	10.6	10.8
+100	12.4	62.4	42.50	1122.12	13.1	13.6
+150	3.6	66.0	41.75	1447.50	3.7	4.7
+200	8.0	74.0	42.75	1244.25	8.5	8.9
-200	<u>26.0</u>	-.-	47.75	1227.00	<u>30.9</u>	<u>28.6</u>
	100.0				100.0	100.00

4. - Investigación de oro libre.-

500 gr. de la mezcla al grado de finura indicado en el numeral 3 se concentraron en batea de madera. El oro, observando con lupa, se estimó "dudoso". Se agregó mercurio bidistilado y se frotó activamente. Extraído el mercurio dió un contenido de oro equivalente a 0.33 g/t. de mineral, o sea prácticamente trazas de oro libre.

5. - Prueba de cianuración por percolación.-

Teniendo en cuenta que la práctica común en la región es cianurar por percolación el material que sale del molino, sin previa concentración, se hizo una prueba de percolación con cianuro, al grado de finura indicado en el numeral 3.

a). Acidez. - El mineral contiene abundantes sales solubles. El pH es igual a 6.0. La acidez total (soluble más insoluble) equivale a 4.018 k. de CaO por tonelada de mineral.

b). Síntesis de la prueba.- 2.0 k. de mineral, lavados repetidas veces hasta extraer las sales solubles fueron tratados con 4.0 lt. de solución de cianuro de sodio. Se aplicaron 8 baños de 20 horas cada uno. Después de cada baño se tituló la solución para cianuro y para alcalinidad y se le agregaron las cantidades de reactivos necesarias para tratar de sostenerla en un tenor aproximado de 1.5 ‰ en NaCN y 0.200 ‰ en CaO. También se revolvió el mineral después de cada baño y se le dejó 4 horas en seco para facilitar la acreación natural. Terminados los baños con solución de cianuro se lavó el mineral, se secó y se ensayó.

c).- Resultados metalúrgicos.-

	Oro g/t.	Plata g/t.
Cabezas.	43.37	1.15937
Colas	28,50	--
<hr/>		
Extraído	14.87	
Extracción : Oro, 34.39 %.		

6. - Prueba de concentración por flotación.-

a).- Preparación de la muestra.- 2.0 kg. de mineral de la mezcla se molieron en molino de bolas a una dilución de 67% de sólidos durante 60 minutos, quedando 11.5 % sobre malla 100 y 76 % por debajo de malla 200.

b).- Prueba de flotación.- Los 2.0 kg. se flotaron en una celda Denver Sub-A, con 22 g. de Aerofloat 25 y 18 g. de Aceite de Pino, por tonelada métrica, a una dilución de 1 : 4.

	% peso	Tenor g/t.		Distribución	
		Oro	Plata	Oro	Plata.
Cabezas	100.0	40.00 (1)	1154.15 (2)	100.0	100.0
Concentrado piritico	28.6	120.00	3616.50	86.0	89.8
Colas	71.4	11.83	165.33	14.0	10.2

(1) Tenor calculado. Por ensaye dió 43.37 g/t.
 (2) Tenor calculado. Por ensaye dió 1159.37 g/t.
 Relación de Concentración, 3.5 : 1.

Por falta de medios para practicar análisis de uranio no es posible dar un dato cierto sobre la manera como se distribuyó este metal en los productos de la flotación. Una estimación aproximativa hecha por medio de un contador Geiger de campo, calibrado, indica que en

Los concentrados piríticos quedó un 16 % y en las colas un 84 %.

Esta prueba se hizo teniendo en mira sacar unas colas lo más limpias posible de sulfuros, o lo que es lo mismo, obtener la mayor recuperación de los metales distintos de uranio. Sin embargo, al exámen macroscópico las colas aparecían con alguna pirita deslustrada por causa de una oxidación incipiente. A ello puede atribuirse la pérdida de metales preciosos en las colas. Por otra parte, los concentrados tenían granos de cuarzo uranífero que flotó por llevar pequeñas partículas de pirita adherida. Esto explica en su mayor parte la presencia de uranio en dichos concentrados en cantidad aproximadamente equivalente al 16 % del total. Alguna otra prueba se hizo con el propósito opuesto: obtener concentrados piríticos muy pobres en cuarzo, o sea tratar de lograr una alta recuperación del uranio en las colas silíceas. Así se logró elevar la extracción del uranio a un poco más de 90 % pero a costa de rebajar los porcentajes de extracción de los metales preciosos. Las investigaciones ulteriores deben buscar la manera de obviar o reducir al mínimo estos efectos de la asociación íntima de cierta pirita muy fina con cuarzo uranífero.

A la fecha de la entrega de este informe no se tenían todavía los resultados de los análisis de los productos de la flotación para zinc, plomo y cobre, pero es muy probable que la concentración de estos metales por flotación no ofrezca ningún problema especial.

7. - Cianuración del concentrado crudo por agitación.

500 gr. del concentrado de la flotación, luego de remolerlos hasta pasar por malla 200, se trataron durante 72 horas con 2 litros de solución de cianuro de sodio en un frasco puesto en movimiento en un agitador de rodillos. Los detalles de la prueba aparecen en la si

guiente tabla:

Tiempo acumul. Horas.	Titulaciones		Adiciones		Cants. botadas	
	NaCN o/oo	CaO o/oo	NaCN grs.	CaO grs.	NaCN grs.	CaO grs.
0	-	-	1.48	1.06	-	-
6	0.575	0.336	0.37	-	-	-
24	0.625	0.308	0.25	-	-	-
46	0.650	0.252	0.37	-	-	-
72	0.700	0.252	0.20	-	1.037	0.302
Baños	0.05	0.007	-	-	0.199	0.028
			<u>2.67</u>	<u>1.06</u>	<u>1.236</u>	<u>0.330</u>

Consumo de NaCN: 2.86 kg/t. Consumo de CaO: 1.46 kg/t. de mineral.

Resultados metalúrgicos.-

	Oro g/t.	Plata g/t.
Cabezas	120.00	3.616.50
Celas	94.25	3.341.25
Extraído	25.75	275.25

Extracción: Oro , 21.46 %
Plata , 7.62 %

- - - - - o - - - - -

II. MINERAL OXIDADO. -

1. - Preparación de la muestra.-

Se hizo una mezcla con los residuos de las muestras del a--
floramiento Bj 49 y Bj 124, tratando de obtener material suficiente pa--

ra las pruebas aunque no fuera rigurosamente representativo. Esta mezcla puede considerarse como un tipo de mineral solo parcialmente oxidado.

2. - Ensayo de la muestra. -

La muestra de "cabezas" se ensayó para oro y plata, así:

Oro, 191.50 g/t. Plata, 1.726.50 g/t.

3. - Grado de finura. -

La mezcla se molió a pasar toda por malla No. 20 después de lo cual dió el siguiente resultado en el análisis granulométrico:

Malla (Tyler)	% en peso	% acumulado
35	45.0	45.0
60	16.8	61.8
80	7.2	69.0
100	6.4	75.4
150	2.0	77.4
200	4.4	81.8
200	18.2	-
	<hr/>	
	100.0	

4. - Investigación de oro libre. -

Esta prueba se hizo en la misma forma que con el mineral primario. El oro libre extraído con mercurio fue equivalente a 10.22 g/t. métrica de la mezcla, o sea 5.34 % del oro total.

5. - Prueba de cianuración por percolación. -

La mezcla de mineral, al grado de finura indicado en el número 3 se sometió a una prueba de cianuración por percolación. El -

mineral fué previamente lavado para extraerle las sales solubles abundantes que contenía. La acidez total resultó equivalente a 4.008 kilos de CaO por tonelada.

Las condiciones de la prueba fueron las siguientes: mineral, - 2.0 kilos; solución de NaCN, 4 lts.; 10 baños de 20 horas cada uno; - - después de cada baño se tituló la solución para cianuro y para alcalinidad y se agregaron las cantidades de reactivos necesarias para tratar - de mantener la solución a un tenor aproximado de 1.5 ‰ NaCN y 0,200- ‰ CaO; se revolvió el material después de cada baño y se le dejó 4- horas en seco para facilitar la aereación natural; terminados los baños con cianuro se lavó el mineral con agua, se secó y se ensayó. El consumo de reactivos fue de 6.28 k. de NaCN y 1.61 k. de CaO por tonelada de mineral.

Resultados metalúrgicos.-

	Oro g/t.	Plata g/t.
Cabezas.	191.50	1,726.50
Colas	24.16	1,146.75
	<hr/>	<hr/>
Extraído	167.34	579.75
Extracción :	Oro , 87.38 %	
	Plata, 33.58 %	

P L A N C H A S .-

No. 1.- FILON DE SAN CELESTINO. Proyección horizontal con indicación de los puntos de muestreo.-

No. 2.- AREA URANIFERA DE SAN ANTONIO. Mapa del muestreo y del levantamiento radiométrico.

No. 3.- MINA LAS ANIMAS O LA ENTRADA.- Proyección horizontal.

FILON DE SAN CELESTINO

PROYECCION HORIZONTAL CON INDICACION DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

JESUS A. BUENO
INGENIERO SUBDIRECTOR

ESCALA.

GONZALO BOHORQUEZ R.
TOPOGRAFO

OCTUBRE DE 1955

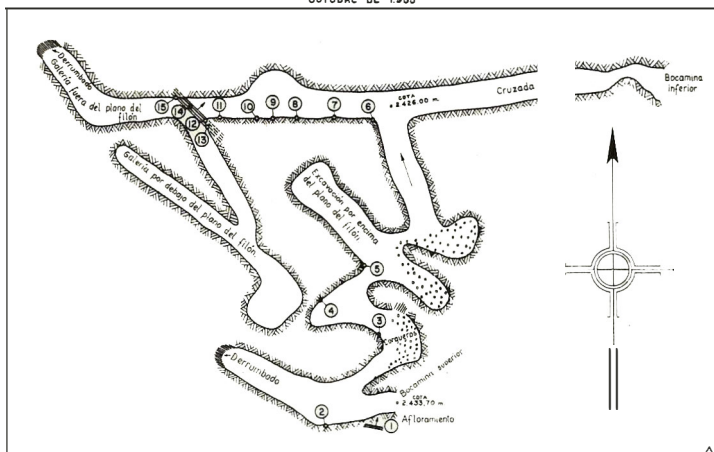


TABLA DE LOS RESULTADOS DEL MUESTREO

PUNTOS DE MUESTREO	MUESTRA Nº	EXPLICACION	ANCHO EN METROS	URANIO		PRUEBA DE URANIO PERLA DE NaF (2)	ORO gr./ton.	PLATA gr./ton	ZINC %	PLOMO %	COBRE %
				% U ₃ O ₈ Equiv.	% U ₃ O ₈ Quím.						
(1)		<u>AFLORAMIENTO EN EL CORTE DEL CAMINO DE "LA BAJA"</u>									
	Bj. 49	Zona del filón más intensamente radioactivo.	1.80	0.071		Positivo	238.91	2415.58	Negativo	2.60	0.14
	Bj. 124	A uno y otro lado de la Bj. 49. Zona menos radioactivo.	7.00	0.024		Negativo	53.25	396.12	Negativo	0.58	Negativo
(2)	Bj. 50	Túnel desde el afloramiento. A 3.50 m. de la bocamina superior.	0.55	0.11	0.10	Positivo	63.33	1.336.25	Negativo	1.06	0.03
(3)	Bj. 51	Descendiendo por el "tambor" que comunica con la galería inferior.	0.70	0.12		Positivo	38.33	747.41	1.98	1.60	0.09
(4)	Bj. 52	Un poco más abajo por el mismo "tambor".	1.65	0.15	0.13	Positivo	26.50	329.47	8.07	0.32	0.73
(5)	Bj. 53	En el mismo "tambor" 3.80 m. mas abajo del punto (4).	1.10	0.12		Positivo	27.00	575.83	0.70	0.65	0.02
(6)		<u>CRUCE DEL "TAMBOR" CON LA GALERIA INFERIOR</u>									
	Bj. 54	Zona superior del filón, escasamente radioactivo.	0.80	0.072		Positivo	23.66	134.16	Negativo	0.47	0.05
	Bj. 55	Zona inferior del filón, más radioactivo.	0.40	0.25	0.29	Positivo	22.25	213.75	Negativo	0.17	Negativo
(7)	Bj. 56	2.50 m. adelante de Bj. 55.	1.05	0.26		Positivo	9.66	213.83	0.56	0.19	Negativo
(8)	Bj. 57	2.50 m. adelante de Bj. 56.	0.85	0.19		Positivo	31.12	92.75	Trazos	0.09	0.05
(9)	Bj. 58	1.70 m. adelante de Bj. 57. MUESTRA ESPECIAL.	1.05	0.44	0.45	Positivo	24.00	390.00	Negativo	0.50	0.12
(10)		<u>2.50 m ADELANTE DEL PUNTO (8).</u>									
	Bj. 59	Zona superior del filón, con mayor radioactividad.	0.40	0.24		Positivo	8.00	117.50	Negativo	0.18	0.08
	Bj. 59A	Zona inferior menos radioactivo.	0.80	0.14		Positivo	9.25	89.58	Trazos	0.13	0.02
(11)		<u>2.50 m. ADELANTE DEL PUNTO (10).</u>									
	Bj. 60	De dos bandas de 0.42 m. y 0.62 m., más radioactivas, separadas por una franja central correspondiente a la muestra Bj. 60A.	1.04	0.55	0.61	Positivo	59.62	2.710.00	12.70	0.62	0.16
	Bj. 60A	Banda central menos radioactivo.	0.60	0.11			23.33	1.013.25	7.83	0.21	0.02
(12)	Bj. 61	1.00 m. adelante de Bj. 60. MUESTRA ESPECIAL en un sitio altamente radioactivo. Brecha mineralizada.	0.90	0.90	1.00	Positivo	144.50	3.414.62	27.52	0.30	0.05
(13)		<u>PUNTO MUY PROXIMO A (12). MUESTRAS ESPECIALES</u>									
	Bj. 126	Canal hacia el techo del filón. Zona de roca muy poco mineralizada.	1.00	0.21		Positivo	5.16	81.08	Negativo	0.31	0.01
	Bj. 127	Canal en el sector central del filón. Zona de alta mineralización.	2.00	0.41	0.38	Positivo	92.25	2.753.25	14.03	0.50	0.14
	Bj. 128	Canal inmediato al anterior. Zona de menor mineralización.	1.00	0.14	0.11	?	14.75	87.33	Negativo	0.60	Negativo
	Bj. 129	Canal inmediato al anterior en zona de roca muy levemente mineralizada.	2.00	0.033		Negativo	1.08	21.58	Negativo	0.15	Negativo
(14)		<u>A 2.50 m. DEL PUNTO (11).</u>									
	Bj. 67	Canal en el costado del filón hacia el techo de éste. Zona rica en sulfuros.	0.90	0.53	0.57	Positivo	107.33	3.571.66	25.82	8.84	0.08
	Bj. 68	Canal adyacente al anterior, parte central menos mineralizada.	0.80	0.26		Positivo	17.50	352.16	6.31	0.69	Negativo
	Bj. 68	Canal en el costado del filón hacia el suelo de éste. Zona de diatexa rellena por cuarzo uronífero.	0.70	0.79	0.80	Positivo	10.00	289.41	8.84	1.06	Negativo
(15)	Bj. 64	<u>A 2.50 m DEL PUNTO (14)</u> , en el lado opuesto de la guía. Sector rico en sulfuros.	0.88	0.16		Positivo	36.62	2.482.75	42.05	0.39	0.05

(1) Análisis practicados en los Laboratorios de la U.S. Atomic Energy Commission.

(2) Pruebas por el Autor.

(3) Análisis practicados en el Servicio Minero de Potosí por B. C. Montenegro.

TABLA EXPLICATIVA DEL MUESTREO

MUESTRA NUMERO	PORCENTAJE (%) DE U ₃ O ₈ *		MUESTRA NUMERO	PORCENTAJE (%) DE U ₃ O ₈ *	
	QUIMICO (Q)	EQUIVALENTE (E)		QUIMICO (Q)	EQUIVALENTE (E)
Bj.-69	—	0.03 **	Bj.-95	0.087	0.200
Bj.-70	0.610	0.560	Bj.-96	—	0.088
Bj.-112	—	0.082	Bj.-97	0.16-0.14	0.21-0.21
Bj.-75	0.009	0.160	Bj.-98	1.2	1.2
Bj.-76	0.280	0.380	Bj.-99	—	0.027
Bj.-77	0.094	0.120	Bj.-100	—	0.026
Bj.-78	—	0.059	Bj.-101	0.045-0.040	0.091-0.088
Bj.-79	—	0.049	Bj.-102	0.099	0.130
Bj.-80	—	0.080	Bj.-103	0.022	0.160
Bj.-81	—	0.060	Bj.-104	0.035-0.038	0.053
Bj.-82	0.800	0.810	Bj.-105	0.014-0.015	0.093-0.090
Bj.-83	—	0.020	Bj.-106	—	0.050
Bj.-84	—	0.026	Bj.-107	—	0.024
Bj.-85	—	0.045	Bj.-108	—	0.020
Bj.-86	—	0.015	Bj.-109	0.024-0.018	0.093-0.098
Bj.-87	0.054	0.62-0.60	Bj.-110	—	0.018
Bj.-88	—	0.034	Bj.-111	—	0.011
Bj.-89	0.088	0.090	Bj.-113	—	0.022
Bj.-90	—	0.033	Bj.-114	0.22-0.24	0.34-0.32
Bj.-91	0.100	0.120	Bj.-115	—	0.008
Bj.-92	—	0.033	Bj.-116	—	0.053
Bj.-93	0.38-0.34	0.79-0.78	Bj.-117	—	0.023
Bj.-94	0.30-0.32	1.2-1.2			
Bj.-94a	7.0	1.2			

* Según los análisis practicados en los Laboratorios de la U.S. Atomic Energy Commission.
 ** Análisis aproximado del autor.

CONVENCIONES



Escombros de labores antiguos a cielo abierto para la explotación de metales preciosos.

• Bj. 91-010% Q.

Sitios de muestreo y número de las muestras con % Químico (Q) o Equivalente (E), de U₃O₈.

• 0.024 MR/hr.

Sitios de lecturas radiométricas en Miliroentgens por hora (MR/hr), incluido el background count regional promedio estimado en 0.01 MR/hr.

II

Sitios de mayor radioactividad.

2

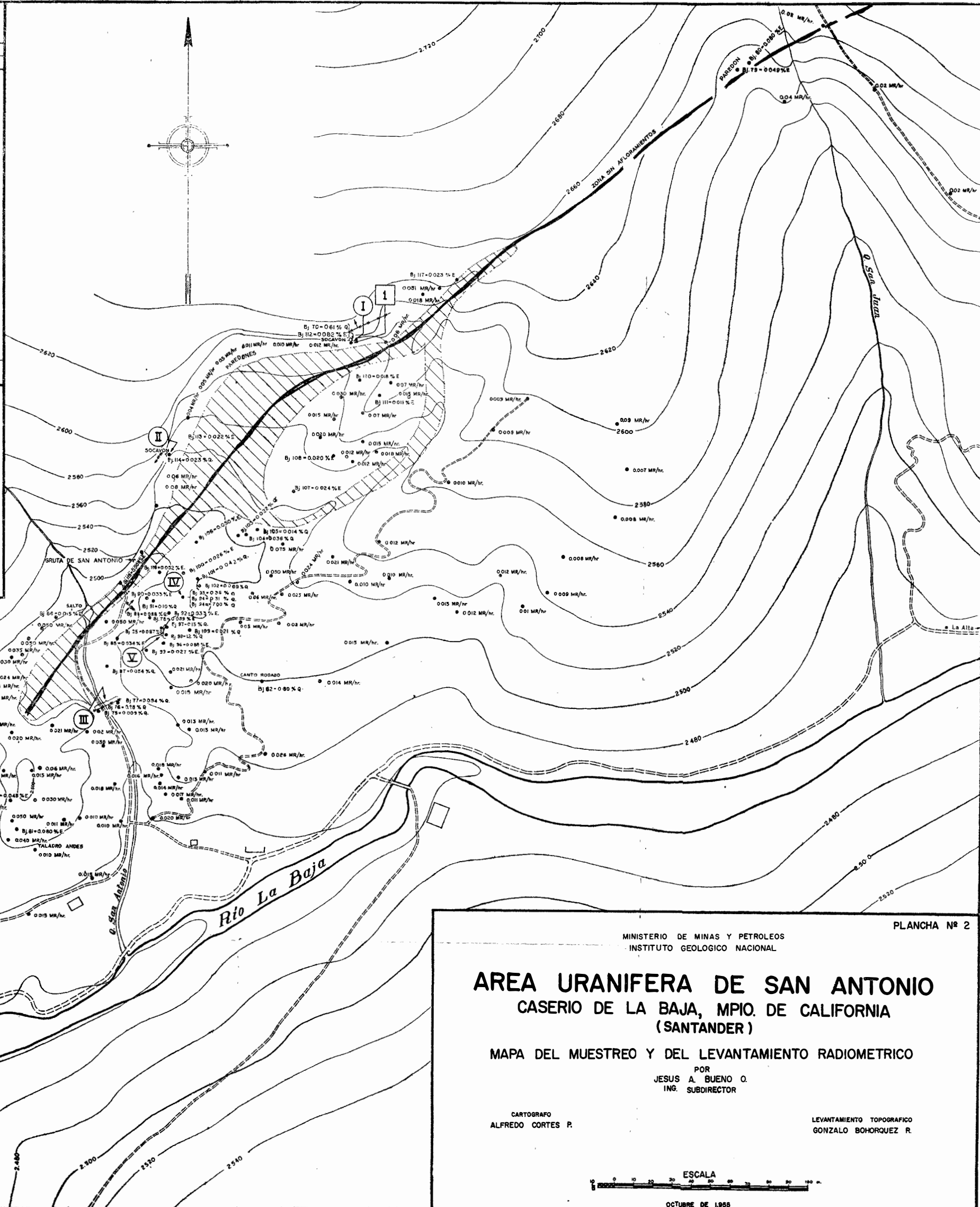
Sitios especiales que justifican exploración.



Orientación probable de la estructura principal del filón de Pie de Gallo.



Estructuras menores.



MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS
 INSTITUTO GEOLOGICO NACIONAL

PLANCHA Nº 2

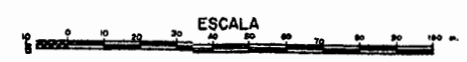
AREA URANIFERA DE SAN ANTONIO CASERIO DE LA BAJA, MPIO. DE CALIFORNIA (SANTANDER)

MAPA DEL MUESTREO Y DEL LEVANTAMIENTO RADIOMETRICO

POR
 JESUS A. BUENO O.
 ING. SUBDIRECTOR

CARTOGRAFO
 ALFREDO CORTES P.

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO
 GONZALO BOHORQUEZ R.



OCTUBRE DE 1955