Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Programa Académico de Ingeniería Geológica

Reconocimiento por Uranio en las Vetas Cupríferas de los Intrusivos Cretácico-Terciarios en el Departamento de Tacna

Tesis para optar el Grado de

BACHILLER

Jorge Gonzales Quiñones

LIMA - PERU

1971

A mi madre y a mi tío Alejandro

Que con sus esfuerzos y sacrificios hi
cieron posible mi superación.

La presente tesis ha sido elaborada mientras me he desempeñado como geólogo de la Junta de Control de Energía Atómica. Los datos de campo han sido obtenidos durante una campaña oficial relizada durante el período comprendido desde el 10 de Febrero al 10 de Abril de 1971, la que ha dado como resultado el informe interno de la JCEA, elaborado conjuntamente con el Ing. Walter Herrera C. y que lleva por título: " Informe geológico radiométrico de la exploración en en las provincias de Tacna y Tarata " Nº 6, inédito, JCEA, Lima, Perú, 1971.

Los análisis radiométricos que se citan en el texto han sido ejecutados en el departamento de Espectometría de la División de Higiene Radiofísica y Radioactividad Ambiental de la Junta de Control de Energía Atómica.

El suscrito desea dejar constancia de su agradecimiento al Señor Ing. Walter Herrera C. por sus oportunas sugerencias y recomendaciones en la ejecución del presente trabajo, como igualmente a las autoridades de la JCEA por haberlo facilitado.

C O N T E N I D O

1.- Introducción

2.- Resumen

3.- Consideraciones Generales:

3.1. Objeto del Estudio

3.2. Estudios previos

3.3. Centros poblados

3.4. Método de trabajo

3.5. Fundamentos de la gamametría

3.6. Agradecimientos

4.- Aspectos Geológicos Regionales:

4.1. Caracteres geomorfológicos regionales

4.2. Unidades litológicas

4.2.1. Rocas Estratificadas

4.2.2. Rocas Intrusivas

4.3. Caracteres Estructurales Regionales

4.4. Sumario de la Geología Histórica

5.- Reconocimiento por uranio:

5.1. Aplicación de la geología a la prospección

5.2. Planeamiento de una prospección por uranio

5.3. Prospección radiométrica:

5.3.1. Mina Luzber

5.3.2. Mina Cercanita

5.3.3. Mina Norville

5.4. Costos operativos unitarios de la prospección radiométrica

6.- Geología Económica

6.1. Generalidades

6.2. Mineralogía

6.3. Alteraciones

6.4. Oxidación y Enriquecimiento Supergénico

6.5. Paragénesis.

6.6. Relación de la mineralización con los intrusivos

6.7. Clasificación de los depósitos

6.8. Comparación con otros depósitos similares en el mundo

6.9. Consideraciones Económicas.

7.- CONCLUSIONES

8.- RECOMENDACIONES.

I L U S T R A C I O N E S

A. PLANOS

Plano Geológico y sección longitudinal de la mina Luzber, Tacna mostrando la zoneografía.

Plano geológico y sección longitudinal de la mina Cercanita, Tacna, mostrando la zoneografía.

Plano geológico y sección longitudinal de la mina Luzber, Tacna, mostrando la zoneografía.

Plano de ubicación de las minas visitadas.

B. FOTOGRAFIAS

-Foto 1: Fotomicrografía de una sección delgada de la roca encajonante mostrando alteración sericítica, Mina Norville, Nicoles paralelos.

-Foto 2: Fotomicrografía de una sección delgada de la granodioríta porfirítica del área de la mina Norville, Nícoles paralelos.

-Foto 3: Fotomicrografia de una sección pulida de una muestra de la veta Norville mostrando galena y covelita, Nicoles paralelos.

-Foto 4: Fotomicrografía de una sección pulida de una muestra de la veta Norville mostrando galena rellenando fracturas dentro de la ganga cuarzosa, Nícoles paralelos.

-Foto 5: Fotomicrografía de una sección pulida de una muestra de la veta Norville mostrando malaquita y limoni

ta, Nícoles paralelos.

-Foto 6: Fotomicrografía de una sección pulida de una muestra de la veta Norville mostrando hematíta, limonita en ganga cuarzosa, Nícoles paralelos.

-Foto 7: Fotomicrografía de una sección pulida de una muestra de la mina Norville mostrando cobre nativo y limonita, Nícoles paralelos.

-Foto 8: Foto de la bocamina del nivel cortada, Mina Norville, mostrando la compresora Rolls Royce, Vista mirando al este.

-Foto 9: Foto de las labores superiores de la veta Fray Martín, Mina Norville, mostrando los tajeos comunicados a superficie. Vista mirando al este.

-Foto 10: Foto de un afloramiento al noreste de la mina Luzber, mostrando la fuerte erosión de la veta, Vista mirando al sur.

-Foto 11: Foto del nivel intermedio de la mina Luzber, observese las cajas bien definidas. Vista mirando al este.

C. CUADRO

Cuadro de los minerales de veta primarios y secundarios de acuerdo a la clasificación adoptada por el sistema mineralógico de Dana.

1.- INTRODUCCION

EL PRESENTE trabajo ha sido estructurado y elaborado como tesis con la finalidad de optar el grado académico de Bachiller en Geología.

Los yacimientos de cobre tipo veta en los intrusivos del departamento de Tacna fueron estudiados con el objeto de descubrir posibles mineralizaciones de uranio así como su importancia económica.

Se efectuaron reconocimientos por uranio mediante métodos de prospección radiométrica guiados por anomalías detectadas en anteriores prospecciones.

Se exponen en forma breve las características geológicas regionales de la zona en donde se ubican los yacimientos.

También se hace un estudio acerca de los posibles principios y procesos que pudieron determinar la presencia, formación y alteración de la mineralización de uranio.

Se exponen conclusiones sobre la naturaleza de las anomalías radiactivas y sus posibilidades económicas, las que fueron estudiadas e investigadas a base de resultados de análisis radiométricos tomando en cuenta la distribución y extensión de las anomalías.

También se hizo una comparación con yacimientos

de otros países con las mismas características metalogénicas para predecir posibilidades económicas de futuros yacimientos del mismo tipo en el Perú.

2. RESUMEN

El área explorada, aproximadamente 500 Km 2, está constituida principalmente por intrusiones graníticas de composición ácida que a su vez estan intruidos por diques de naturaleza muy variada. Estas intrusiones que forman parte del Batolito Andino yacen cortando a volcánicos del Terciario. Para éstas intrusiones se asume una edad entre el Cretáceo superior y comienzos del Terciario.

Fallamiento en bloques como consecuencia de la Orogénia Andina constituye el rasgo estructural mas notable de las intrusiones.

En el área objeto del presente estudio se han reconocido vetas que en la clasificación de E. Wm Heinrich se les puede ubicar en el tipo de "Vetas Silíceas con Sulfuros y Pechblenda".

Las vetas que estan emplazadas dentro de rocas graníticas están constituidas por pirita, chalcopirita, bornita, chalcocita, esfalerita, galena y tetrahedrita argentífera con abundante ganga cuarzosa hematítica. La radiactividad anormal de las vetas está asociada a la ocurrencia de pequeñas cantidades de pechblenda, parapechblenda, autunita y torbernita.

La mineralización emplazada dentro de las fracturas fué acompañada por alteración hidrotermal de la grano

diorita la que fué hematizada, sericitizada, silicificada y argillitizada.

Por la mineralogía y por la alteración hidrotermal se puede clasificar a los depósitos como Epitermales.

En el área de estudio la relación espacial de las vetas con diques de Aplita y Dacita siguieron una relación genética de la mineralización con tales intrusiones filonianas.

En la actualidad las vetas se explotan sólo por cobre ya que los demás metales incluyendo al uranio ocurren unicamente en pequeñas cantidades.

Por el momento no existen vetas económicamente explotables por uranio, pero no se descarta la posibilidad de encontrar otras vetas del mismo tipo con mejores contenidos de uranio.

3. CONSIDERACIONES GENERALES

3.1. OBJETO DEL ESTUDIO

El presente estudio que se circunscribe a los intrusivos del área de Tacna tiene como objeto:

- Aclarar la naturaleza de las anomalías radiactivas detectadas en anteriores prospecciones aéreas y terrestres.
- Hacer un estudio sobre los posibles procesos de mineralización
- Establecer algunas guías útiles para la prospección de yacimientos dentro del área abarcada.

3.2. ESTUDIOS PREVIOS

No existe ningún estudio geológico detallado sobre alguna de las minas aquí tratadas.

En el boletín Nº 4 del ahora denominado Servicio de Geología y Minería se encuentra información geológico minera de manera bastante superficial sobre la mina Cercanita. Aquí se indica la posible génesis del yacimiento en relación con el fracturamiento del intrusivo granodiorítico.

Castro Bastos en su estudio geológico económico del departamento de Tacna trata también sobre la mina Cercanitay y muy superficialmente sobre la mina Norville.

El presente trabajo inicia el estudio geológico de los yacimientos de cobre y uranio en el área de los intrusivos Cretácico-Terciarios del departamento de Tacna.

3.3. CENTROS POBLADOS

En el área objeto del presente estudio existen varios centros poblados de cierta importancia, tales como: Tacna, Toquepala, Ilabaya, Curibaya, Pachía, Mirave e Ite. Los naturales del lugar se dedican en general a la agricultura y la ganadería, a excepción de los de Tacna y Toquepala. Los de Tacna se dedican mayoritariamente al comercio? y los de Toquepala a la minería. Toquepala e Ilo constituyen uno de los más grandes complejos mineros del sur del País.

3.4. METODO DE TRABAJO

El presente trabajo se efectuó con el propósito de estudiar las anomalías radiactivas detectadas en la prospección aérea llevada a cabo en los meses de Noviembre y Diciembre de 1970.

En el trabajo de campo se realizaron levantamientos topográficos, geológicos y radiométricos, así como también los muestreos respectivos de las diferentes minas visitadas.

Se efectuó radiometría superficial y subterránea.

En la subterránea se hicieron lecturas usando un scintilómetro SPP-2-NF-Sratt, a intervalos de 2 metros a lo largo de las galerías. Las lecturas se hicieron sobre veta, tanto en el techo como en el piso y tomandose un promedio de éstas lecturas.

Se realizó un muestreo selectivo en las áreas donde se registraron elevadas cuentas radiométricas.

Las muestras provenientes de las áreas anómalas fueron analizadas en el Contador Beta R A-12 Intertechnique para la determinación del contenido de uranio equivalente.

Se hiceron estudios mineragráficos y petrográficos para determinar la naturaleza de los minerales y rocas.

Se hicieron estudios y correlaciones de anomalías a base de planos zoneográficos y a resultados de análisis radiométricos.

3.5. FUNDAMENTOS DE LA GAMAMETRIA

Al explorar y desarrollar los depósitos de uranio, el minero tiene que saber de contadores "Geiger", rayos gamma, radiactividad y otras características de esta era atómica.

Los elementos radiactivos emiten radiaciones alfa, beta y gamma.

Las partículas alfa tienen reducido poder de penetración. Las partículas beta tienen mayor facilidad de penetración que las partículas alfa, pero aún así, son fácilmente absorbidas por unos milímetros de plomo. Los rayos gamma no son absorbidos con tanta facilidad como las partículas alfa o beta; es a causa de este poder de penetración que la mayor parte de los contadores de prospección estan diseñados para detectar estos rayos.

El contador de centelleo o cintilómetro está integrado básicamente por un elemento de naturaleza fosforecente constituido por un cristal de ioduro de sodio activado con talio - INa(Tl). Los rayos gamma al incidir sobre este cristal producen efectos luminosos. Este cristal está fijado a un tubo fotomultiplicador donde los fotones producidos por estos centelleos son convertidos en electrones que salen del fotomultiplicador en forma de pulsaciones electricas.

Los contadores Geiger están calibrados en términos de roentgen, que es la medida unitaria para la medición de los rayos "X". Se define el roentgen como la cantidad de radiación X que, bajo temperatura y presión normales, producirá una unidad electrostática de iones en un centímetro cúbico de aire. Como el roentgen es una medida de cantidad o volumen de radiación, la intensidad de un campo radiactivo debe expresarse en términos de roent-

gen por unidad de tiempo.

El uranio en rocas y minerales contiene dos tipos de átomos; uno con un peso atómico de 238 y otro con un peso atómico de 235. El uranio 238 es mas abundante que el 235. El uranio 238 se desintegra formando una serie de otros elementos radioactivos hasta que finalmente se forma uno inactivo: el plomo.

Es importante notar que el uranio mismo al estado puro no emite rayos gamma, por lo tanto un contador o un cintilómetro no puede detectar la presencia de uranio directamente si no por intermedio de los productos de su desintegración que si emiten rayos gamma. Cuando los productos emisores de rayos gamma estan presentes en cantidades proporcionales a la cantidad de uranio que les dió origen el contador o cintilómetro podrá dar una medida proporcional del uranio existente.

De los muchos elementos en las dos series del uranio sólo los dos isótopos origen de la serie, U 238 y U 235, son de interés directo como materia bruta para la producción de energía atómica.

3.6. AGRADECIMIENTOS

Aprovecho la oportunidad para expresar mis agradecimientos a los dueños y administradores de las diferentes minas que he visitado, en especial al Ing. L. Guzman

Da Silva, dueño de la mina Norville, así como también a las autoridades políticas y militares que contribuyeron indirectamente a la realización del presente trabajo. También agradezco al Ing. Teodoro García Blásquez por sus valiosos consejos para la ejecusión de ésta tésis.

4. ASPECTOS GEOLOGICOS FUNDAMENTALES

4.1. CARACTERES GEOMORFOLOGICOS REGIONALES

En el área de prospección se han diferenciado cuatro unidades Geomorfológicas: La Faja Litoral, la Cordillera de la Costa, las Pampas Costaneras y el Flanco Disectado de los Andes.

La Faja Litoral comprende el terreno bajo que se extiende entre la rivera del mar y el pié de la Cordillera de la Costa, se caracteriza por la presencia de varias planicies de abrasión cubierta de terrazas.

La Cordillera de la Costa que es una faja montañosa de relieve moderado situada a lo largo de la rivera y cortado transversalmente por valles encañonados.

Las Pampas Costaneras que son una depresión entre la Cordillera de la Costa y el frente occidental de los Andes presenta una topografía suavemente ondulada disectada por numerosos valles transversales.

El flanco disectado de los Andes es una unidad geomorfológica que se caracteriza por tener una topografía muy abrupta con predominio de pendientes fuertes y valles profundos y encañonados.

El drenaje del área se efectúa por medio de los ríos Sama, Locumba y Caplina que son los únicos cursos de agua permanente.

4.2. UNIDADES LITOLOGICAS

En el área de trabajo se han observado rocas estratificadas y rocas intrusivas cuyas edades abarcan desde el Jurásico Inferior hasta los depósitos cuaternarios, predominando los volcánicos Terciario-Cuaternarios y los Cretácico-Terciarios.

4.2.1. ROCAS ESTRATIFICADAS

Las rocas más antiguas que afloran en el área explorada corresponden a una secuencia de derrámes volcánicos (andesitas, riolitas, dacitas, etc.) asignados por los geólogos del Servicio de Geología y Minería al Jurásico Inferior. Los afloramientos mencionados están ubicados en el Cerro Meca Grande y en el Morro Sama.

En el área de Pachía entre los cerros La Mina. Y Pelado se observaron una secuencia de Calizas con intercalaciones de lutitas completamente metamorfizadas que se correlacionan con la parte superior de la formación San Francisco a la cual Wilson y García le asignan una edad d de Jurásico Medio a base de fósiles "Sonninia".

En el área de Ilabaya y Curibaya se observó una serie de derrames, brechas de flujo y aglomerados de naturaleza volcánica completamente oxidados que se correlacionan con el Volcánico Toquepala al que le asignan una edad Terciario Inferior Wilson y García, a base de rela-

ciones Estratigráficas.

Colmando la depresión existente entre la Cordillera de la Costa y el pié occidental de los Andes se observan varios afloramientos de una secuencia compuesta por areníscas y conglomerados de origen continental que se identifican como pertenecientes a la formación Moquegua que se la asigna al Terciario Superior a base de relaciones estratigráficas (Wilson y García.)

No se han observado ni explorado los volcánicos Terciario cuaternarios (Barroso y Huaylillas) por estar fuera del área programada.

Los depósitos aluviales recientes están ampliamente distribuidos en conos de deyección, valles interiores de la Cordillera de la Costa y en el desierto de las pampas Costaneras.

4.2.2. ROCAS INTRUSIVAS

En el área del departamento de Tacna las intrusiones forman parte del Batolito Andino y yacen cortando a las rocas volcánicas del Terciario. La naturaleza de la composición de éstos intrusivos es ácida y está representada por granito y granodiorita los que a su vez están intruidos por diques de apliata, dacita y diabasa.

La edad de las intrusiones se infiere por relaciones estratigráficas, que muestran que el emplazamiento

ocurrió en un período comprendido entre el Cretáceo superior y los comienzos del Terciario inferior.

En el área de Locumba los afloramientos de los intrusivos que se han visitado se encuentran en el cerro Llarando donde está la mina Luzber y en los cerros de Meca Grande. En Luzber se pudo apreciar la granodiorita completamente intemperizada y atravezada por diques bien alterados de un color gris negruzco que podrían tratarse de dacita (Narvaez 1964, p. 53).

En el área de Pachía se exploró el intrusivo de Lluta que es donde está situada la mina Cercanita. Aquí la litología está representada por granodiorita atravezada por diques de cuarzo; no se observaron diques de otra naturaleza.

En el área de Norville se exploró el intrusivo de Llallave que es donde está situada la mina Norville está representada simplemente por granodiorita con inclusiones de diorita, atravezada por diques de apliata y dacita.

A continuación se exponen estudios microscópicos de secciones delgadas de rocas procedentes del área de la mina Norville.

- Dacita Profirítica.- Se observan fenocristales de cuarzo y plagioclasa, el cuarzo se presenta corroido por los bordes y desde el centro, las plagioclasas se encuentran alteradas incipientemente a seri-

cita (ver foto Nº 2).

- Granodiorita Porfirítica.- Se observan fenocristales mal conformados de plagioclasas en una matríz de cuarzo, ortoza y plagioclasas, éstas últimas se encuentran alteradas incipientemente a sericita,

- Meta intrusivo silíceo.- Se observan principalmente cuarzo y sericita constituyendo el 95% del total de los componentes. Además están presentes hematita, limonita y arcillas, (ver foto Nº 1).

4.3. CARACTERES ESTRUCTURALES REGIONALES

Entre los aspectos estructurales más notables y que interesan estan el fallamiento en bloques de la Cordillera de la Costa y el sistema de fallas de Incapuquio y Challaviento del área de Pachía.

El fallamiento en bloques de la Cadena Costanera probablemente sea subsidiaria de las grandes fallas longitudinales que corren casi paralelas a la Costa en la región Sur del Perú. En este caso representadas por el sistema de fallas de Incapuquio, (Narvaez, 1964 p. 56).

Estas estructuras junto con los fallamientos de igual tipo del lado oriental de los Andes habrían favorecido el levantamiento del bloque andino (Bellido, 1969. p. 40).

Posiblemente como consecuencia de estos fenómenos las fracturas mineralizadas de los intrusivos sufrieron también pequeños desplazamientos verticales lo que se evidencia por el brechamiento de la veta.

4.4. SUMARIO DE LA GEOLOGIA HISTORICA

Sobre la historia geológica de ésta área se tiene estudios bastante documentados, cuya sintesis presento a continuación:

Los eventos geológicos mas importantes comienzan ha destacar a partir del Cretáceo superior.

El volcanismo del Cretáceo superior y comienzos del Terciario dió lugar a grandes acumulaciones de lavas y piroclásticos (Grupo Toquepala) que cubrieron extensas áreas de la región, principalmente en la parte media del flanco occidental de los Andes, donde se les encuentra yaciendo en discordancia sobre las formaciones más antiguas.

A fines del Cretáceo superior y durante el Terciario inferior se produjo el emplazamiento del Batolito Costanero como una fase post-orogénica. A continuación sucede en la región una larga etapa de denudación que llegó a trunar el techo de los intrusivos, originando una superficie peneplanizada probablemente similar a la superficie Puna de la región Central de los Andes.

Probablemente a fines del Terciario inferior o comienzos del superior se produjeron movimientos diastróficos que dieron lugar al fallamiento en bloques que se conoce en la región y también a la fosa tectónica que queda al frente de los Andes donde se depositaron a fines del Terciario las rocas de la formación Moquegua.

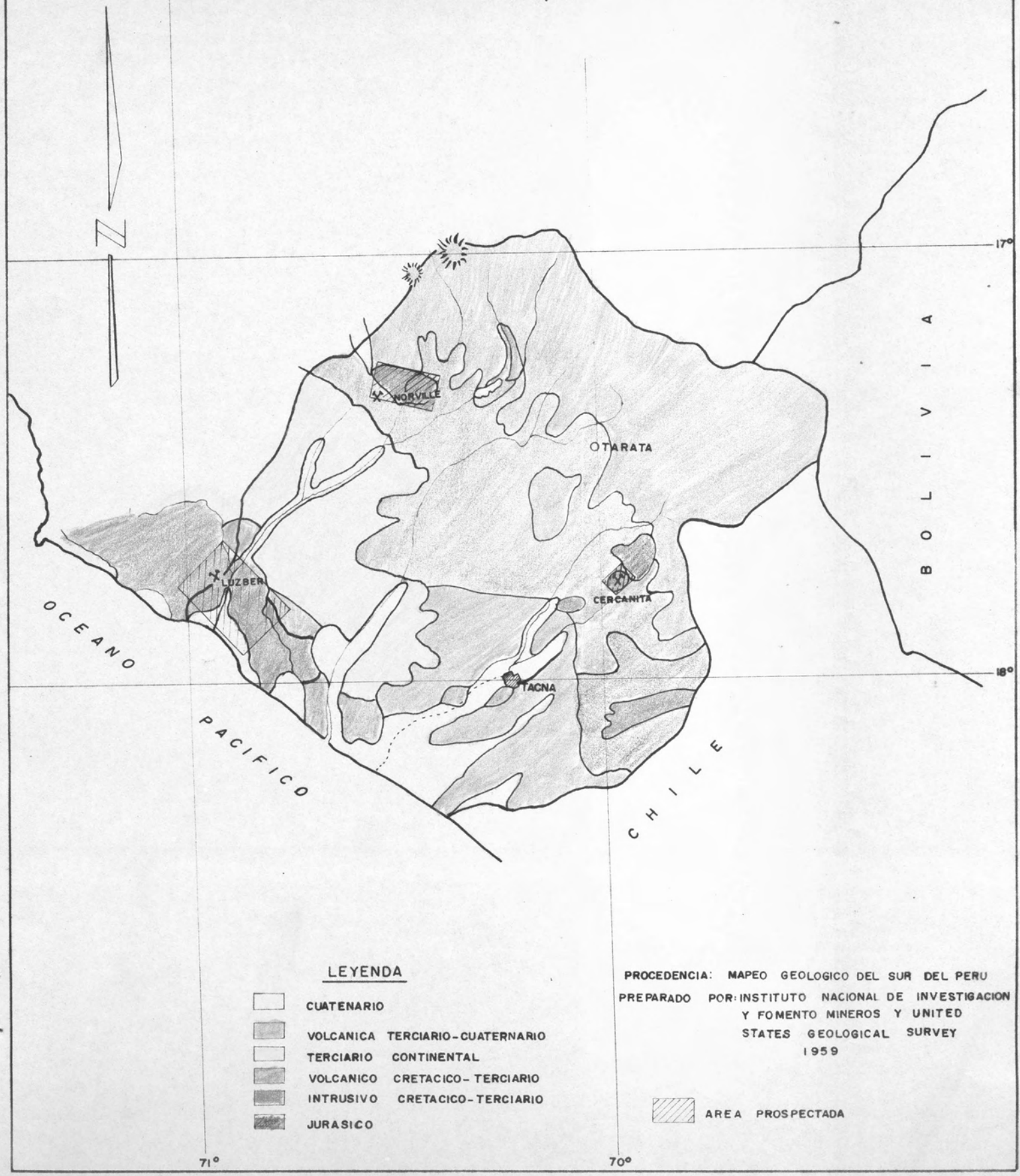
A fines del Terciario y prolongandose hasta el cuaternario tuvo lugar un nuevo ciclo volcánico cuyos depósitos formaron la estructura superior de los Andes. Las primeras manifestaciones de éste ciclo volcánico están representadas por piroclásticos riolíticos (Volcánico Huaylillas).

La etapa del levantamiento de los Andes se inicia a partir del Terciario superior continuando a traves del Cuaternario. Este movimiento fué acompañado por fallamientos y reajustes de las fallas pre-existentes que ésta vez funcionaron como fallas normales y en algunos casos las fallas del basamento llegaron hasta la superficie. La última etapa fué la erupción de los volcánicos Barrosos. La mayor parte del volcanismo terminó antes de la glaciación del Pleistoceno. El bloque de los Andes continuó subiendo durante el cuaternario.

PLANO DE UBICACION DE LAS MINAS Y DE LAS AREAS PROSPECTADAS

DEPARTAMENTO DE TACNA

ESCALA: 1:1'250,000



5. RECONOCIMIENTO POR URANIO

5.1. APLICACION DE LA GEOLOGIA A LA PROSPECCION

Generalidades.- El descubrimiento de numerosos distritos nuevos en el mundo ha sido principalmente el resultado de trabajos de prospección basados en la evaluación de varias regiones y en las subsiguientes visitas de reconocimiento.

La evaluación geológica requiere de un conocimiento profundo de las características geológicas de las regiones a prospectar así como también del posible ciclo geoquímico del uranio en el caso de que exista una fuente magmática primaria en dichas regiones.

Como resultado de los conocimientos actuales sobre las condiciones geológicas que influyen en el movimiento de las soluciones uraníferas y en la precipitación de los minerales de uranio así como también sobre las características mineralógicas repetidamente asociadas a los yacimientos, se han elaborado una serie de controles y guias geológicas que se están usando en EE.UU.

El orden e importancia de los controles y guias conocidos varían de región a región y ninguno a sido establecido de una manera definitiva.

Evaluación Geológica de Ambientes.- Los conocimientos actuales que nos permiten evaluar una región son

el resultado de muchos años de estudio de diversos yacimientos y distritos conocidos y aún así, los actuales métodos de prospección son el resultado de aplicación de teorias basada en hipótesis sujetas a constantes variaciones debido mas que nada a que nuestros conocimientos sobre la geología del uranio progresa día a día.

Guias geológicas en el Perú.- La prospección en el Perú se ha efectuado en ambientes genéticos o litológicos considerados como favorables en cualquier parte del mundo. Estos son:

a.- Estructuras

b.- Provincias petrolíferas

c.- Shales asfálticos

d.- Intrusiones igneas

e.- Rocas metamórficas

f.- Sedimentos de cuencas lacustres

g.- Piroclástos riolíticos

La exploración en Tacna se efectuó con el criterio de que en EE.UU. los Batolitos no constituyen terrenos favorables para la prospección por yacimientos epigenéticos a menos que estén atravezados por rocas mucho mas recientes. En Tacna los intrusivos estan atravezados por otro tipo de rocas en forma de diques.

Dentro de toda la provincia metalogénica andina se desconoce la potencialidad en contenido de uranio por

que aún no se ha terminado de explorar dentro de los ambientes con características favorables para su acumulación.

Un estudio general del ciclo de mineralización hidrotermal en el Perú con el cual está asociado la mayor cantidad de uranio conocido, demostró que en la mayoría de los distritos los productos de metalización estan arreglados zonalmente alrededor de centros de alteración con elementos de temperatura mas baja en incremento a mayor distancia.

El problema es saber si el uranio representa una cantidad insignificante o trazas dentro del ciclo o si puede existir concentraciones muchos más grandes en posiciones preferentemente separadas de otras ocurrencias metálicas.

En rápidas observaciones de las regiones de baja temperatura situadas al este de la cordillera de los Andes se descubrieron anomalías radiactivas más fuertes y mas extendidas, creyendose en la actualidad que ésta área ofrece mejores posibilidades para depósitos de uranio en el Perú, debiéndose orientar las exploraciones con éste criterio.

5.2. PLANTEAMIENTO DE UNA PROSPECCION POR URANIO

El estudio de la organización Francesa del D.R.

R.M. (Direction des Recherbhes et Exploitations Mineres) del Departamento de Energía Atómica mostró que el método mas eficáz para la búsqueda de minerales radioactivos consistía en la prospección sistemática del terreno en zonas previamente elegidas fundandose en estudios geológicos. La aplicación de éste sistema se justifica en regiones de complicada estructura geológica y topográfica así como por el área limitada de las eventuales formaciones uraníferas como es en el caso del Perú.

La prospección debe ser rigurosa y sistemática y se debe realizar según dos direcciones diferentes; por un lado aumentar las prospecciones en lugares ya conocidos por sus manifestaciones uraníferas, y por otro lado, comenzar las exploraciones en zonas completamente nuevas, cuya naturaleza geológica permite suponer la existencia de uranio. Las exploraciones en el Perú estan encausadas siguiendo la primera dirección.

En ambos casos estas prospecciones sistemáticas las llevan a cabo misiones volantes de geólogos que obtienen los siguientes datos:

1.- Medidas de la radioactividad gamma, al principio en grandes retículos y sucesivamente en retículos de malla mas cerrada.

2.- Exploraciones geológicas tan detalladas como sea posible.

3.- Obtención de todos los datos y muestreos necesarios para el conveniente estudio petrográfico y estratigráfico.

4.- Ubicación topográfica necesaria para la localización de los puntos de elevada actividad.

Los datos obtenidos en esta primera fase de prospecciones radioactivas y exploraciones geológicas de campo, en unión de los resultados de los análisis petrográficos y químicos, se necesitan para poder comenzar la segunda fase de investigación durante la cual es necesario proceder a trabajos de prospección mas detallados mediante labores mineras y sondeos. Tomando como base los resultados obtenidos, podrá ser aconsejable iniciar trabajos mineros de mayor envergadura, estos trabajos podrán ser encarados directamente por el Organismo interesado o contratado a empresas privadas, conservándose en este caso las funciones de control.

Los procedimientos aqui explicados son utilizados por la organización francesa del D R E M y también por la División de Geología de la Junta de Control de Energía Atómica.

5.3. PROSPECCION RADIOMETRICA

En la prospección radiométrica se reconocieron 1,300 metros lineales de labores subterráneas y 500 Km 2

de exploración superficial expeditiva.

Se hicieron trabajos de prospección radiométrica detallada en las minas Luzber, Cercanita y Norville que a continuación describo:

5.3.1. MINA LUZBER

UBICACION.- Está ubicada al oeste del cerro Llarando, 10 Km. al norte del pueblo de Ite. Tiene las siguientes coordenadas:

Latitud: 17 41'

Longitud: 70 59'

Altitud: 720 a 910 m.s.n.m.

ACCESIBILIDAD.- Se llega a la mina con el siguiente itinerario:

Tacna- Camiara .... 72 Km de carretera asfaltada

Camiara - Ite ..... 25 Km de carretera afirmada

Ite - Mina Luzber.. 8 Km de trocha carrozable

En total son 105 Km. desde Tacna.

RASGOS FISIOGRAFICOS.- El área de la mina Luzber está ubicada entre los 700 y 920 m.s.n.m. en los cerros disectados por quebradas secas que bajan hacia el Sur para desembocar en el río Locumba.

El relieve topográfico está representado por cerros redondeados con pendientes suaves. La única quebrada que atravieza el área de la mina es la de Agua Salada

que desemboca en el río Locumba.

El clima de la región es similar al resto de la costa peruana o sea cálido y desértico. La temperatura es alta durante los meses de verano y relativamente baja en invierno. La precipitación es leve, se produce en forma de lluvias finas y garúas durante los meses de invierno.

Las quebradas tienen una vegetación de pastos naturales y arbustos que se desarrollan donde hay humedad proveniente de los afloramientos de las aguas subterráneas.

DESCRIPCION DE LA VETA

El yacimiento de la mina Luzber está constituido por una sóla veta: la veta Luzber que tiene las siguientes características:

Tiene un rumbo promedio de N 55 E; un buzamiento promedio de 82 NW; una potencia que varía desde 30 cms hasta 1 metro; un largo de 120 mts. en la parte oeste y desconocido en su parte este por encontrarse encapado; una profundidad efectiva de 165 mts. y una profundidad real desconocida.

A continuación se hace la descripción de la geología subterránea de las diferentes labores:

NIVEL 720.- Se observan dos fallas con rumbos mas o menos iguales pero con buzamientos opuestos; existen manchas de crisocola en forma de impregnaciones al re

dedor de la ganga cuarzosa que se presenta algo triturada.

NIVEL 722.- Aquí se observa que la veta tiene una potencia que varía de 30 a 40 cms., presenta cuarzo lechoso con fracturas rellenas con limonita, crisocola y malaquita; la granodiorita encajonante se encuentra bien caolinitizada y fracturada.

NIVEL 725.- La veta presenta una potencia que varia de 40 a 50 cm. y presenta cuarzo masivo de color gris oscuro impregnado con hematita y completamente triturado, aquí no se observan minerales secundarios de cobre; la granodiorita encajonante se encuentra fracturada y caolinitizada.

NIVEL 740.- Se observa que la veta tiene una potencia que varía de 10 a 40 cms., la mineralización se presenta como manchas de crisocola cubriendo a la ganga cuarzosa de color gris, unas manchas oscuras que parecen ser chalcocita con brochantita; la roca de caja se encuentra fractura y caolinitizada.

NIVEL 770.- Aquí se observa igual que en los niveles anteriores silicatos y carbonatos de cobre como impregnaciones en la ganga cuarzosa criptocristalina junto con hematita; la roca de caja es la misma granodiorita fracturada y caolinitizada.

NIVEL 775.- La veta se presenta con una potencia de 10 a 20 cm. presenta cuarzo masivo, crisocola, malaqui

ta y oxidos hidratados de fierro.

NIVEL 820.- Presenta una zona de débil mineralización; cerca al tope en la caja este se observa cuarzo lechozo con impregnaciones de hematita; la granodiorita encajonante se presenta poco alterada.

NIVEL 880.- Presenta una mineralización mucho mejor que los niveles inferiores, tiene una potencia que varía entre 20 y 30 cms., la mineralización está representada por ganga cuarzosa de colores marrón oscuros con abundante impregnaciones de películas de crisocola y malaquita; la roca de caja se presenta algo silicificada con impregnaciones de crisocola, malaquita, hematita y limonita.

RADIACTIVIDAD

A pesar de que la mina no está suficientemente desarrollada se ha encontrado una anomalía en las trincheras ubicadas en el extremo este de la veta. Esta anomalía tiene las siguientes características:

Tiene una intensidad promedio de 400 c/s. sobre un fondo de 150 c/s.

El análisis radiométrico de una muestra escogida dió 0.030 % de uranio equivalente.

La longitud del área anómala es de 10 metros a lo largo de la trinchera.

La anomalía está asociada a crisocola masiva, ganga cuarzosa de color marrón rojizo y abundante limonita

terroza que se encuentra impregnando a la veta y a las cajas de la veta.

Los minerales de uranio se encuentran en pequeñas cantidades y en forma terroza asociados a la limonita Se trata de minerales secundarios de uranio tales como la parapechblenda, la autunita y la torbernita.

5.3.2. MINA CERCANITA

UBICACION.- Está situada en la margen izquierda de la quebrada Palca, 15 Km. al Noreste del pueblo de Pachía. Tiene las siguientes coordenadas:

Latitud: 17 50'

Longitud: 70 01'

Altitud: 1,800 a 2,000 m.s.n.m.

ACCESIBILIDAD.- Desde Tacna se llega con el siguiente itinerario:

Tacna-Pachía ..... 20 km. (carretera asfaltada)

Pachía- Mina ..... 15 " (carretera afirmada)

En total son 35 Km. desde Tacna

RASGOS FISIOGRAFICOS.- El área de la mina Cercanita se encuentra entre los 1,800 y 2,000 m.s.n.m. en los cerros disectados por los ríos y quebradas que bajan hacia el Suroeste para formar el río Caplina. El relieve topográfico está representado por cerros abruptos con pendientes pronunciadas.

El área de la mina está drenada por las quebradas Palca y Tocuco afluentes meridionales del río Caplina.

El clima de la región es seco moderadamente caluroso. La temperatura durante el día es alta con ligeras brisas provenientes del oeste y durante la noche deciende a valores moderadamente suaves.

Durante la época de lluvias las precipitaciones son moderadas.

Debido a la fuerte pendiente de los cerros la vegetación se desarrolla en forma de arbustos sólo en el fondo de la quebrada.

DESCRIPCION DE LA VETA

La veta tiene las siguientes características:

Tipo: Relleno de fractura seguido por procesos de oxidación y lixiviación.

Rumbo promedio: N 25 W

Buzamiento promedio: 74 NE

La potencia varía de 80 a 100 cms.

La longitud es desconocida por hallarse encapada superficialmente.

Tiene una profundidad efectiva de 131 metros

Se desconoce la profundidad real.

La distribución de la mineralización y de los valores metálicos dentro de la estructura es irregular. Se presenta formando clavos.

Los minerales más comunes que se observan a simple vista en orden de abundancia son:

Limonita como material de relleno y también impregnando a la roca encajonante.

Pirita diseminada en forma de chispas se presenta a profundidad.

Crisocola, malaquita y azurita rellenando en forma desordenada la falla y también como impregnaciones en la roca encajonante.

En los niveles más inferiores se observa bornita y chalcopirita en forma masiva.

El cuarzo constituye el mineral de ganga más abundante. Se presenta en todas sus variedades y colores predominando la variedad criptocristalina de color rojo.

La roca de caja está representada por una granodiorita bien caolinizada.

RADIACTIVIDAD

Las anomalías radiactivas ocurren en presencia de minerales oxidados de cobre en abundante ganga cuarzosa e impregnaciones de limonita.

Se descubrieron cuatro anomalías que se describen por niveles a continuación.

En el nivel inferior se observaron dos anomalías enumeradas de norte a sur en el siguiente orden:

ANOMALIA 1.- Está situada a 55 mts. al sur de la cortada.
Tiene una intensidad promedio de 460 c/s.
El incremento de la cuenta de fondo es de 2.7 veces.
El análisis radiométrico de una muestra proveniente del sector de mayor radiactividad del área anómala dió 0.010% Ue.
La longitud del área anómala es de 6 mts. a lo largo de la galería en donde la mineralización se presenta en forma de impregnaciones de crisocola con abundante limonita alrededor de la ganga criptocristalina de cuarzo de color rojo oscuro.
ANOMALIA 2.- Está situada 40 mts. al sur de la anomalía 1
Tiene una intensidad promedio de 600 c/s.
El incremento de la cuenta de fondo es de 3.5 veces.
El análisis radiométrico de una muestra proveniente del área de mayor radiactividad dió 0.031 % de uranio equivalente.
La longitud del área anómala es de 3 mts. a lo largo de la galería en donde la veta se angosta y sólo se observa fragmentos de crisocola y cuarzo masivos con impregnaciones de limonita.
En el nivel intermedio se observaron dos zonas anómalas enumeradas de norte a sur en el siguiente orden:
ANOMALIA 3.- Está situada 25 mts. al sur de la bocamina.
Tiene un intensidad promedio de 500 c/s.

El incremento de la cuenta de fondo es de 2.9 veces.
El análisis radiométrico de una muestra proveniente del área de mayor radiactividad dió 0.029 % de uranio equivalente.
La longitud del área anómala es de 3 mts. a lo largo de la galería en donde la mineralización se presenta en forma de impregnaciones de crisocola con abundante limonita alrededor de la ganga cuarzosa criptocristalina.

ANAMALIA 4.- Está situada a 45 mts. al sur de la anomalía 3
Tiene una intensidad promedio de 450 c/s.
El incremento de la cuenta de fondo es de 2.6 veces.
El análisis radiométrico de una muestra proveniente del área de mayor radiactividad dió 0.022 % de uranio equivalente.
La longitud del área anómala es de 4 mts. a lo largo de la galería en donde la veta se presenta con abundante roca de caja triturada con impregnaciones de crisocola y limonita.
En el nivel superior se ubicó solamente una zona anómala.

ANOMALIA 5.- Está ubicada a 60 mts. al sur de la bocamina del nivel superior.
La intensidad promedio de la radiactividad es de 450 c/s.
El incremento de la cuenta de fondo es de 2.6 veces.
El análisis radiométrico de una muestra proveniente del sector de mayor radiactividad dió 0.037 % de uranio equi-

valente.

La longitud del área anómala es de 7 mts. a lo largo de la galería en donde la veta muestra débil mineralización de cobre con abundante panizo con impregnaciones de limonita.

5.3.3. MINA NORVILLE

El yacimiento de la mina Norville está constituida por las siguientes vetas:

Veta Norville

Veta La Estrella

Veta Cruzada

Veta San Luis

Veta Fray Martín

De las cuales se exploraron la veta Fray Martín y la veta San Luis por ser las que se encontraban en actual explotación, las demás tenían sólo cateos.

SITUACION.- Está situada en las inmediaciones del cerro Tojenes, 14 Km. al norte de Ilabaya. Tiene las siguientes coordenadas:

Latitud: 17 20'

Longitud: 70 37'

Altitud: 2,900 a 3,000 m.s.n.m.

ACCESIBILIDAD.- Desde Tacna se puede llegar con el siguiente itinerario:

Tacna - Toquepala ....155 Km. (carretera asfaltada)

Tacna - Mina Norville. 21 Km. (carretera afirmada)

En total son 176 km. desde Tacna pasando por Toquepala

RASGOS FISIOGRAFICOS.- La mina Norville está situada en un área entre los 2,900 y 3,000 m.s.n.m. en los cerros drenados por ríos y quebradas que bajan hacia el Suroeste para formar el río Locumba.

El relieve topográfico refleja marcadamente la litología de las rocas: cerros redondeados con pendientes moderadamente inclinadas revelan la existencia de rocas intrusivas.

En las vecindades las únicas quebradas importantes que atraviezan el área de la mina al oeste es la quebrada Micalaco afluente del río Cinto y al este la quebrada Calumbraya afluente del río Ilabaya.

El clima es seco con regulares precipitaciones durante los meses de Enero a Marzo.

Se desarrolla una agricultura de productos de pan llevar con algo de ganadería en los calles de Cinto e Ilabaya que son los más cercanos a la mina.

DESCRIPCION DE LAS VETAS

VETA FRAY MARTIN

La veta tiene una forma tabular comunmente irregular; un rumbo promedio de N 20 E; un buzamiento promedio de 74 SE; una potencia que varia de 20 cms. hasta 1

metro; su longitud efectiva es de 150 mts.; su longitud real se desconoce; la profundidad real también es desconocida, siendo de 150 mts. la profundidad efectiva.

A continuación se hace la descripción de la geología subterránea de las siguientes labores:

NIVEL CORTADA.- La veta tiene una potencia de 20 cms. hasta 1 m. y está compuesta por minerales secundarios de cobre tales como crisocola, malaquita, azurita, cuprita con abundantes impregnaciones de hematita y limonita en forma terrosa. Se observa dentro de la veta roca de caja triturada y el mineral también se halla triturado

La roca de caja es una granodiorita bien caolinitizada con abundante impregnaciones de óxidos de manganeso en los planos de falla.

NIVEL INFERIOR.- Se observa que la veta está entre dos planos de fallas con abundante panizo y roca de caja triturada; la mineralización está representada por crisocola, malaquita, azurita, chalcocita, brochantita, hematita y limonita; la roca de caja es una granodiorita bien caolinitizada.

VETA SAN LUIS

Esta veta tiene forma tabular; su rumbo promedio es de S.20 W; tiene un buzamiento promedio de 65 NW, su potencia promedio es de 50 cms.; tiene una longitud efectiva de 320 mts.; su profundidad efectiva es de 80 mts.

siendo las dimensiones reales desconocidas.

En la media barreta San Luis que es una labor antigua desde el tiempo de los españoles se observan dos zonas bien definidas, una bien mineralizada y otra estéril. La veta en la zona mineralizada está bien diferenciada de las cajas por planos de fallas. La mineralogía está dada por ojos y vetillas de crisocola distribuidos irregularmente dentro de la ganga cuarzosa fracturada e impregnada por abundante limonita y hematita.

RADIOACTIVIDAD

Se descubrieron cuatro anomalías radioactivas que correlacionadas con zonas de radioactividad normal revelaron una distribución espacialmente bien definida.

En el nivel "Cortada" galería "Sur" se observan cuatro zonas anómalas enumeradas de norte a sur en el orden siguiente:

ANOMALIA 1.- Esta situada 85 mts. al sur desde la cortada.

Tiene una intensidad promedio de 400 c/s.

El incremento de la cuenta de fondo es de 2.6 veces.

El análisis radiométrico de una muestra proveniente de un sector de mayor radioactividad, del área anómala dió 0.0170 % eU.

La longitud del área anómala es de 10 mts. a lo largo de la galería en donde la veta muestra abundante

crisocola y cuarzo masivo de color marrón rojizo con pátinas de malaquita e impregnaciones de limonita y hematita, distribuidos con una potencia de 50 cms.

ANOMALIA 2.- Está situada 100 mts. al sur desde la cortada.

Tiene una intensidad promedio de 600 c/s.

El incremento de la cuenta de fondo es de 4.0 veces.

El análisis radiométrico de una muestra proveniente de un sector de mayor radioactividad del área anómala dió 0.031 % eU.

La longitud del área anómala es de 7 mts. a lo largo de la galería en donde la veta con una potencia de 60 cms. muestra en cantidad moderada cuarzo masivo rojo negrúsco y crisocola con impregnaciones de malaquita y óxidos hidratados de fierro.

ANOMALIA 3.- Está situada 135 mts. al sur desde la cortada.

Tiene una intensidad promedio de 500 c/s.

El incremento de la cuenta de fondo es de 3.3 veces.

El análisis radiométrico de una muestra proveniente de un sector de mayor radioactividad del área anómala dió 0.008 % eU.

La longitud del área anómala es de 8 mts. a lo largo de la galería en donde la veta con una potencia de 50 cms. muestra cuarzo masivo, crisocola con impregnacio-

nes de hematita y óxidos hidratados de fierro.

ANOMALIA 4.- Está situada 170 mts. al sur desde la cortada.

Tiene una intensidad promedio de 360 c/s.

El incremento de la cuenta de fondo es de 2.3 veces.

El análisis radiométrico de una muestra proveniente de un sector de mayor radioactividad del área anómala dio 0.003 % eU.

La longitud del área anómala es de 9 mts. a lo largo de la galería en donde la veta con una potencia de 40 cms. muestra cuarzo masivo, nódulos de crisocola con impregnaciones de limonita y hematita en forma terroza.

NIVEL INFERIOR GALERIA NORTE

En éste nivel no se observa ninguna anomalía; las lecturas radiométricas oscilan entre 150 y 250 c/s. que se consideran como normales para una labor subterránea en una formación ignea.

Si se sigue avanzando esta labor se va ha alcanzar un clavo mineralizado en base a correlaciones con las áreas mineralizadas de los niveles superiores; es posible que también se encuentren anomalías de las mismas características que las ya estudiadas.

MEDIA BARRETA SAN LUIS

En ésta labor se ha encontrado una fuerte anomalía que haciendo una correlación cuidadosa se observa que

parece tener la forma de un lente algo horizontal con las siguientes características:

El socabón la corta a los 45 mts. desde la entrada, en su parte superior y a los 85 mts. en su parte inferior, continuando el lente hacia arriba y hacia abajo.

Tiene una intensidad que varía de 500 a 1,500 c/s. con una cuenta de fondo en superficie de 200 c/s y por consiguiente con incrementos que varían de 2.5 a 7.5 veces la cuenta de fondo.

El análisis radiométrico de una muestra proveniente de un sector de mayor radioactividad del área nómala dió 0.032 % eU.

La longitud del área anómala es desconocida.

La anómalia radioactiva esta presente en la parte profunda de la labor donde no hay crisocola sino abundante hematita como impregnaciones sobre los planos de fallas y rellenando pequeñas aberturas dentro de la roca de caja triturada; también se ha observado minerales de color verde y marrón negrusco rellenando fisuras y diseminado dentro de la roca de caja hematitizada, posiblemente se traten de Autunita asociada a Torbernita.

5.4. COSTOS OPERATIVOS UNITARIOS DE LA PROSPECCION RADIOMETRICA

La presente estimación de costos, tratandose de

un trabajo de tesis, no incluye los gastos ocasionados por este, debido a su naturaleza privada.

Período: del 10/ 2 - 71 al 10/ 4 - 71

Misión : Prospección radiométrica por uranio.

Comisión: Jorge Gonzales Quiñones.

A) COSTOS DIRECTOS

1.- Gastos Operativos

a) Materiales de consumo:

- Combustibles y lubricantes	$ 3,500.00
- Repuestos	500.00
- Reparaciones varias	1,800.00
- Bolsas para muestreo	100.00
- Varios librería	100.00
- Pilas cintilómetro	100.00
	$ 6,100.00

b) Gastos en personal:

- Personal contratado	2,000.00
- Viáticos y compensaciones (geólogo, chofer, ayudante)	42,000.00
	44,000.00

c) Gastos complementarios:

- Alquiler cabalgaduras	2,000.00
- Comunicaciones	200.00
- Amortización Bienes Capital (')	1,100.00
- Varios e imprevistos	3,000.00
	6,300.00
TOTAL A.....	$ 56,400.00

(') Proporcional al tiempo de uso de 2; no se incluye vehículo.

2.- Bienes de Capital

a) Equipamiento:

Cintilómetro, brújula, altímetro	$ 49,000.00

B) COSTOS INDIRECTOS

- Sueldos profesionales: (un geólogo)	11,800.00
- Maestranza (un chofer y un ayudante)	6,100.00
- Planificación, Inspección e Incidencia JCEA (15 % Directos)	8,460.00
TOTAL B	$ 26,360.00
COSTO TOTAL A + B:	$ 82,760.00

Fórmula para calcular el costo operativo unitario

$$\frac{a \times b}{c \times d} = \text{Costo operativo unitario}$$

a = Costo total final

b = Días trabajados en cada tarea

c = Total de días trabajados

d = Unidades de trabajo realizado

Esta fórmula nos permite determinar montos proporcionales de costos según el tipo de trabajo que se ejecuta. En el presente trabajo nos permitirá evaluar los costos por kilómetro cuadrado y por metros lineales de prospección radiométrica.

Aplicación de la fórmula

(1) Costos operativos unitarios por kilómetro cuadrado de exploración expeditiva (reconocimiento geológico y radimétrico).

$$\frac{82,760 \times 20}{60 \times 500} = \$\ 55.10 \text{ por Km 2. del costo total}$$

$$\frac{56,400 \times 20}{60 \times 500} = \$\ 37.93 \text{ por Km 2. del costo directo}$$

(2) Costos operativos unitarios por metros lineales de labores subterráneas prospectadas; se incluyen: levantamientos topográficos, geológicos y radimétricos.

$$\frac{82,760 \times 40}{60 \times 1,300} = \$\ 42.40 \text{ por metro del costo total}$$

$$\frac{56,400 \times 10}{60 \times 1,300} = 23.79 \text{ por metro del costo directo}$$

Resumen

COSTOS OPERATIVOS UNITARIOS

ACTIVIDAD	COSTOS DIRECTOS A	COSTOS TOTALES A + B
	$ 56,400	$ 82,760
Levantamiento geológico radiométrico expeditivo de 500 Km	$ 37.93/ Km	$ 55.10 /Km
Levantamientos topográficos, geológicos y radimétricos de 1,300 mts de labores subterráneas	$ 23.79/ mt.	$ 42.40 /mtr.

6. GEOLOGIA ECONOMICA

6.1. GENERALIDADES

Para hacer un estudio geo-económico en una prospección es necesario establecer una relación de los fenómenos geológicos con las posibilidades económicas, ésta relación nos permitirá sentar las bases al tratar de formular posibles comportamientos de la mineralización.

El conocimiento de las características geológicas de un yacimiento mineral se logra al estudiarlo y clasificarlo de acuerdo a sugénesis, lo que se consigue investigando su mineralogía y petrología.

Los depósitos minerales aquí estudiados pueden ubicarse en la subprovincia cuprífera del Flanco del Pacífico y ser asociados a los grandes procesos orogénicos y magmáticos que dieron lugar a los Andes.

Las vetas son silíceas con sulfuros metálicos y pechblenda similares en textura y mineralogía a los depósitos clasificados por E. Wm. Heinrich como Epitermales.

6.2. MINERALOGIA

Los depósitos consisten de una serie simple de minerales metálicos y minerales de ganga. Los minerales metálicos comunes son: pirita, chalcopirita y galena; los minerales de ocurrencia mas restringida incluyen arsenopi

rita, esfalerita, tetrahedrita y pechblenda. La ganga es principalmente cuarzo finamente cristalizado y variedades de cuarzo criptocristalino, pero localmente hay carbonatos. La roca de caja fracturada y alterada constituye a veces una ganga importante. Los metales y los minerales de ganga observados se han agrupado de acuerdo a la clasificación adoptada por el sistema de mineralogía de Dana en el cuadro adjunto. Se incluyen los minerales secundarios de veta mas no así los minerales de la roca de caja alterada.

Pirita.- Se cuencuentra en forma esporádica como restos (resíduos) en las partes profundas de la veta Cercanita, en las partes superficiales de la veta Fray Martín, en los afloramientos superiores de la veta Luzber, en todos estos lugares se le observa como "chispas" diseminada dentro de la ganaga cuarzosa. En los estudios microscópicos se presenta en forma subhedral y anhedral en muy escaza cantidad, diseminada en la gnga rellenando intersticios asociada a la chalcopirita; también se presenta diseminada en la limonita. La longitud de sus granos varia de 10 a 50 micras.

CHALCOPIRITA.- Cu Fe S2

Se presenta diseminada esporádicamente como chispas principalmente dentro de la malaquita en los aflora-

mientos de la veta San Luis, de la veta Luzber, en Cercanita se encuentra junto con la bornita en las labores mas profundas. En los estudios mineragráficos se presentan muy escasa cantidad, como relictos dentro de la malaquita bastante alterada a digenita, asociada a la pirita; también se le encuentra como relictos dentro de la limonita.

GALENA.- Pb S.

El único sitio donde se ha encontrado galena ha sido en las labores superiores de la veta Norville, cristalizada y asociada intimamente a la chacosita, parcialmente alterada a cerusita y anglesita, dentro de ganga carbonatada. En los estudios mineragráficos se presenta de forma anhedral, asociada a la tetrahedrita, fuertemente alterada a anglesita y serucita, rellenando fracturas dentro de la ganga cuarzosa (ver foto 8).

ESFALERITA.- Zn S

Se ha encontrado sólamente en estudios mineragráficos de muestras provenientes de las labores superiores de la veta Norville, en apreciable cantidad, en granos anhedrales, presenta inclusiones de chalcopirita, pirita, asociado a la galena.

MARCASITA, ARSENOPIRITA.- (FeS_2, SFeAs)

Sólo se ha encontrado esqueletos de marcasita y

arsenopirita por estudios mineragráficos en las muestras con gran cantidad de covellita y brochantita.

TETRAHEDRITA-TENNANTITA.- $(Cu,Fe,Zn,Ag)_{12}Sb_4S_{13}$
$(Cu,Fe,Zn,Ag)_{12}As_4S_{13}$

Tetrahedrita-tennantita (cobre gris) ocurre en muestras provenientes de las labores superiores de la veta Norville. Bajo el microscopio de reflexión se les observa asociada a la galena, con forma anhedral.

BORNITA.- $Cu_5Fe\ S_4$

El único sitio donde se ha encontrado bornita es en un pique en el nivel inferior de la mina Cercanita, asociada a la galena, pirita Chalcopirita y chalcocita, posiblemente también se encuentre en las labores superiores de la veta Norville.

CHALCOCITA.- $Cu_2\ S$

Se presenta asociada a la bornita en las labores profundas de la mina Cercanita. En las secciones pulidas la chalcocita es en parte gris azulado y en parte negro rodeando a la chalcopirita como producto de alteración de la misma, también está asociada a la covellita.

COVELLITA.- Cu S

Covellita fué observada en las partes superiores y profundas de las vetas Cercanita y Norville. En las secciones pulidas se presenta en apreciable cantidad rellenando intersticios en la ganga, asociada a la digenita chalcocita y galena, como producto de alteración de la chalcopirita, presenta textura gráfica (ver fotos, 2, 3).

DIGENITA

Por estudios mineragráficos se ha observado Digenita que puede ser resultado de la alteración de la Chalcocita o de la Chalcopirita.

Se presenta en apreciable cantidad, rellenando intersticios en la ganga, asociada a la covellita y a la chalcocita.

CRISOCOLA.- Silicato de cobre

Los estudios microscópicos revelan abundante cantidad de crisocola rellenando fracturas dentro de la ganga; en las observaciones de campo constituye casi el 70% de la veta en donde se presenta en forma de nódulos, películas recubriendo a la ganga criptocristalina como botroides pequeños tapizando a las aberturas existentes en la ganga cuarzosa, y como impregnaciones en forma te-

rroza en los planos de fallas invadiendo en algunos sectores hasta la roca encajonante.

El origen de la crisocola se supone como resultado de la alteración de la ganga cuarzosa en presencia de sulfuros de cobre dando origen a la solución coloidal de silicatos de cobre.

MALAQUITA Y AZURITA

Estos dos carbonatos de cobre se presentan comunmente en todas las vetas aquí estudiadas. La malaquita es mas común que la azurita y ambas estan generalmente asociadas a la crisocola. Ocurren comunmente como finas películas y vetillas en la ganga cuarzosa y dentro de la misma crisocola. En los afloramientos de la veta San Luis se han observado malaquita cristalizada en forma de rosetas con un color verde intenso y un brillo sedoso, muy parecido a la Atacamita.

CUARZO

Se presenta diferentes variedades de cuarzo, desde el hialino cristalizado hasta las variedades criptocristalinas con colores que varían desde el negro, marrón hasta el rojo oscuro. Cuarzo hialino finamente cristalizado se ha encontrado tapizando pequeñas aberturas dentro de la variedad criptocristalina. Gran parte de la ganga

está representada por una variedad de cuarzo criptocristalino de colores predominantemente rojo negruzco que podría denominarse chert cuarzoso con impuresas de hematita.

Presenta pequeñas inclusiones de color negro posiblemente se trate de minerales negros de uranio.

HEMATITA.- $Fe_2 O_3$

Se encuentra diseminada en forma de granos de diferentes tamaños rodeada por ganga cuarzosa; en sección pulida se observa que se está alterando a limonita (foto 9). También se encuentra hematita de grano muy fino impregnando y pigmentando moderadamente las vetas y las rocas encajonantes.

OXIDOS HIDRATADOS DE FIERRO

Oxidos hidratados de fierro, se observan en las partes superficiales y alteradas de las vetas y en los gossans. No se identificaron especies individuales de los óxidos.

COBRE NATIVO

En una muestra proveniente de la mina Norville por estudios microscópicos se halló cobre nativo en forma de hilos en muy escaza cantidad (Ver foto 10).

MINERALES DE URANIO

La radiactividad anormal de las vetas está asociada a la presencia de pequeñas cantidades de pechblenda, parapechblenda, autunita y torbernita. La pechblenda se encuentra como pequeñas inclusiones dentro de la ganga cuarzosa. La parapechblenda que es una variedad terroza de la pechblenda se encuentra asociada a la limonita. Asociaciones de Autunita-torbernita se encuentran en las labores profundas de la veta San Luis como granos de color amarillo verdozo diseminados dentro de la roca encajonante fuertemente hematizada.

BARITA.- $BaSO_4$

La barita se encuentra como un mineral de ganga escazo en la veta Norville, se presenta generalmente blanco o gris finamente cristalizado o en intercrecimiento con la calcita.

CALCITA.- $CaCO_3$

Se presenta íntimamente asociado al aragonito de color blanco y gris en forma masiva, con pequeñas fracturas rellenadas con minerales secundarios de cobre en la veta Norville.

ARAGONITO.- $CACO_3$

Se le encontró en una muestra de mano proveniente de la veta Norville, se presenta englobando a unos ojitos de crisocola y malaquita dando la impresión de que el aragonito hubiera englobado a los minerales secundarios de cobre, pero la presencia de venillas de crisocola comunicados a estos ojitos nos indican todo lo contrario, en principio se penso que se trataba de calcita pero posteriormente se le identificó por sus propiedades físicas y pruebas químicas.

6.3. ALTERACIONES

La alteración de la roca en las zonas adyacentes a las vetas está condicionada en este caso principalmente por la misma constitución mineralógica de la roca encajonante, por la veta, y por las características físicas y químicas de las soluciones alterantes ya sean hidrotermales o supérgenas.

En el presente caso se han observado tanto en el campo como en estudios microscópicos tres tipos de alteraciones:

a. Alteración hidrotermal de la roca de caja

b. Alteración supérgena de la veta.

c. Alteración supérgena de la roca de caja.

CUADRO ..- Minerales de veta primarios y secundarios.

P R I M A R I O S	S E C U N D A R I O S
Sulfuros: Pirita FeS_2 Esfalerita ZnS Galena PbS Galcopirita $CuFeS_2$ Marcasita FeS_2 Bornita Cu_5FeS_4	Sulfuros: Chalcocita Cu_2S Covellita CuS Bornita Cu_5FeS_4
Sulfosales: Tenantita $(Cu,Fe,Zn,Ag)_{12}As_4S_{13}$ Tetrahedrita $(Cu,Fe,Zn,Ag)_{12}Sb_4S_{13}$	
Elementos nativos: Cobre Cu	Elementos nativos: Cobre Cu
Oxidos: Uraninita (pechblenda) ? $UO_2(UO_3)$ Hematita Fe_2O_3	Oxidos: Oxidos hidratados de fierro
Silicatos: Cuarzo SiO_2	Fosfatos: Autunita $Ca(UO_2)_2(PO_4)_2$-10-12H_2O Torbernita? $(Cu(UO_2)_2)$-$(PO_4)_2$.8-12H_2O
Carbonatos: Calcita Ca CO_3 Agagonita $CaCO_3$	Silicatos: Crisocola
Sulfatos: Barita $BaSO_4$	Carbonatos: Serusita $PbCo_3$ Malaquita $Cu_2CO_3(OH)_2$ Azurita $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$
	Sulfatos: Anglesita $PbSO_4$ Brochantita $Cu_4(SO_4)(OH)_6$

a. ALTERACION HIDROTERMAL DE LA ROCA DE CAJA

La alteración hidrotermal de la roca de caja está dada por hematización, sericitización, silicificación y argilitización.

La alteración hematítica es característica para esta clase de depósitos y constituye una guía valiosa hacia la mena.

La alteración sericítica es el resultado de la alteración de las plagioclasas en diferentes intensidades.

Minerales arcilloso han reemplazado a las plagioclasas y cristales de hornblenda dando un aspecto suave a la roca con colores amarillo claro y blanco condiciones propias de una argilitización.

b. ALTERACION SUPERGENA DE LA ROCA DE CAJA

Las soluciones supergenas derivadas del intemperismo de los sulfuros metálicos de las vetas modificaron tanto a los minerales de las rocas ya alteradas como a los de las mismas vetas, pero los productos de ésta alteración supergénica no se pueden distinguir fácilmente de los producidos en la fase de alteración hidrotermal en las zonas principalmente de argillitización. En el presente caso la argillitización pudo haber tenido lugar por ambos procesos conservando una secuencia determinada por el orden de ocurrencia natural de los mismos.

c.- ALTERACION SUPERGENA DE LA VETA

La alteración supergénica de la veta está condicionada por el comportamiento de los minerales frente a la acción química de las soluciones supergénicas, procedentes de la acción de las aguas meteóricas sobre los sulfuros metálicos.

6.4. OXIDACION Y ENRIQUECIMIENTO SUPERGENICO

La zona de oxidación está representada por minerales secundarios de uranio y de cobre, predominando éstos últimos en forma de silicatos y carbonatos.

Los minerales secundarios de uranio representados por autunita y torbernita se formaron por procesos supergénicos a partir de los óxidos primarios de uranio.

La escasez de pirita dentro de las vetas ha hecho de que la lixiviación del uranio se haya realizado en proporciones iguales que para el radio, lo que es una garantía de exactitud de los análisis radiométricos (4. p.3)

La profundidad de la zona de oxidación de las vetas no se conoce exactamente ni en Luzber ni en Norville, pero en la veta Cercanita tiene aproximadamente una profundidad de 150 metros.

La presencia de sulfuros supergénicos en la zona de oxidación puede deberse a la variación constante del nivel de las aguas freáticas como consecuencia del levan-

tamiento de los Andes y su erosión posterior.

En la actualidad el proceso de oxidación y enriquecimiento supergénico está restringuido por la escases de pirita y por la ausencia de aguas meteóricas.

6.5. PARAGENESIS

Resumiendo las observaciones sobre los diferentes yacimientos metalíferos del áres estudiada es posible reconocer algunos rasgos comunes que constituyen las características típicas de la paragénesis mineral.

Los yacimientos aquí tratados estarían vinculados en principio a diques de aplita o dacita que son posteriores al intrusivo.

El emplazamiento de la mineralización tuvo lugar dentro de las fracturas tensionales resultado de la intrusión y consolidación del magma. La mineralización fué acompañada por sericitización, caolonitización y hematización de la roca encajonante.

Posteriormente las fracturas mineralizadas funcionaron como fallas de elevados ángulos con un pequeño desplazamiento vertical que fracturó a la veta.

Es posible que la mineralización se haya efectuado en varios ciclos que pudieron coincidir con el fallamiento; esto se deduce por la presencia de mineral dentro de la veta brechada.

Posteriormente tuvo lugar una fuerte oxidación como consecuencia de la meteorización de las partes superiores de las vetas. El enriquecimiento supergénico estuvo limitado por la escasez de sulfuros metálicos y se manifiesta en las partes profundas de las vetas.

Por último los depósitos minerales aquí estudiados fueron sometidos a una erosión intensa, la cual continúa en la actualidad pero con menor intensidad.

6.6. RELACION DE LA MINERALIZACION CON LOS INTRUSIVOS

En el área explorada la relación espacial de las vetas de cobre con las intrusiones filonianas, suguiere una relación genética de la mineralización con tales intrusiones representadas por diques de aplitas y dacitas. Esta relación debe tomarse en el sentido de que la mineralización no está evidentemente en relación directa con tales diques sino mas bien con los magmas infrayacentes de donde procedieron las mineralizaciones como líquidos magmáticos.

La asociación de la radiactividad con las secuencias igneas terciarias está generalizada en el mundo entero de acuerdo a la literatura presente disponible (9, p. 17).

6.7. CLASIFICACION DE LOS DEPOSITOS

Las características mineralógicas y estructurales de los depósitos estudiados coinciden con las de los depósitos clasificados por Heinrich (p. 330) como epitermales. Estas características son las siguientes:

1.- Las vetas son cuarzosas y pobres en sulfuros.

2.- El mineral radiactivo mas distribuido es la pechblenda ya sea compacta o terroza.

3.- El color del cuarzo es blanco, rojo, gris o negro

4.- Fracturamiento o brechación ocurre entre los periodos de silicificación.

5.- Como minerales de ganga pueden estar presentes: alunita, minerales arcillosos, oxidos de manganeso, oxidos de fierro, calcita.

6.- La Hematización de la roca encajonante indica una transición de epi a mesotermal.

7.- Estas vetas contienen pequeñas cantidades de galena, esfalerita, chalcopirita, ésta última puede estar reemplazada por bornita, chalcocita o covellita.

8.- La Uraninita se presenta en su variedad terroza denominada parapechblenda en la zona de oxidación.

9.- Las alteraciones características de las rocas encajonantes son: argillitización, hematización y silicificación.

10.- La brechación de la veta es común.

11.- Estos depósitos están asociados genéticamente a intrusiones ácidas del cretácico superior - Terciario inferior.

Heinrich (p. 331) hace un estudio de numerosas vetas en los Estados Unidos, Colombia, Argentina, Portugal, Francia clasificandolas por su mineralogía como "Vetas Silíceas De Sulfuros y Pechblenda". Las vetas aquí estudiadas como tienen una mineralogía similar también se las puede clasificar como "VETAS SILICEAS DE SULFUROS Y PECHBLENDA".

6.8. COMPARACION CON OTROS DEPOSITOS SIMILARES EN EL MUNDO

Existen tres tipos de depósitos en la región baja, departamento de Santarder, en el noreste de Colombia que tienen gran similitud con los depósitos aquí estudiados.

Las vetas emplezadas en un leucogranito porfirítico estan constituidas por pirita, chalcopirita, bornita chalcosita, esfalerita, galena y tetraedrita argentífera con ganga cuarzosa y hematítica. El uranio ocurre dentro del cuarzo como inclusiones pequeñas de color negro que fueron identificados por métodos de rayos X como uraninita y cofinita. La mineralización localizada dentro de

las fracturas fué acompañada por alteración hidrotermal del granito que fué hematitizado, sericitizado, silicificado y argilitizado. Bueno (1955) ha clasificado a las vetas como transicionales entre mesotermal y epitermal.

En el depósito de San Celestino, la ley promedio en las partes accesibles de las vetas es de 0.22 % de U3 08; las vetas del depósito de San Cristóbal - Las Animas contiene entre 0.04 a 0.10 % U3 08. En general las vetas no llegan a 1 metro.

Heinrich no menciona si éstos depósitos están en explotación.

Existen otros depósitos similares en Argentina, Portugal, Francia, Yugoslavia, Estados Unidos, etc., que Heinrich los reune bajo el grupo de vetas silíceas de sulfuros con pechblenda y estudiandolos como depósitos epitermales.

6.9. CONSIDERACIONES ECONOMICAS

Aquí me refiero a las posibilidades económicas para la explotación de menas radiactivas de las vetas de cobre ubicadas solamente en los intrusivos graniticos del departamento de Tacna.

Existen depósitos en otras partes del mundo con las mismas caracteristicas geológicas y mineralógicas que estan siendo actualmente explotados con leyes que oscilan

entre 0.10 % y 0.20 % de U3 08.

Para que los depósitos aquí estudiados sean explotables económicamente sus leyes tendrían que estar ubicadas dentro de un rango de 0.20 % y 0.10 % de U3 08 y además la mineralización radiactiva no debe ser tan errática como lo es en estos casos.

Los tres yacimientos aquí estudiados, en la fecha de la visita, estaban siendo trabajados solamente en la zona de oxidación, a excepción de un pique de la mina Cercanita que recién estaba penetrando en la zona de sulfuros supergénicos. No se pudo obtener información radimétrica de ésta labor por ser su acceso peligroso en el momento de la visita.

MINA LUZBER

En la fecha de la visita ésta mina tenía 120 metros de desarrollo y preparación; así los Ingenieros del Banco Minero cubicaron 1,368 T.M. de mineral a la vista con 12 % de Cu y 0.76 Onz. Ag/T.C. Bajo estas condiciones mediante la radiometría detallada descubri una zona anómala de 10 mts. de largo a lo largo de la veta descubierta por una trinchera ubicada en el extremo este de la misma.

El análisis radiométrico de la parte más radiactiva de ésta zona dió 0.03 % de Ue. o sea 300 gr/TM. (La

parte mas radiactiva mide 10 cm. de largo y 4 cm. de ancho). Con estas características las posibilidades económicas para explotar el yacimiento de la mina Luzber por minerales radiactivos no es por el momento favorable.

Sería conveniente examinar los futuros trabajos que se efectuen en el extremo este de la veta, o sea en la zona donde se ubicó la única anomalía.

MINA CERCANITA

En la fecha de la visita esta mina tenía 4 niveles con un total de 674 metros en galerías; había 10 obreros que extraian mineral para exportación (8 a 10% de Cu) a un ritmo de 12 toneladas mensuales.

La veta estaba casi totalmente tajeada, el mineral extraido era de la recuperación de puentes y pilares Como labores de exploraciónhabían dos piques de 10 y 12 metros de profundidad, uno de los cuales estaba penetrando a la zona de enriquecimiento supergénico.

La radiometría detallada de todas las labores accesibles descubrió cinco anomalias de reducidas dimensiones, con leyes radiometricas que oscilaban entre 0.022 % y 0.037 % de uranio equivalente indicando una mineralización radiactiva débil en la zona de oxidación. Con estas leyes radiometricas, con la distribución errática y con esta extensión pequeña (ver plano) no es por el momen

to posible tratar al mineral extraido por unranio. Habría que esperar a que las labores lleguen a la zona de sulfuros supergénicos para investigar el comportamiento de la mineralización radiactiva en este ambiente.

Mina Norville

En la fecha de la visita las labores de explotación estaban concentradas principalmente en la veta Fray Martín y moderadamente en la veta San Luis. El sector norte de la veta Fray Martín había sido casi totalmente explotado; el sector sur estaba en actual explotación.

En la fecha de la visita la veta Fray Martín tenía 870 toneladas de mineral probado con una ley promedio de 5.77 % de mineral de cobre según datos proporcionados por el administrador de la mina el Ing. L. Guzman Da Silva.

La radiometria detallada del sector sur de la veta Fray Martín descubrió 4 áreas anómalas de extensión reducida, con leyes oscilantes entre 0.008 % y 0.031 % de uranio equivalente (ver plano) indicando una mineralización radiactiva muy débil. Bajo éstas circunstancias,por el momento, la ocurrencia de uranio no tiene significado económico.

Se desconocen valores radiométricos del sector norte por ser inaccesible, pero por los planos se ve que

las mejores leyes de cobre oscilan entre 6 y 12 % de Cu. y como las manifestaciones radiactivas se presentan asociadas casi siempre a estas buenas leyes habría que esperar a que las labores de exploración lleguen hasta debajo de estas buenas zonas mineralizadas de cobre, (para)explorar la presencia y distribución de las zonas anómalas a m mayor profundidad, pero siempre dentro de la zona de oxidación.

En lo que se refiere a la veta San Luis, ésta, esta recién en la etapa de exploración, mediante galerías y trincheras trabajadas a pulso. Sus manifestaciones radiactivas son del orden de 0.020 % a 0.030 % de uranio equivalente siempre asociadas a minerales oxidados de cobre.

En resumen por el momento las posibilidades económicas de las manifestaciones radiactivas de la mina Norville no son favorables ya que las leyes son bajas, la distribución de las zonas anómalas erráticas, y las extensiones de dichas zonas pequeñas.

CONCLUSIONES

1.- En el departamento de Tacna aparecen intrusiones graníticas de composición ácida cuyos plutones en una extensión de aproximadamente 2,350 Km 2 forman parte del Batolito Andino de edad Cretácico-terciaria.

2.- En el área de las minas examinadas, éstas intrusiones están representadas por granodiorita, granito y diorita.

3.- Las vetas están emplazadas dentro de las intrusiones ácidas.

4.- La mineralogía de la veta es la siguiente: pirita, chalcopirita, bornita, galena y tetrahedrita argentífera con abundante ganga cuarzosa.

5.- Mineralógicamente las vetas son del tipo "SILICEAS CON SULFUROS Y PECHBLENDA".

6.- Adoptando la clasificación hecha por Heinrich a base de caracteres mineralógicos y geológicos los depósitos aquí estudiados pueden ser clasificados como EPITERMALES".

7.- La mineralización emplazada dentro de las fracturas está acompañada por alteración hidrotermal de la granodiorita encajonante la que fué hematizada, argillitizada, sericitizada y silicificada.

8.- La profundidad de la zona de oxidación de las vetas

no se conoce exactamente ni en Luzber ni en Norville pero en la veta Cercanita tiene aproximadamente una profundidad de 150 metros.

9.- La radiactividad anormal de las vetas está asociada a la presencia de pequeñas cantidades de pechblenda, parapechblenda, autunita y torbernita.

10.- Las posibilidades económicas para explotar el yacimiento de la mina Luzber por minerales radiactivos no es por el momento favorable ya que las manifestaciones radiactivas son escasas y de leyes muy bajas.

11.- La radiometría detallada de la totalidad de las labotres de la mina Cercanita sólo reveló la presencia de leves anomalías de distribución errática y de pequeño tamaño. Los bajos valores obtenidos por análisis radiométricos, descartan la importancia económica de las anomalías en cuestión.

12.- Por el momento las posibilidades económicas del depósito de la mina Norville no son favorables ya que las leyes de uranio equivalente son bajas, la distribución de las zonas anómalas erráticas, y las extensiones de dichas zonas pequeñas.

13.- La alteración hematítica asociada a vetas silíceas de sulfuros metálicos dentro de los intrusivos ácidos de Tacna, constituyen una guía precisa para la prospección de depósitos minerales de uranio.

RECOMENDACIONES

1. Sería recomendable realizar un examen radiométrico de las futuras labores subterráneas que se efectuarán en el extremo este de la veta Luzber, que es en donde se detectó la única anomalía de cierta significación.
2. En la mina Norville sería recomendable esperar a que el nivel "Cortada Inferior" de la veta Fray Martín llegue hasta debajo de las antiguas labores ubicadas en la parte norte, para hacer levantamientos radiométricos. Estas labores antiguas han dado buenas leyes de cobre (6% y 12% de Cu.).
3. En la veta San Luiz de la mina Norville sería recomendable esperar a que las labores estén más desarrolladas, especialmente en profundidad, para estudiar el comportamiento radiactivo de la mineralización.
4. Realizar levantamientos radimétricos de las futuras vetas metalicas que se puedan hallar dentro del área de los intrusivos (aproximadamente 2,300 Km 2) en el departamento de Tacna.
5. Los métodos de prospección a seguir, en el caso de encontrar nuevos depósitos metálicos dentro de los intrusivos graníticos deben ser iguales a los aquí empleados.

6.- El desenvolvimiento de las futuras exploraciones por

uranio en Perú exigirá el desarrollo de una infra-estructura tecnológica de avanzada, la incorporación de instrumental complejo y la puesta en servicio de tecnicas modernas tales como la geología isotópica.

BIBLIOGRAFIA

1.- Bueno O., Jesus A., 1955, Yacimientos de uranio y otros metales en la región de La Baja, Municipio de California, Departamento de Santanderd, Colombia, Inst. geol. nacl. Bol. geol. 3 (3).

2.- William F. Jenks, 1956. Handbook of South American Geology, The Geological Society of America Memoir 65, págs. 233, 234.

3.- Clifford Frondel, 1958. Systematic Mineralogy of Uranium and Thorium, Geolocical Survey Bulletin 1064, págs. 11, 160, 170, 208.

4.- E. Wm. Heinrich, 1958, Mineralogy and Geology of Radioactive Raw Materials, págs. 3, 334.

5.- Francisco Antunez Echegaray, 1958. Manual para la Exploración del Uranio, Comisión Nacional de Energía Nuclear, Dirección de Exploraciones, México, págs. 52, 57.

6.- Irving J. Witkind y Robert E. Thaden, 1958. Geology and Uranium Vanadium Deposits of the Monument Valley area, Apache and Navajo Counties, Arizona Trace Elements Investigations Report 204, pág. 182.

7.- Robert, R. M. y Larsen, E. S., 1959. Geochemistry and Mineraloty of the Colorado Plateau Uranium Ores, Geological Survey Professional Paper 320, pág. 89.

8.- J. Wilson y W. García, 1962, Geología de los Cuadrángulos de Pachía y Palca, Comisión Carta Geológica Nacional Nº 4, págs. 30, 39, 54.

9.- A. A. Drake, Jr., y E. W. Tooker, 1963, Economic Geology of the Central City District Gilpin Counti, Colorado, Geologycal Professional Paper 359, pág. 17.

10.- E. W. Tooker, 1963, Altered Wallrocks in the Central Part of the Front Range Mineral Belt Gilpin and Clear Creek Counties, Colorado, Geological Survey Professional Paper 439, págs. 8, 9.

11.- Sigfrido Narvaez, 1964, Geología de los Cuadrángulos de Ilo y Locumba, Comisión Carta Geológica Nacional, Bol. 7 págs. 10, 15, 22, 30, 31, 42.

12.- George W. Walker y J. W. Adams, 1968, Mineralogical, Internal Estructural and Textural Characteristics and Paragenesis of Uranium Bearing Veins in the United States, Trace Elements Investigations Report 688, pág. 43.

13.- Eleodoro Bellido B., 1969, Sinopsis de la Geología del Perú Servicio de Geología y Minería, Boletín 22, pág. 37.

14.- E. Bellido y Luis de Montreuil y Dino Girard, 1969, Aspectos Generales de la Metalogenia del Perú, XI Convención de Ingenieros de Minas, pág. 26.

15.- Paul H. Knowles. William A. Bowes y otros, 1964, Exploración de Minerales Radiactivos en Chile, Instituto de Investigaciones Geológicas, Chile, Bol 18, pág. 4.

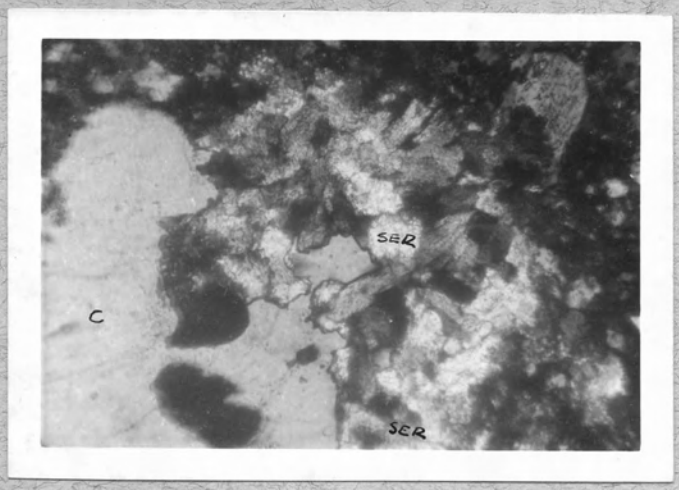


FOTO 1

Roca granodiorita encajonante alterada, mina Norville (ser)sericita,(c) cuarzo. Nicoles paralelos.

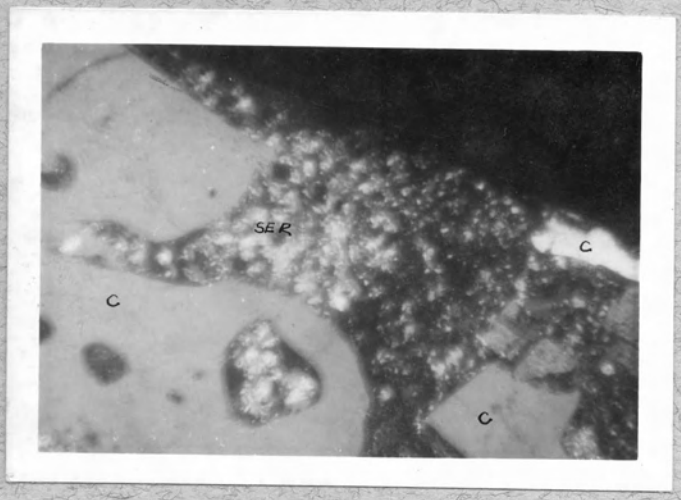


FOTO 2

Fotomicrografía de una sección delgada de un dique de dacita porfiritica, área Norville (ser)sericita, (c)cuarzo. Nicoles paralelos.

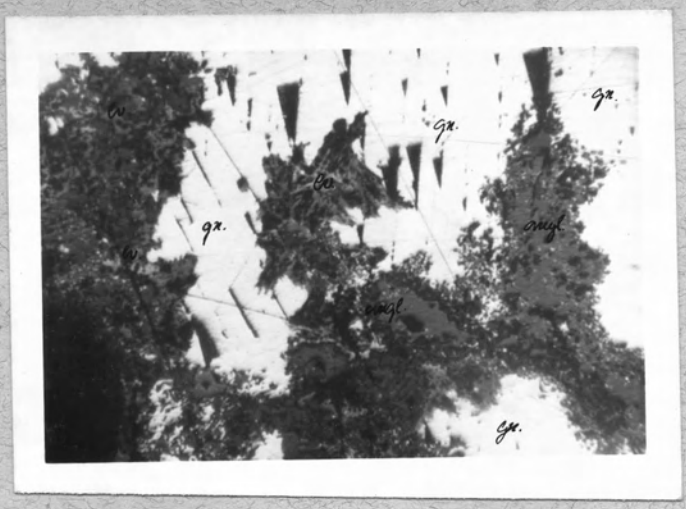


FOTO 3

Fotomicrografía de una sección pulida de una (gn) galena, (angl) anglesita, (cv) covelita Nícoles paralelos.

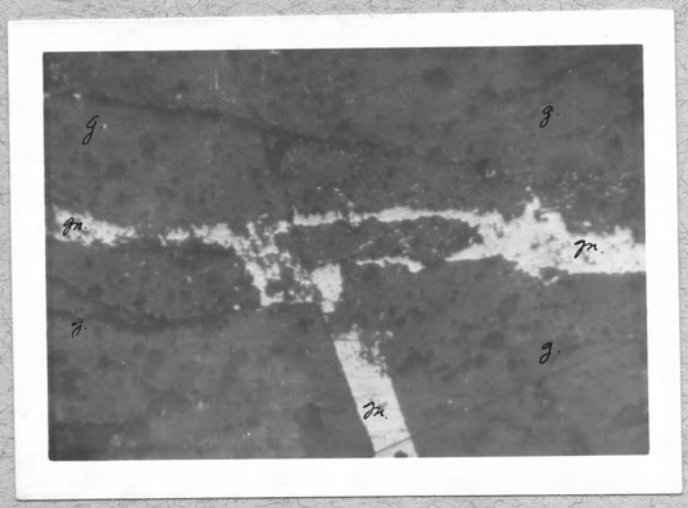


Foto 4

Fotomicrografía de una sección pulida de una muestra de la veta Norville mostrando galena rellenando fracturas, (gn) galena, (g) ganga Nícoles paralelos.

FOTO 5

Fotomicrografía de una sección pulida de una muestra de la veta Norville.
(lim) limonita, (malq) malaquita
Nícoles paralelos.

FOTO 6

Fotomicrografía de una sección pulida de una muestra de la veta Norville; (hm) hematita, (lm) limonita, (g) ganga.
Nícoles paralelos, X 80.

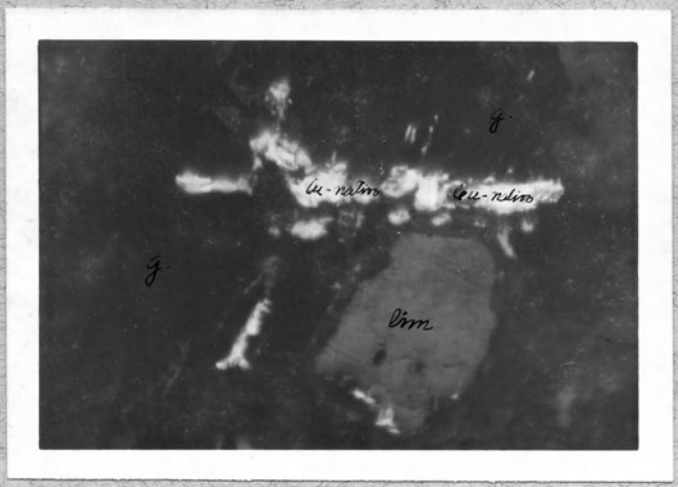


FOTO 7

Fotomicrografía de una sección pulida de una muestra de la veta Norville; Cu nativo, (lm) limonita, (g) ganga.
Nícoles paralelos, X 240.

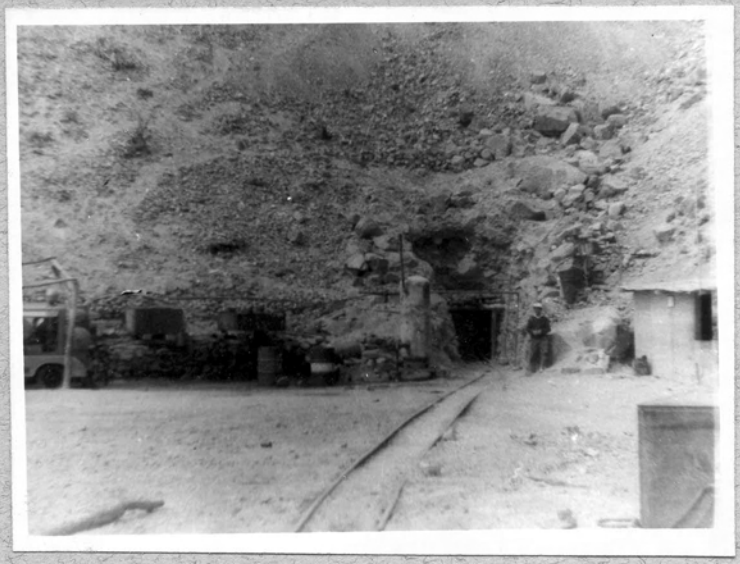


FOTO 8

Bocamina del nivel Cortada, mina Norville obser
vese la compresora Rolls Royce.
Vease mirando al este.

FOTO 9

Veta Fray Martín, mina Norville, observese los
tajeos comunicados a superficie.
Vista mirando al este.

FOTO 10

Afloramientos al Norte de la mina Luzber mostrando la erosión de la veta. Vista mirando al Sur.

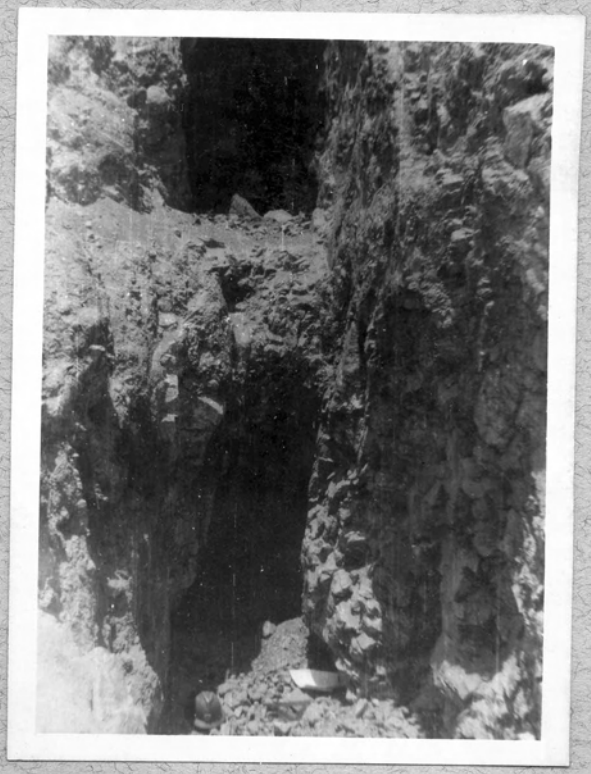


FOTO 11

Mina Luzber, nivel Intermedio, obsérvese las cajas de la veta bien definidas. Vista mirando al Este.