



Universidad Nacional
Autónoma de México

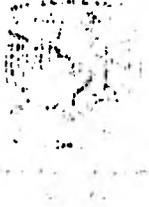
TESIS PROFESIONAL

PROSPECCION GEOLOGICO MINERA DEL AREA DE
BAQUIRIACHI, MPIO. DE BALLEZA, CHIHUAHUA

FACULTAD DE INGENIERIA
A R E A
G E O L O G I A

ZACARIAS BENITEZ PABLO

MEXICO, D. F., SEPTIEMBRE DE 1982



FACULTAD DE INGENIERIA
EXAMENES PROFESIONALES
60-1-143

Al Pasante señor BENITEZ PABLO ZARZALAS,
P r e s e n t e .

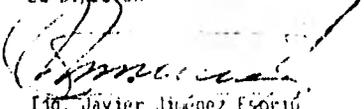
En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Prof. Ing. German Arriaga García, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de INGENIERO GEOLOGO.

"PROYECCION GEOLOGICO-MINERA DEL AREA DE BAJURTIACHI,
MUNICIPIO DE BALLEZA, CHIH."

- Resumen
1.- Generalidades
2.- Geografía
3.- Litografía
4.- Geología
5.- Yacimientos minerales
6.- Conclusiones y recomendaciones
Bibliografía
Planos e ilustraciones

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente,
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 11 de septiembre de 1961
EL DIRECTOR


Ing. Javier Jiménez Espriú

JJE:MRV:mdh.

INDICE

Pág.

RESUMEN

I. - GENERALIDADES

I.1. - Objetivos del Estudio.....	1
I.2. - Obras Mineras Anteriores.....	2
I.3. - Método de Trabajo.....	4
I.4. - Documentación.....	6

II. - GEOGRAFIA

II.1. - Localización y Vías de comunicación.....	8
II.2. - Clima y Vegetación.....	10
II.3. - Población y Cultura.....	12

III. - FISIOGRAFIA

III.1. - Provincias Fisiográficas.....	15
III.2. - Orografía.....	17
III.3. - Hidrografía.....	18
III.4. - Geomorfología.....	20

IV. - GEOLOGIA

IV.1. - Geología a Semidetalle.....	22
IV.2. - Unidades Litológicas.....	26
IV.3. - Tectónica Regional.....	31
IV.4. - Geología Histórica.....	35

V. - YACIMIENTOS MINERALES

A) Texturas.....	38
B) Estructuras.....	39
C) Mineralogía.....	40
D) Descripción de Vetas.....	41
E) Alteraciones.....	43
F) Origen del Yacimiento.....	45
G) Evaluación (Análisis Químico).....	47
H) Cálculo de Tonelaje en la Mina San José.....	48
I) Proyecto de Realización de Obras en la primera etapa.....	53

Pág.

VI. - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A) Conclusiones.....	55
B) Recomendaciones.....	56

BIBLIOGRAFIA

PLANOS E ILUSTRACIONES

1. - Levantamiento Geológico Superficial con Muestreo en Planta del Area de Baquiriachi, Mpio. de Balleza, Chih., esc. 1:5 000.
2. - Sección Longitudinal B-B' de la Mina San José al Tajo, escala -- 1: 5 000.
3. - Plano Geológico Topográfico y Muestreo en Planta Mina San José, esc. 1:1 000.
4. - Sección Longitudinal A-A' Mina San José, esc. 1:1 000
5. - Plano Geológico Topográfico y Muestreo en Planta Mina San José, esc. 1: 1 000.
6. - Sección Longitudinal B-B' Mina San José, esc. 1: 1 000
7. - Plano Geológico de Superficie con Muestreo Mina La Piña, escala 1:1 000.
8. - Sección Longitudinal E-E' Mina La Piña, esc. 1:1 000
9. - Plano Geológico de Superficie con Muestreo Mina El Realito, esc. 1:1 000
10. - Sección Longitudinal C-C' Mina El Realito, esc. 1:1 000
11. - Plano geológico desuperficie con muestreo el Tajo, esc, 1:500.
12. - Sección longitudinal D-D' mina el Tajo esc. 1:500.

RESUMEN

Este trabajo comprende los estudios geológicos realizados en el proyecto minero que se llevó a cabo en las proximidades del poblado de Baquiriachi, municipio de Balleza, Chihuahua.

El objetivo del trabajo realizado fue determinar el tipo y cantidad de los yacimientos minerales de Ag y Pb de rendimiento económico para reconstituir al Distrito Minero de Baquiriachi, el cual fue explotado desde 1940 hasta 1945, año en que se pararon las obras de extracción por incosteabilidad de la explotación debido a la depreciación de la Ag y Pb.

El principal medio de comunicación para llegar a la localidad, es por vía terrestre, utilizando únicamente caminos de terracería, brechas y veredas.

El fundo minero queda comprendido en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental y en la subprovincia de la Sierra Madre Tarahumara de Chihuahua.

El clima que impera en el Estado de Chihuahua y en el sitio estudiado es extremoso con lluvias en verano.

La orografía en el área explorada tiene una altitud promedio de 2,300 m sobre el nivel del mar, debido a la existencia de grandes sierras y amplios valles con una altitud de 1,700 m sobre el nivel del mar.

La litología de la región comprende el Terciario, localizándose rocas ígneas extrusivas como andesitas, tobas riolíticas e intrusivos dioríticos.

La mineralización está representada por galena y minerales de plata.

Se efectuó un levantamiento geológico-topográfico con cinta, brújula y altímetro. También se llevó a cabo un muestreo superficial y del interior de la mina. La forma del depósito es irregular con zonas de alteración como la caolinización y cloritización definidos, con mineralización diseminada y esporádicamente en vetas favorables.

De los datos obtenidos se estimó que el yacimiento corresponde a un emplazamiento de tipo hidrotermal con bajos valores de Ag y Pb.

I GENERALIDADES

I.1. - OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El propósito fundamental de este trabajo fue el de localizar yacimientos minerales de rendimiento económico en la zona de Baquiriachi.

Como se ha visto en párrafos anteriores, ya existían señales de explotación en ese distrito minero, sin embargo, no se había definido el tipo de yacimiento mineral porque no se conocían ni las dimensiones, ni la forma y comportamiento de la mineralización.

Es por esto que entre los objetivos propuestos al inicio de este trabajo se planteó la necesidad de realizar un levantamiento geológico y también efectuar un muestreo de cada estructura mineralizada.

El fin del levantamiento y el muestreo fue determinar, con los datos obtenidos, el tipo de depósito mineral y de ahí inferir un posible tonelaje de rendimiento económico.

Obviamente el objetivo básico está relacionado con otros fines como son los de tratar de crear nuevas fuentes de trabajo en zonas donde carecen de este tipo de actividades económicas.

Como resultado de esos objetivos primarios, se llegó a elaborar este trabajo que también se ha aprovechado como medio para obtener el grado de licenciatura en Ingeniería Geológica.

I. 2. - OBRAS MINERAS ANTERIORES

En el distrito minero explorado existen obras que demuestran una explotación en tiempos pasados. Tales trabajos son de pequeña magnitud y según datos que se exponen a continuación, la cantidad de producción fue de 690 toneladas, aproximadamente.

MINA SAN JOSE. - Cuenta con 5 pozos con profundidad variable sumando 55 m de obra minera desarrollada, también cuenta con una frente de 85 m con cuele de 2 x 2 m, elaborado a rumbo de veta.

La mina fue explotada aproximadamente en 1940 y según las comunicaciones verbales, los minerales importantes que se encontraron fueron argentita y galena con ley de 200 a 500 gr/ton de Ag y del 1% de Pb, respectivamente.

De acuerdo a las dimensiones de la frente principal y tomando en cuenta las propiedades físicas-químicas del mineral y la roca, es posible que se hayan producido 340 ton de mineral aproximadamente.

MINA LA PIÑA. - En esta mina existe un socavón de 224 m de longitud con cuele de 2 x 2 m aproximadamente, cuenta con un tiro que en la actualidad se encuentra hundido y se piensa que fue la obra principal por donde extraían el mineral, quizá al poco tiempo de estar abandonada, en el año de 1940, sufrió un derrumbe inter-

no quedando únicamente indicios de un tiro.

Los minerales explotados económicamente fueron plata y plomo (Argentita - Galena) con ley de 300 a 600 gr/ton y 1% al 10% de minerales mencionados.

El tiro principal de la Mina La Piña, fue hecho a rumbo de veta, considerando dimensiones de 50 m de profundidad aproximada, 2 m de ancho y 1 m de espesor de la veta con una densidad de 2.5 del mineral, estimándose un posible tonelaje extraído de 250 toneladas aproximadamente.

Posteriormente se localizaron 2 pozos de 3 x 1.50 m, quizá fueron hechos con el fin de cortar la veta principal y se encuentran a 20 m al norte del tiro hundido.

MINA EL REALITO, - Cuenta con un pozo y un contrapozo, ambos suman 16 m de obra minera y un tiro de 14 m de profundidad que en conjunto con las obras anteriores, suman la cantidad de 30 m de obra minera desarrollada; fueron elaborados aproximadamente en el año de 1940, explotando minerales de plata y plomo con ley de 200 a 900 gr/ton y 2 al 10% respectivamente.

De acuerdo a los cálculos estimados, es probable que el tonelaje extraído haya alcanzado la cifra de 100 ton de mineral (aprox.)

MINA EL TAJO, - Existe otro lote llamado "El Tajo", el cual

no cuenta con obras mineras previas, sin embargo también tiene indicios de mineralización.

De lo expuesto anteriormente, se piensa que el tonelaje total producido en la zona de Baquiriachi, fue de 690 ton aproximadamente.

Es importante mencionar que todos los datos que aquí se estipulan no tienen certeza absoluta ya que no se cuenta con información de trabajos previos. Únicamente se obtuvieron datos de manera verbal con lugareños de Baquiriachi.

1.3. - METODO DE TRABAJO

La secuencia seguida para desarrollar esta investigación tuvo características especiales ya que como se verá posteriormente, el área de Baquiriachi carece de información editada, por lo que se vio la necesidad de iniciar el trabajo desde esta etapa.

Primeramente se realizó un reconocimiento general, desde el punto de vista geológico, del Distrito de Baquiriachi y zonas aledañas. Este primer paso tuvo como objetivo contemplar de manera superficial el carácter y comportamiento de la litología de la región explorada, así como determinar estructuras, forma de los yacimientos y mineralogía de los cuerpos minerales existentes en la zona de Baquiriachi.

Con este primer recorrido se plasmaron en la libreta de -

campo las diferentes localizaciones de las diversas obras mineras emplazadas en el área estudiada.

Los datos recabados en la primera visita sirvieron para programar el orden de trabajo que se realizarfa a partir de este punto y se definió el plan a desarrollar como se aplica a continuación:

En vista de que se carecía de algún tipo de información, - fue indispensable empezar con un levantamiento topográfico con brújula, cinta y altímetro. Es imprescindible aclarar que se trabajó sin fotografías aéreas y sin plano topográfico.

Unicamente se apoyó el trabajo tomando como referencia - la mojonera de localización que se ubica en el Lote La Piña, de es ta manera se empezó a hacer el levantamiento geológico-topográfi co ligando las estructuras de la Mina San José y El Realito, así como sus respectivas mojoneras y demás datos.

Posteriormente se integró la información, se interpretó y - dio como resultado el presente trabajo.

Con el fin de determinar tanto la orientación como la conti- nuación de las estructuras mineralizadas, se llevó a cabo un zanjeo con una distribución más o menos perpendicular a la estructura con un espaciamiento de 50 m cada zanja y con una profundidad de 1,50 metros.

I.4. - DOCUMENTACION

Este inciso se incluye en este trabajo porque es importante mencionar que no existe documentación acerca del área explorada, debido a que tanto el desarrollo de obras mineras como la explotación de las mismas fueron hechas por pequeños mineros y por gambusinos sin tomar en cuenta aspectos relacionados con estudios geológicos o bien sin realizar obras basadas en cálculos matemáticos.

Se puede decir, sin caer en aseveraciones aventuradas, que el fenómeno de escasez de datos estadísticos o bibliográficos, se repite a lo largo de la Sierra Tarahumara. Esto es, desde el punto de vista geológico minero, esta región se caracteriza por ausencia de estudios, por lo cual se puede afirmar que prácticamente es - una zona inexplorada y de ahí que se considere bajo la óptica geológica como "Vírgen"

II. GEOGRAFIA

II.1. - LOCALIZACION Y VIAS DE COMUNICACION

El área de estudio se localiza en la parte suroeste del Estado de Chihuahua en las vecindades del poblado de Baquiriachi, - municipio de Balleza, Chih., y se encuentra comprendida en las Coordenadas Geográficas $26^{\circ} 36'$ y $26^{\circ} 50'$ de Latitud Norte con $107^{\circ} 20'$ y $107^{\circ} 25'$ de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich.

La carretera de mayor importancia, próxima a la región explorada, es la Estatal No. 12 que parte de Ciudad Jiménez, Chih., llegando a Hidalgo del Parral, Chih., siguiendo al poblado de Guadalupe y Calvo que se encuentra a 100 km aproximadamente al oeste de Hidalgo del Parral, Chih.

A 46 km sobre la misma carretera, a partir de Hidalgo del Parral, se localiza un crucero al norte por camino de terracería al poblado de Balleza, Chih. En este lugar se estableció el campamento para estudiar la parte norte que es la zona de Baquiriachi en las serranías San José, Cuna del Aguila, Pico del Aguila y Hacienda.

Continuando por el mismo camino que viene de Hidalgo del Parral, Chih., y pasando por Balleza, Chih., a 45 km al noroeste se llega a la zona estudiada por camino de terracería transitable en todo tiempo del año.

En el poblado de Baquiriachi existe un crucero que lleva al norte por un camino de terracería de 2 km

hacia el noreste se llega al Lote El Realito, es ahí donde termina el camino en buenas condiciones para transitar con vehículo. Partiendo de la Mina El Realito pasando por el tajo hasta llegar al Lote La Piña se transita por vereda con una longitud de 1.5 km.

El poblado de Baquiriachi está comunicado por camino de terracería hacia el norte, con el poblado de Guachochic, que se encuentra a 50 km aproximadamente, continuando al poblado o estación Creel que se localiza a 30 km del poblado anterior y por el mismo camino se llega a la Ciudad de Chihuahua, Chih.

Hacia el este del poblado de Baquiriachi existe un camino de terracería que comunica con Hidalgo del Parral, Chih., pasando por el municipio de Balleza, Chih., esta vía tiene 95 km de longitud - para convertirse en carretera pavimentada la cual tiene 46 km haciendo un total de 141 km de recorrido.

Baquiriachi, Chih., cuenta con teléfono rural que se puede comunicar a cualquier parte de la República,

Al este de Baquiriachi aproximadamente a 15 km se encuentra una pista de aterrizaje para avionetas. Esta pista se encuentra casi abandonada ya que rara vez llegan aeronaves y no existe una ru-

ta aérea comercial. Además es de terracería y tiene una longitud aproximada de 1,000 metros.

A continuación de esta página existe la Fig. No. 1 representando el plano de localización de la zona explorada.

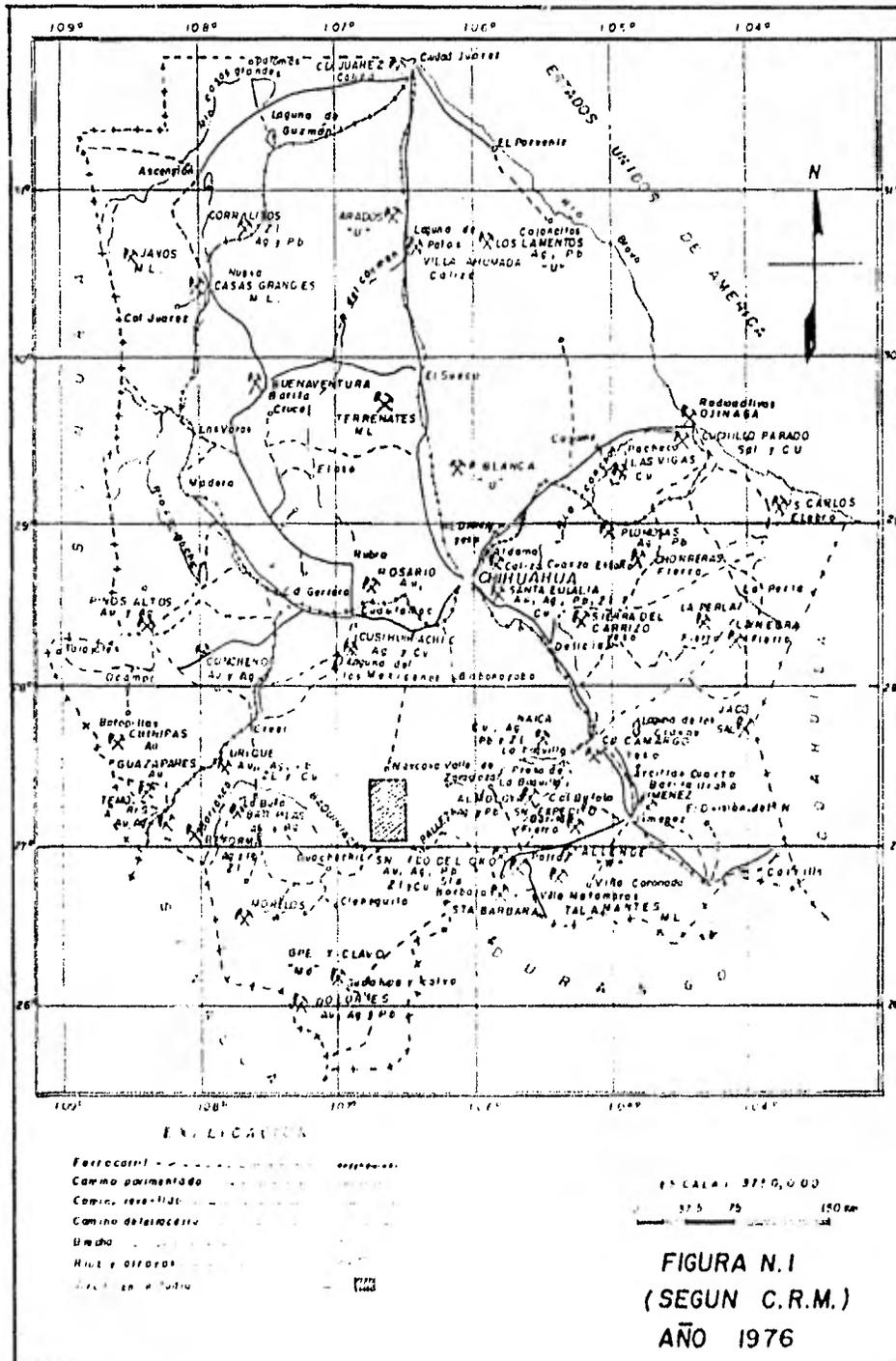
II. 2. - CLIMA Y VEGETACION

El clima que impera en el Estado de Chihuahua es extremo y caluroso en verano y con intenso frío en invierno. La temperatura promedio es de 23°C, mínima es de 3°C y máxima es de 38°C. El clima de la zona de Baquiriachi es extremo y variable en verano e invierno de -1°C mínima y 36°C máxima.

En el poblado de Baquiriachi existe una precipitación pluvial aproximada de 200 mm al año, humedad suficiente para reabastecer a la vegetación existente.

En el período de otoño y principios de invierno, nieva bastante dando como resultado un espesor entre 10 y 30 cm de nieve.

Debido al clima tan variable la vegetación es rala en las partes bajas y con carácter cactáceo mientras que en las partes altas existen árboles de la familia de los pináceas. En toda la zona de Chihuahua y principalmente en el área de estudio existen diferentes tipos de vegetación la cual se menciona en el siguiente párrafo con su nombre científico,



NOMBRE CIENTIFICO

	Opuntia Microdasys	Nopal Cegador
	Opuntia Imbricata	Cardenche
Espinosos	Agave SP.	Maguey
Matorral	Euphorbia golondrina	
	Carrea SP.	Gobernadora
Matorral	Celtis SP	
Sub-inerme	Acacia SP.	Uña de gato
	Acacia amentacea	Chaparro prieto
	Prosopis SP.	Mezquite
Matorral	Fouquieria splendens	Ocotillo
Pino		Pino
Encino		Encino

Como se ha mencionado anteriormente, la insuficiencia de lluvias hace que la agricultura sea subdesarrollada y obviamente las siembras son de temporal. Sin embargo, como ya se ha dicho, en las partes altas se encuentra vegetación con una altura promedio entre 3 y 6 m, también es importante aclarar que el tipo de vegetación en la zona estudiada no favorece la existencia de pastizales suficientes para el ganado.

II. 3. - POBLACION Y CULTURA

La población más importante existente en el área de estudio es el poblado de Baquiriachi la cual cuenta con 200 habitantes aproximadamente, de los cuales 90 pertenecen al sexo masculino y 110 forman el grupo femenino con edades variables según se verá enseguida:

De acuerdo a los datos obtenidos por el autor a partir de comunicación dada por los lugareños de la entidad, existen 20 familias de las cuales 10 están compuestas entre 6 y 12 miembros y 10 familias tienen 1 y 5 miembros.

De las personas componentes de esas familias, 40 son mayores de 25 años de edad, 50 tienen entre 15 y 25 años de edad, 70 tienen entre 5 y 15 años. De los datos aquí expuestos, se puede observar que el fenómeno poblacional de la República Mexicana, aquí también se repite, ya que el 80% de la población se puede considerar joven.

Con respecto al grado de estudios tenidos por los habitantes de Baquiriachi, se anotó que 10 personas terminaron hasta el segundo año de primaria y 30 no asistieron a la escuela, esto referido a los habitantes mayores de 25 años.

Para las personas con edades entre 15 y 25 años, 5 termina-

ron sus estudios primarios, 10 cursaron hasta el primer grado de primaria, 10 terminaron hasta segundo año de primaria, 5 estuvieron únicamente en el primer año de primaria y 20 son analfabetas. Refiriéndose a los habitantes entre 5 y 15 años de edad, 10 están cursando semanalmente el quinto y sexto año de primaria, 15 cursaron hasta tercer y cuarto año de primaria, 20 estudiaron primero y segundo año, 5 están estudiando en Guachochic o en Balleza y 20 no asistieron a la escuela. Obviamente la población menor a 5 años de edad no asiste a la escuela, puesto que se carece de aulas y profesores de pre-primaria.

El lenguaje utilizado por la mayoría de la población es el dialecto tarahumara, sin embargo, a últimas fechas se ha instalado una oficina regional de Coplamar la cual está promoviendo la utilización del idioma castellano entre la población. Las personas mayores a 25 años hablan el tarahumara y el español con acento del primero, para las personas entre 15 y 25 años de edad, el 90% dominan el español y el tarahumara, el 10% restante únicamente habla el español.

En Baquiriachi existe solamente una escuela primaria regida por el Instituto Indigenista, asisten principalmente niños de otras poblaciones que se encuentran internados en ese plantel. -

Para realizar estudios posteriores, los habitantes tienen la necesidad de trasladarse a otras poblaciones vecinas como Balleza o - Guacho chic.

Además de lo mencionado anteriormente, en Baquiriachi no existe otro tipo de manifestación cultural.

Por lo que toca a las actividades económicas que los habitantes del área, objeto de este estudio, se ven limitadas al tipo doméstico tales como agricultura para consumo familiar. Siembran maíz y frijol principalmente.

Unos pocos habitantes se dedican a la cacería también para consumo doméstico, entre las especies que cazan son los diferentes tipos de venado. Los habitantes se ven restringidos a realizar esta clase de tareas puesto que no existe alguna fuente de trabajo que dé empleo a los pobladores y por la misma razón los lugareños se ven forzados a emigrar rumbo a otras localidades, tales como Parral, Chihuahua, etc., además tiene servicio médico, escuela primaria indígena, agua potable y energía eléctrica.

III FISIOGRAFIA

III.1. - PROVINCIAS FISIOGRAFICAS

De acuerdo a la Fig. No. 2, se hace un breve reconocimiento acerca de la fisiografía del área estudiada.

El estudio realizado se ubicó en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental correspondiente a la sub-provincia de la Sierra Tarahumara (Según Raisz, 1965). Se considera la más importante de México por sus riquezas en yacimientos minerales - de oro, plata, plomo, cobre, zinc y fierro, esta sierra se encuentra en la parte oeste del país, orientada con rumbo sureste-noroeste.

La Sierra Madre Occidental se encuentra limitada por la provincia de mesetas y cuencas que se encuentran al norte, noroeste y este, también está rodeada por sierras de piamonte que se localizan al suroeste y por sierras alargadas al noroeste; y al sureste es tá limitada por una pequeña parte del Eje Neovolcánico.

Geográficamente esta provincia cubre gran parte del Estado de Sonora, Sinaloa, Durango y Chihuahua.

En la zona de estudio las sierras se encuentran orientadas con el mismo rumbo sureste -noroeste, de las cuales las principales son: El Pico del Aguila, Cuna del Aguila, Sierra de San José, con una altura promedio de 2,300 m sobre el nivel del mar.

Hacia el norte de Baquiriachí rumbo a Guachochic y Chihuahua, las sierras van aumentando de altitud, pero hacia el sur van -



FIGURA. N 2
 (SEGUN C.R.M.)
 AÑO 1976

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
 DE MEXICO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 PROVINCIAS FISIOGRAFICAS DE
 LA REPUBLICA MEXICANA
 FECHA: AOSTON 1981 TESIS PROFESIONAL BLNITZ PABLO

disminuyendo su altura y las sierras van desapareciendo hasta dar un aspecto de valles rumbo al poblado de Balleza, Chih., con una al titud promedio de 1,800 m sobre el nivel del mar.

Las sierras que se encuentran en el sitio estudiado tienen una longitud de 4 a 7 km con ancho promedio de 5 a 10 km y como ya se ha mencionado, forman una parte de la Sierra Madre Occidental, espe cíficamente la Sub-Provincia Tarahumara.

Se caracteriza la Sierra Tarahumara, por no presentar caño- nes profundos sino pequeños barrancos en forma de "V" con profundi dades promedio de 3 a 4 m y anchuras promedio de 30 a 40 m aproxi madamente.

En general, todas estas sierras están constituídas por rocas de carácter volcánico variando de ácido a intermedio. También se encuentran rocas de tipo hipabisal. Los relieves más pronunciados se encuentran en las rocas volcánicas. Los relieves más suaves es tán constituídos por rocas piroclásticas.

III. 2. - OROGRAFIA

La orografía en el Estado de Chihuahua está representada principalmente por la Sierra Madre Occidental la cual está compuesta por numerosas cadenas montañosas alargadas que se encuentran separando amplios valles y estrechos cañones.

De observaciones generales en planos topográficos regionales, se nota que a partir de Parral, Chih. , la orografía empieza a hacer un cambio topográfico, (este poblado se localiza en una cuenca con altitud promedio de 1,400 m sobre el nivel del mar); a medida que se avanza con rumbo a Guadalupe y Calvo a 46 km al suroeste, la orografía cambia totalmente, ya que tiene una altura promedio de 2,000 m, s. n. m. , continuando hacia Balleza, Chih. , la orografía sigue cambiando y disminuyendo topográficamente dando una altura promedio de 1,800 m s. n. m. , y avanzando hacia Baquiriachi, la orografía se encuentra otra vez variando, hasta dar una altura promedio de 2,200 a 2,500 m s. n. m. , subiendo hacia Guachochic, hasta 2,700 m, s. n. m.

La orografía de la zona de Baquiriachi se encuentra constituida por pequeñas sierras alargadas con orientación sureste-noroeste. o sea con el mismo rumbo de la Sierra Madre Occidental. Las serranas más importantes que se sitúan en el sitio explorado son: San José, 2,350 m, s. n. m. , aproximadamente; Pico del Aguila, 2,400 m, s. n. m. , y Cuna del Aguila, 2,400 m, s. n. m. , aproximadamente, -

presentando relieve más bien suave el primero y se hace más pronunciado para las dos últimas.

Estas sierras están constituídas por rocas volcánicas extrusivas e hipabisales, sin embargo, en la mayoría de las veces así como en la Mina El Realito, El Tajo y La Piña se encuentran cubiertas por riolitas. En la Mina San José que se encuentra en el Cerro San José, hay un cambio de litología que está representado por una diorita.

III. 3. - HIDROGRAFIA

La hidrografía de la zona de Baquiriachi se encuentra compuesta por pequeños arroyos que se forman en las serranías tales como el Pico del Aguila, Cuna del Aguila, Sierra de La Hacienda y Cerro San José. El cauce más importante de la zona explorada es el Arroyo San José, otro pequeño afluente es el Haciendita, así como pequeños afluentes que llenan los cauces únicamente en el período de lluvias.

El San José se considera el más importante porque recibe la descarga de todos los arroyos que se encuentran en la región, dentro del fundo minero, éste pasa por la Mina San José y lleva un rumbo sur-oeste-noreste con una longitud aproximada de 40 km, llega a vertir sus aguas al Río San Juan que pasa a 45 km por el poblado de Balleza, El Tule y otros. El arroyo San José nace en el poblado de Baquiriachi

aproximadamente al norte a 3 km. Únicamente lleva agua en temporada de lluvias. El cauce del Arroyo San José tiene entre 30-40 m de ancho y no muy profundo.

En segundo lugar está el Arroyo Haciendita que nace al oeste de la Mina El Cacho, aproximadamente a 5 km y únicamente lleva agua en temporada de lluvias, las cuales descargan en el Arroyo San José mencionado anteriormente. Su cauce tiene un ancho de 15 a 20 m y además no es profundo.

La localidad estudiada cuenta con pequeños afluentes perpendiculares al San José y Haciendita que también llevan agua únicamente en la temporada de lluvias.

Hacia el este del poblado de Baquiriachi a 40 km y cerca del poblado de Balleza, Chih., existe el Río San Juan y Balleza que llevan agua en su cauce en todo tiempo con un gasto aproximadamente de 200 l/seg., en temporada de sequía y en época de lluvias su cauce aumenta considerablemente.

Estos ríos tienen anchuras promedio de 50 m con una profundidad de 1 a 5 m con respecto al terreno que se encuentra rodeado.

Estas corrientes cuentan con bastantes afluentes termales y manantiales, lo cual hace que en todo el tiempo exista agua. El Río San Juan nace aproximadamente a 30 km al oeste de Balleza, Chih., y es probable que venga desde la parte más alta de la Sierra Tarahuma-

ra. No se conoce con certeza el nacimiento de este río.

El Río Balleza nace al sur del mismo poblado aproximadamente a 60 km rumbo a Guadalupe y Calvo de donde la topografía es más abrupta y supuestamente llega a Balleza continuando al norte, rumbo - al poblado El Tule, a 1 km al norte de Balleza se junta con el Río San Juan formando un solo cauce. Todos los arroyos vierten sus aguas en el Río San José, éste a su vez desemboca en el Río San Juan para - llevar sus aguas al Río Conchos. Este último une sus aguas al Río Bravo el cual desemboca en el Golfo de México.

Todas las corrientes arriba mencionadas y especialmente en la zona de estudio, presentan un patrón dendrítico que llevan un rumbo aproximado general al noreste.

III. 4. - GEOMORFOLOGIA

La geomorfología de la localidad de Baquiriachi es variable, debido a que existen serranías como la San José, Pico del Aguila, Cuna del Aguila y Haciendita con diferentes elevaciones así como valles intermontañosos, existiendo diferencias en las partes más altas a las más bajas, de 150 m aproximadamente.

Como ya se ha mencionado, los arroyos no han tenido desarrollo en cauces profundos, así mismo los procesos erosivos se han visto detenidos por la abundancia de vegetación. Entre los procesos erosivos

vos más relevantes se tiene a la acción del hielo que es el principal factor de erosión en forma mecánica. Por otro lado, el intemperismo el cual se ha visto favorecido por la acción orgánica de la vegetación, sin llegar a ser intenso, ha actuado produciendo una pequeña capa de 50 cm de suelo.

En general, la morfología predominante conserva el estado original en el que fue depositado, con relieves algunas veces redondeados. Estas últimas formas son más notables en rocas de tipo intermedio (andesita).

Así mismo se presentan relieves abruptos coronados por mesetas en rocas riolíticas, en general, se puede decir que la etapa geomórfica expuesta en la región es un estado de juventud temprana con un desarrollo de corrientes de tipo inmaduro.

IV GEOLOGIA

IV.1. - GEOLOGIA A SEMIDETALLE

El reconocimiento geológico del fundo minero que se localiza en Baquiriachi, municipio de Balleza, Chih., se llevó a cabo efectuando caminamientos a lo largo de veredas y arroyos en un área de 20 km² siguiendo diferentes rumbos y reconociendo las rocas encajonantes, zonas de alteraciones, localizando estructuras estériles y mineralizadas, así como el tipo de minerales predominantes en vetas principales.

Desde el punto de vista general, la principal litología observada pertenece al grupo de rocas volcánicas. Las rocas que se encontraron con mayores afloramientos fueron las pertenecientes a la familia ácida. (tobas riolíticas e ignimbritas), así mismo se hallaron rocas volcánicas de carácter intermedio emplazadas como derrames - (andesitas). De estos grupos de rocas, las que ocupan mayor superficie en el distrito explorado, corresponden al primer tipo. El segundo tipo se presenta en superficies restringidas.

No se les dieron nombres formales a estas unidades por no tener los suficientes argumentos para ello y porque no era el objetivo fundamental de este trabajo, por tanto, simplemente se tratan como andesitas y tobas riolíticas. También se vieron rocas hipabisales de carácter intermedio que están emplazadas como diques afectando a los grupos litológicos mencionados anteriormente. Esta roca se clasificó pe-

trográficamente como diorita.

Se reconocieron principalmente tres tipos de alteraciones que por orden de importancia son caolinización, cloritización y oxidación. Como alteración de menor importancia, se consideró a la silicificación, fenómeno que se presenta rara vez y esporádicamente diseminada en la zona.

El primer tipo de alteración (caolinización) fue visto con mayor frecuencia afectando a las rocas volcánicas ácidas. La cloritización fue más conspicua en las rocas de tipo intermedio, tanto extrusivas como hipabisales (andesitas y dioritas) respectivamente.

El tercer tipo de alteración, esto es la oxidación, fue exhibida comunmente en los tres tipos de rocas, por lo que se piensa que el origen de este fenómeno es posterior a los mencionados en líneas arriba y así mismo con diferente génesis. Por último la silicificación observada se presentó principalmente en las rocas piroclásticas (tobas), esta alteración se encontró de manera irregular como pequeños manchones probablemente con el mismo origen que los mencionados en primer lugar (caolinización, cloritización), por otro lado, desde el punto de vista estructural, hay expresiones marcadas como son un fracturamiento sistemático con direcciones definidas y fallamiento, así mismo orientado de manera similar a las fracturas. Estas primeras estructuras son frecuentes en las rocas volcánicas ácidas y -

se presentan con mayor densidad en las rocas volcánicas intermedias. Las segundas estructuras (fallas) únicamente están representadas por la falla que se denominó "El Realito". Esta estructura está afectando así mismo a las rocas volcánicas ácidas y tiene carácter local.

Sin embargo, sigue un patrón paralelo al exhibido por la Sierra Madre Occidental. Algunas de las fracturas presentan mineralización de plata y plomo, no obstante la mayoría de ellas son estériles. El fallamiento "El Realito", es importante porque afecta a la principal estructura mineralizada, es decir, se observó desplazando a la Veta El Realito.

Con respecto a la mineralogía con probable rendimiento económico se puede decir que existen sustancias tales como galena en pequeños cristales diseminados y argentita que exhibe la misma distribución. Por otra parte, fue frecuente observar cristales de pirita y agregados cristalinos de barita así como pequeñas cantidades de psilomelano y minerales secundarios, hematita, clorita y minerales arcillosos.

Entre las vetas principales se pueden mencionar la Veta La Pina, El Realito, San José y El Tajo, todas ellas con mineralización diseminada.

Con el fin de clasificar todas las características geológicas que se presentan, tanto en superficie como en interior de mina, se decidió llevar adelante un estudio geológico a semidetalle, planteándose como objetivos básicos, primero efectuar geología sobre la superficie y posteriormente hacer la geología de las minas.

Así se efectuó la medición de rumbos y echados de cada fractura, las veces que estuvieran presentes cada 20 m aproximadamente.

Así mismo se tomó nota de las evidencias mineralógicas existentes al intervalo que estuvieran expuestas. El tipo de alteración se mapeó de la misma manera anotando las variaciones con la frecuencia que aparecieran.

Se continuó así mismo con un zanjeo lo más cerrado posible con el fin de verificar la presencia de mineralización, este último se desarrolló cada 50 m aproximadamente; en la litología presente se obtuvieron datos tales como grado de intemperismo, tipo y porcentaje de mineralización, texturas y estructuras de las rocas, datos que se plasmaron en la libreta cada vez que existía cambio o variación en los mismos.

En el interior de la mina se aplicó el mismo criterio para hacer el levantamiento geológico a semidetalle, anotándose variaciones

de las estructuras, en este caso se tomaron cotas cada 2 m; la mineralización se muestreó también cada 2 m al alto y al bajo de las vetas.

Estas acotaciones se hicieron después de realizar limpieza (blanqueo) de las alteraciones hasta llegar a la roca fresca.

Los resultados obtenidos con este estudio geológico a semidetalle se presentan en seguida:

IV. 2. - UNIDADES LITOLÓGICAS

En el área de Baquiriachi, municipio de Balleza, Chih., se realizó el estudio geológico superficial y de interior de la mina, cubriendo un área aproximada de 20 km², localizando diferentes tipos de rocas, tales como andesitas, tobas riolíticas e intrusiones dioríticas - así como aluvión.

De acuerdo a las rocas existentes en el área se realizó una tabla estratigráfica. De esta manera se hizo la breve descripción de cada roca como se menciona en el siguiente párrafo, empezando de la roca más antigua a la más reciente.

ANDESITAS (And).- Es una roca de composición intermedia - cuyo muestreo se realizó en el Fundo Minero de Baquiriachi; su afloramiento se encuentra entre la Mina San José y El Tajo, con espesor promedio de 800 m sobre la estructura inferida de las minas mencionadas.

Se localizó en contacto con tobas riolíticas subyaciendo a dichas rocas.

Se presenta con las siguientes características: color rojizo - al intemperismo, pardo negruzco al fresco, textura afanítica, estructura compacta, plagioclasas como minerales esenciales; piroxenos y óxidos de hierro (hematita) como minerales accesorios y minerales arcillosos cubriendo los huecos de los minerales anteriores. Estos datos fueron obtenidos en el campo así como el estudio petrográfico realizado en el Consejo de Recursos Minerales.

La andesita se encuentra cubriendo un área aproximada de 6 km², dentro del fundo minero y además se caracteriza por presentar pseudoestratificación con espesor promedio de .15 cm a .50 cm y en algunos lugares presenta alteración como la oxidación y cloritización.

En general, tiene rumbo NW 60°, echado 40° buzando al norte. Esta roca se encuentra subyaciendo estratigráficamente a la toba riolítica.

TOBAS RIOLÍTICAS (Tr). - Esta roca es la que se presenta con mayor frecuencia en el Fundo Minero de Baquiríachi, la toba riolítica se encuentra formando los Cerros El Pico del Aguila, Cuna del Aguila, Haciendita y parte de San José.

Esta roca está abarcando un área de 10 km² dentro del fundo.

Además es la roca encajonante de toda la estructura mineralizada de El Realito, El Tajo, La Piña y parte de San José como se ilustra en el plano geológico anexo.

Esta unidad litológica se encuentra en contacto con andesita y diorita, esta última fue la que intrusionó a la roca intermedia y a la toba riolítica.

Una vez vistas las características anteriores, se realizó la clasificación megascópica de la roca en el campo y posteriormente se hicieron láminas delgadas, después se correlacionaron ambos estudios dando como resultado lo siguiente: color gris blanquizo al intemperismo, color rosa al fresco, textura piroclástica, estructura fluidal, constituyentes primarios, fragmentos de rocas de tipo andesítico, cuarzo, feldespatos y anfíbolos, hematita y calcedonia como minerales arcillosos.

La toba riolítica en los Cerros Cuna del Aguila y Pico del Aguila presentan una característica en forma de capas con espesor promedio de .10 cm, además el tipo de alteraciones que predominan en esta roca es la caolinización con mayor frecuencia y la cloritización con menor frecuencia.

También en interior de la mina se localizó la toba riolítica y a una profundidad de 10 a 15 m, se conserva la litología en las minas mencionadas. Estratigráficamente la roca especificada anteriormente

te se encuentra sobreyaciendo a la andesita y además está intrusiona-
da por la diorita, la cual se interpretó como un dique.

DIORITA (Di). - Esta roca se encuentra cubriendo al Fundo -
Minero de Baquiriachi en un área aproximada de 3 km², abarcando
la Mina San José y además es en una parte, roca encajonante de la es-
tructura mineralizada.

En las faldas del Cerro San José se encuentra cubierta por sue-
lo vegetal, por tal motivo dicha roca no se aprecia.

Cuando se hizo zanjeo sobre la estructura mineralizada, la -
roca fresca fue localizada a 10 m de profundidad siendo variable la
profundidad a la que se encontró. Con mayor frecuencia, los aflora-
mientos de la diorita, se localizaron en los arroyos, los cuales fue-
ron muestreados y analizados megascópicamente en el campo; poste-
riormente esos muestreos fueron estudiados al microscopio petrográ-
fico por medio de láminas delgadas obteniendo las siguientes carac-
terísticas: presenta color pardo rojizo al intemperismo, color gris
verdoso al fresco, textura fanerítica, estructura compacta, feldes-
patos como minerales esenciales, anfíbolos como minerales acceso-
rios y clorita como mineral secundario.

También se observó que en esta roca se localizaron diacla-
sas y fracturas rellenas de material rojizo compacto de óxidos de
hierro y además con pequeños hilos de cuarzo orientados en forma

y además con pequeños hilos de cuarzo orientados en forma paralela a la estructura San José que es suroeste-noreste y en general todas las vetas y estructuras mineralizadas llevan el mismo rumbo.

La diorita intrusionó a las andesitas y tobas riolíticas del - área explorada.

La alteración más frecuente en esta roca es la cloritización, posiblemente de origen hidrotermal, sin embargo, también se observa oxidación que como ya se mencionó se observa a lo largo de fracturas y vetillas por lo que se infiere un emplazamiento supergénico.

ALUVION (A1). - El aluvión está constituido por cantos rodados de diferentes rocas y tamaños por ejemplo, gravas, arenas, fragmentos de tobas riolíticas, todos ellos transportados por el agua. Estas rocas fueron localizadas en el Arroyo Haciendita en donde además existen tierras de cultivo presentando un ancho de 40 a 60 m, los afloramientos de esta roca, en el área de estudio, abarcan 1 km² aproximadamente.

Esta roca se encuentra cubriendo a las tobas riolíticas.

A continuación se presenta la Fig. No. 3 que indica las unidades litológicas del sitio estudiado.

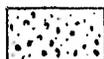
Se realizó también un estudio de reconocimiento general, fuera del área estudiada, a lo largo de 200 km empezando desde Parral Chih., donde se observó la Lutita Parral, después a rumbo a Guada-

UNIDADES LITOLÓGICAS DEL
 AREA DE BAQUIRIACHI MPIO. DE
 BALLEZA CHIH.



ALUVION:

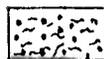
Constituida por varios tipos de material transportados por el agua.



DIORITA:

Roca ignea intrusiva con textura fanerítica, estructura compacta color al fresco gris verdoso y al intemperismo color rojizo.

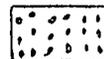
Minerales para su clasificación principalmente plagioclasas y anfíboles.



TOBAS RIOLITICAS:

Roca ignea extrusiva con textura porfírica, estructura fluidal, color al fresco ca. café blanquizco y al intemperismo color gris blanquizco.

Minerales para su clasificación fragmentos de roca, cuarzo, feldspatos y minerales arcillosos.



ANDESITA:

Roca ignea extrusiva con textura afanítica, estructura compacta

Minerales para su clasificación plagioclasas sódica óxidos de hierro y minerales arcillosos

FIGURA N.3

lupe y Calvo, Balleza, Chih., y Baquiriachi, se apreciaron rocas volcánicas de composición ácida (riolitas). Aproximadamente a 30 km de Balleza, Chih., rumbo a Baquiriachi, se localizaron derrames basálticos. Posteriormente de Baquiriachi, dirigiéndose a Guachochic, se reconocieron rocas piroclásticas tales como tobas riolíticas e ignimbritas.

Al noreste de Baquiriachi aproximadamente a 10 km, pasando por la Mina San Pedro y más adelante, se reconocieron tobas riolíticas.

IV. 3. - TECTONICA REGIONAL

La tectónica de la región de Chihuahua es compleja, aunque no es el objetivo de este trabajo, se hará una correlación general, dando énfasis en los procesos acontecidos en el Terciario.

Según Mashall Kay dice: El marco tectónico para la sedimentación de Norteamérica estaba constituido por una zona estable llamada Cratón, que se encontraba rodeado de geosinclinales, tales como el Cordillerano hacia el occidente y el Marathón Ouachita hacia el oriente, que se concreta con el geosinclinal apalachiano. Es posible que estos elementos se hayan prolongado hacia el sur incluyendo la región de Chihuahua.

La mayor deformación tectónica del Estado de Chihuahua -

(parte interna del Geosinclinal Ouachita) empezó a tener lugar en el período Mississippico originando una antefosa extracratónica rellena por sedimentos detríticos sinorogénicos que marcan la separación de fases cratónicas con respecto al geosinclinal.

Por otra parte, en el Cratón de Norteamérica, durante el Pensilvánico y Pérmico, se originaron cuencas intracratónicas que son posibles reflejos de tectonismo de fines del Paleozoico.

Al finalizar los esfuerzos de la Orogenia Marathón Ouachita, el Cratón Norteamericano fue afectado por un fallamiento de bloques de tipo Germánico o sea, que hubo una separación de este cratón en partes, originando una especie de plataformas y cuencas intracratónicas que entre ellas se encontraban fallas, las cuales fueron originadas durante el movimiento tectónico de la Orogenia Ouachita.

Una vez terminado este ciclo tectónico empezó el período geotectónico mesozoico temprano, el cual es predominantemente una época de emersión y erosión de las rocas que se encontraban plegadas del Paleozoico, durante el cual la mayor parte del país fue afectado por la Orogenia Coahuiliana, Permo-Jurásica y por su etapa tafrogénica hasta el Jurásico Medio

A partir del Jurásico Tardío hubo una transgresión marina que continúa sin interrupción hasta el Cretácico Superior.

Durante esta época el mar avanzó paulativamente sobre las

áreas negativas o depresiones someras, que se encontraban limitadas por elementos positivos, relativamente, en el patrón de la sedimentación de las formaciones jurásicas y cretácicas. así como en el estado de deformación estructural de origen laramídico. Estos elementos positivos ocurrieron en la Península de Coahuila, Tamaulipas y Aldama.

Durante el Cretácico Inferior al noreste de México, se desarrolló una plataforma somera, bordeada por mar abierto en forma bien definida que se extiende desde Laredo hasta la Ciudad de Monterrey y de ahí hacia el oeste a lo largo de la porción transversal de la Sierra Madre Oriental.

En el Cretácico Superior se manifestaron las primeras pulsaciones de la Orogenia Laramide, plegando y afallando la mayor parte de los sedimentos depositados durante el Paleozoico y Mesozoico, actuando como un sistema de fuerzas unilaterales relativamente uniformes, paralelas y con dirección suroeste-noreste.

De las observaciones antes expuestas se observa que la localidad de Baquiriachi, consiste de rocas volcánicas, no aflorando en sus cercanías rocas sedimentarias. De esta manera, es claro que la principal actividad tectónica estuvo restringida en el período terciario. La litología emplazada en Baquiriachi es atribuida a eventos geológicos producidos a fines del Cretácico y principios del Ter



E X P L I C A C I O N



-  OROGENIA NEVADANA
-  OROGENIA LARAMIDE
-  CUENCAS DEL CRETACICO TARDIO
-  ESCUDO CANADIENSE
-  CUENCA MEXICANA
-  DEPOSITOS CONTINENTALES

U N A M

FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL

MAPA TECTONICO DEL CRETACICO
TARDIO TERCIARIO TEMPRANO,
OESTE DE AMERICA DEL NORTE

BENITEZ PABLO Z.

FECHA: MARZO 1982 AREA: GEOLOGIA

FIG. NO. 4
SEGUN (MASHALL KAY)
ESCALA 1:10,000,000
(ARC 1908)

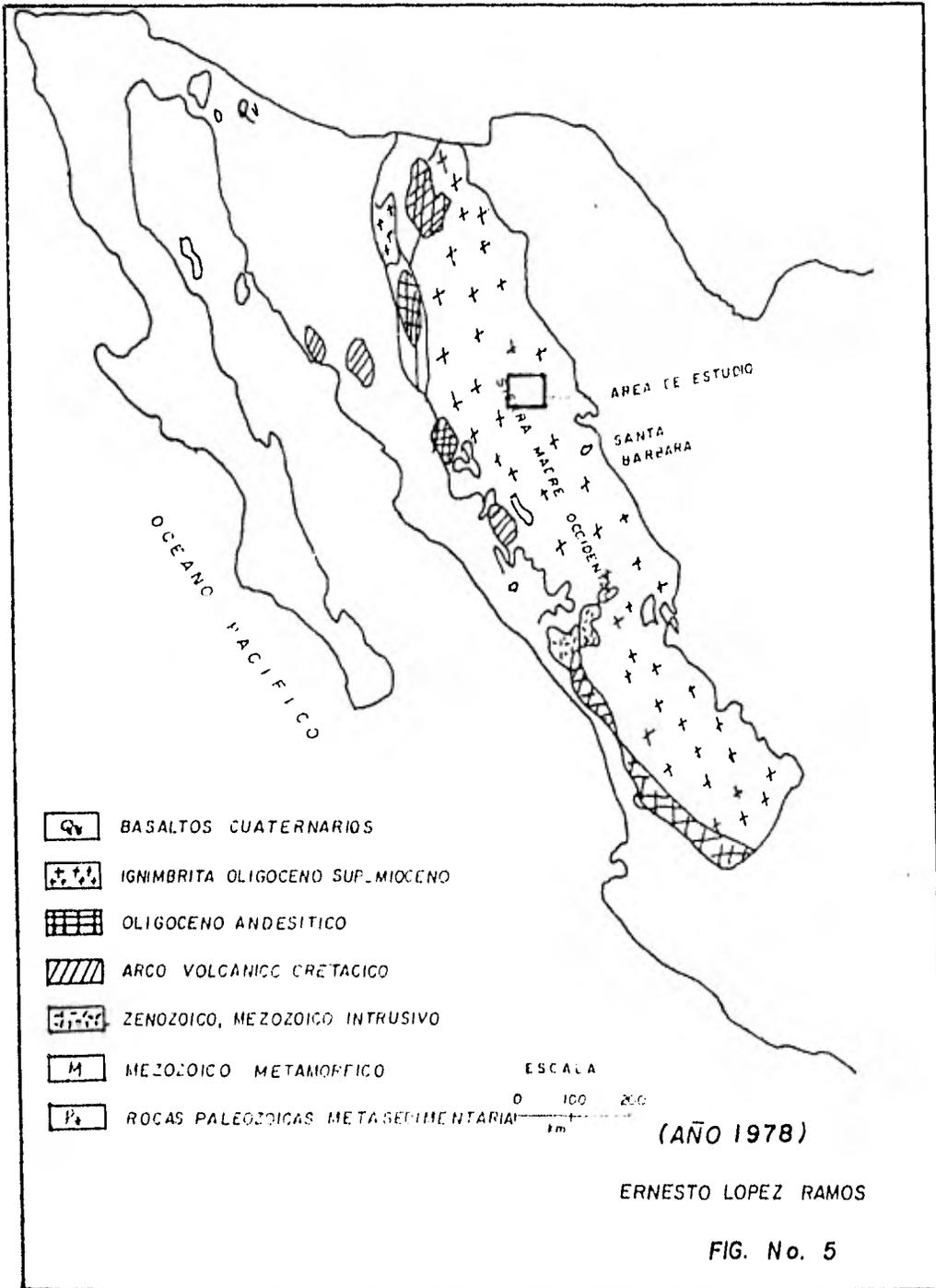
ciario, es decir, la Orogenia Laramide la cual controló todas las estructuras de la región. Se tienen pues fracturas y fallas con rumbo -suroeste-noreste que presentan un buzamiento general de 78° al oeste. Se puede decir que las estructuras propias del Distrito de Baquiriachi seguían el mismo patrón exhibido por la Sierra Madre Occidental, representada en la Fig. No. 4.

Estos movimientos produjeron actividad ígnea plutónica y volcánica, realizándose de esta manera la fase entero-cratónica y tafrogénica, la cual dio origen a las andesitas, tobas riolíticas de origen intermedio y ácido, con diques dioríticos que intrusieron a las rocas anteriores en la época terciaria, dando una morfología irregular.

Terciario: Según (E. López Ramos,
Formación Sierra Madre Occidental

Los depósitos terciarios de la Sierra Madre Occidental existen en dos grupos principales: El inferior de origen volcánico y que data del Terciario Medio, descansa discordantemente sobre rocas -cretácicas y más antiguas. El superior está formado de material clástico de origen terrígeno o lacustre es del Terciario Superior. (Según Fig. No. 5.

No se tiene información qué sucedió entre principios del Terciario (60 millones de años), hasta los 32 millones de años (Oligoceno-Temprano), ya que el vulcanismo ignimbrítico dominante empezó casi simultáneamente a lo largo de la actual sierra, hace 32 millo-



nes de años, posiblemente debido a cambios acentuados de la interacción de las placas tectónicas. El efecto anterior finalizó de una manera súbita hace más de 23 millones de años en la parte central de la sierra, marcando el fin de la subducción a lo largo del margen occidental del Continente Norteamericano. Estos movimientos del Terciario provocaron mineralización importante de oro y plata en la zona de Chihuahua.

IV. 4. - GEOLOGIA HISTORICA

En el área de Baquiriachi, municipio de Balleza, Chih., existen rocas de tipo intermedio como andesitas, tobas riolíticas de composición ácida y un intrusivo diorítico que atraviesa a las dos unidades anteriores. No existen trabajos que hagan referencia a la evolución geológica de la región, por lo que se hace una integración de datos regionales extrapolándolos a Baquiriachi.

Según (Raisz, 1965), dice que a fines del Cretácico Superior y principios del Terciario (Eoceno) en la localidad estudiada y zonas aledañas, como producto de la Orogenia Laramide, se originaron esfuerzos de rocas formando cadenas montañosas como la Sierra Madre Occidental en partes más abruptas y en otras, suaves. La secuencia de depósito de rocas ígneas en el área fue progresivamente, depositándose primero las rocas andesíticas, en forma de derrames, y -

posteriormente las rocas riolíticas como se observa en el Cerro Cuna del Aguila, Pico del Aguila, Haciendita y San José, donde se encuentran cubiertos de tobas riolíticas que fueron las que se depositaron a fines de los eventos tectónicos .

Debido a los movimientos tectónicos, surgió el dique que intrusionó y afectó a las rocas ígneas extrusivas.

Durante el Eoceno Tardío la zona fue ligeramente plegada, - puesto que en las rocas intermedias (andesitas) se observó un ligero plegamiento estructural dando la secuencia de un anticlinal que posteriormente fue intrusionado.

También en este período las rocas fueron afectadas por fracturas que fueron mineralizadas, o sea la Orogenia Laramide es la importante puesto que desarrolló zonas favorables a la mineralización en vetas y estructuras que se encuentran en toda la Sierra Tarahumara y la Sierra Madre Occidental.

Según López Ramos en 1978, dice que en el período cretácico medio hubo un levantamiento combinado con un plegamiento intenso de rocas paleozoicas y mesozoicas en la región que se conoce ahora como la parte central de la Sierra Madre Occidental, coincidió con un rápido movimiento de la Placa Tectónica Americana hacia el oeste y sobre la placa farallón.

En el Eoceno Tardío-Mioceno se presenta una etapa de es-

fuerzos compresionales que afectan a las rocas profundas del basamento, originando fallas normales que cortan oblicuamente a las estructuras laramídicas. Es cuando ocurren emplazamientos de cuerpos ígneos originando partes de la Sierra Madre Occidental y principalmente las serranías de la localidad estudiada, como se muestra en la Fig. No. 6.

Hacia los inicios del Oligoceno, cesó la subducción de la placa farallón a la vez fueron emplazados los plutones de diorita, granodiorita y andesita como roca intermedia, es cuando se formaron las vetas de oro y plata en la zona de Chihuahua.

La segunda mitad del Cenozoico se caracteriza por la extensión de grandes volcanes de lavas e ignimbritas, riolitas, extensión de plutones de granitos, dioritas, formación de "riolitas estanníferas" y depósitos epitermales de plata.

En la zona de Baquiriachi hubo un último evento sedimentológico que se localiza en la porción central de la Provincia de Chihuahua y éste se efectuó del Pleistoceno al Reciente que corresponde al depósito de gravas, caliche, depósito de terrazas y aluvión que al oeste de Baquiriachi aproximadamente a 20 km, rumbo a Balleza, Chih., se observó un depósito sedimentario formado por conglomerado que se encuentra cubriendo a las rocas ígneas.

EXPLICACION



CUENCAS Y
SIERRAS
AFALLADAS



VULCANISMO



VULCANISMO Y
FALLAS

UNAM
FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL
MAPA TECTONICO DEL TERCIARIO MEDIO SUPERIOR OESTE DE AMERICA DEL NORTE
BENITEZ PABLO Z.
FECHA. MAR 30 1982.

FIG. NO. 6
SEGUN (MASHALL KAY)
ESC. 1:10,000,000
(AÑO 1965)

V YACIMIENTOS MINERALES

En el área explorada se localiza el fundo minero en el que se realizó un estudio geológico minero a nivel superficial e interior de la Mina San José, La Piña, El Tajo y El Realito.

En cada una de estas minas se realizaron observaciones megascópicas para establecer la clasificación de las rocas y encuadrar al depósito dentro de las clasificaciones tradicionales de yacimientos minerales.

Se estudió a semidetalle el tipo de: A) Texturas, B) Estructuras, C) Mineralogía, D) Descripción de Vetas, E) Alteraciones y se levantó un muestreo lo más cerrado posible. Con estos datos se trato de establecer el F) Origen del yacimiento, G) Una evaluación preliminar en base a los análisis químicos realizando un H) Cálculo de tonelaje estimado y haciendo un I) Proyecto de realización de obras.

A) TEXTURAS

La textura es una característica importante que se analizó en la mina principal de cada veta que se encontró en el Fundo Minero de Baquiriachi.

La principal textura observada en las vetas es de tipo alotriomórfico, combinada con un desarrollo hipidiomórfico de los minerales económicamente importantes, por ejemplo galena. En forma ge

neral se observó que el emplazamiento de otras vetas, fue por medio de relleno de cavidades y la mineralización se presenta en textura de crustificación (en la Mina El Realito y La Piña), constituida por bandas alternantes de diferentes óxidos de manganeso. Con rellenos más completos (Mina El Realito), crecen drusas constituidas principalmente de cuarzo.

B) ESTRUCTURAS

Como se ha mencionado anteriormente, la principal estructura emplazada en el distrito minero estudiado, es en forma de vetas que presentan orientaciones paralelas suroeste-noreste, éstas a su vez son paralelas a la orientación de las principales serranías. Sin embargo, fuera del fundo estudiado se presentan otras estructuras filonianas con la orientación diferente.

En general se puede decir que la mineralización económica importante sigue el patrón establecido en el primer término. Estas estructuras tienen espesor variable de 0.50 a 1.00 m; se observó que las vetas que poseían espesores mayores, tenían las mineralizaciones más importantes por ejemplo la Mina San José.

Por otro lado, no se encuentran estructuras además de las mencionadas que presentan mineralización. Existe una falla en la Mina El Realito que aparentemente no tienen relación con la mineraliza-

ción. Esta última se encuentra tanto diseminada en las vetas como en bolsas

C) MINERALOGIA

La mineralogía encontrada en las vetas del Distrito Minero de Baquiriachi, se divide en dos grupos: un grupo está constituido por mineralización que pudiera tener rendimiento económico como argentita y galena principalmente.

Por otro lado, existe mineralización de ganga como barita, pirolusita, psilomelano y pirita, siendo el cuarzo el más prominente de la mineralización.

También se observan minerales producto de alteración epigenética, tales como clorita, hematita y minerales arcillosos, sericita. En algunos lugares hay mayor proporción de estos minerales por ejemplo se encuentran concentraciones de barita en El Tajo y San José. La pirolusita presenta mayores concentraciones en la Mina El Realito.

En general, los minerales formadores de la veta se presentan diseminados con sus caras anedrales y esporádicamente subedrales y con tamaños variables de 0,02 a 0,5 mm.

Otro tipo de mineralización además de las especies de cobre (malaquita y cuprita), no existen en la zona estudiada, pero sí al nor

este de la Mina La Piña. La mina que cuenta con minerales cupríferos es la Mina San Pedro.

Aunque los minerales de alteración se encuentran en todas las vetas, la hematita, clorita y minerales arcillosos son más comunes en la Mina El Realito y San José.

D) DESCRIPCION DE VETAS

En este inciso se hace la anotación de las dimensiones, - rumbo, echado o buzamiento, espesor de cada veta que corresponde a cada mina como San José, El Realito, La Piña y El Tajo.

MINA SAN JOSE. - La veta de esta mina se ubica al nor-este de la mojonera de la mina, orientada con rumbo suroeste-noreste 15° , con echado de 80° , buzando hacia el oeste con espesor promedio de 0.50 a 0.80 m, cuenta con una longitud de 200 a 600 metros. Superficialmente, en partes se localizó en crestones y también se encontró en algunas zanjas que se hicieron perpendicularmente a ella. Como ya se mencionó en las páginas anteriores a este capítulo, esta veta está cubierta de suelo vegetal, por lo tanto en el plano geológico - se conserva inferida.

Esta veta se encuentra constituida con minerales de plata y plomo como argentita y galena. También cuenta con minerales de ganga como barita, clorita y minerales arcillosos.

MINA EL REALITO. - La veta de la Mina El Realito tiene un rumbo suroeste-noreste 40° , con echado de 72° , buzando al este, con espesor promedio de 50 a 85 m y se localizó en superficie a lo largo de 360 m por medio del zanjeo efectuado y - crestones y en partes cubierta por suelo vegetal.

La mena de la Veta el Realito se encuentra constituída con minerales de plata y plomo como argentita y galena. También cuenta con minerales que no son de rendimiento económico o considerados como ganga, pirolusita, psilomelano y barita. - Esta mina cuenta con obra minera antigua desarrollada por pequeñas minas de tipo gambusino.

MINA LA PIÑA. - Se localiza al noreste de la mojonera San José aproximadamente a 4 km y su veta tiene un rumbo suroeste-noreste 10° , con echado de 80° , buzando al oeste, con espesor de 50 a 80 m y cuenta con una longitud de 400 m que se localizó por medio de un zanjeo superficial. La mena de la Veta La Piña cuenta con minerales de plata y plomo, así como minerales de ganga como barita y clorita.

MINA EL TAJO. - Esta mina se localiza al norte de la - Mina San José partiendo de la mojonera de la misma.

De acuerdo al estudio geológico realizado, se dice que -

la Veta San José es la misma que llega al tajo, puesto que lleva el mismo rumbo y buzamiento. En ambos casos la mineralogía es la misma; es de notar que la veta se pierde en superficie entre el tajo y la Mina San José, pero por los datos de campo, se estimó como continuación una de otra.

La Veta El Tajo tiene un rumbo suroeste-noreste 10° , con echado de 85° , buzando al oeste y con espesor de 0.50 a 1.00 m y tiene una longitud de 400 m que se localizó superficialmente.

Estas cuatro vetas se presentan en forma homogénea o -paralela, conservan el rumbo y buzamiento, además localizándose entre ellas pequeños hilos mineralizados con espesor de 10 a 20 cm.

E) ALTERACIONES

Caolinización. - Es la alteración principal que se encuentra en rocas graníticas y acompañada de la silicificación altera a rocas volcánicas dando la formación del caolín o minerales arcillosos.

En la zona de estudio resulta como el producto de la alteración de feldspatos o plagioclasas en la andesita y tobas riolíticas. También se forma por la alteración de las rocas encajonantes cercanas a las paredes de las vetas en los yacimientos hidrotermales.

Cloritización. - Es la alteración abundante que se origina en la zona de estudio, dando la formación de rocas con clorita y cuarzo parcialmente. Los fluidos hidrotermales ascienden en partes fracturadas donde la actividad ígnea junto con sus fluidos alteran a la roca formando zonas definidas de alteración en la Mina El Realito y San José.

La clorita es el mineral común, formada usualmente por las alteraciones de piroxenos y anfíbolos por las soluciones hidrotermales. Como guía, la cloritización resulta buena, ya que se encuentra cerca de las vetas en la roca encajonante, observándose en superficie en la Sierra San José y también rellenando pequeñas fracturas en roca riolítica, así como en las tobas riolíticas.

Oxidación. - Este tipo de alteración puede llevarse a cabo de dos maneras, una de tipo supergénico que alterará a la roca superficialmente y otro de tipo hidrotermal que afectará a dichas rocas de una manera más profunda.

En la zona de estudio, la oxidación más predominante es la del primer tipo y se observó tanto en superficie en forma de óxidos de manganeso como en la estructura de la Mina El Realito (aproximadamente un 20% de la veta está constituida de óxidos de manganeso). También se vio oxidación de fierro la cual se presentó con menor frecuencia en el interior de la mina en zonas de fracturas y

diacclasas. Así mismo en superficie también existían oxidaciones de fierro, las cuales imprimían un color rojizo a las zonas afectadas por esta alteración. Los minerales encontrados en ambos casos fueron pirolusita, psilomelano, hematita, limonita.

F) ORIGEN DEL YACIMIENTO

Para establecer la génesis de los yacimientos encontrados en el área de Baquiriachi, se utilizaron las características litológicas texturales, estructurales, mineralógicas y tipo de alteración existentes en el área. Con los datos mencionados se llegó a las siguientes conclusiones:

1o. - El yacimiento situado en la Mina San José está emplazando en rocas intrusivas de tipo intermedio, dioritas, así como rocas piroclásticas ácidas (tobas riolíticas). Presenta mineralización de plata y plomo, argentita, galena respectivamente. En ambos casos la mineralización es de tipo filoniano diseminada dentro de las mismas vetas. Así mismo se presenta crustificación.

2o. - El yacimiento localizado en el Lote Minero La Piña está emplazado principalmente en rocas volcánicas ácidas (tobas riolíticas). También presenta mineralización de plata y plomo, argentita, galena respectivamente, diseminada en las vetas que atravie-

san las rocas riolíticas.

3o. - El yacimiento se encuentra en el Lote El Tajo, presenta las mismas características que las de la Mina La Piña; en este depósito se encuentra barita en forma más o menos abundante.

4o. - El yacimiento encontrado en la Mina El Realito presenta también la misma situación que la Mina La Piña con la característica que es más abundante la presencia de pirolusita y psilomelano, así como barita.

5o. - En todos los casos la mineralización se encuentra con relleno de cavidades con minerales de plata y plomo como argentita y galena.

6o. - En lo que respecta a las alteraciones, se observa con mayor claridad en el Lote Minero El Realito. En este caso se presenta una zona bien definida de caolinización. Un poco menos definida se presenta la cloritización en las rocas dioríticas y tobas riolíticas.

De acuerdo con Lindgren y con lo antes expuesto, es probable que el distrito minero pertenezca al grupo de yacimientos hidrotermales específicamente al tipo mesotermal, aunque se presenten evidencias de yacimientos epitermales como es la caolinización. - Por otro lado, también es posible pensar que la mineralización sea

producto de procesos volcanogénicos, ya que existen manifestaciones de minerales que aparentemente no tienen relación con algún tipo de intrusivo.

G) EVALUACION (ANALISIS QUIMICO)

La evaluación de las 4 minas como la de San José, La Piña, El Realito y El Tajo, se obtuvo mediante un muestreo superficial e interior de mina sobre la estructura mineralizada, con el fin de conocer los valores o leyes a lo largo de cada mina.

La muestra colectada se demolió y se cuarteó obteniendo una muestra tipo que fue mandada al laboratorio de química en Hidalgo del Parral, Chih., para analizar el contenido de plata (Ag) y plomo (Pb) en gr/ton y ‰ respectivamente de ambos elementos.

Estos resultados se encuentran en páginas adelante, - también en los planos y secciones geológicas de cada mina.

Una vez obtenida la ley de plata y plomo se hace una evaluación para obtener la ley media del mineral, la cual puede determinar si la mina es favorable para ser económicamente explotable en su primera etapa de trabajo.

Para el cálculo de tonelaje se utilizó la siguiente fórmula:

$$L \times A \times E \times S = \text{Tonelaje}$$

L = Largo

A = Ancho

E = Espesor de la veta

S = Peso específico del mineral

La fórmula fue utilizada de acuerdo a las figuras geométricas observadas en sección longitudinal, sobresalientes en la estructura mineralizada de la Mina San José, puesto que para la Mina El Realito, la Piña y El Tajo el muestreo no fue suficiente para realizar un cálculo de tonelaje.

Las figuras más sobresalientes fueron cuadrados y rectángulos. También se presentaron algunos triángulos y prismas que de acuerdo a su fórmula se hizo el cálculo de tonelaje.

Posteriormente se utilizó la siguiente fórmula para el cálculo de ley media del mineral.

$$L_m = \frac{\sum(L \times Esp)}{(Esp)}$$

L_m = Ley Media

\sum = Sumatoria

E = Espesor

L = Ley del Mineral

H) CALCULO DE TONELAJE EN LA MINA SAN JOSE

Se calcularon 2 tipos de tonelaje: Probables, para cuando se conocen 2 ó 3 caras y posibles cuando se conoce una cara del cuerpo mineralizado, obteniéndose los siguientes resultados:

El orden de análisis de cada estructura mineralizada fue como sigue:

- 1) MINA SAN JOSE
- 2) MINA LA PIÑA
- 3) MINA EL TAJO
- 4) MINA EL REALITO

1) Mina San José. - Para esta mina se dividió el trabajo - en dos etapas, debido al muestreo realizado en la parte norte del pozo que se encuentra aproximadamente a 100 m del Arroyo San José y otro en la parte sur rumbo a la Mojonera San José a Baquiriachi.

Para la primera etapa que es la parte sur, se estableció un tonelaje con carácter probable ya que se muestrearon 2 caras del cuerpo mineralizado y por falta de datos de muestreo se hizo un cálculo de tonelaje probable y posible; para la parte norte rumbo a la Mina El Tajo se realizó el mismo tipo de cálculo, puesto que únicamente - se conoció un cuerpo superficial con bajos valores del cuerpo mineralizado. Los resultados obtenidos se presentan en las siguientes tablas:

RELACION DE MUESTREO EN LA PRIMERA ETAPA DE LA MINA SAN JOSE

No. Muestra	ESPESOR	LEY Ag gr/ton	LEY Pb%	ESP. x LEY Ag	ESP. x LEY Pb
M-14	0.40	116	0.90	46.40	0.360
M-15	1.95	229	1.80	446.55	3.51
M-20	0.90	68	1.10	61.20	0.99
M-41	0.50	107	6.90	53.50	3.450
M-43	0.90	14	0.40	12.60	0.36
M-44	0.70	45	1.40	31.50	0.98
M-45	0.90	17	0.50	15.30	0.45
M-46	1.20	15	0.70	18.00	0.84
M-47A	0.40	31	0.70	12.40	0.28
M-47B	0.50	12	0.60	6.0	0.30
M-48	0.60	43	0.60	25.80	0.36
M-49	0.30	28	0.60	8.40	0.18
M-50	0.45	20	0.70	9.0	0.315
M-51	0.65	44	0.70	28.60	0.455
M-52	0.30	164	0.90	49.20	0.27
M-65	0.45	196	0.50	88.20	0.225
M-66	0.25	21	0.40	5.25	0.10
M-67	0.70	117	0.60	81.90	0.42
M-68	0.50	152	0.35	71.0	0.175
M-69	0.60	189	0.50	113.40	0.30
M-70	0.50	427	0.45	213.50	0.225
M-71	0.45	164	0.40	73.80	0.18
M-72	0.40	209	0.60	83.60	0.24
M-73	0.35	95	0.35	33.25	0.122
M-74	0.30	278	0.60	83.40	0.18
= 15.15				= 1,671.75	= 15.26

SAN JOSE B-B'

Tonelaje Probable	Lm Ag gr/ton	Lm Pb%
2,970	118.22	.47
Tonelaje Posible		
5,065	118.22	147

RELACION DE MUESTREO EN LA SEGUNDA ETAPA DE LA MINA
SAN JOSE

No. Muestra	Espesor	Lm Ag	Lm Pb%	Esp. x Ley Ag	Esp. x Ley Pb
M-1	0.70	96	1.0	67.20	0.70
M-3	0.73	220	0.60	160.60	0.43
M-4	0.93	90	1.20	83.70	1.11
M-5	1.0	68	1.90	68.0	1.90
M-7	1.50	85	0.50	42.50	0.25
M-13	0.50	85	0.60	21.25	0.15
M-17	0.25	75	7.90	18.75	1.97
M-25	0.25	101	15.10	20.20	3.02
M-31	0.20	77	0.80	61.60	0.64
M-40	0.80	75	7.70	30.0	3.08
	0.40				
	= 5.76			= 573.80	= 13.25

Tonelaje Probable	Lm Ag gr/ton	Lm Pb%
4,280	124.24	2.34
Tonelaje Posible		
6,550	125.45	2.29

2) Mina La Piña. - Para esta mina no se hizo cálculo de tonelaje por no tener los datos suficientes del muestreo, puesto que en su mayoría resultaron con bajos valores los cuales 4 son representativos, 3 superficiales y 1 de interior de mina. Con estos datos sería aventurado tratar de establecer un tonelaje de mineral. Se presentan a continuación los resultados químicos y cabe aclarar que se enviaron más muestras a analizar al laboratorio, pero resultaron con valores demasiado

bajos.

No. muestra	ESPESOR	LEY Ag gr/ton	LEY Pb%
M-7	0.93	139	0.61
M-8	0.50	126	0.57
M-11	0.46	130	0.45
M-70	1.00	82	0.35

3) Mina El Tajo. - En esta mina no se realizó cálculo de tonelaje debido a los bajos valores obtenidos en el muestreo y además no cuenta con obra antigua, la cual se muestreó únicamente una cara de la estructura mineralizada en superficie ya que solamente se plasman resultados de 15 muestras con valores no representativos como para que sea una mina económicamente explotable.

No. Muestra	Espesor	Ley Ag gr/ton	Ley Pb	Esp. x Ley Ag	Es. x Ley Pb
M-1	0.40	86	0.80	34.40	0.32
M-2a	0.50	12	0.70	6.0	0.35
M-2b	0.40	4	0.50	1.60	0.20
M-3a	0.20	6	0.70	1.20	0.14
M-3b	0.20	87	0.60	17.40	0.12
M-4	0.50	10	2.60	5.0	1.30
M-5a	0.45	18	0.70	8.1	0.31
M-5b	0.50	65	1.13	32.50	0.56
M-5c	0.35	6	0.60	2.10	0.21
M-6	0.45	8	0.90	3.60	0.40
M-7	0.28	4	0.70	1.12	0.19
M-8	0.50	4	0.70	2.0	0.35
M-9a	0.55	12	0.70	6.60	0.38
M-9b	0.30	104	0.60	31.20	0.18
M-10	0.60	9	0.70	5.40	0.42
	<u>6.18</u>			<u>158.22</u>	<u>5.45</u>

4) Mina El Realito.- En esta mina resultaron 2 muestras con leyes más o menos sobresalientes a las demás y como en casos anteriores, hubo un muestreo más amplio que prácticamente tenía resultados negativos. Las dos muestras significativas se muestran con los siguientes resultados a continuación:

No. Muestra	Espesor	Ley Ag gr/ton	Ley Pb%
M-4	0.46	53	1.10
M-4A	0.64	50	0.70

Por lo visto anteriormente, se llega a la conclusión de que no es posible obtener un cálculo de tonelaje más o menos real, sin embargo, con lo que se observó se infiere que existe una mineralización que con estudios más profundos se determinará si es económica, así como se obtendrá el tonelaje real de estos fondos.

1) PROYECTO DE REALIZACION DE OBRAS EN 1a, ETAPA

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio geológico efectuado en los Fondos Mineros San José y La Piña que se encuentran en la zona de Baquiriachi, se elaboró un programa de trabajo para desarrollar obras mineras en su primera etapa.

En la Mina San José se plantearon las siguientes obras de ex-

ploración: Desarrollo de un tiro de 60 m de profundidad, con una frente de 72 m de longitud con cuele de 2 x 3 m y posteriormente se realizará un contrapozo de 45 m, ambas obras se harán a rumbo de veta. La primera obra tiene como objeto llegar a profundidad para conocer si existe continuación de los valores superficiales y así mismo, aprovechar como base del desarrollo de la mina para exploración del mineral. Por otro lado, el contrapozo tiene como objeto llegar a superficie y tener obra de ventilación de la mina.

Para la Mina La Piña, sobre el socavón principal antiguo, se propuso continuar el desarrollo de obra minera con 75 m de longitud con cuele de 2 x 2 m para llegar a un tiro adecuado y después hacer un contrapozo de 62 m para tener comunicación con la superficie y continuar con un socavón de 200 m hasta salir a la superficie para llegar a la estructura principal.

Las obras programadas se encuentran indicadas en las secciones longitudinales de cada mina, sumando los metros de obra a desarrollar en la Mina San José, da la cantidad de 177 m y la Mina La Piña suman la cantidad de 187 m que se realizarán en la primera etapa de trabajo.

VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A) CONCLUSIONES

1o. - La zona estudiada se encuentra en la provincia de la Sierra Madre Occidental, en la subprovincia de la Sierra Tarahumara.

2o. - Unicamente existen 3 unidades litológicas en la zona de estudio, de la más antigua a la más joven, andesitas, tobas riolíticas y dioritas.

3o. - Correlación estratigráfica, se supone que con otras localidades son del Terciario (Mioceno-Plioceno).

4o. - El sitio estudiado cuenta con manifestación de mineralización de tipo económico (galena y argentita).

5o. - El tipo de yacimiento mineral fue determinado como hidrotermal.

6o. - Existen obras mineras antiguas desarrolladas a rumbo de las estructuras, las cuales tienen un rumbo suroeste-noreste paralelo al emplazamiento mineral de toda la provincia fisiográfica.

7o. - Se encontraron minerales de ganga como piritita, pirolusita, psilomelano, clorita, hematita y minerales arcillosos en la zona estudiada.

8o. - Los valores obtenidos a partir de las vetas no son representativos de una mineralización explotable económicamente, sin embargo, con estudios más profundos es posible hacer económica esa mineralización.

B) RECOMENDACIONES

1o. - Realizar un estudio regional y encuadrar desde el punto de vista morfológico y genético al yacimiento de Baquiriachi dentro de una provincia metalogenética específica. De esta manera se podrán descubrir nuevos yacimientos que pudieran favorecer la instalación de una planta de beneficio, con lo cual se haría más económica la extracción del mineral localizado.

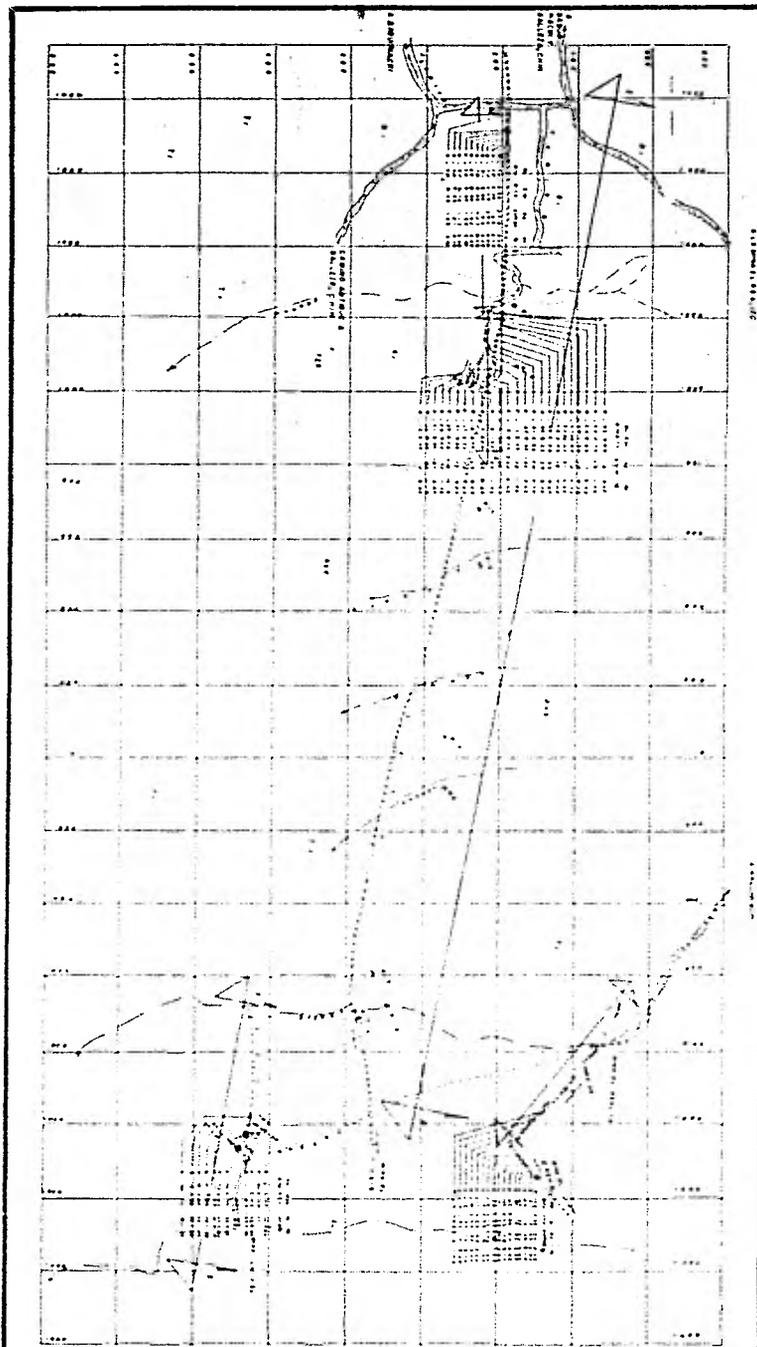
2o. - A la vez, se propone hacer un estudio geohidrológico para conocer las posibilidades de instalación cercana de la planta de beneficio antes propuesta.

3o. - Para poder determinar la forma y génesis del yacimiento mineral localizado en Baquiriachi, es necesario que se complementen los estudios realizados en este trabajo, con estudios geoquímicos y geofísicos para poder llegar a conclusiones definitivas.

4o. - En caso de que resulten positivos los resultados obtenidos en la 1a. recomendación, se propone realizar un programa de barrenación, principalmente en la Mina San José para obtener resultados a profundidad y aprovechar las obras propuestas para establecer una cuantificación de mineral.

BIBLIOGRAFIA

- AGUILERA, José Guadalupe Geología de México
- BLECTTERBUCK, Donald B. Tectónica de Chihuahua
- CEPEDA, Leovigildo Apuntes de Yacimientos Minerales
- HERNANDEZ, M. J.F., 1973 Estudio Geológico del Distrito Minero de Plomosas, Chih., Tesis Profesional ESIA-IPN.
- HUANG, Petrología
- LOPEZ, R. Ernesto Geología de México, Torno II
- LOPEZ, R. Ernesto, 1967 Excursión Geológica del Estado de Chihuahua, Comité de la Carta Geológica de la República Mexicana. Instituto de Geología. UNAM., Esc. 1:500 000 (2a. Edición)
- ORDOÑEZ, E., 1942 Las Provincias Fisiográficas de México. Revista de Geografía del Instituto Panamericano.
- ORDOÑEZ, Ezequiel, 1857-1950 Principales Provincias Geográficas y Geológicas de la República Mexicana. México, 1946.
- PARK, Yacimientos Minerales y Depósitos de Oro
- TAMAYO, Jorge L. Geografía General de México. México, 1912.



EXPLANATION

1. ...

2. ...

3. ...

4. ...

5. ...

6. ...

7. ...

8. ...

9. ...

10. ...

11. ...

12. ...

13. ...

14. ...

15. ...

16. ...

17. ...

18. ...

19. ...

20. ...

21. ...

22. ...

23. ...

24. ...

25. ...

26. ...

27. ...

28. ...

29. ...

30. ...

31. ...

32. ...

33. ...

34. ...

35. ...

36. ...

37. ...

38. ...

39. ...

40. ...

41. ...

42. ...

43. ...

44. ...

45. ...

46. ...

47. ...

48. ...

49. ...

50. ...

51. ...

52. ...

53. ...

54. ...

55. ...

56. ...

57. ...

58. ...

59. ...

60. ...

61. ...

62. ...

63. ...

64. ...

65. ...

66. ...

67. ...

68. ...

69. ...

70. ...

71. ...

72. ...

73. ...

74. ...

75. ...

76. ...

77. ...

78. ...

79. ...

80. ...

81. ...

82. ...

83. ...

84. ...

85. ...

86. ...

87. ...

88. ...

89. ...

90. ...

91. ...

92. ...

93. ...

94. ...

95. ...

96. ...

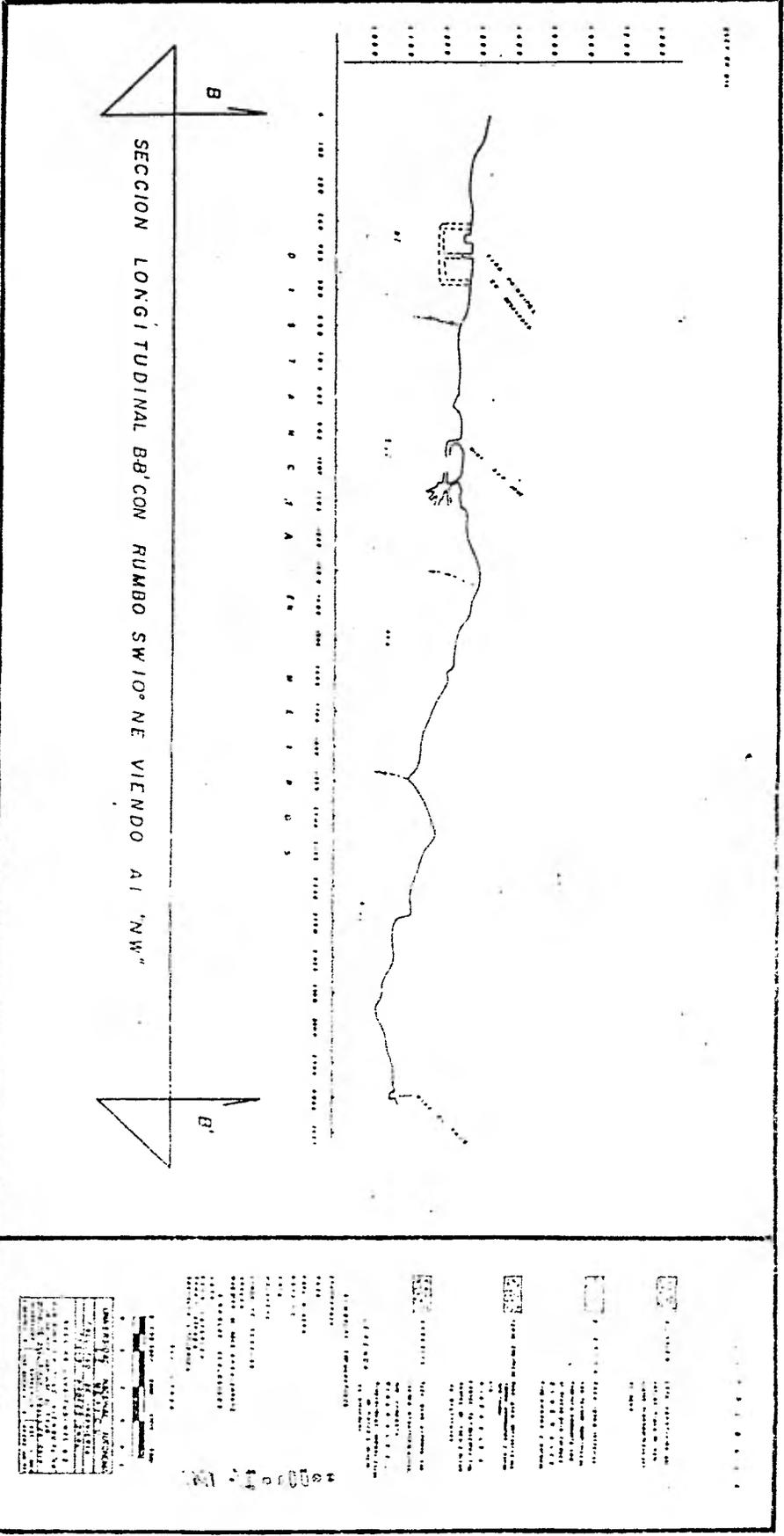
97. ...

98. ...

99. ...

100. ...

21



ESTACION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
ALTIMETRIA																										
ANCHO DE CAJON																										
ANCHO DE CAJON EN LA CRESTA																										
ANCHO DE CAJON EN LA BASE																										
ANCHO DE CAJON EN LA CRESTA EN LA CRESTA																										
ANCHO DE CAJON EN LA BASE EN LA BASE																										

ESTACIONES DE LA SECCION

1. EN LA CRESTA DEL CAJON

2. EN LA CRESTA DEL CAJON

3. EN LA CRESTA DEL CAJON

4. EN LA CRESTA DEL CAJON

5. EN LA CRESTA DEL CAJON

6. EN LA CRESTA DEL CAJON

7. EN LA CRESTA DEL CAJON

8. EN LA CRESTA DEL CAJON

9. EN LA CRESTA DEL CAJON

10. EN LA CRESTA DEL CAJON

11. EN LA CRESTA DEL CAJON

12. EN LA CRESTA DEL CAJON

13. EN LA CRESTA DEL CAJON

14. EN LA CRESTA DEL CAJON

15. EN LA CRESTA DEL CAJON

16. EN LA CRESTA DEL CAJON

17. EN LA CRESTA DEL CAJON

18. EN LA CRESTA DEL CAJON

19. EN LA CRESTA DEL CAJON

20. EN LA CRESTA DEL CAJON

21. EN LA CRESTA DEL CAJON

22. EN LA CRESTA DEL CAJON

23. EN LA CRESTA DEL CAJON

24. EN LA CRESTA DEL CAJON

25. EN LA CRESTA DEL CAJON

ANCHO DE CAJON EN LA CRESTA

ANCHO DE CAJON EN LA BASE

ANCHO DE CAJON EN LA CRESTA EN LA CRESTA

ANCHO DE CAJON EN LA BASE EN LA BASE

ANCHO DE CAJON EN LA CRESTA EN LA CRESTA

ANCHO DE CAJON EN LA BASE EN LA BASE

ANCHO DE CAJON EN LA CRESTA EN LA CRESTA

ANCHO DE CAJON EN LA BASE EN LA BASE

ANCHO DE CAJON EN LA CRESTA EN LA CRESTA

ANCHO DE CAJON EN LA BASE EN LA BASE

ANCHO DE CAJON EN LA CRESTA EN LA CRESTA

ANCHO DE CAJON EN LA BASE EN LA BASE

ANCHO DE CAJON EN LA CRESTA EN LA CRESTA

ANCHO DE CAJON EN LA BASE EN LA BASE

ANCHO DE CAJON EN LA CRESTA EN LA CRESTA

ANCHO DE CAJON EN LA BASE EN LA BASE

ANCHO DE CAJON EN LA CRESTA EN LA CRESTA

ANCHO DE CAJON EN LA BASE EN LA BASE

ANCHO DE CAJON EN LA CRESTA EN LA CRESTA

ANCHO DE CAJON EN LA BASE EN LA BASE

ANCHO DE CAJON EN LA CRESTA EN LA CRESTA

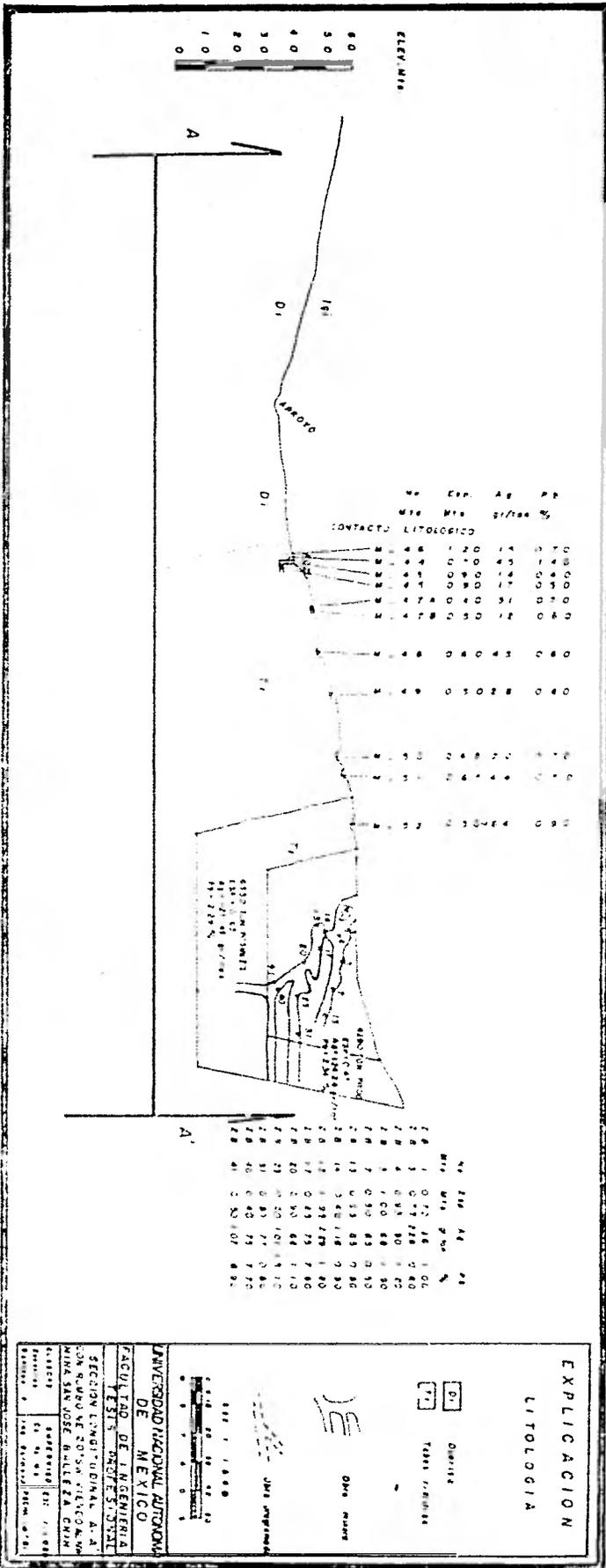
ANCHO DE CAJON EN LA BASE EN LA BASE

ANCHO DE CAJON EN LA CRESTA EN LA CRESTA

ANCHO DE CAJON EN LA BASE EN LA BASE

ANCHO DE CAJON EN LA CRESTA EN LA CRESTA

ANCHO DE CAJON EN LA BASE EN LA BASE



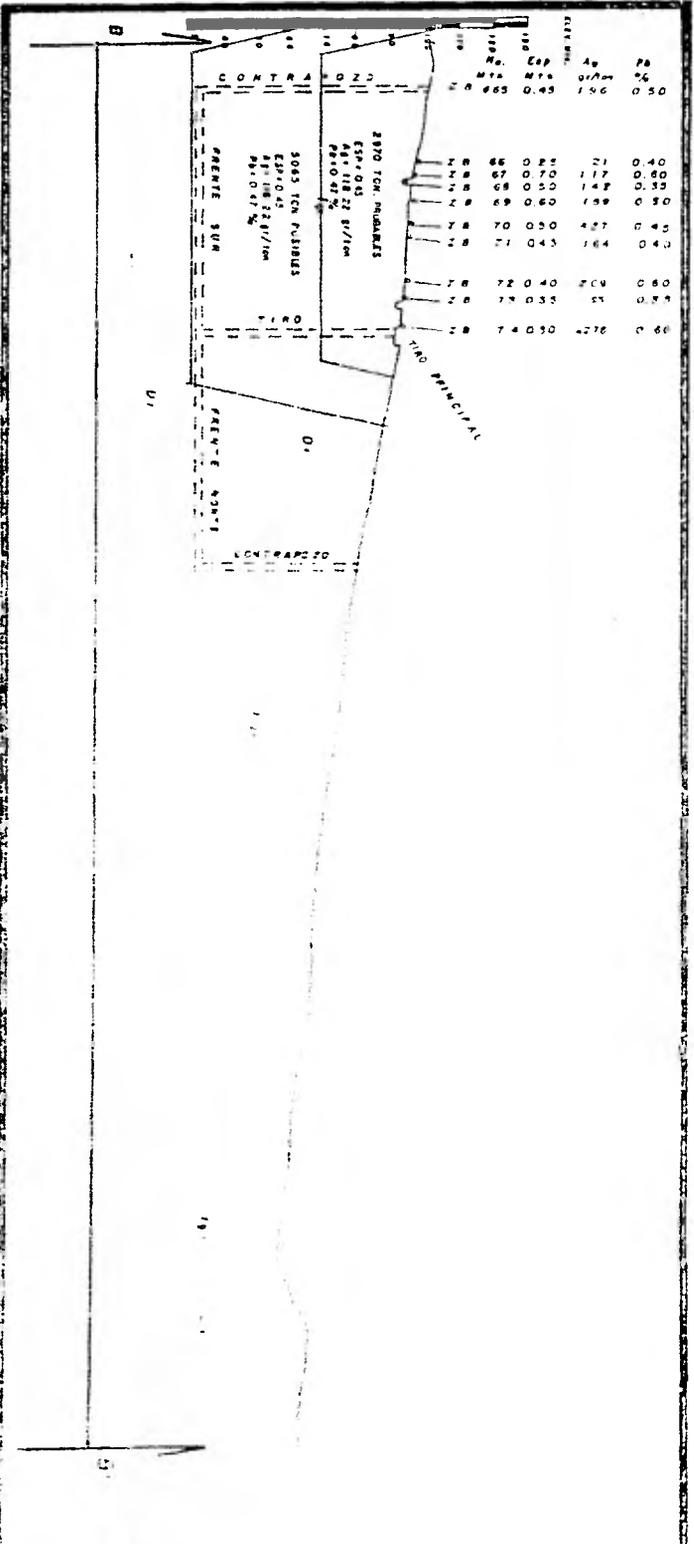
EXPLICACION LITOLOGICA

D1. Densidad
 T1. Tendencia

ARENOSAS
 ARCILLAS

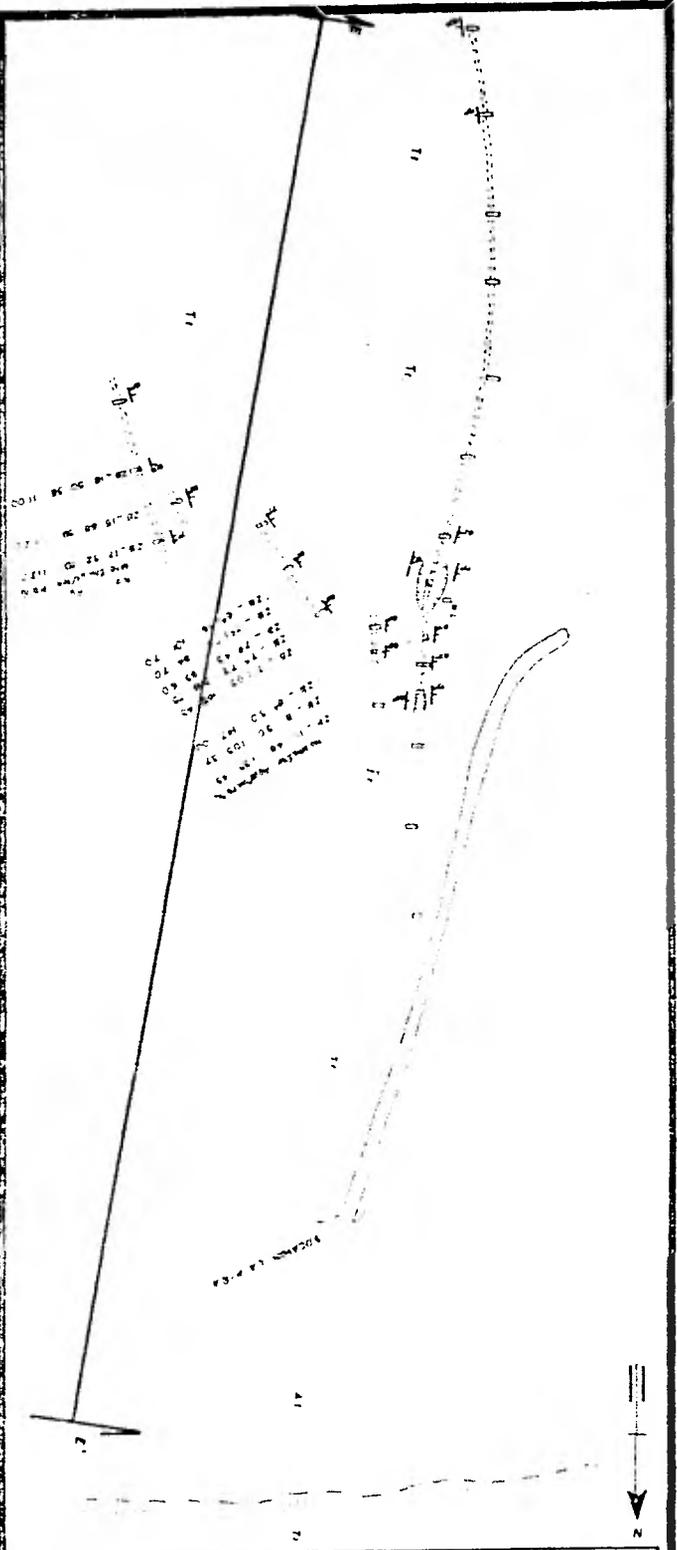
1:1000
 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESTADISTICA Y GEOLOGIA
 SECCION LINGUISTICA A.A.
 CARRETERA FEDERAL AEREA
 MINA SAN JOSE BULEVA CHINA
 OBSERVACIONES: 1/1000
 ESCALA: 1:1000
 FECHA: 1950



LITOLOGIA		EXPLICACION	
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES GEOLÓGICAS Y MINERARIAS
 DIVISION DE INVESTIGACIONES GEOLÓGICAS
 LABORATORIO DE GEOLÓGIA ESTRUCTURAL
 AV. INSTITUTO 1656, CIUDAD DE MÉXICO, D.F.
 TELÉFONO: 562 4000
 FAX: 562 4000



EXPLICACION
LITOLOGIA

41 Arenas
 72 Toba Hormes

SIMBOLOS GEOLÓGICOS

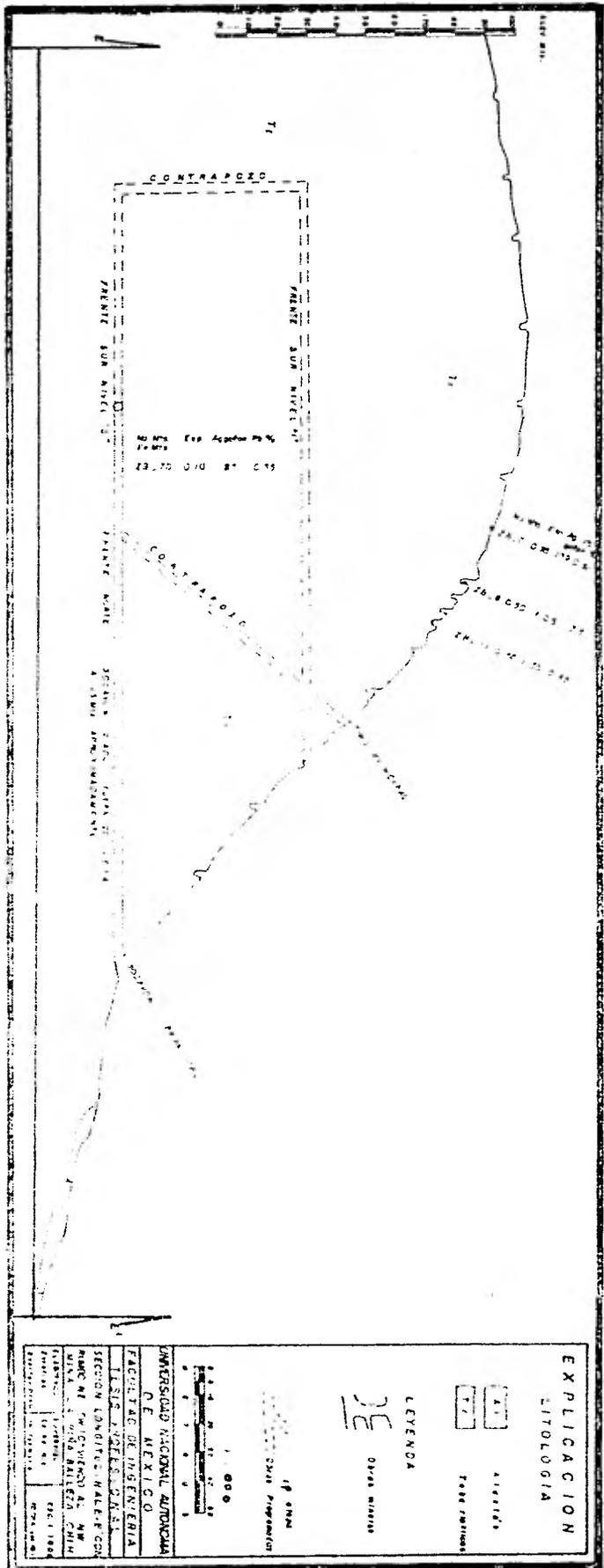
Veta: [Symbol]
 Veta: [Symbol]
 Abasto: [Symbol]
 Cortado: [Symbol]

SIMBOLOS TOPOGRÁFICOS

Tiro: [Symbol]
 Sistema: [Symbol]
 Río: [Symbol]
 Camino: [Symbol]
 Límite de sección: [Symbol]

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 INSTITUTO PROFESIONAL
 PLANO TECNICO DE SUELOS
 CON DISEÑO A NIVEL M.A.

Escala: 1:500
 Fecha: 15/05/2018
 Autor: [Name]



EXPLICACION
LITOLOGICA

- ▲▲▲▲▲ Aterridos
- Fajas margosas

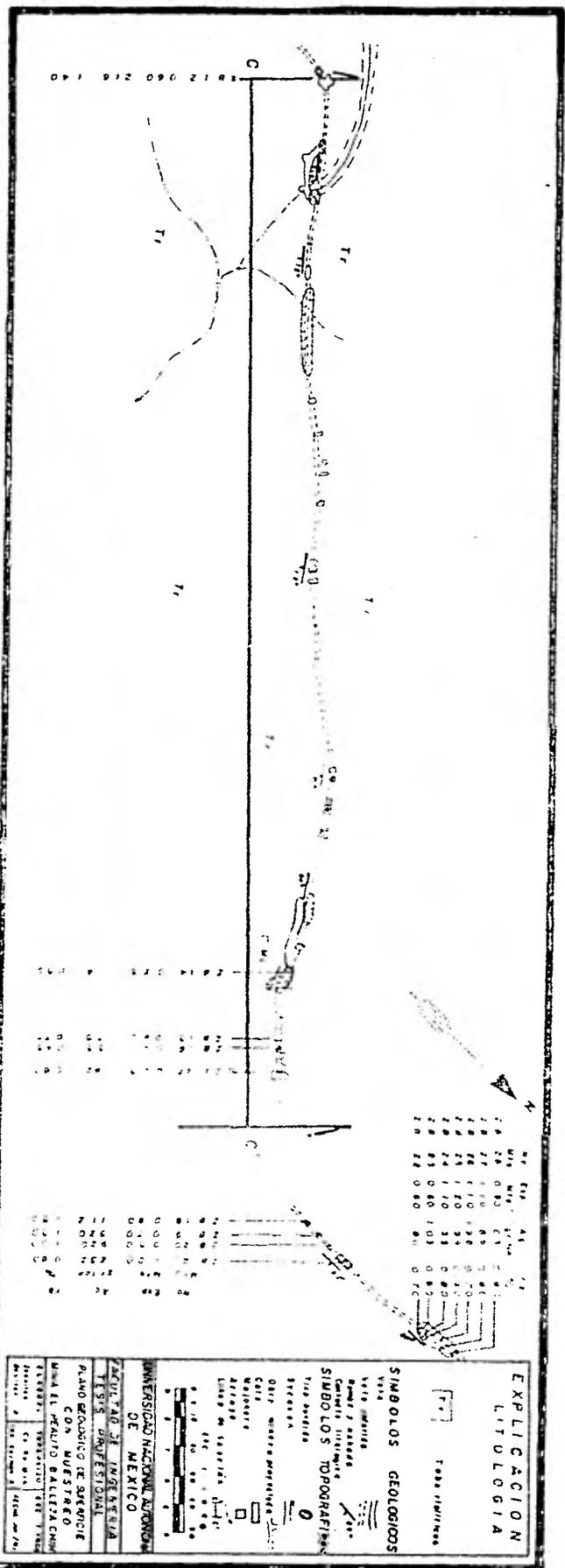
LEYENDA

3E OJOS NEGROS

1:50,000
Dpto. Ingenieros

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
LISTA AEROFOTOGRAFICA

SECCION CONDOTTENIALE-FCX
MARCAS (P.O. BOX) DE AM
CALLE 1000, BILBAO, CHIA
MEXICO
1950
CEN-1004
ESTADOS UNIDOS DE AMERICA



**EXPLICACION
LITOLOGICA**

1:100,000

SIMBOLOS GEOLOGICOS

- VIDA
- VIDA MARITIMA
- VIDA TERRESTRE
- VIDA SUBTERRANEA
- VIDA MARITIMA Y TERRESTRE
- VIDA MARITIMA Y SUBTERRANEA
- VIDA TERRESTRE Y SUBTERRANEA
- VIDA MARITIMA, TERRESTRE Y SUBTERRANEA
- VIDA MARITIMA Y TERRESTRE (C)
- VIDA MARITIMA Y SUBTERRANEA (C)
- VIDA TERRESTRE Y SUBTERRANEA (C)
- VIDA MARITIMA, TERRESTRE Y SUBTERRANEA (C)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

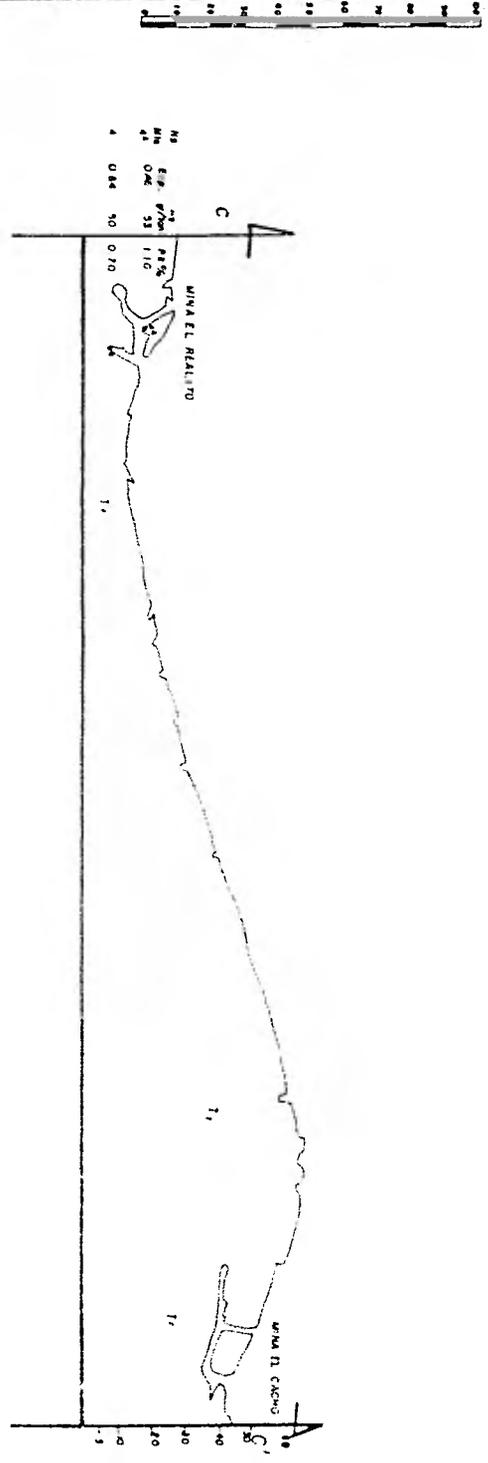
SECRETARIA DE INVESTACIONES CIENTIFICAS Y PROFESIONALES

PLAN GEOLOGICO DE MEXICO

INSTITUTO GEOLOGICO NACIONAL

BOGOTÁ, COLOMBIA, 1960

PLAN 871



EXPLICACION
LITOLOGICA

▣ Tipo rocas

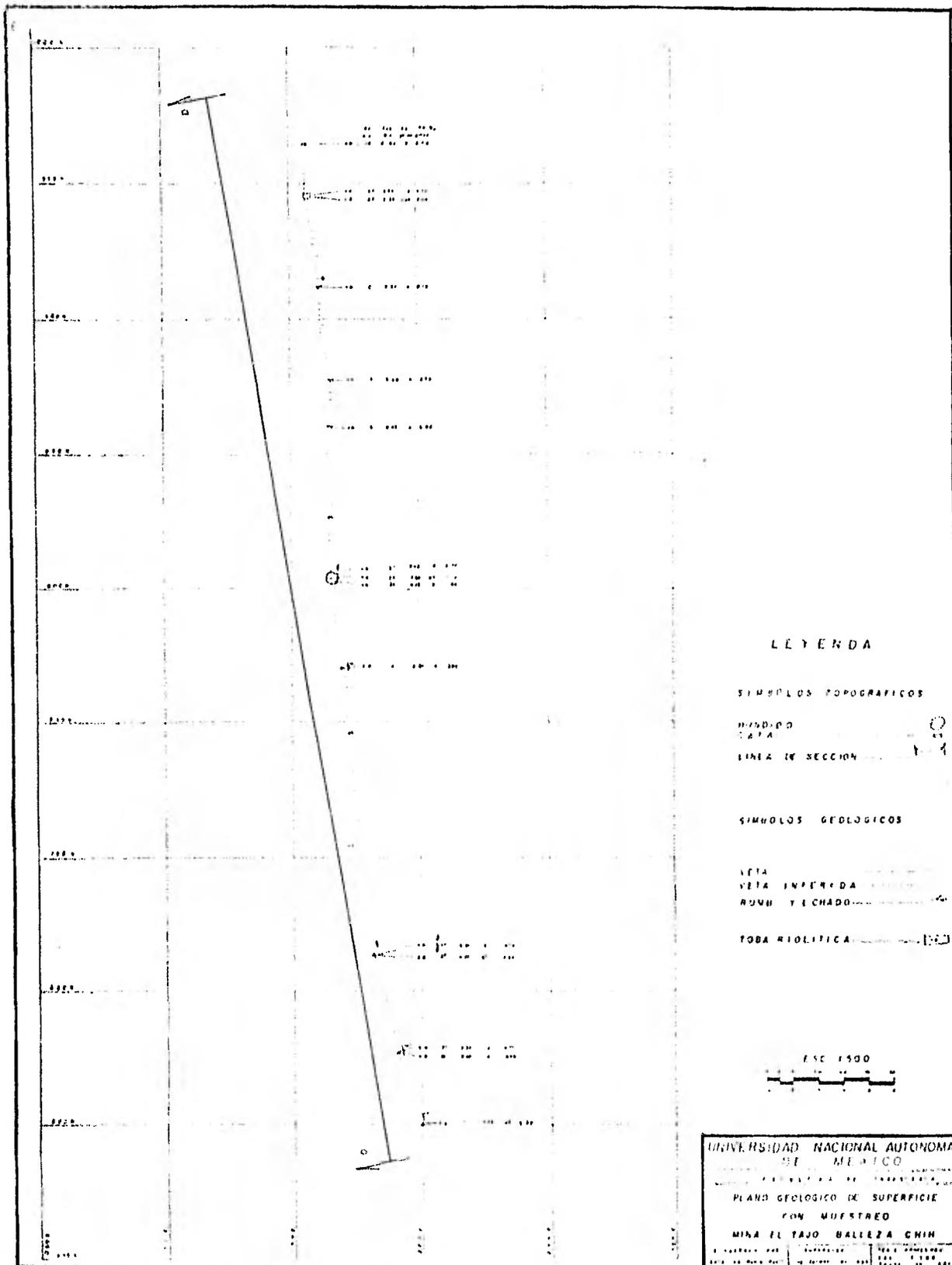
LEYENDA:

DE Otros sistemas

... Otro sistema



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL
SECCION LONDRIODINAL CC-6
ALUMNO: SWADVIENGO ALVARO
MATERIA: GEOLITOLÓGICA
FECHA: 1968
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



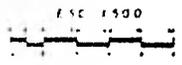
LEYENDA

SÍMBOLOS TOPOGRÁFICOS

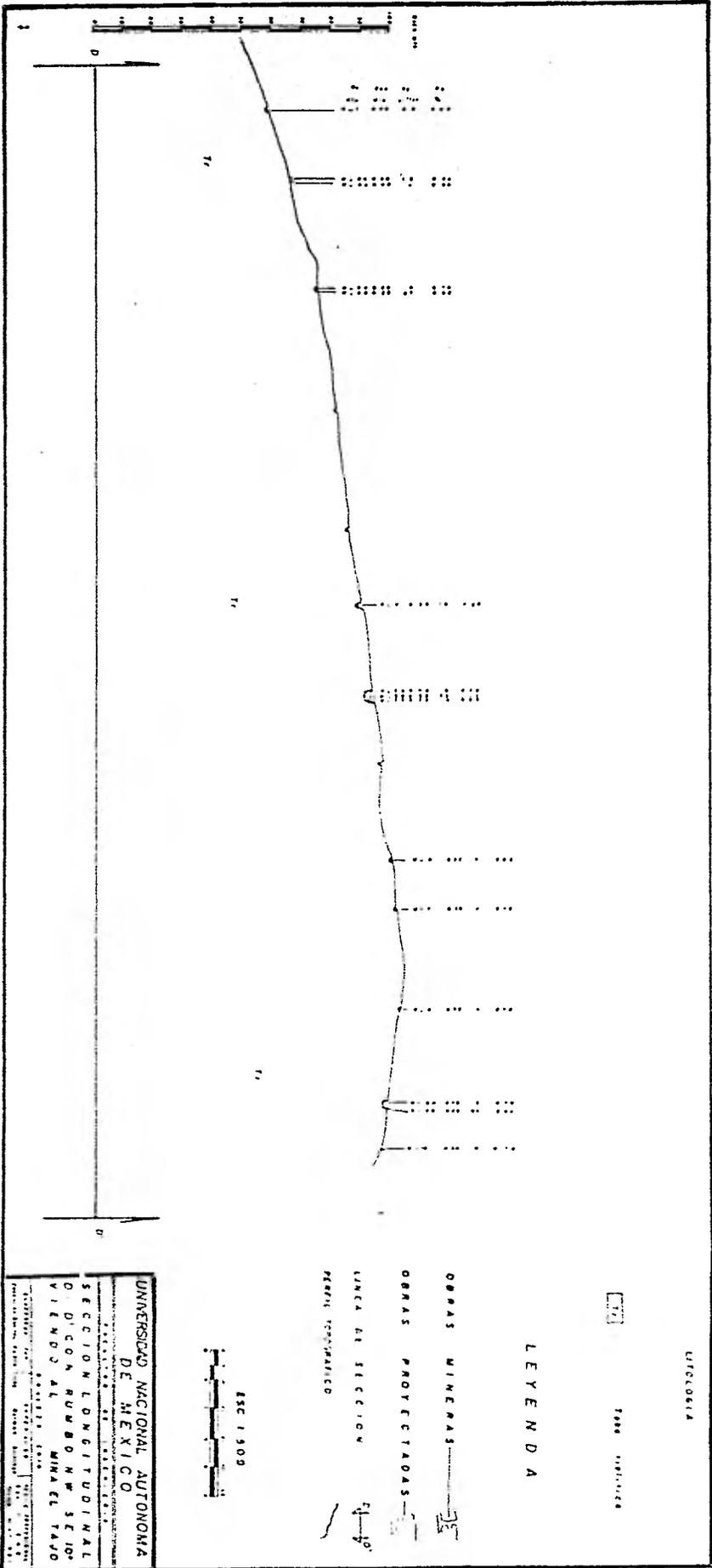
PUNTO DE COTA 
 LÍNEA DE SECCIÓN 

SÍMBOLOS GEOLÓGICOS

VEJA 
 VEJA INFERRIDA 
 RUMU Y ECHADO 
 TOBA RIOLITICA 



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
 DE MÉXICO
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES GEOLÓGICAS
 PLANO GEOLÓGICO DE SUPERFICIE
 CON MUESTREO
 MINA EL TAJO, BALLEZA, CHIH.



LITOLOGIA

1:500

LEYENDA

- OBRAS MINERAS
- OBRAS PROTECTADAS
- LINEA DE SECCION
- PERFIL TOPOGRAFICO

Escala 1:500

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 SECCION LONGITUDINAL
 D. O'GON RUBEN M. SEJON
 VIENDO AL MINERAL TAYO