

# UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISION DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



EXPLORACION GEOLOGICO-MINERO  
DEL PROSPECTO "LA ANA"  
MUNICIPIO DE ALAMOS, SONORA.

## TESIS

Que para obtener el TITULO de:

**GEOLOGO**

Presenta:

**RIGOBERTO VASQUEZ MENDOZA**

HERMOSILLO, SONORA.

JUNIO DE 1993

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

EXPLORACION GEOLOGICO-MINERO DEL PROSPECTO " LA ANA "  
MUNICIPIO DE ALAMOS, SONORA.

TESIS PROFESIONAL  
Rigoberto Vásquez Mendoza

Hermosillo, Sonora, Junio 10., de 1993

DR. GUILLERMO A. SALAS PIZA  
JEFE DEL DEPTO. DE GEOLOGIA  
UNIVERSIDAD DE SONORA.

Por medio de la presente le solicito a Usted la aprobación del tema de Tesis EXPLORACION GEOLOGICO-MINERO DEL PROSPECTO "LA ANA", Municipio de Alamos, Sonora, que será sustentada por el Pasante de Geólogo RIGOBERTO VASQUEZ MENDOZA, con expediente 8324442-5.

En espera de su respuesta, quedo de Usted.

A T E N T A M E N T E



ING. FRANCISCO CENDEJAS CRUZ  
ASESOR DE TESIS

c.c.p. Interesado  
Archivo



# UNIVERSIDAD DE SONORA

Hermosillo, Sonora.

DIVISION DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Tel. 17-31-81 EXT. 109 Y 111



Departamento de Geología

1992: AÑO DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA

Junio 11, 1993.

ING. FRANCISCO CENDEJAS CRUZ

ASESOR DE TESIS

P R E S E N T E

Por este conducto informo a usted que ha sido aprobado el tema de tesis por usted propuesto:

EXPLORACION GEOLOGICO-MINERO DEL PROSPECTO "LA ANA"  
MUNICIPIO DE ALAMOS, SONORA

El cual será sustentado por el Pasante de Geólogo:

RIGOBERTO VASQUEZ MENDOZA

Sin otro en particular, reciba Ud. un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E  
"EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA"

DR. GUILLERMO A. SALAS PIZA  
Jefe de Departamento



C.c.p. Interesada  
Archivo

EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA  
DEPTO. GEOLOGIA

GASP\*ag

# UNIVERSIDAD DE SONORA

Hermosillo, Sonora.

DIVISION DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Tel. 17-31-81 EXT. 109 Y 111



Departamento de Geología

1992: AÑO DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA

NOMBRE DE LA TESIS:

EXPLORACION GEOLOGICO-MINERO DEL PROSPECTO  
"LA ANA" MUNICIPIO DE ALAMOS, SONORA

NOMBRE DEL SUSTENTANTE:

RIGOBERTO VASQUEZ MENDOZA

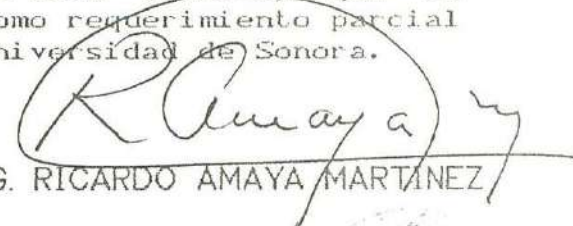
El que suscribe, certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuada como requerimiento parcial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.

  
ING. JAIME E. ISLAS LOPEZ

El que suscribe, certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuada como requerimiento parcial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.

  
ING. FRANCISCO CENDEJAS CRUZ

El que suscribe, certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuada como requerimiento parcial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.

  
ING. RICARDO AMAYA MARTINEZ

ATENTAMENTE  
"EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA"

  
DR. GUILLERMO A. SALAS PIZA  
JEFE DE DEPARTAMENTO  
FGSA, AIPG

  
EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA  
DEPTO. GEOLOGIA

GASP\*ag

A MI MADRE:

Sra. María V. Mendoza Q.

Con todo mi amor, por darme la vida y  
enseñarme el camino recto.

A MI ESPOSA E HIJOS:

Adela Valerio V.

Rigoberto y Maciel Anahí

Por ser parte importante en mi vida.

A MIS HERMANOS:

Eladio

Victoriano

Manuel

Gabriel y

Blanca Esthela

Con cariño.

A LA UNIVERSIDAD DE SONORA

A MIS MAESTROS

A MIS AMIGOS

## A G R A D E C I M I E N T O S

El autor del presente trabajo, desea manifestar de una manera muy atenta, su agradecimiento a las autoridades del Consejo de Recursos Minerales al **C.Ing. Fernel Arvizu Lara**, director general de éste organismo; **Ing. Miguel L. Carrasco Centeno**, subgerente regional zona noroeste e **Ing. Franciso Cendejas Cruz**, residente en Sonora; ya que sin su ayuda, la culminación de éste trabajo no hubiese llegado a un feliz término.

Mis más sinceros agradecimientos a los maestros; **Alberto Rojo Guerrero y Pedro Espinoza Cortés**, con quienes compartí momentos importantes en mi vida de estudiante y de quienes recibí, buenos consejos y ayuda desinteresada, siendo pieza importante para la continuación de mi carrera profesional.

Mi más sincero agradecimiento al **Ing. Francisco Cendejas Cruz**, por aceptar dirigir esta tesis desinteresadamente.

Mi agradecimiento a los señores sinodales: **Ing. Jaime Islas López e Ing. Ricardo Amaya Martínez**, por aceptar revisar éste trabajo; así, como por sus valiosas observaciones y sugerencias efectuadas en el presente estudio.

A mis compañeros de trabajo: Por sus valiosos consejos y experiencias técnicas transmitidas, muy especialmente al **Ing. Ramón Corral Gastelum**, con quien compartí trabajos de gabinete y campo hasta la terminación del presente estudio.

A los Ings. **Aarón Gonzalez, Miguel Cerecero, Guillermo Terán y Salvador Cruz**, por sus comentarios tan atinados para el buen desarrollo de este trabajo.

Mi agradecimiento a las Sras. Yolanda Pacheco G. y Delia Nieblas C., por dedicar parte de su tiempo al mecanografiado de este trabajo, pero más que todo por su amistad y ayuda incondicional.

A mi amigo Ing. José Benito Quijada Márquez, por compartir conmigo, los momentos alegres y difíciles en nuestra época de estudiantes.

A todas aquellas personas, que aportaron su ayuda de alguna u otra forma, para la realización de este trabajo.

**A TODAS ELLAS ; MUCHISIMAS GRACIAS !**



EL SABER DE MIS NIJOS  
HARÁ MI GRANDEZA  
Escuela de Ingeniería  
Depto. Geología  
BIBLIOTECA

## C O N T E N I D O

| RESUMEN                             | Pag.      |
|-------------------------------------|-----------|
| <b>I.- GENERALIDADES</b>            |           |
| I.1.- Introducción.....             | 1         |
| I.2.- Localización y Acceso.....    | 2         |
| I.3.- Objetivos.....                | 3         |
| I.4.- Método de trabajo.....        | 3         |
| I.5.- Trabajos previos.....         | 4         |
| <b>II.- GEOGRAFIA</b>               |           |
| II.1.- Fisiografía y Orografía..... | 7         |
| II.2.- Geomorfología.....           | 7         |
| II.3.- Hidrografía .....            | 8         |
| II.4.- Clima .....                  | 8         |
| II.5.- Flora y Fauna.....           | 9         |
| II.6.- Infraestructura.....         | 11        |
| II.7.- Situación legal.....         | 12        |
| <b>III.- GEOLOGIA</b>               |           |
| III.1.- Geología regional.....      | 14        |
| III.1.1.- Estratigrafía.....        | 14        |
| III.1.1.1.- Precámbrico.....        | 14        |
| III.1.1.2.- Paleozoico.....         | 15        |
| III.1.1.3.- Mesozoico.....          | 15        |
| III.1.1.4.- Cenozoico.....          | 18        |
| III.2.- Geología local.....         | 23        |
| III.2.1.- Estratigrafía.....        | 23        |
| III.2.1.1.- Mesozoico.....          | 24        |
| III.2.1.2.- Cenozoico.....          | 28        |
| III.2.2.- Rocas Igneas.....         | 29        |
| III.2.2.1.- Mesozoico.....          | 29        |
| III.2.2.2.- Cenozoico.....          | 32        |
| <b>IV.- GEOLOGIA HISTORICA.....</b> | <b>44</b> |

| <b>V.- YACIMIENTOS MINERALES</b>                                  | <b>Pag.</b> |
|-------------------------------------------------------------------|-------------|
| V.1.- Forma y Dimensiones.....                                    | 46          |
| V.2.- Roca encajonante.....                                       | 46          |
| V.3.- Mineralización y Alteraciones.....                          | 47          |
| V.4.- Control estructural .....                                   | 50          |
| V.5.- Génesis.....                                                | 51          |
| <b>VI.- OBRAS MINERAS, MUESTREO Y RESULTADOS DE ANALISIS.....</b> | <b>53</b>   |
| VI.1.- Obra minera El Sahuaro.....                                | 54          |
| VI.2.- Obra minera Palo Seco .....                                | 55          |
| VI.3.- Obra minera Palo Verde I.....                              | 57          |
| VI.4.- Obra minera Palo verde II.....                             | 59          |
| VI.5.- Otras obras mineras .....                                  | 60          |
| VI.6.- Reservas minerales.....                                    | 61          |
| <b>VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>                  | <b>63</b>   |
| <b>VIII.- BIBLIOGRAFIA.....</b>                                   | <b>66</b>   |



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA  
Escuela de Ingeniería  
Depto. Geología  
BIBLIOTECA



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA

BIBLIOTECA  
DE CIENCIAS EXACTAS  
Y NATURALES

LISTA DE FIGURASENTRE PAGINAS

|                                                                                |         |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------|
| FIGURA No. 1.- PLANO DE LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.                      | 2 y 3   |
| FIGURA No. 2.- PROVINCIAS FISIOGRAFICAS.                                       | 7 y 8   |
| FIGURA No. 3.- COLUMNA GEOLOGICA ESQUEMATICA GENERALIZADA DEL AREA DE ESTUDIO. | 43 y 44 |
| FIGURA No. 4.- PLANTA Y SECCION DE LA OBRA MINERA SAHUARO.                     | 54 y 55 |
| FIGURA No. 5.- PLANTA Y SECCION DE LA OBRA MINERA PALO SECO.                   | 56 y 57 |
| FIGURA No. 6.- PLANTA Y SECCION DE LA OBRA MINERA PALO VERDE I.                | 58 y 59 |
| FIGURA No. 7.- PLANTA Y SECCION DE LA OBRA MINERA PALO VERDE II.               | 59 y 60 |

L A M I N A S

|                                                                                                                       |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1.- PLANO GEOLOGICO DEL PROSPECTO MINERO "LA ANA".                                                                    | Al final |
| 2.- PLANO GEOLOGICO-MINERO DEL PROSPECTO "LA ANA".                                                                    | Al final |
| 3.- SECCION A-A', CON ESTRUCTURA IDEALIZADA PRESENTANDO EL BARRENO PROGRAMADO No. 2.                                  | Al final |
| 4.- SECCION B-B', CON ESTRUCTURA IDEALIZADA PRESENTANDO EL BARRENO PROGRAMADO No. 3.                                  | Al final |
| 5.- SECCION C-C', CON ESTRUCTURA IDEALIZADA PRESENTANDO EL BARRENO PROGRAMADO No. 1.                                  | Al final |
| 6.- SECCION LONGITUDINAL D-D', DE LA VETA DEL PROSPECTO "LA ANA" MOSTRANDO LOS BLOQUES CON SU ESTIMACION DE RESERVAS. | Al final |

## R E S U M E N

La Reserva Minera Nacional Baboyahui con una superficie de 16,100 Has., fue protegida por el Consejo de Recursos Minerales por Decreto Presidencial publicado el 30 de abril de 1985 en el Diario Oficial de la Federación, para ser explorada por toda sustancia.

Dentro de esta superficie quedaron incluidos los prospectos "El Chapote", "La Ana" y "El Tecolote", de los cuales se seleccionó el prospecto "La Ana", para realizar un estudio geológico-minero con la finalidad de evaluar su potencial económico.

El prospecto "La Ana" se localiza a 344 Km en línea recta al S45°E de la ciudad de Hermosillo, Sonora, cerca de los límites de los Estados de Chihuahua y Sinaloa. Fisiográficamente queda comprendido en la provincia de Sierras Sepultadas específicamente en la subprovincia Etribaciones de Piamonte.

En la porción noroeste y sur-sureste del área, afloran las rocas más antiguas representadas por lutitas carbonosas intercaladas con areniscas de posible edad Triásico tardío y correlacionable con la Formación Santa Clara del Grupo Barranca.

Derrames andesíticos cretácicos (?) afloran en la porción central del área. Se localizan suprayaciendo discordantemente a las rocas del Triásico tardío y se le correlaciona tentativamente con la Formación Tarahumara.

Rocas representadas por calizas del Cretácico Inferior se presentan suprayaciendo discordantemente a los derrames andesíticos cretácicos.

Las rocas anteriores son afectadas por la intrusión de rocas granodioríticas laramídicas que afloran en algunas localidades del área de estudio.

Gran parte del área es cubierta por potentes espesores de rocas volcánicas constituidas por ignimbritas, riolitas, tobas y aglomerados del Terciario Inferior.

La unidad más joven aflora hacia la porción sur del área estando constituida por coladas y bombas basálticas del Terciario Superior-Cuaternario.

El cuerpo mineralizado "La Ana" se presenta en forma de veta, típico de los depósitos hidrotermales de relleno de fallas y fisuras, el cual a su vez, se clasifica como un depósito de tipo epitermal. La estructura presenta un rumbo de NE 60°-75° SW con buzamiento de 60°-85° NW. Su longitud alcanza los 270 m de afloramiento con 5.25 m de espesor promedio. La mineralización económica se presenta preferentemente al alto del cuerpo y consiste de oro y plata, estando muy relacionada a las zonas de óxidos de fierro.

La persistencia de la estructura mineralizada se conoce hasta los 30 m de profundidad, tomando como referencia la elevación más baja de las obras mineras antiguas, que consisten de zanjas, pequeños tajos, catas, frentes y cruceros. Las zanjas, tajos y catas presentan dimensiones desde 2 m a 12 m de largo por 1 m de profundidad. Mientras que los frentes y cruceros presentan desarrollos de 4 m a 19 m.

Las reservas minerales se estiman en 105,340 Ton como probables y 531,560 Ton de carácter posibles, con leyes estimadas de indicios a 32.8 gr/ton. de Au y de indicios a 26.1 gr/ton. de Ag.



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA  
Facultad de Ingeniería  
Depto. Geología  
BIBLIOTECA

## I.- GENERALIDADES

### I.1.- Introducción.

La Reserva Minera Nacional Baboyahui cubre una superficie de 16,100 Has. y fue protegida por el Consejo de Recursos Minerales mediante Decreto Presidencial publicado el 30 de Abril de 1985, en el Diario Oficial de la Federación para ser explorada por toda sustancia.

Dentro de esta superficie quedaron incluidos varios prospectos mineros considerados de interés, con posibilidad de contener depósitos económicamente explotables.

Para seleccionar los prospectos, que estarían sujetos a trabajos más detallados, se llevó a cabo un programa de exploración en toda la superficie que ampara dicha reserva. Se hicieron caminamientos y muestreos preliminares cuyos resultados determinaron aquellos prospectos de mayor interés para los fines del Consejo de Recursos Minerales.

Dentro de las áreas de interés quedaron incluidos los prospectos "El Chapote", "La Ana" y "El Tecolote". Entre estos se escogió "La Ana", para realizar trabajos a detalle y hacer su posterior evaluación, eligiéndose éste prospecto debido a sus características geológicas, resultado de muestreos y regularidad de la estructura.



## I.2.- Localización y Acceso

El prospecto "La Ana" se localiza a 344 km en línea recta al S45°E de la ciudad de Hermosillo, en la porción sur del Estado de Sonora (Fig. 1). Más específicamente se ubica a 42 km en línea recta al S 80° E de la población de Alamos, en terrenos del ejido El Rodeo perteneciente al Municipio de Alamos, Sonora.

El área en estudio forma un rectángulo cubriendo una superficie de 210 Km<sup>2</sup>, delimitado por las coordenadas geográficas siguientes:

108°37'36" y 108°27'43" de Longitud Oeste

27°00'53" y 26°53'48" de Latitud Norte

y una cota de referencia de 400 m.s.n.m. (Carta Topográfica BACA clave G12B58 editada por DETENAL escala 1:50,000).

Su acceso se logra partiendo de la ciudad de Hermosillo, Sonora, por la carretera Federal No. 15, hacia el sur, hasta llegar a la Ciudad de Navojoa, en un recorrido de 319 km; de ahí se prosigue al oriente por la carretera estatal que conduce a Alamos, haciendo un recorrido de 53 km., luego se continúa al sureste por camino de terracería en malas condiciones, recorriendo un total de 70 km., pasando por las rancherías El Sabino, El Cajón, Guirocoba, Agua Caliente de Antelo, La Concepción y El Rodeo, de donde se aparta una vereda de 5 km y hacia el noroeste, que conduce al prospecto minero "La Ana".



FIG. I



|                          |
|--------------------------|
| UNIVERSIDAD DE SONORA    |
| DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA |
| TESIS PROFESIONAL        |
| PLAN DE LOCALIZACION     |

### **I.3.- Objetivos**

Los objetivos son dar a conocer las características geológico-mineras del prospecto "La Ana" y evaluar su potencial de reservas minerales, estimadas mediante cálculos con dimensiones conocidas parcialmente (inferidas). Para llegar a los objetivos anteriores fue necesario realizar las siguientes etapas:

Levantamiento geológico local escala 1:50.000 con la finalidad de conocer el contexto litológico circundante al prospecto minero "La Ana"; así como definir en tiempo y espacio cada unidad litológica.

Cartografía a detalle escala 1:500 y muestreo, del prospecto minero "La Ana" en una superficie de 75,600 m<sup>2</sup>, con el objeto de conocer las principales características de cuerpo mineralizado y de esta manera lograr definirlo.

Cálculo y clasificación de reservas, con la finalidad de determinar el potencial geológico-minero de la estructura "La Ana".

### **I.4.- Método de trabajo**

Para la realización de éste estudio se llevaron a cabo las siguientes etapas:

- Recopilación de trabajos geológicos existentes sobre el área en estudio, tales como: informes de avance, planos regionales y locales, etc.

- Recopilación de trabajos realizados en localidades aledañas al área.
- Delimitación del área en plano topográfico, escala 1:50,000 correspondiente a la carta G12B58 DETENAL.
- Foto-interpretación del área en base a fotografías aéreas de DETENAL, escala 1:50,000, haciendo una diferenciación de los rasgos litológicos-estructurales más sobresalientes de la localidad.
- Caminamientos previamente trazados, para verificar los rasgos mencionados anteriormente y de esta manera elaborar un plano geológico local escala 1:50,000.
- Prospección superficial a detalle sobre la estructura mineralizada, anotando todas las características de dicha estructura.
- Levantamiento topográfico, con brújula y cinta, del cuerpo mineral y obras mineras existentes; elaborándose un plano geológico-minero a detalle del prospecto, escala 1:500. Muestreo de canal sistemático representativo de la estructura mineralizada, quedando estos muestreos ubicados en el plano a detalle, elaborado anteriormente, escala 1:500.

#### **I.5.- Trabajos previos.**

Dentro de la Reserva Minera Nacional Baboyahui, queda comprendida el área "El Chapote" e incluida en la misma, se localiza lo que actualmente es conocido como prospecto "La Ana", mismo que anteriormente se le

conocía como "La Suerte", por lo que se considera conveniente hacer esta aclaración.

La historia del mineral "El Chapote" se remonta al año de 1925 cuando un grupo de pequeños mineros realizaron la mayor parte de las obras existentes para extraer el oro de las partes oxidadas de las vetas. Para el beneficio de mineral se instalaron molinos rudimentarios de piedra, de los cuales aún quedan vestigios. La explotación terminó hacia el año de 1933, desconociéndose las causas (Información verbal), posteriormente el área se ha explotado a intervalos irregulares por gambusinos.

Vázquez P.A. (1973), del entonces Consejo de Recursos Naturales No Renovables, cita en su informe de avance los prospectos, "El Chapote", "La Suerte" ("La Ana") y "El Tecolote". En el describe brevemente las principales características del prospecto "La Ana" y estima para esta estructura, reservas de 400 Ton probadas y 1500 Ton probables con una calidad de mineral de 5 a 64 gr/Ton de Au.

Arreola R. L. y Muñoz S. R. (1986), del Consejo de Recursos Minerales, elaboran el informe de avance "Exploración de la Zona de Reserva Minera Nacional Baboyahui", Municipio de Alamos, Sonora, mostrando en este trabajo levantamientos topográficos y geológicos a semidetalle, escala 1:1000, del área "El Chapote".

Arreola Razura L., Muñoz Solís R., Arriaga G. G., Terán M. G. y González G. A. (1988), también del Consejo de Recursos Minerales elaboraron el informe "Exploración regional geológico-minera en la Reserva Minera Nacional Baboyahui", Municipio de Alamos, Sonora y Choix, Sinaloa, en donde describen algunos rasgos geológicos-mineros sobre los prospectos, "El Chapote", "La Suerte" ("La Ana") y "El Tecolote".



## II. G E O G R A F I A

### II.1.- Fisiografía y Orografía.

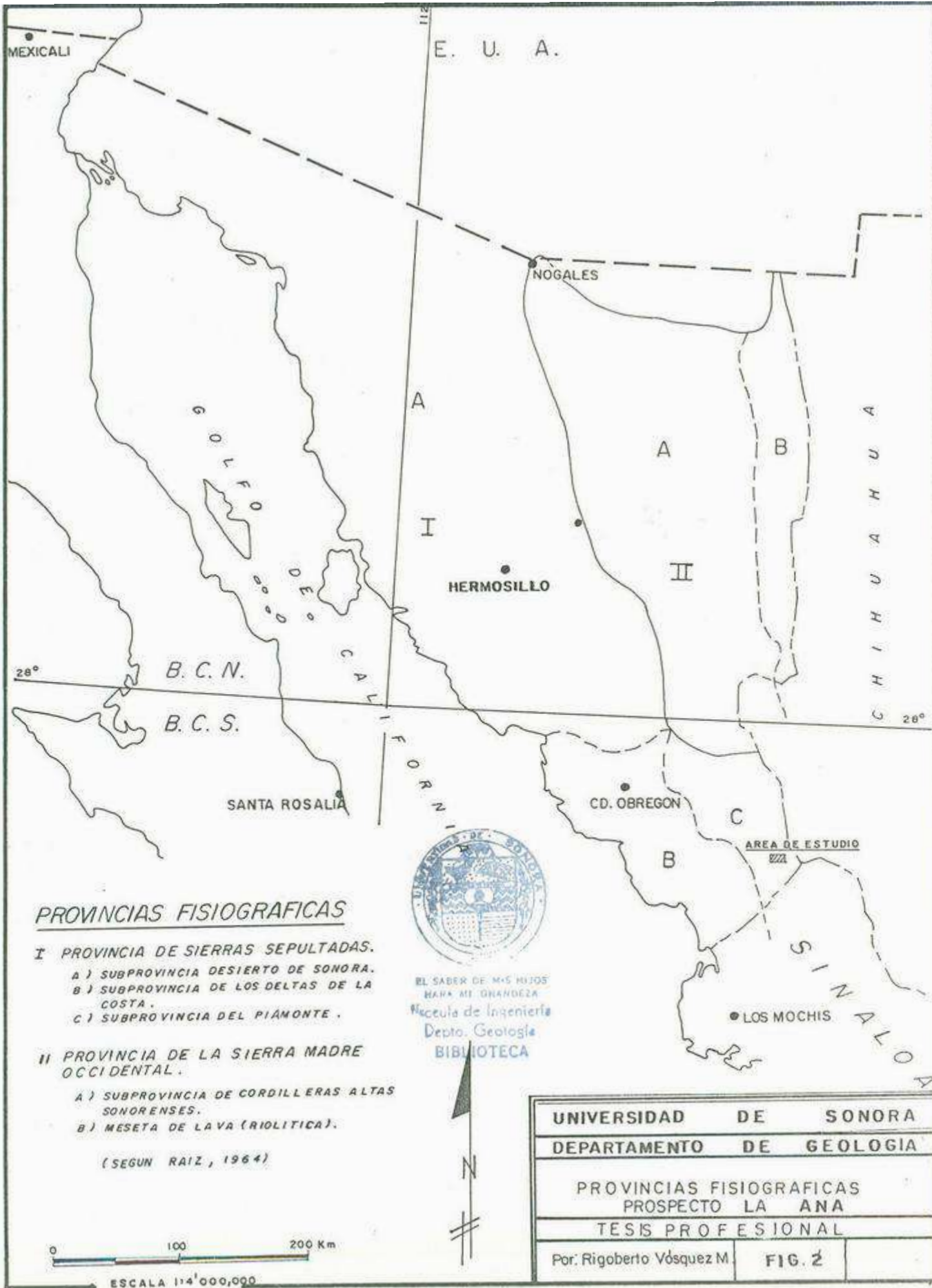
El área de estudio queda comprendida en la Provincia Fisiográfica de Sierras Sepultadas, específicamente en la Subprovincia de Piamonte que se localiza entre la plataforma de riolitas al este y la Subprovincia de la Planicie Costera de los ríos Mayo y Fuerte al oeste, Raisz - (1964). Fig. No. 2.

La Subprovincia de Piamonte se caracteriza por presentar montañas alargadas que conservan una orientación NNW y SSE, las cuales presentan elevaciones que van desde 500 hasta 1000 m.s.n.m.

En el área se tienen sierras poco prominentes orientadas NW-SE, en donde el relieve varía notablemente predominando en el sureste pequeños lomeríos con elevaciones comprendidas entre los 200 m.s.n.m. Hacia el norte y este de la zona la topografía se torna abrupta, siendo la mayor elevación una localidad situada al este del rancho Las Algarrobas con una cota de 1280 m.s.n.m.

### II.2.- Geomorfología

La geomorfología en el área está representada por la depositación de material volcánico del Terciario en las partes altas de las sierras existentes las cuales se observan formando acantilados. En algunas localidades forman picachos muy pronunciados, tal es el caso de la



sierra Mesa Grande y el cerro Las Algarrobas. Contrastando con lo anterior las rocas sedimentarias e intrusivas se observan en las partes bajas formando pequeños lomeríos y algunas alineaciones montañosas poco pronunciadas las cuales alcanzan hasta 400 m.s.n.m.

La presencia de fallas normales y fracturamientos regionales forman escarpes y cañadas profundas.

Por las expresiones topográficas del terreno se deduce que las rocas volcánicas terciarias presentan una etapa juvenil en su ciclo erosivo, mientras que las rocas sedimentarias e intrusivas presentan una etapa erosiva de madurez avanzada.

### II.3.- Hidrografía

Las corrientes hidrográficas intermitentes principales que drenan el área fluyen de norte a sur y forman parte de la cuenca hidrográfica del río Fuerte; destacan por su importancia los arroyos Baboyahui, Los Limones y Tepeguaquito. Los ramales de las corrientes principales constituyen un sistema de drenaje de tipo dendrítico.

### II.4.- Clima

El clima en el área de estudio pertenece al tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano, registrándose en invierno una precipitación pluvial de 5 a 10.2 mm. La temperatura media anual oscila entre los 25°C y la precipitación pluvial anual total es de 800-1000 mm. (Koppen, 1936).

Las temperaturas en verano alcanzan hasta los 40°C específicamente en los meses de Julio-Agosto. En invierno desciende notablemente pero muy rara vez se registran temperaturas por debajo de los 0°C.

En la zona existen dos temporadas de lluvias; una de características torrenciales en los meses de Junio a Octubre y la otra de lluvia menuda pero constante la cual se extiende por varios días consecutivos. Regionalmente a este fenómeno se le conoce como "equipata" y ocurre en los meses de Octubre a Marzo.

## II.5.- Flora y Fauna

La flora en el área de estudio está representada principalmente por:

|             |                                  |
|-------------|----------------------------------|
| Mezquite    | ( <u>Prosopis juliflora</u> )    |
| Sahuaro     | ( <u>Carnegia gigantea</u> )     |
| Nopal       | ( <u>Opuntia sp</u> )            |
| Uña de gato | ( <u>Prosopis greggy</u> )       |
| Pochote     | ( <u>Ceiba acuminata</u> )       |
| Encino      | ( <u>Quercus crossiofolia</u> )  |
| Cactus      | ( <u>Hariota salicornoides</u> ) |
| Biznaga     | ( <u>Mamilloopsis sp</u> )       |
| Lechuguilla | ( <u>Agave lechuguilla</u> )     |
| Pitahayo    | ( <u>Acereus cercus</u> )        |
| Palo blanco | ( <u>Ipomoen arborescens</u> )   |
| Mauto       | ( <u>Lysiloma divaricata</u> )   |

La fauna es caracterizada por:

|             |                                    |
|-------------|------------------------------------|
| Coyote      | ( <u>Canis latrans clepticos</u> ) |
| Zorra       | ( <u>Urocyon cinereogentivs</u> )  |
| Gato montés | ( <u>Lyn rufus</u> )               |
| Aguililla   | ( <u>Buteo calurus</u> )           |
| Ardilla     | ( <u>Sciurus vulgaris</u> )        |
| Lagartija   | ( <u>Lacerta muralis</u> )         |
| Avispa      | ( <u>Vespa vulgaris</u> )          |
| Alacrán     | ( <u>Buthus occitanus</u> )        |
| Codorniz    | ( <u>Coturnix coturnix</u> )       |
| Conejo      | ( <u>Sylvilagus sp</u> )           |
| Jabalí      | ( <u>Pecari tayucu</u> )           |
| Liebre      | ( <u>Lepus timidus</u> )           |
| Venado      | ( <u>Odocoileus virginianus</u> )  |
| Mapache     | ( <u>Procyon lotor</u> )           |
| Murciélago  | ( <u>Balantiopteryx plicata</u> )  |



Así como otras especies tales como Tejón, Leoncillo, Iguana, Escorpión y una gran diversidad de roedores, reptiles y lagartijas.

## II.6.- Infraestructura

La infraestructura en el área de estudio es deficiente. Los caminos regularmente están en buenas condiciones pero en temporadas de lluvias se vuelven inaccesibles al paso de vehículos.

La línea de corriente eléctrica más cercana se localiza en el poblado de Baca distante 18 Km, en el extremo sureste del área, dentro del estado de Sinaloa. Las vías telefónicas más cercanas se encuentran en el poblado de Alamos, Sonora, a 42 Km en línea recta al N80°W del prospecto y en el poblado de Baca, citado anteriormente. Al igual que las vías telefónicas, los servicios de correos sólo existen en los pueblos mencionados. En la localidad se cuenta solo con una escuela primaria la cual trabaja en forma irregular, por lo que al terminar el nivel de primaria los alumnos tienen que continuar los estudios de secundaria y preparatoria en el poblado de Alamos.

El centro de salud más cercano se localiza a 15 Km en el poblado de Agua Caliente de Antelo, el cual cuenta con un médico y una enfermera de planta que atienden solo casos de poca gravedad.

Agua corriente en cantidad suficiente se encuentra en el Rio Fuerte a 15 Km hacia el sur del prospecto, aunque cerca del área escurren los arroyos Tepeguajito y Baboyahui que en temporadas de lluvia acarrearán agua considerable, pero que el resto del año decrecen notablemente acarreando volúmenes muy bajos.

Cerca del área no existen plantas de beneficio, pero a 32 Km en línea recta al S40°E del área en estudio, en el poblado de Choix, Sinaloa, existe un molino de la Comisión de Fomento Minero con capacidad de 115 Ton/día.



## II.7.- Situación legal

El área de Baboyahui, con una superficie de 16,100 Has, fue protegida por toda sustancia por el Consejo de Recursos Minerales mediante una Reserva Minera Nacional según Decreto Presidencial publicado en el Diario Oficial de la Federación del 30 de Abril de 1985. Sin embargo, dentro de la reserva quedaron varios denuncios algunos de los cuales se encuentran vigentes.

Con anterioridad a la incorporación del área Baboyahui a las Reservas Mineras Nacionales una porción de la misma, específicamente el prospecto conocido como "La Ana", estaba protegido por medio de una zona de asignación minera registrada en la Agencia de Minería #77 en Alamos, Sonora, con fecha del 14 de Junio de 1984 a favor del Consejo de Recursos Minerales, con las siguientes características.

Nombre.....El Chapote  
 Expediente.....A.1  
 Superficie.....225 Has  
 Substancia.....Au,Ag,Zn,Cu y Mo  
 Agencia.....Alamos  
 Mpio. y Edo.....Alamos, Sonora

Actualmente el prospecto "La Ana" queda comprendido en la zona de Reserva Minera Nacional Baboyahui, cancelando la asignación mencionada.

### III.- G E O L O G I A

#### III.1.- Geologia regional

El panorama geológico regional del área de estudio, se fundamenta en trabajos realizados por diferentes autores en localidades aledañas al área de interés. Dichos trabajos corresponden a áreas estudiadas en la parte norte del estado de Sinaloa y sur de Sonora.

En la región de interés afloran rocas de naturaleza ignea, sedimentaria y metamorfica. La edad de las unidades litológicas abarca un rango estratigráfico del Precámbrico al Reciente.

##### III.1.1.- Estratigrafía

###### III.1.1.1.- Precámbrico

Los afloramientos de rocas más antiguas que se conocen están localizados en la región costera en los límites de Sonora y Sinaloa. Dichos afloramientos se localizan en la Sierra Sonobari-San Francisco y fueron descritos por Mullan (1976). Según el autor antes citado se trata de rocas metamórficas de posible origen sedimentario y están constituidas por gneises bandeados dentro de una facies anfibolítica que constituyen el basamento de la región.

Mullan (op. cit.) propone para ésta secuencia una probable edad Precámbrica. Aunque parte de estas rocas originalmente fueron asignadas como parte del Complejo Sonobari por De Cserna y Kent (1961).

### III.1.1.2.- Paleozoico

a).- Paleozoico superior: corresponden para esta época rocas del Silúrico, Devónico y Carbonífero que fueron descritas por Weininger Frederick G. (1882), quien menciona que las mejores exposiciones se localizan en el área El Fuerte, San José de Gracia y Badiraguato al norte del Estado de Sinaloa, y que constan de pizarras, cuarcitas, calizas recristalizadas y pedernal.

Estos afloramientos son los más estudiados y corresponden a secuencias sedimentarias de ambiente marino.

Al norte del pueblo de Mocúzari específicamente en el Valle del Río Cedros, King (1939), reporta la presencia de una secuencia de calizas con estratificación delgada de alternancia con areniscas y pizarras a las cuales basándose en el fósil Spirifer y algunos indicios de crinoides les asigna una edad del Pérmico.

Vázquez P.A. (1975), menciona algunos afloramientos de metasedimentos, los cuales se localizan en localidades aledañas a la presa El Mocúzari, presentando gran similitud con las rocas descritas por King (op. cit.) en el Valle del Río Cedros.

### III.1.1.3.- Mesozoico

Los sedimentos asignables al Mesozoico corresponden a rocas que se originaron debido a los detritos producidos por la erosión y desgaste de

estructuras anticlinales y bloques fallados de la Orogenia Sonorana, (DeCserna, 1961).



a).- Triásico Superior

Regionalmente representados por sedimentos que corresponden a rocas arcillosas carbonosas, arenosas y calcáreas respectivas del Grupo Barranca, las que se depositaron en cuencas cerradas de ambiente reductor o euxínico, mismas que se formaron por el fallamiento transcurrente del Paleozoico, (Rosas, 1985).

Según Dumble (1900), las mejores exposiciones de esta secuencia se localizan en el área de San Javier, al sureste de la ciudad de Hermosillo en el estado de Sonora.

Vázquez P. (1975), en su tesis de maestría menciona afloramientos de rocas cuarcíticas rojas, areniscas, pizarras y esquistos, en la vecindad del pueblo de Piedras Verdes.

Gallardo (1988), en su tesis profesional, menciona que en las cercanías del poblado de Piedras Verdes y en Loma Colorada, se localiza una secuencia de cuarcitas, pizarras, lutitas carbonosas y areniscas de grano fino, cuyo ambiente de depósito fue en cuencas cerradas de ambiente reductor relacionándola con el Grupo Barranca. En las cercanías del poblado de Piedras Verdes esta secuencia tiene un espesores de 150 m y cerca de la presa El Mocúzari, en la Loma Colorada, es de 100 m.

b).- Cretácico

Gallardo R. (1988), menciona que la presencia de este periodo en el sureste de Sonora, esta presente en diferentes tipos de rocas (sedimentarias, ígneas y metamórficas).

La presencia de rocas cretácicas hacia el sur del Estado de Sonora, específicamente en las vecindades de Alamos, es reportada por Anderson y Roldán (1979), en donde asocian éstas rocas con las que afloran en la región de Lampazos y Arizpe.

Las rocas sedimentarias cretácicas están constituidas principalmente por calizas masivas y estratificadas de coloración grisácea, observándose en ocasiones fósiles del tipo rudistoides, característicos del Cretácico inferior-medio. Las mejores exposiciones se pueden observar en el rancho La Argentina cerca del pueblo de Piedras Verdes, (Gallardo, 1988).

El mismo autor, reporta la presencia de rocas volcánicas andesíticas de color rojizo marrón y de textura porfirítica con intercalaciones de aglomerados de la misma composición, las cuales sobreyacen en discordancia a las calizas del Cretácico inferior-medio, dándoles una posible edad del Cretácico medio-superior.

Vázquez P.A. (1975), en su tesis de maestría menciona algunos afloramientos en la Sierra de Alamos de rocas volcánicas del Cretácico inferior, las cuales consisten en flujos de andesitas verdes interestratificadas con aglomerados volcánicos.

A finales del Mesozoico y principio del Cenozoico se emplazaron cuerpos de carácter batolítico y de origen hipabisal, los cuales son representados por granito, microgranito, granodiorita, diorita, diques aplíticos y pórfidos andesíticos, correspondientes al batolito de Sinaloa (INEGI, 1985). A estos cuerpos rocosos intrusivos, diferentes autores les han atribuido una edad del Cretácico Tardío al Oligoceno.

En las inmediaciones de Choix al norte de Sinaloa, McDowell (en Domínguez, 1988), fechó una muestra de granito aflorante obteniendo una edad de 60 M.a.

En la presa el Mocúzari en las vecindades del pueblo de piedras Verdes, Mpio. de Alamos, Sonora, Vázquez P.A. (1975), reporta la presencia de rocas intrusivas graníticas batolíticas y andesitas porfiríticas en forme de stock a las cuales basándose en estudios de dataciones isotópicas por Damon y Mauger (1966), Livingston (1973), les asigna una edad de 52 a 72 m.a., correspondiente al Cretácico superior-Terciario inferior.

#### III.1.1.4.- Cenozoico

Pertenecen a ésta época los primeros episodios que forman la base de la Sierra Madre Occidental y cuyo periodo de extrusión se puede comparar con el de la actividad ignimbrítica correspondiente al periodo Oligoceno Superior, (McDowell y Clabaugh, 1979).

a).- Terciario Inferior

Corresponden para este periodo rocas representativas del complejo volcánico de la Sierra Madre Occidental, las cuales consisten de flujos andesíticos, aglomerados y tobas de la misma composición. (Gallardo, 1988)

Formación Fuerte nombre con el que De Cserna y Kent (1961), definen a una secuencia de rocas volcánicas del Terciario inferior, la cual litológicamente están representadas por ignimbritas, tobas riolíticas y areniscas tobáceas de color claro, y cuyos afloramientos tipo, se localizan en la parte oriental del poblado de El Fuerte y a ambos lados del Río Fuerte, en el Estado de Sinaloa.

Vázquez P. (1975), basándose en estudios de Wisser (1966), sugiere que las rocas volcánicas expuestas en el distrito de Alamos, en el Estado de Sonora, corresponden a una edad del Terciario medio, en donde las rocas más jóvenes son principalmente andesitas y las más antiguas son rocas de composición riolíticas.

Gallardo (1988), menciona en su tesis profesional afloramientos volcánicos del Terciario medio en los cerros El Potrerillo, El Arpa y La Cacharamba, los cuales se disponen morfológicamente formando abruptos acantilados. Las rocas que representan a esta secuencia constan de flujos piroclásticos y se observan coronando las partes altas de la Sierra Madre Occidental. También hace mención de flujos andesíticos, aglomerados y tobas de la misma composición localizados en la sierra de Sonochihua, al este de la mina Gochico, asignándole a esta secuencia una edad del Terciario inferior.

b).- Terciario Superior

El Terciario superior está representado por la Formación Baúcarit definida originalmente como "División Baúcarit" por Dumble (1900), para describir a una secuencia de arenas, arenas arcillosas y conglomerados bien estratificados e intercalados, poco consolidados con interestratificaciones de basaltos.

King (1939), redefine el término y categoría de la Baúcarit, elevándola al rango de Formación. El mismo autor le asignó una edad del Terciario superior a Cuaternario basándose en una serie de fósiles encontrados en diferentes localidades donde aflora esta secuencia.

De Cserna y Kent (1961), designaron como Formación Maune a una secuencia clástica fluvial formada de conglomerados, areniscas conglomeráticas y arcosas en estratos medianos y gruesos, la cual cubre a la Formación Fuerte.

Gallardo (1988), establece que la Formación Baúcarit descansa en discordancia angular sobre rocas terciarias más antiguas y sus afloramientos se localizan en los alrededores del pueblo San Bernardo y en el arroyo Alamos.

c).- Terciario Superior-Cuaternario

El Terciario superior-Cuaternario está representado por la Formación Hornillos definida por De Cserna y Kent (1961), la cual consiste en material volcánico de fisura de composición máfica que constituyen rocas basálticas las cuales se localizan en el valle de El Fuerte cubriendo a la Formación Maune.

Los autores anteriores sugieren para esta unidad una edad del Plioceno-Pleistoceno.

d).- Cuaternario

los depósitos de material semiconsolidado y no consolidado originados debido al desgaste que han sufrido las rocas expuestas al intemperismo son las más características de esta época. Se presentan como gravas y aluviones que ocupan las partes bajas de las sierras existentes y a lo largo de los grandes cauces de ríos y arroyos.

### III.2.- Geología Local

Debido a la escasa información existente, relacionada con la geología local en el área de estudio, se optó por tomar como referencia la carta geológica escala 1:250,000 editada por INEGI, denominada Carta Geológica Huatabampo G12-6, apoyándose para su verificación con trabajos realizados sobre localidades aledañas al área de interés. Dichos trabajos corresponden a áreas estudiadas en la parte norte del Estado de Sinaloa y sur de Sonora.

#### III.2.1.- Estratigrafía

Localmente en el área de estudio afloran ocho unidades litológicas, las cuales varían en tiempo desde el Mesozoico hasta el Reciente.

Las rocas aflorantes corresponden a secuencias de rocas sedimentarias e ígneas, tanto intrusivas como extrusivas, en donde estas ultimas cubren casi en su totalidad el área de interés.

La ubicación de estas rocas se hace en base a su posición estratigráfica y relaciones litológicas, siendo posible el correlacionarlas con afloramientos estudiados en la región de El Fuerte y Choix, Sinaloa; así como en algunas localidades del Estado de Sonora.

### III.2.1.1.- Mesozoico

#### a).- Triásico superior

##### Formación Santa Clara (?)

##### Definición

Dumble (1900), en los alrededores de San Javier y Tonichi, describe un conjunto de rocas sedimentarias, representadas por lutitas, areniscas y conglomerados, a las cuales denomina como División Barranca, dividiéndola en tres miembros: inferior, medio y superior. Posteriormente King (1939), modifica el rango de División a Formación Barranca y en base a plantas fósiles, le asigna una edad del Triásico tardío.

Wilson y Rocha (1946), al realizar estudios sobre los yacimientos de carbón en la región de Santa Clara, concuerdan en que la Formación Barranca está constituida por tres miembros, asociando genéticamente los mantos de carbón al miembro medio.

Alencaster (1961), modifica el rango, de Formación a Grupo barranca, y denomina a cada uno de los miembros de la base a la cima como: Formación Arrayanes, Formación Santa Clara y Formación Coyotes; tal y como se les conoce actualmente.

En el área de estudio se define informalmente como Formación Santa Clara (?), a una unidad de rocas sedimentarias de estratos delgados y laminares, constituidos por, areniscas y lutitas las cuales presentan intercalaciones de lentes pequeños de material carbonoso.

### Distribución

Los afloramientos de este paquete se localizan principalmente al noroeste y sur-sureste del área de estudio. Más específicamente hacia el norte, este y sureste del Rancho Baboyahui; también al sureste del rancho Las Algarrobas, en las vecindades del rancho los Pichicuates y sobre el arroyo El Rodeo.

### Litología y espesor

Litológicamente este paquete está conformado por areniscas intercaladas con lutitas carbonosas.

Las areniscas presentan un color gris verdoso, con una textura que varía de media a fina ocurriendo en ocasiones con estratificación graduada.

Las lutitas se observan de un color gris oscuro a gris claro en ocasiones, sus estratos son laminares con rumbos y buzamientos variables observándose deformadas y fracturadas. Las lutitas presentan entre sus estratos, pequeños lentes de material carbonoso.

El paquete sedimentario en ocasiones es cruzado por pequeñas vetillas de calcita, presenta cloritización y se le observa también pirita diseminada, así como pequeñas trazas de galena.

Localmente se ha estimado para esta secuencia un espesor aproximado de 1200 m.

### Relación estratigráfica

Hacia el norte del rancho Baboyahui el paquete sedimentario se observa sobreyaciendo en discordancia a un cuerpo granítico laramidico por lo que se desconoce su basamento de depositación. Su contacto superior se puede observar sobre el arroyo El Rodeo, en donde se presenta en forma discordante con rocas volcánicas andesíticas Cretácicas (?).

### Edad y Correlación

Debido a las características litológicas y a la presencia de material carbonoso entre los estratos de las rocas lutíticas, es probable que este paquete pertenezca a un miembro del Grupo Barranca definido por Alencaster (1961), específicamente la Formación Santa Clara (?), por lo que a estas rocas se les asigna tentativamente una edad del Triásico Tardío (?).

### Ambiente de depósito

El análisis regional de los grandes afloramientos de este tipo de rocas, al parecer sugiere que su depósito ocurrió sobre una gran cuenca, la cual se orienta de este a oeste con una longitud de 110 kms. de largo y 40 kms. de ancho.

El medio de depósito para esta secuencia probablemente haya sido en cuencas cerradas con ambiente reductor, producidas por el fallamiento transcurrente del Paleozoico (Rosas A., 1985).

Stewart Y Roldan (1991), sugieren que, debido a la interpretación de un alto relieve y la forma alargada de la cuenca de depósito, la secuencia sedimentaria se originó sobre una cuenca del tipo " Rift " o " Pull apart ", en cuyo caso, la cuenca estaría relacionada, a un fallamiento transtensional o tensional, post-Pérmico y pre- Triásico tardío.

Alencaster (1961), considera particularmente, que la Formación Santa Clara se originó, en una cuenca estable, clima tropical, ambiente de transición palustre deltaico, cercano a la margen continental y sin actividad volcánica.

#### **a).- Cretácico inferior**

#### **Unidad Caliza Pichicuatillo**



**BIBLIOTECA  
DE CIENCIAS EXACTAS  
Y NATURALES**

EL SABER DE MIS HIJOS  
PARA MI GRANDEZA

#### Definición

Se define informalmente a esta roca del Cretácico inferior como una caliza de ambiente marino de tipo wackestone con microfósiles y restos biógenos con un incipiente metamorfismo de contacto.

#### Distribución

Los afloramientos de esta unidad se localizan principalmente sobre el cerro Pichicuatillo y en la vecindad del Rancho Guamuchilito y reducidas manifestaciones en el prospecto "La Ana"; sin embargo, por su tamaño tan reducido no es posible representarlas en el plano a escala 1:50,000

### Litología y Espesor

Litológicamente presenta una variación de estratos de medianos a gruesos con tamaños de 0.07 m a 1.80 m de espesor los cuales se observan plegados y en algunos casos muy fracturados, de color gris a gris rojizo por causa de la oxidación hematítica que se encuentra relleno de las fracturas de la roca, las cuales se disponen como pequeñas vetillas que la cruzan. De igual forma se le observan vetillas de calcita con espesores hasta de 1.5 cm. Presenta una textura media a fina, en donde los gránulos de calcita se observan poco recrystalizados, así como una silicificación parcial en la mesostásis de la roca, posiblemente originada por efectos asociados con la intrusión del batolito que ocurrió durante el Paleoceno Tardío-Eoceno Temprano.

En los afloramientos del cerro Pichicuáttillo se aprecia un espesor aproximado de 60 m.

### Relaciones Estratigráficas

En el cerro Pichicuáttillo esta unidad de calizas se observa sobreyaciendo en forma discordante a la unidad volcánica Andesita Chapote, mientras que en las inmediaciones del prospecto "La Ana" se localiza como pequeños remanentes de antiguos techos colgantes sobre el intrusivo cuarzodiorítico existente. En la vecindad del rancho El Guamuchilito también se observa sobreyaciendo en forma discordante a la misma Andesita Chapote.

En el cerro El Pichicuáttillo su contacto superior se observa cubierto en discordancia por rocas volcánicas terciarias. Esta misma relación se observa en el rancho El Guamuchilito.

### Edad y Correlación

En una muestra tomada para su estudio petrográfico y paleontológico se pudo observar la presencia de microfósiles identificados como: Colomiella recta, microcalamoides diversos, ostrácodos, Hedbergella sp y restos de equinodermos, los cuales en conjunto indican una edad del Cretácico inferior (Albiano inferior).

Esta unidad de caliza se correlaciona tentativamente con los afloramientos del área de Lampazos, Sonora, descritos por Bartolini y Herrera (1986); y con las calizas que afloran en Sahuaripa, Sonora, las cuales pertenecen a la Formación Palmar, King (1939).

### Ambiente de depósito

El origen aparentemente se relaciona a un ambiente marino depositado en facies de mar abierto.

### **III.2.1.2.- Cenozoico**

#### **a).- Cuaternario**

#### **Depósito de Talud y Aluviones**

El Cuaternario está representado por los depósitos de talud y aluviones, los primeros están constituidos por clastos grandes derivados de las rocas preexistentes en el área de estudio, sobre todo de las unidades volcánicas terciarias y andesíticas cretácicas (?).

El aluvión está representado por material medio y fino no consolidado, el cual proviene del desgaste eólico e hídrico que sufren las rocas que están expuestas al intemperismo y cuyos depósitos se observan sobre todo en los cauces de los arroyos y laderas.

### III.2.2.- Rocas Igneas

Las rocas igneas afloran en gran parte del área de estudio y están representadas por rocas intrusivas y extrusivas, mismas que se describen a continuación:

#### III.2.2.1.- Mesozoico

##### a).- Cretácico

##### Unidad Andesita Chapote

##### Definición

Se define informalmente con este nombre a una unidad de derrames volcánicos de composición andesíticas, propilitizadas y en algunos casos muy alteradas.

##### Distribución

Las mejores exposiciones de esta roca se observan en las localidades de los ranchos El Rodeo y Las Algarrobas, el flanco este del rancho La Concepción, en el arroyo El Rodeo y en el área del prospecto "La Aña".

### Litología y Espesor

Megascópicamente en superficie de intemperismo se observa una roca de color gris verdoso, verde oscuro en superficie fresca, siendo compacta y masiva. Presenta una textura porfidica constituida por una mineralogía de plagioclasas, fenocristales de hornblenda y biotita. Presencia de minerales característicos que definen una alteración propilítica tales como epidota, clorita y vetillas de calcita; así como turmalina,

De acuerdo al análisis petrográfico se observa una textura Hipocristalina conformada en su origen por cristales de plagioclasas (oligoclasa-andesina), y piroxenos subhedrales. También material de alteración secundaria, epidota y clorita, en donde la clorita se observa asociada a un material arcilloso. Es frecuente observar cristales pequeños de turmalina en forma diseminada y algunas microvetillas de calcita, embebidos en una mesostasis vítrea. Presenta algunos fragmentos de rocas de carácter andesítico y otros que tienen una textura amigdalar.

El espesor dentro del área en estudio no esta muy definido, más sin embargo se ha calculado un promedio de 260 m de espesor para esta unidad.

### Relación Litológica

Esta unidad volcánica se presenta cubriendo en forma discordante al paquete sedimentario Triásico Tardío, tal como esto se observa en el

Cordón Valerio, sobre el arroyo El Rodeo y hacia el sur-sureste del rancho Las Algarrobas, mientras que en el prospecto "La Ana" se observa intrusionada por rocas cuarzodioríticas laramidicas que afloran en esta localidad.

Su contacto superior se observa suprayacido en discordancia por las calizas del Albiano inferior; así como por la secuencia volcánica del Terciario inferior y por los basaltos del Plioceno-Pleistoceno.

#### Edad y Correlación

Dado que esta unidad volcánica andesítica se encuentra cubriendo a las rocas del Triásico superior se infiere que son de edad más jóvenes que las primeras, y puesto que son suprayacidas por las calizas del Cretácico inferior, se entiende que son más antiguas que estas, por lo que, por su posición litológica se la ha asignado tentativamente una edad del Cretácico (?) y debido a la similitud litológica con la Formación Tarahumara definida por Wilson y Rocha (1946), tentativamente se ha correlacionado con ésta.

#### Origen

Es probable que esta unidad volcánica andesítica sea originada por la actividad volcánica inicial durante el Mesozoico y a la cual numerosos autores establecen su origen a la presencia de una zona convergente ubicada al oeste, en donde la Placa Paleopacífica se hunde por debajo de la corteza continental de México. (Placa de Norte America)



### III.2.2.2.- Cenozoico

#### a).- Cretácico superior-Oligoceno

#### Granodiorita-Cuarzodiorita (Complejo Batolítico Larámide de Sonora)

##### Definición

Se define con este nombre a un conjunto de rocas intrusivas que constituyen parte del Batolito de Sonora y Sinaloa, presentando una diferenciación magmática, además de una facies mineralógica contrastantes ya que la composición varía desde rocas graníticas hasta rocas gnéissicas de turmalina, muscovita y cuarzo, INEGI (1985), (carta geológica Huatabampo, clave G12-6, esc. 1:250,000 DETENAL).

##### Distribución

Dentro del área en estudio se localizan afloramientos de rocas intrusivas granodioríticas y cuarzodioríticas. Estas rocas se encuentran distribuidas en tres localidades principales, hacia la porción suroeste de la zona, en los alrededores del poblado de Agua Caliente de Antelo, hacia la parte norte de la ranchería Baboyahui y en las cercanías del prospecto "La Ana".

En las inmediaciones del poblado de Agua Caliente de Antelo, aflora parte de una gran masa ígnea granodiorítica de proporciones batolíticas de color crema, constituido por cuarzo, plagioclasa, hornblenda y biotita, cruzada por ocasionales hilos de cuarzo con epidota y clorita.

Al norte de la ranhería Baboyahui se tiene una masa ígnea en forma de apófisis con características mineralógicas muy similares a la anterior.

En las inmediaciones del prospecto "La Ana" se cartografiaron afloramientos de intrusivos cuarzodioríticos que pueden ser considerados como facies marginales de los grandes plutones granodioríticos, esta roca es de un color gris claro, pero donde hay un incremento de ferromagnesianos ésta se torna más oscura.

### Litología

Su textura es holocristalina porfídica, pudiéndose notar una mineralogía constituida por hornblendas y algunas plagioclasas, el cuarzo se observa en ocasiones agrupado en la matriz. La roca denota incipiente cloritización y en algunos casos pequeñas costras de calcita. Es compacta y masiva, pero en algunas localidades es cruzada por varias fracturas (diacclasas) y vetillas preferentemente de cuarzo.

La mineralización que existe en la localidad del prospecto "La Ana", tiene una relación directa con la presencia de estas rocas intrusivas, las cuales generaron las soluciones mineralizantes mediante un evento hidrotermal, posterior al depósito de las rocas tobáceas arenosas.

### Relación Litológica

En el área de estudio se observa a este cuerpo intrusionando a las unidades y secuencias litológicas más antiguas, principalmente al paquete sedimentario del Triásico Tardío, el cual en algunas localidades denota un marcado metamorfismo de contacto.

### Edad y Correlación

La edad de esta unidad litológica corresponde a la época Laramidica, tiempo en el que se desarrollo una gran actividad magmatica que propició el emplazamiento de cuerpos intrusivos batolíticos y otros de origen hipabisal a las cuales numerosos autores le han asignado una edad del Cretácico superior-Oligoceno.

Los afloramientos de rocas granodioríticas y cuarzodioríticas en el área de estudio, es probable, sean parte del Batolito de Sonora-Sinaloa.

### Origen

El origen de esta unidad intrusiva se asocia con la actividad convergente del oeste, la cual es responsable de los emplazamientos graníticos ocurridos durante el Mesozoico Tardío-Cenozoico Temprano.



EL SABER DE MIS NIJOS  
HARA MI GRANDEZA  
Faculta de Ingenieria  
Depto. Geologia  
BIBLIOTECA

## a).- Terciario Inferior

### Unidad Volcánica Mesa Grande

#### Definición

Se designa informalmente con este nombre a un conjunto de rocas volcánicas de carácter félsico, caracterizado por la presencia de dos eventos volcánicos contemporáneos. El primero representado por derrames riolíticos, depósitos de tobas y aglomerados a la base. El segundo comprende un importante depósito de potentes capas ignimbríticas a la cima.

Debido a que el afloramiento de la roca ignimbrítica dentro del área en estudio es muy extenso, el autor sugiere que es más adecuado separar a esta unidad del paquete mencionado, diferenciándolas en miembro inferior y superior, pero sin olvidar que dichas rocas forman parte de un mismo paquete al cual le correspondería en tiempo la misma edad que al resto de la secuencia volcánica.

#### Miembro inferior

#### Distribución

Esta secuencia es la más abundante en el área de estudio, cubre gran parte de las rocas más antiguas y sus principales afloramientos se observan en la parte norte-noreste del área de interés, más específicamente ésta secuencia tiene sus afloramientos al este de la sierra El Rosario, en las inmediaciones del rancho San Miguel y en la sierra Los Luises.

### Litología y Espesor

Las coladas riolíticas presentan una coloración gris oscuro misma que se vuelve pardusca cuando intemperiza, una textura porfídica con cristales de cuarzo, feldespatos potásicos en una matriz vítrea, también se le observan diminutas trazas de textura perlítica.

Las tobas son de textura arenosa y líticas con fragmentos andesíticos y presentan una coloración rojiza al intemperismo.

A la base de éste paquete volcánico se distingue un aglomerado, el cual es menos abundante que las rocas anteriores, constituido por fragmentos de composición andesítica los cuales varían en tamaño de 2 a 15 cm de diámetro.

En el plano geológico escala 1:50,000 no se han diferenciado estas rocas y se han marcado como una sola unidad, ya que por su dimensión no se pueden cartografiar.

En el cerro Mesa Grande se exponen aproximadamente 180 m de espesor de esta unidad.



BIBLIOTECA  
DE CIENCIAS EXACTAS  
Y NATURALES

EL SABER DE NUESTROS DIAS  
HARA MI GRANDEZA

### Relación litológica

Las rocas volcánicas del Terciario inferior se encuentran sobreyaciendo en forma discordante a todo el paquete de rocas más antiguas, más específicamente a rocas del Triásico tardío y las unidades cretácicas, así como al intrusivo laramídico. A la vez que es supraya-

cido litológicamente por capas ignimbríticas. Esto se puede observar en el cerro Mesa Grande, al norte del rancho Las Algarrobas, Cordón Pelón, inmediaciones del rancho Guamuchilito, Sierra El Rosario y hacia el suroeste del área en estudio.

### Edad y Correlación

Tentativamente se correlaciona con la Formación San Blas definida por De Cserna y Kent (1961), a la cual le asignan una edad correspondiente al Terciario Inferior.

### Origen

El origen de esta secuencia puede ser debido a la actividad volcánica que se inició durante el Cenozoico, la cual conformó la base de la Sierra Madre Occidental, provocada por la subducción de la placa Paleopacífica debajo del continente Mexicano. (Placa de Norteamérica)

A continuación, se hace una breve descripción de la roca encajonante, la cual se localiza en el miembro inferior de esta unidad volcánica, y que está representada litológicamente por una toba arenosa.

## **Toba arenosa**

Dado que esta Unidad se presenta como la roca encajonante de la estructura mineralizada "La Ana", se considera hacer una detallada descripción de sus principales características, a pesar de que este afloramiento es muy pequeño y no se puede cartografiar en el plano geológico a escala 1:50,000.

### Definición

Se denomina con este nombre a un paquete de rocas volcánicas tobáceas de textura arenosa, el cual presenta los efectos de hidrotermalismo.

### Distribución

Aflora en la parte central del prospecto mineralizado "La Ana", más específicamente al este del arroyo El Chapote.

### Litología y Espesor

Megascópicamente la roca presenta un color amarillo ocre, con variaciones a tonos café oscuro y rojizos, sobre todo en donde se observa la presencia de óxidos de fierro y alteración de los ferromagnesianos. Presenta textura arenosa, con fragmentos pequeños de feldespato potásico, cuarzo, trazas de epidota, sericita y material arcilloso, embebidos en una matriz vitrea arenosa.

La roca presenta silicificación parcial. En lámina delgada se le observa una textura lítica en donde existen incluidos algunos gránulos

de cuarzo, piroxenos, anfiboles, epidota y clorita dentro de una matriz vítrea arenosa.

En algunos afloramientos se observan brechamientos locales preferentemente en donde hay evidencia de fallamiento, en estos casos la roca se presenta con fragmentos que van de subangulosos a angulosos observándose estos alterados a material arcillosos, en donde los fragmentos varían en tamaño de 0.1 a 4.0 cm de diámetro.

Dentro de las inmediaciones del prospecto se aprecia un espesor aproximado de 50 m.

#### Relaciones litológicas

Su contacto inferior se localiza en forma discordante y sobreyaciendo a la Unidad Andesita Chapote y al intrusivo cuarzodiorítico, el cual la afecta ocasionándole un incipiente metamorfismo de contacto. Su contacto superior es cubierto por aluvión y suelo residual.

#### Edad y Correlación

Esta unidad se asocia a las primeras etapas del volcanismo del Terciario Inferior, y litológicamente corresponde a la secuencia de la gran cadena montañosa de la Sierra Madre Occidental.

#### Origen

El origen de ésta unidad se atribuye a la actividad volcánica del Cenozoico Temprano.



### Miembro superior

#### Distribución

Los afloramientos de esta roca se localizan en el noreste del pueblo de Agua Caliente de Antelo; en el cerro Mesa Grande, hacia el sur y noreste del área; en los cerros Pichicuatillo y La Palma, en el Cordón Pelón, inmediaciones del rancho Guamuchilito y sobre la sierra El Rosario.

Debido a que, en el área de estudio, esta secuencia se depositó en gran extensión, se observan formando grandes mesas y acantilados, ya que se disponen en forma de bloques.

#### Litología y Espesor

Esta roca presenta un color café claro a gris rojizo. En ocasiones es evidente una textura bandeada (fluidal ?), en donde se le observan pequeñas franjas de cuarzo de 1 mm de espesor, así como gránulos muy pequeños de cuarzo de 2 mm de diámetro, el resto de la roca es vitrea y también presenta pseudoestratificación con un ligero basculamiento al este.

En el cerro Mesa Grande se observan aproximadamente 60 m de espesor de ésta unidad.

#### Relación litológica

Su contacto inferior se localiza suprayaciendo a rocas volcánicas del miembro inferior, observándose este contacto en las localidades del cerro Mesa Grande, inmediaciones del rancho Guamuchilito, sierra El

EL SABER DE MIS HIJOS  
HASTA MI GRANDEZA  
Núcleo de Ingeniería  
Depto. Geología  
BIBLIOTECA

Rosario, hacia el norte del rancho Las Algarrobas y en las vecindades del rancho El Limón.

En la parte sur del área se localiza cubriendo a rocas más antiguas como son: las rocas del Triásico superior, rocas sedimentarias y volcánicas cretácicas.

Su contacto superior es sobreyacido en forma discordante por basaltos del Plioceno-Pleistoceno, así como por aluviones y taludes cuaternarios.



### Edad y Correlación

De Cserna y Kent (1961), describieron una serie de rocas volcánicas, las cuales están representadas por ignimbritas, tobas riolíticas y areniscas tobáceas, ubicándolas como del Terciario inferior, a las cuales denominaron como Formación Fuerte.

Dado la cercanía de las áreas estudiadas por los autores citados anteriormente y a la similitud del paquete volcánico que aflora en el área de interés, con el que se menciona al principio, es probable que la secuencia aquí descrita sea correlacionable con la Formación Fuerte correspondiente al Terciario inferior.

### Origen

El origen de esta secuencia volcánica probablemente se debió al material piroclástico de las efusiones volcánicas que dieron origen a la cadena montañosa de la Sierra Madre Occidental.

## b).- Terciario superior-Cuaternario

### Unidad Basalto Pichicuate

#### Definición

Se define informalmente como una roca ígnea máfica de origen fisural.

#### Distribución

Es la unidad litológica más joven y aflora en la porción sur del área en estudio, específicamente en las inmediaciones del rancho Pichicuate.

#### Litología y Espesor

Se constituye de coladas y bombas basálticas de color negro, vesiculares, muy porosas, que forman pequeñas mesas y lomerios. Localmente se le conoce como "Malpaís" se observa en forma compacta, de textura porfídica y en forma de bloque y se considera que representa la culminación del volcanismo terciario (INEGI, 1985).

Los mejores afloramientos de esta roca se exponen en la localidad denominada El Pichicuate, en donde se puede apreciar un espesor de 30 m.

#### Relación Litológica

En el área en estudio se localizan cubriendo en forma discordante a las rocas volcánicas del Terciario Inferior y son sobreyacidas en forma discordante por aluviones y taludes más recientes.

### Edad y Correlación

Tentativamente se correlaciona con la Formación Hornillos, definida por De Cserna y Kent (en Clark, 1988), localizada en el valle de El Fuerte, Sinaloa, en donde ocurren cubriendo a la Formación Maune, asignándosele asignándosele una edad del Terciario Superior.

### Origen

El origen de esta unidad es por fisuras de gran profundidad que permiten el paso de magmas máficos hacia la superficie.



EL SABER DE MIS HIJOS  
HASTA MI GRANDEZA  
Escuela de Ingeniería  
Depto. Geología  
BIBLIOTECA

# EXPLICACION

| CENOZOICO         |             |           |      |
|-------------------|-------------|-----------|------|
| M E S O Z O I C O | CUATERNARIO | TERCIARIO |      |
|                   |             | INFERIOR  | SUP. |
|                   |             | INFERIOR  |      |
| CRETACICO         |             |           |      |
| SUPERIOR          |             |           |      |

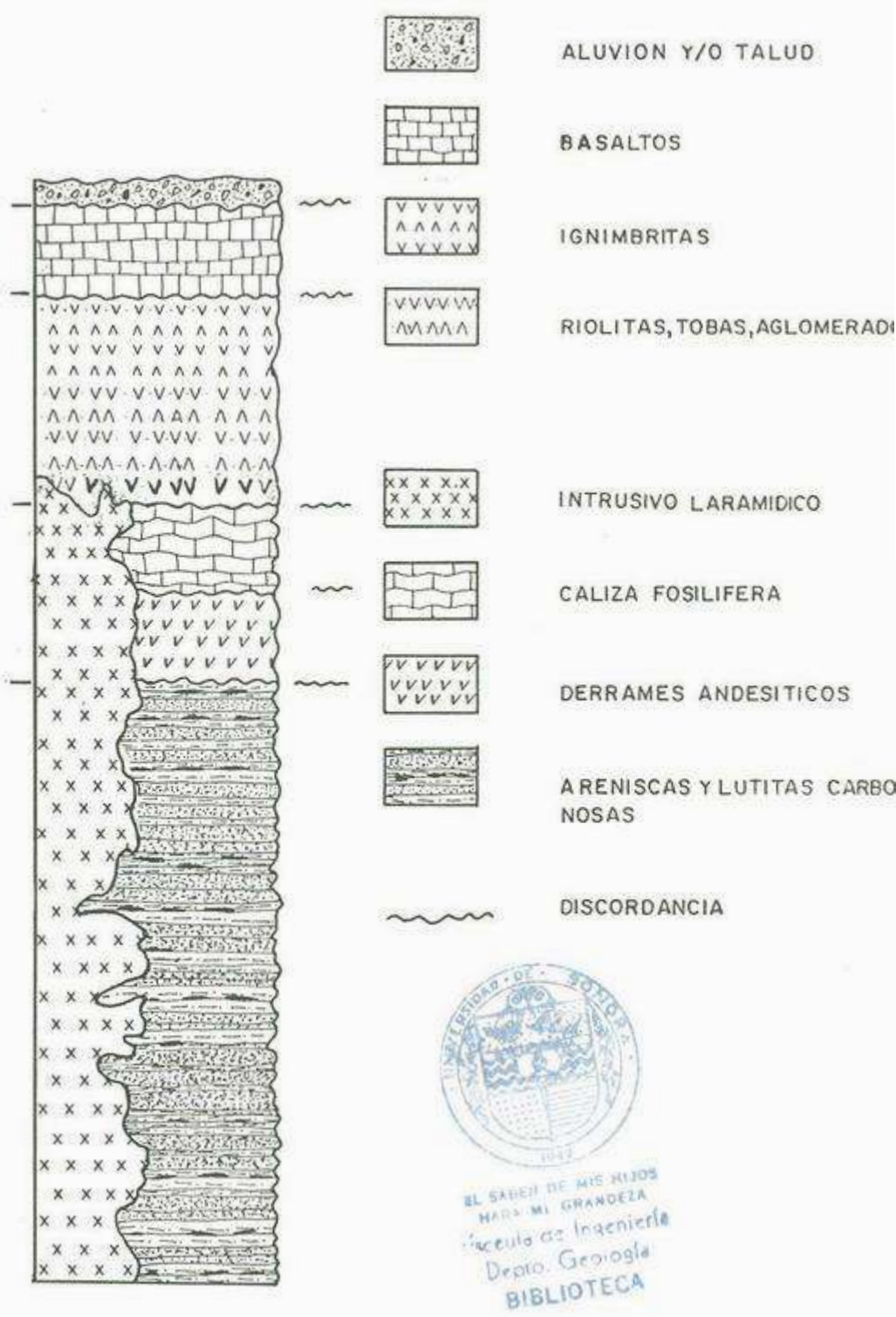


FIG. 3

#### IV.- GEOLOGIA HISTORICA

La geología histórica del área de estudio inicia con el depósito de sedimentos mesozoicos del Triásico Superior. Estos sedimentos están representados por rocas arcillosas que se depositaron en cuencas cerradas de ambiente reductor o euxínico, mismas que se formaron por el fallamiento transcurrente del Paleozoico (Rosas, 1985).

A partir del Cretácico Temprano (?) inicia una actividad volcánica, representada por derrames andesíticos los cuales cubrieron extensamente a las rocas sedimentarias anteriores. Esta actividad volcánica probablemente sea consecuencia de la zona de subducción localizada al oeste, en donde una placa Paleopacífica se hunde por debajo de la corteza continental de México. Para esta misma época las condiciones de sedimentación seguían existiendo y se enmarcaban en un ambiente de mar abierto que posiblemente estaba sujeto a transgresiones y regresiones por lo que la depositación de capas de rocas calcáreas en este periodo, cubrieron a las rocas volcánicas anteriores.

Para el Cretácico Superior-Terciario Inferior se desarrolla una extensa actividad de emplazamientos plutónicos en la región (Intrusivo cuarzodiorítico), los cuales provocaron metamorfismo y fallamientos en las rocas preexistentes. En el área de estudios esto se manifiesta en las rocas del Triásico Superior (areniscas-arcillas carbonosas) así como en las calizas fosilíferas del Cretácico Inferior.

La intrusión de estos cuerpos graníticos, pertenece a la Orogenia

Laramide y la existencia de varios prospectos mineralizados dentro del área en estudio, son atribuidos a este proceso.

A continuación siguió una importante actividad volcánica correspondiente también a la época Laramídica del Terciario Inferior la cual se pone de manifiesto en los cerros Mesa Grande, sierra El Rosario y en gran parte del área, siendo estos depósitos de rocas riolíticas, tobas e ignimbritas, secuencias que conforman parte de la Sierra Madre Occidental.

Al término de este evento continúa una fuerte erosión la cual desgasta los relieves provocados por la intrusión tendiendo a nivelarse con la formación de cuencas lacustres. Posteriormente dió inicio un fuerte fallamiento que provocó la formación de las grandes mesetas con espesores riolíticos, ignimbríticos y tobas riolíticas (cerro Mesa Grande, sierra El Rosario y otros). En consecuencia posterior ocurre el volcanismo máfico, el cual constituye el último evento del Terciario y del área en estudio. Las rocas expuestas al intemperismo provocan aluviones y taludes en distintas localidades de la zona, siendo esta manifestación la más representativa de una actividad más reciente.

## V.- YACIMIENTOS MINERALES

### V.1.- Forma y Dimensiones

La estructura mineralizada denominada "La Ana", se presenta en forma de veta con rumbo general de NE 60°-75°SW, con echados variables de 60° a 85° buzando hacia el NW. Localmente presenta deflexiones hacia el NW-SE. Su espesor promedio es de 5.25 m con una longitud de afloramiento de 270 m.

La estructura está limitada al poniente por el arroyo El Chapote y al oriente se pierde bajo la capa de suelo con más de un metro de espesor que cubre a la localidad.

Para la exploración a profundidad de la estructura se levantaron obras subterráneas preexistentes tales como frentes y cruceros, los trabajos que mayor profundidad tienen alcanzan los 19 m, aunque con las observaciones de campo se infiere que la estructura profundiza todavía más.



BIBLIOTECA  
DE CIENCIAS EXACTAS  
Y NATURALES

EL SABER DE NUESTROS DIAS  
PARA MI GRANDEZA

### V.2.- Roca Encajonante

La roca que contiene a la estructura mineralizada "La Ana", consiste en una toba arenosa, de color amarillo ocre y de origen volcánico.

### V.3.- Mineralización y Alteraciones

#### Mineralización

La mineralización del prospecto "La Ana" pertenece a las características de los depósitos hidrotermales de relleno de fallas y fisuras. En ocasiones esta mineralización se asocia a zonas de brechamiento muy locales dentro del mismo cuerpo mineralizado.

Los minerales de mena lo constituyen el oro y la plata, los cuales a su vez, se hospedan preferencialmente al alto de la estructura y están íntimamente relacionados a los óxidos de fierro que presentan dicho cuerpo.

Los muestreos realizados sobre la estructura mineralizada reportan que los valores más atractivos se localizan hacia el flanco oriente de la veta en donde las muestras tomadas indican valores del orden de los 0.5 a 32.8 gr/Ton Au y de indicios a 26.1 gr/Ton Ag.

Megascópicamente la mineralización que se observa en el prospecto "La Ana", está representada por galena, pirita, bornita, hematita y cuarzo.

La **galena** se localiza en el depósito en forma de pequeños lentes y con su clásico crucero de escalera, es posible que parte de la plata existente en el prospecto se asocie a este mineral.

La **pirita** se presenta diseminada y en forma cúbica, este caso solo se observa en lugares en donde la pirita no está muy expuesta al intemperismo ya que cuando esto ocurre la pirita se presenta muy oxidada y lixiviada.

La **bornita** es de un color café rojizo presentándose tanto masiva como diseminada en la estructura mineralizada.

La **hematita**, es producto de la alteración de sulfuros, misma que al alterarse y lavarse, deja varias cavidades de lixiviación, (boxworks) de variadas formas que se observan a lo largo de toda la estructura mineralizada.

El **cuarzo** ocurre en forma masiva y en ocasiones en drusas conformando gran parte de la veta y observándose un intercrecimiento de su textura por acción de la silicificación que afecta a todo el cuerpo mineralizado.

### **Alteraciones**

Dentro de la alteraciones hidrotermales tenemos un conjunto de asociaciones de minerales secundarios que definen y caracterizan a zonas a) propilitica , b) argilitica y c) filitica.

**a).- Propilitica.-** Se observa al norte del prospecto a escasos 70 m del cuerpo mineralizado. Los minerales característicos de esta alteración constan de clorita, calcita, epidota, ocasionalmente

turmalina, así como una leve piritización.

La **clorita** es de color verde claro y es producto de una alteración de los minerales de fierro y magnesio, afectando a las rocas volcánicas andesíticas y al intrusivo cuarzo diorítico aflorante en el área.

La **calcita** ocurre en pequeñas vetillas de 1 a 10 cm de espesor y en ocasiones en pequeñas costras.

La **epidota** se observa de un color verde y se presenta diseminada y también en vetas pequeñas que tienen diferentes direcciones.

La **pirita** ocurre muy fina y diseminada así como en vetillas. Es de color amarillo y no se nota altera. Dentro de éste tipo de alteración existe una turmalinización y silicificación.

La **turmalina** se observa diseminada y en ocasiones forma agrupamientos, en forma radial y de color negro (variedad chorlo).

La **silicificación** se presenta afectando tanto a la estructura mineralizada como a la roca encajonante ocasionándoles un fuerte endurecimiento.

**b).- Argílica.-** Se presenta por una caolinización en gran parte del prospecto en estudio. El caolín se observa en forma de manchones; el cual es producido por alteración hidrotermal de la misma roca encajonante.

c).- **filica**.- Está representada en parte por la presencia de sericita, cuarzo y pirita. La **sericita** se observa en forma diseminada, siendo un producto de la alteración de las plagioclasas y feldespatos constituyentes de la roca encajonante. El **cuarzo** constituye una gran parte del cuerpo mineralizado y se observa masivo, en ocasiones en drusas y en pequeñísimas vetillas muy esporádicas. La **pirita** se observa en su variedad cubica y cuando ésta se altera y lixivía deja una cavidad conocida como "boxwork". La **limonita** también está presente en el prospecto y ésta ocurre en toda la estructura mineralizada observándose como manchones amarillos, muy deleznales en forma de masa terrosa.

#### V.4.- Control Estructural

Las características estructurales del área en estudio están representadas por un patrón de fallas normales y fracturas las cuales presentan orientaciones de rumbos NW-SE y NE-SW con ángulos casi verticales. Las corrientes fluviales de los arroyos Baboyahui, La Concepción y El Chapote, se observan controlados por rasgos estructurales muy marcados; así mismo las alineaciones geomorfológicas y grandes acantilados indican un fracturamiento muy notable con dirección NW-SE y NE-SW.

Debido a los esfuerzos compresionales y distensivos que afectaron a la zona, se originaron una serie de fallas y fracturas, las cuales sirvieron como preparación del terreno, para la posterior circulación de fluidos mineralizantes. Al rellenarse este tipo de estructuras se formaron cuerpos tabulares mineralizados, depositándose sobre todo en

las secuencias volcánicas y sedimentarias, a éste patrón estructural pertenece el prospecto "La Ana", en el cual la estructura mineral está alojada en rocas tobáceas arenosas de edad Terciario Inferior.

En la localidad del prospecto "La Ana" se observan cuando menos 2 sistemas de fallamiento.

El primer sistema corresponde a fallas y fracturas paralelas de orientación NE-SW, siendo en este patrón estructural donde se emplazó la mineralización que conforma a la estructura principal, objeto de este estudio.

El segundo se manifiesta mediante la presencia de fallas post-minerales de orientación NW-SE en donde una de ellas corta en su parte media al cuerpo mineralizado desplazando a la estructura más de 30 m de su posición original.

#### **V.5.- Génesis**

El depósito mineral en el área de estudios pertenece al de estructuras tabulares, típico de relleno de fallas y fracturas, asociadas estrechamente a fluidos mineralizantes que ascendieron por las zonas de debilidad de las rocas encajonantes (fracturas) y que al encontrar las condiciones físico-químicas favorables depositaron los elementos mineralizantes que constituyen el cuerpo "La Ana".

De acuerdo en la clasificación de los distritos mineros en el

Noroeste de México elaborada por Wisser en 1966, el depósito mineral "La Ana" se clasifica como un yacimiento epitermal dentro de la categoría de los hidrotermales.



## VI.-OBRAS MINERAS,MUESTREO Y RESULTADO DE ANALISIS

Se realizó un muestreo sistemático a lo largo de los afloramientos de la estructura mineralizada. Los valores resultantes fueron como sigue; en la porción oriente de la estructura, los valores son del orden de 0.5 hasta 32.8 gr/ton de oro con 53.2 gr/ton de plata; en la porción poniente de la estructura se tienen valores desde indicios a 3.5 gr/ton de oro con valores de 26.1 gr/ton de plata.

Dentro del prospecto "La Ana", existen obras mineras de regulares dimensiones, desarrolladas sobre esta estructura, en algunas de las cuales las entradas están obstruidas por derrumbes; sin embargo, en las que se pudo tener acceso se hizo levantamiento y muestreo de canal representativo de la estructura. Las obras que más destacan por su importancia están representadas por frentes, cruceros, pozos, tajos y zanjás, las cuales fueron realizadas por mineros antiguos que exploraron la veta.

La mayoría de las obras subterráneas se desarrollan preferentemente al alto de la estructura y en algunas se observan pequeños salones en sus interiores, los cuales posiblemente fueron minados debido a "clavos" que se localizaron en estas zonas de la veta.

El desarrollo de zanjás, pequeñas catas y tajos se localizan principalmente en los niveles superficiales de la estructura mineralizada.

Los desarrollos mineros de mayores dimensiones que se conocen son los siguientes:

**a).- Obra minera El Sahuaro**

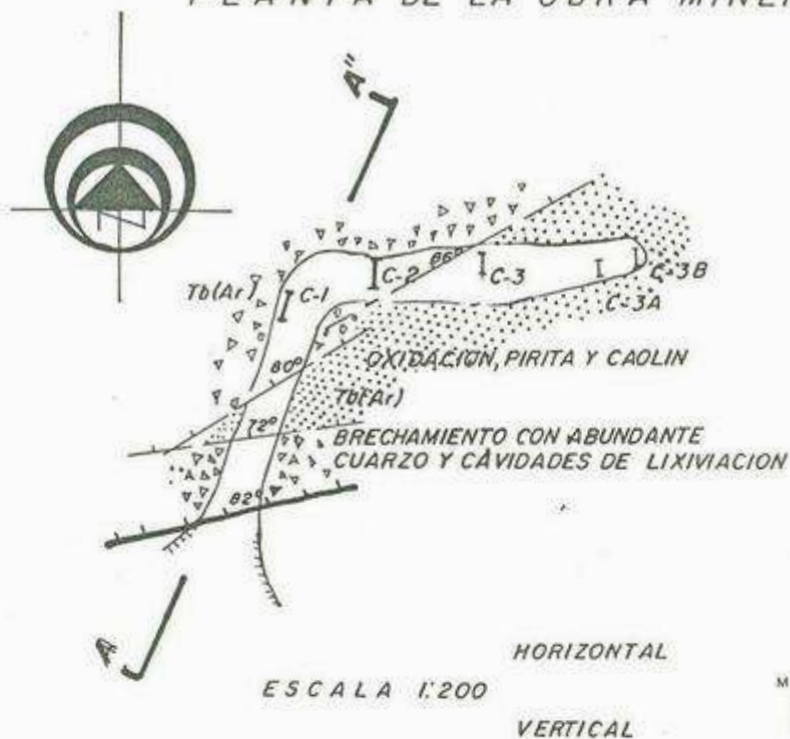
La obra minera El Sahuaro se sitúa a una cota de 570 m.s.n.m. y se localiza hacia el flanco poniente del cuerpo mineralizado. Consiste de un crucero con rumbo de N 22°E con un desarrollo de 7.40 m y sección de 2.00 m x 1.5 m que corta a la estructura "La Ana". En su interior presenta una frente de rumbo N 85°E con un desarrollo de 8.62 m y sección de 2.00 x 1,5 m ,la cual también corta al cuerpo mineralizado.

Fig. 4

Partiendo la de la bocamina y a dos metros de su interior se observa un intenso brechamiento con bastante cuarzo y cavidades de lixiviación. Enseguida continua una intensa oxidación con caolinización y pirita diseminada. Esta asociación de pirita y caolín se extiende formando una franja de 3 m de espesor, la cual está controlada por pequeñas fallas las que a su vez presentan un rumbo de N 82° E y una inclinación de 72°NW. Posteriormente continua una zona de brechamiento de la roca encajonante con abundantes vetillas de cuarzo, caolinización y pirita diseminada y una incipiente silicificación. Al continuar por la frente que se localiza en el interior del crucero, se observa la continuación de la franja de óxidos, pirita, caolín, solo que la silicificación aumenta en este punto.

Este desarrollo de obra minera se localiza al bajo de la estructura mineralizada, de donde se tomaron 5 muestras de canal dando valores desde 0.0 a 0.80 gr/Ton de Au y de indicios a 11.0 gr/Ton de Ag.

# PLANTA DE LA OBRA MINERA SAHUARO



## EXPLICACION

TOBA ARENOSA

Tb(Ar)

FALLA

RUMBO Y ECHADO

MUESTRA COLECTADA

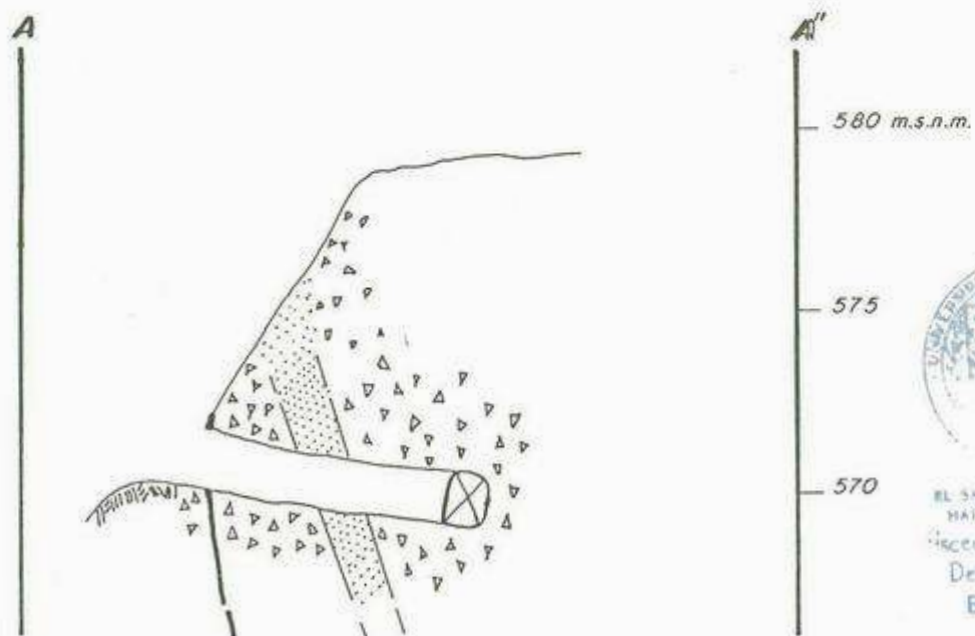
CRUCERO

SECCION

OBRA MINERA

| No MUESTRA | ESPESOR m | Av gr/ton. | Ag gr/ton. |
|------------|-----------|------------|------------|
| C-1        | 0.60      | 0.60       | 11.0       |
| C-2        | 0.80      | Ind.       | 9.2        |
| C-3        | 0.50      | Ind.       | Ind.       |
| C-3A       | 0.40      | 0.8        | 8.1        |
| C-3B       | 0.30      | 0.6        | 2.4        |

## SECCION DE LA OBRA MINERA SAHUARO VIENDO AL NW



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA  
Escuela de Ingenieria  
Depto. Geologia  
BIBLIOTECA

FIG. 4

**a).- Obra minera Palo Seco**

Está obra minera se localiza a 147 m en línea recta, al NE de la bocamina de la obra El Sahuaro, con una cota de 599 m.s.n.m.

La obra minera Palo Seco consiste de un crucero, el cual corta a la estructura mineralizada, presenta un desarrollo de 12 m con sección de 1.60 m x 1.80 m y un rumbo de S 52°E, en su interior se observa un cuele que consiste en una frente con rumbo de N 48°E y desarrollo de 6.98 m con sección de 1.50 m x 1.00 m

Iniciando en la bocamina de está obra y hasta los 3.50 m en su interior, se presenta un brechamiento de la roca encajonante, observándose fragmentos tobáceos y andesíticos cementados por una matriz arenosa vítrea, con fragmentos subángulosos que varían en tamaño desde 1 mm hasta 6 cm de diámetro, denotándose además alteraciones arcillosas y silicificación incipiente con pequeños fragmentos de cuarzo brechado.

En el interior de la obra minera, específicamente a los 12 m de desarrollo, la veta es cortada en su alto. Partiendo de los 12 m en su interior se localiza una pequeña frente con un desarrollo de 6.98 m la cual se encuentra parcialmente cerrada y además presenta un rumbo de S 48°E con secciones de 1.50 m x 1.00 m. La frente mencionada anteriormente, en su tope da acceso, da hacia un pequeño salón de exploración de sección 8.3 m x 3.00 m el cual se encuentra inaccesible por zonas de caídos.

Dentro de la frente desarrollada sobre la estructura se observan zonas de intensa oxidación con pirita diseminada, pequeños fragmentos de cuarzo, sericitización, abundante silicificación, presentándose vetillas de cuarzo y caolinización de la roca encajonante la cual es muy deleznable.

De las muestras que se tomaron en está obra minera se observa que los valores de oro fueron de indicios a 0.8 gr/ton, mientras que los de plata estuvieron de indicios a 3.3 gr/Ton



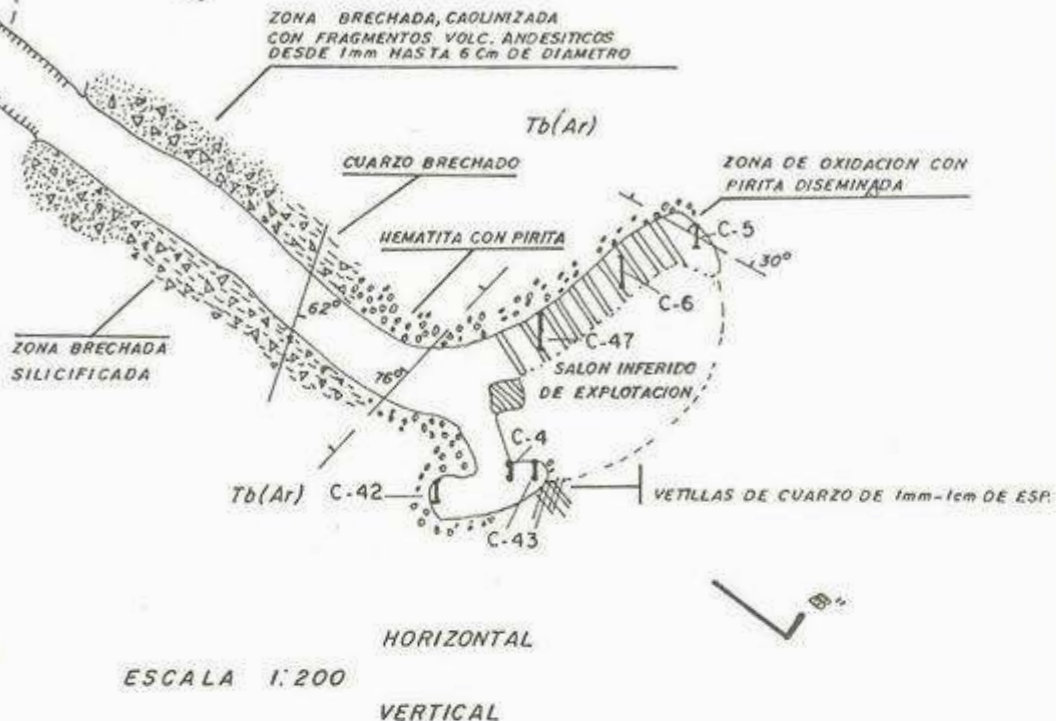
# PLANTA DE LA OBRA MINERA PALO SECO

| No      | ESPESOR | Au     | Ag     |
|---------|---------|--------|--------|
| MUESTRA | m       | gr/ton | gr/ton |
| C-4     | 0.50    | Ind.   | 2.9    |
| C-5     | 0.60    | Ind.   | 3.3    |
| C-6     | 0.70    | Ind.   | Ind.   |
| C-42    | 0.50    | Ind.   | Ind.   |
| C-43    | 0.50    | Ind.   | Ind.   |
| C-47    | 1.00    | 0.8    | 3.0    |



## EXPLICACION

- TOBA ARENOSA
- ZONA BRECHADA Y OXIDADA
- OBRA MINERA
- TAJO
- TERRERO
- ARROYO
- OBRA ADEMADA
- FALLA O FRACTURA
- PILAR
- MUESTRA
- SECCION



## SECCION DE LA OBRA MINERA PALO SECO VIENDO AL NE

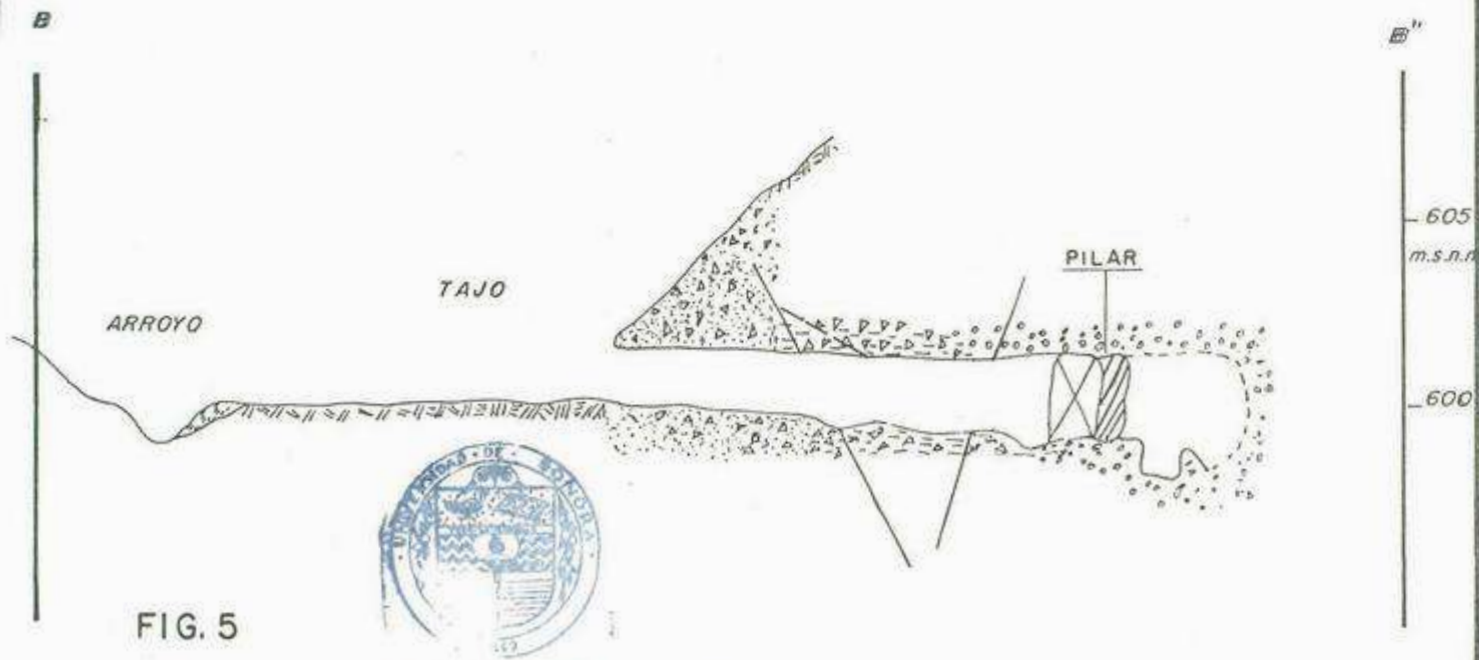


FIG. 5

EL SABER DE MIS HIJOS  
Escuela de Ingenieria  
Dpto. Geologia

**c).- Obra minera Palo Verde I**

Esta obra minera se localiza a 40 m en línea recta, al S 50°E de la obra Palo Seco y a una cota de 605 m.s.n.m.

La obra minera Palo Verde I consiste de un tiro inclinado, solo que para tener acceso a este desarrollo, es necesario introducirse por un pequeño pozo el cual alcanza los 2 m de profundidad por 2 m de diámetro.  
Fig. 6

El tiro alcanza en el subsuelo 19 m de profundidad con sección de 2 m x 2 m. En su interior se observan dos pequeños niveles, el primero se localiza a los 5.00 m a partir de la superficie y consiste en un crucero que alcanza los 12 m de desarrollo, y en el que se observan dos pozos pequeños, uno de los cuales se encuentra relleno en parte por material de caídos, mismo que tiene un diámetro de 1.50 m por 4.70 m de profundidad. El segundo pozo presenta una profundidad de 2.50 M y un diámetro de 3.00 M.

El segundo nivel se localiza a los 13 M de profundidad, también a partir de la superficie y consiste en un crucero que tiene 8.00 M de desarrollo, con sección de 1.5 M x 1.5 M, el cual fue realizado a rumbo de la estructura.

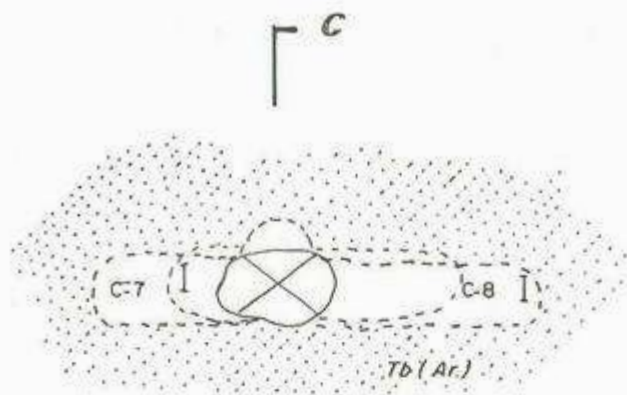
En esta obra minera específicamente en el segundo nivel ya tenemos evidencias de sulfuros, tales como pirita y galena.

Los óxidos predominan en el interior de las obras, así como vetillas de cuarzo y alteraciones de caolinización, sericitización; además de que en algunos puntos la roca se torna un tanto deleznable sobre todo donde hay evidencias de caolinización.

En el interior se observan pequeñas fallas las cuales se encuentran cortando a la estructura. En esta obra minera se realizó un muestreo de canal, logrando obtener nueve muestras sobre la estructura, tanto al alto como al bajo, arrojando valores del orden de 0.5 a 26.6 gr/Ton de Au y de 1.39 a 12.8 gr/Ton de Ag, lo que permite deducir que la mineralización de más alta ley se localiza al alto de la estructura y que no se comporta en forma homogénea, sino dando lugar a zonas de pequeñas bolsadas de mineral de alta ley, algunas ya explotadas en algunos pequeños puntos por los mineros antiguos, pues así lo manifiestan la forma del desarrollo de las obras mineras y el muestreo realizado tanto en interior de mina como en superficie.

# PLANTA DE LA OBRA MINERA PALO VERDE I

EXPLICACION



TOBA ARENOSA

Tb(Ar)

ZONA DE OXIDACION



OBRA MINERA PROY.



OBRA MINERA



POZO



CRUCERO



SECCION



ESCALA 1:200

HORIZONTAL

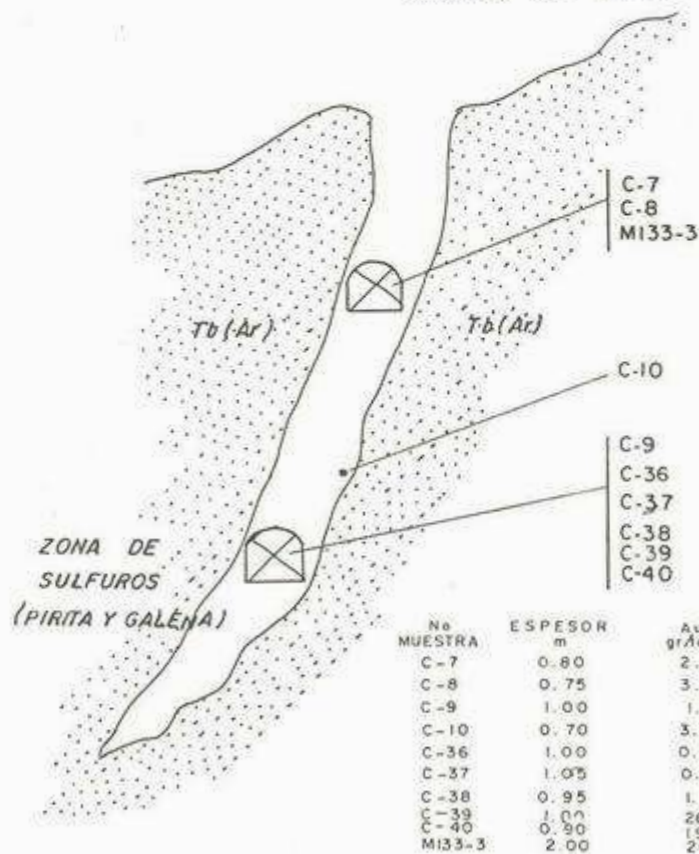
VERTICAL

## SECCION DE LA OBRA MINERA PALO VERDE I

C

VIENDO AL ESTE

C'



605 m.s.n.m.

600

595

590

585



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRAN DIFERENCIA  
Escuela de Ingenieria  
Depto. Geologia  
BIBLIOTECA

| No MUESTRA | ESPESOR m | Au gr/ton | Ag gr/ton |
|------------|-----------|-----------|-----------|
| C-7        | 0.80      | 2.0       | 6.5       |
| C-8        | 0.75      | 3.0       | 11.1      |
| C-9        | 1.00      | 1.9       | 4.9       |
| C-10       | 0.70      | 3.0       | 12.2      |
| C-36       | 1.00      | 0.5       | 1.3       |
| C-37       | 1.05      | 0.9       | 4.2       |
| C-38       | 0.95      | 1.3       | 5.2       |
| C-39       | 1.00      | 26.6      | 4.6       |
| C-40       | 0.90      | 19.4      | 12.8      |
| M133-3     | 2.00      | 20.8      | 7.2       |

FIG. 6

d).- Obra minera Palo Verde II

Esta obra minera se localiza al S 79°E y a 9 m en línea recta partiendo del punto de control No. 45, ubicado a un lado del pozo de la obra Palo Verde I y aproximadamente a una cota de 605 m.s.n.m.

La obra consiste en una frente de rumbo S 80°E con un desarrollo de 22.00 m de longitud y sección de 2.50 m x 2.50 m, realizada sobre roca oxidada y mineralizada. En ocasiones en su interior se puede observar una serie de fracturas de orientación preferencial NE-SW y con inclinaciones al NW. En esta obra es notoria la presencia de pirita, sericita y abundante milonita lo que indica la presencia de un fallamiento local con una alteración hidrotermal muy marcada.

Fig. 7

Esta obra es controlada en una de sus paredes por una falla normal de rumbo N 75°W y echado de 75°NE, ésta a su vez intercepta a otra de rumbo 50°NE y echado de 60°NW. El brechamiento existente es originado por ambas fallas, el cual solo es notorio donde aparecen estas estructuras.

En esta obra los valores obtenidos en las muestras de canal reportan valores del orden de indicios a 1.3 gr/Ton de Au y de indicios a 13.0 gr/Ton de Ag. Esto es una evidencia de que los valores de oro ocurren en forma esporádica.

# PLANTA DE LA OBRA MINERA PALO VERDE II

EXPLICACION



TOBA ARENOSA

Tb(Ar)

OXIDOS Y BRECHA  
DE FALLA

OBRA MINERA

FALLA

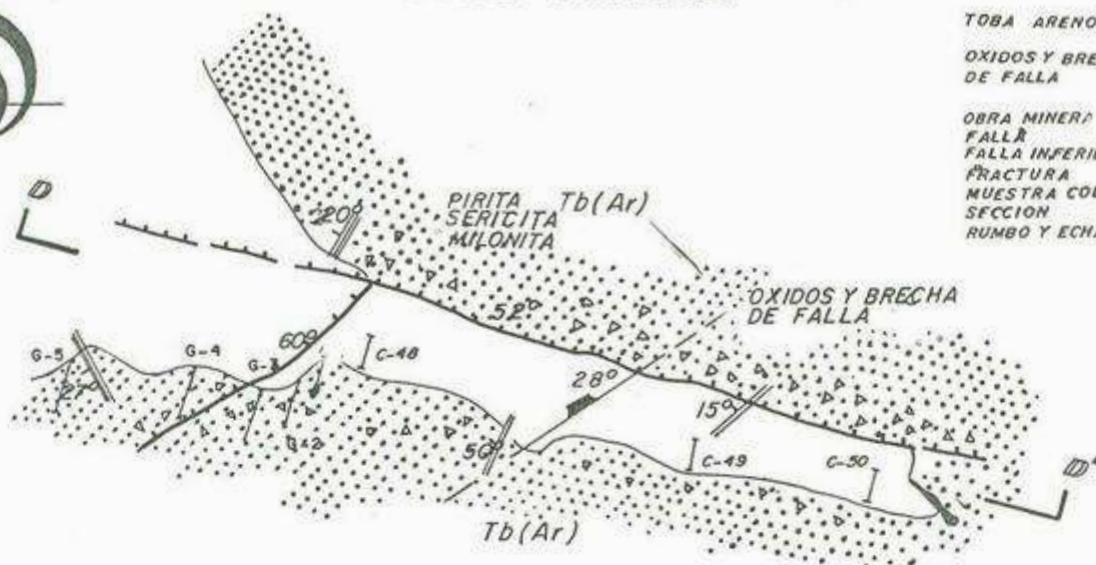
FALLA INFERIDA

FRACTURA

MUESTRA COLECTADA

SECCION

RUMBO Y ECHADO



ESCALA 1:200

HORIZONTAL

VERTICAL

| No<br>MUESTRA | ESPESOR<br>m. | Au<br>(gr./ton.) | Ag<br>(gr./ton.) |
|---------------|---------------|------------------|------------------|
| C-48          | 1.05          | Ind.             | Ind.             |
| C-49          | 1.00          | Ind.             | 0.6              |
| C-50          | 1.00          | Ind.             | Ind.             |
| G-2           | 1.20          | 0.2              | 13.0             |
| G-3           | 1.20          | 0.1              | 6.3              |
| G-4           | 1.20          | 0.1              | 5.2              |
| G-5           | 1.20          | 1.3              | 6.8              |

## SECCION DE LA OBRA MINERA PALO VERDE II

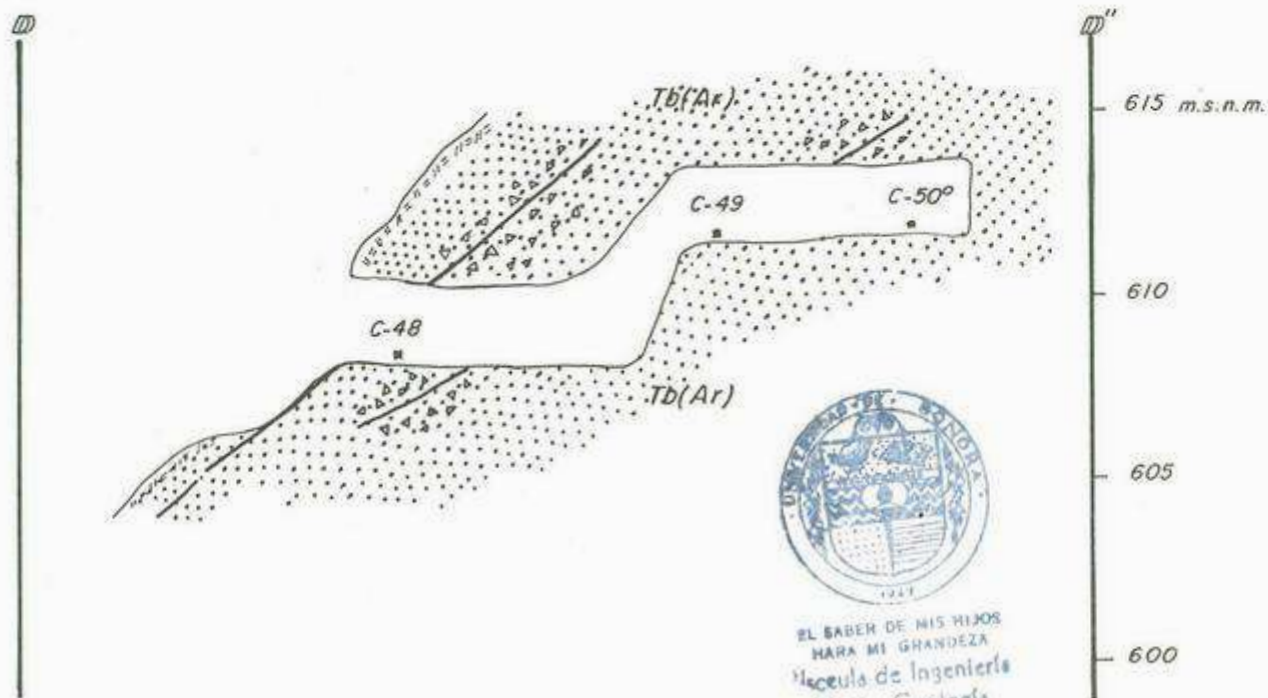


FIG. 7



EL SABER DE NIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA  
Escuela de Ingenieria  
Depto. Geologia  
BIBLIOTECA

e).- Otras obras mineras

En la porción sureste de la localidad del prospecto "La Ana", se localizan también otras obras subterráneas, algunas de las cuales por estar excesivamente riesgosas y otras por encontrarse aterradas no se pudo tener acceso a ellas para tomar su muestreo correspondiente. Por otra parte las catas son demasiado pequeñas, alcanzando en algunos casos una profundidad máxima de 1.00 m . Estos trabajos rara vez cortan la veta debido a abundantes depósitos de aluvión y talud que la cubren. Los zanjeos realizados se encuentran en forma perpendicular a la estructura, en donde algunos presentan hasta 15.00 m de longitud por 1.00 m de profundidad y 1.00 m de espesor. Se realizó un muestreo en las zanjas que presentan evidencias de mineralización, arrojando valores muy bajos tanto en oro como en plata, pero hay que considerar que se tratan de obras muy superficiales y en ese tramo la estructura no presenta afloramientos, solo pequeñas evidencias de alteración, principalmente oxidación.

### e).- Reservas minerales

Dado que se conocen parcialmente los límites del cuerpo mineralizado del prospecto "La Ana", se han podido inferir para este depósito, reservas de carácter probable y posible.

Si consideramos la profundidad de persistencia de la estructura mineralizada de acuerdo a la información que nos proporcionan las obras mineras preexistentes, en donde la mayor profundidad que alcanzan algunas de ellas son de 30 m , apartir de la superficie, y considerando las dimensiones conocidas que tenemos, obtendríamos los siguientes datos:

270 m de longitud.

5.25 m de espesor promedio.

30 m de profundidad inferida, con base a las obras preexistentes.



Las dimensiones de longitud y espesor pueden ser apreciadas en el plano geológico-minero escala 1:500 y las dimensiones de profundidad en la sección geológica B-B', presentadas como láminas al final de este trabajo.

Haciendo el calculo correspondiente obtendríamos lo siguiente:  
 $(270 \text{ m}) \times (5.25 \text{ m}) \times (30 \text{ m}) \times (2.5) = 106,312 \text{ Ton}$  de carácter probable de las cuales 972 Ton corresponden a comidos de las obras preexistentes, por lo que, solo nos quedarían 105,340 Ton.

En virtud de que es necesario conocer el comportamiento de la estructura y de la mineralización a más profundidad y a lo largo del cuerpo mineralizado, se sugiere para tal efecto realizar una exploración con barrenación de diamante, dando cuando menos tres barrenos profundos a lo largo de toda la estructura "La Ana", por lo que si se tuviera éxito y los barrenos alcanzaran a cortar la estructura a los 150 m de profundidad desde la superficie, el calculo de reservas correspondiente seria el siguiente:  $(270 \text{ m}) \times (5.25) \times (150 \text{ m}) \times (2.5) = 531,560 \text{ Ton}$ . Es decir nuestras reservas minerales se incrementarían a una cantidad de 531,560 Ton posibles indicadas con barrenación (?).



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA  
Facultad de Ingeniería  
Depto. Geología  
BIBLIOTECA

## VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### a).- Conclusiones

Al terminar el presente trabajo se concluye que:

- 1.- En el área de estudio afloran rocas sedimentarias e igneas, (extrusivas e intrusivas), las cuales comprenden un periodo de tiempo desde el Mesozoico hasta el Cenozoico.
- 2.- La mineralización del prospecto "La Ana" está contenida en rocas tobáceas arenosas del Terciario Inferior.
- 3.- La mineralización del prospecto "La Ana" se hospeda frecuentemente al alto de la estructura y está muy asociado con las zonas de oxidación presentes en el cuerpo mineralizado.
- 4.- El yacimiento del prospecto "La Ana" es el típico relleno de fallas y fisuras asociado a fuentes hidrotermales y del tipo epitermal.
- 5.- Estructuralmente el cuerpo mineralizado está controlado por un fallamiento de orientación NE-SW y en ocasiones la mineralización se asocia a brechamientos de intrusión muy locales.
- 6.- El origen de las soluciones hidrotermales se atribuyen a un cuerpo intrusivo de composición cuarzodiorítica que aflora dentro de la localidad "La Ana" y en contacto con la roca encajonante (toba arenosa).

7.- La mineralización económica es muy irregular a lo largo de la estructura, comportándose en forma de bolsadas o clavos mineralizados.

8.- La persistencia a profundidad de la estructura es conocida cuando menos hasta los 30 m.

9.- En el prospecto "La Ana" se tienen reservas del orden de 105,340 Ton probables y se estiman un total de 531,560 Ton posibles.

10.- Los valores se comportan de la siguiente manera: En la porción oriente de la estructura, los valores son del orden de 0.5 hasta 32.8 gr/ton de oro con 53.2 gr/ton de plata; en la porción poniente de la estructura se tienen valores desde indicios a 3.5 gr/ton de oro con valores de 26.1 gr/ton de plata.

**b).- Recomendaciones**

1.- Detallar más sobre los aspectos geológicos-estructurales del área en estudio, más específicamente, la relación que guardan las calizas del Cretácico Inferior con las andesitas cretácicas(?) de la Unidad Chapote.

2.- Mediante zanjeos perpendiculares a la estructura, buscar la continuidad de la misma, hacia el flanco oriente del prospecto el cual se pierde bajo el abundante suelo residual que cubre gran parte de la localidad y del cuerpo mineralizado "La Ana".

3.- Realizar análisis de inclusiones fluidas para determinar rango de temperatura, salinidad y densidad del fluido mineralizante del yacimiento y así conocer el rango de ebullición de depositación de los metales preciosos.

4.- Continuar con los trabajos de exploración a profundidad de la estructura mineralizada, mediante actividades de barrenación para definir si la estructura mineralizada persiste y si los valores de Au y Ag se incrementan y así de esta manera efectuar un cálculo de reservas más objetivo. Para ello se sugiere realizar cuando menos tres barrenos de diamante a lo largo de toda la estructura mineralizada, los cuales ya han sido ubicados en los planos y secciones correspondientes.

5.- Realizar estudios mineragráficos para conocer la paragénesis del yacimiento.

# VIII.-B I B L I O G R A F I A

- ALENCASTER, G., 1961.-** Estratigrafía del Triásico Superior de la parte central del estado de Sonora. Paleontología Mexicana 11, parte I, Instituto de Geología, U.N.A.M.
- ANDERSON T.H., and ROLDAN-QUINTANA, J., eds., 1979,** Geology of northern Sonora, Guidebook-Field Trip n.º.27, 1979 Annual Meeting of the Geological Society of America: Instituto de Geología, U.N.A.M., Hermosillo, Sonora, Mexico, and the University of Pittsburgh, Pittsburgh, Penn., U.S.A.
- ARREOLA, R.L., MUÑOZ, S.R., 1986.-** Exploración de la Zona de Reserva Minera Nacional Baboyahui, Municipio de Alamos, Sonora. Informe interno C.R.M.
- ARREOLA, R.L., MUÑOZ, S.R., ARRIAGA, G. TERAN, M. GONZALEZ, G., 1988.-** Exploración regional geológico-minera en la Reserva Minera Nacional Baboyahui, Municipio de Alamos, Sonora y Choix, Sinaloa. Informe interno del C.R.M.
- BARTOLINI, C., HERRERA U.S., 1986.-** Estratigrafía y estructura de la región de Lampazos, Sonora, México. Bol. Dpto. Geol. Uni-Son, Vol.3, No.2
- CLARK, K.F., 1988.-** Geologic section across Sierra Madre Occidental, Chihuahua to Topolobampo, Mexico. Stratigraphy, tectonics and resources of parts of Sierra Madre Occidental Province, Mexico. Guidebook for the 1988 Field Conference El Paso Geological Society.
- DAMON P.E. and R.L. MAUGER, 1966.-** Epirogeny-orogeny viewed from the Basin and Range province. Soc. Min. Eng. Trans. V 235.

- DE CSERNA, Z., 1961.- Estratigrafía del Triásico Superior de la parte central del Estado de Sonora: Univ. Méx. Inst. Geol. Paleon. Mex. 11.
- DE CSERNA, Z., and KENT, B.H., 1961.- Mapa Geológico de reconocimiento y secciones estructurales de la región de San Blas y El Fuerte, Estados de Sinaloa y Sonora, México: Inst. Geología Méx., cartas geológicas y mineras Num. 4 (carta 1:100,000).
- DOMINGUEZ, A.A., 1988.- Reconocimiento geológico-petrolero de el área de "El Fuerte", Edos. de Sonora y Sinaloa. Tesis profesional I.P.N.
- DUMBLE, E.T., 1900.- Notes on the Geology of Sonora, Mexico: Amer. Inst. Min. Eng. Trans. 29.
- GALLARDO, R.J.R., 1988.- Exploración Geológico-Minera de las vetas epitermales de plata relacionadas a una estructura circular en el distrito de Alamos, Sur de Sonora, México., Tesis profesional, Depto de Geología Universidad de Sonora.
- I.N.E.G.I., 1985.- Carta Geológica HUATABAMPO G-12-6, esc. 1:250,000.
- I.N.E.G.I., 1984.- Carta topográfica BACA G12B58, esc. 1:50,000. DETENAL. DETENAL.
- KING, R.E., 1939.- Geological reconnaissance in Northern Sierra Madre Occidental of Mexico: Geol. Soc. American Bull V.50
- KOPPEN, 1936.- Atlas Nacional del medio Físico S.P.P.
- LIVINGSTON, D.E., 1973.- A plate tectonic hypothesis for the genesis of porphyry copper deposits of the southern Basin and Range Province: Earth & Planet. Science. letters, V.2, No. 2.

- MCDOWELL, F.W. and CLABAUGH, M., 1979.**- Ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and their relation to the tectonic history of Western Mexico. Geol. Soc. Am. Bull., Special paper 180.
- MULLAN, H.S., 1976.**- Intrusive history of the west Mexican batholith in the El Fuerte region, Sinaloa, Mexico: Geol. Soc. America Bull, in press.
- RAISZ, E., 1964.**- Landforms of Mexico, Second Edition. Prepared for the Geography and Branch of the Office of Naval Research C. Cambridge, Mass
- ROSARIO, L.J., 1986.**- Estudio Geológico-Minero sobre el Distrito "El Caiman", San Blas, Municipio El Fuerte, Estado de Sinaloa. Tesis Profesional UNAM.
- ROSAS, S.A., 1985.**- Geología, tectónica y relación de mineralización con ambientes geológicos en el NW de México.
- STEWART, JOHN H. AND ROLDAN Q. J., 1991,** Upper triassic Barranca Group; Nonmarine and shallow-marine rif-basin deposits of northwestern Mexico. Geological Society of America, Special Paper. Instituto de Geología.
- WEIDNER, F. G., 1882.**- Map of the state of Sinaloa, Mexico, Mapa topográfico. Fisiográfico-Minero-Etnográfico. Escala aproximada 1:500,000 .
- WILSON, I., Y ROCHA, M.V.S., 1946.**- Los yacimientos de carbón de la región de Santa Clara, Municipio de san Javier, Estado de Sonora: Bol. Comité Directivo de la investigación de Recursos Minerales, Bol. No. 9.

WISSER, E., 1966.- The epithermal precious-metal province of northwest Mexico., Nevada Bureau of Mines, Report 13, part C .

VAZQUEZ, P.A., 1973.- Reporte de avance de los prospectos mineros en el distrito de Alamos, Sonora: Informe interno C.R.N.N.R.

VAZQUEZ, P.A., 1975.- Economic geology of the Alamos mining district, Sonora, México. tesis M. in C., University of Arizona, E. U. A.



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA  
Escuela de Ingenieria  
Depto. Geologia  
BIBLIOTECA

- WISSER, E., 1966.- The epithermal precious-metal province of northwest Mexico., Nevada Bureau of Mines, Report 13, part C .
- VAZQUEZ, P.A., 1973.- Reporte de avance de los prospectos mineros en el distrito de Alamos, Sonora: Informe interno C.R.N.N.R.
- VAZQUEZ, P.A., 1975.- Economic geology of the Alamos mining district, Sonora, México. tesis M. in C., University of Arizona, E. U. A.



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA  
Escuela de Ingenieria  
Depto. Geología  
BIBLIOTECA