

1123  
R-1

7  
2ej

# U N A M

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

EXPLORACION GEOLOGICO-MINERA DE LA  
ASIGNACION MINERA EL APACHE,  
MPIO. DE CAJEME, SONORA.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO GEOLOGO

PRESENTA

JESUS JAIME CASTRO ESCARREGA

MEXICO D.F.  
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

258157

1998



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-I-057

SR. JESUS JAIME CASTRO ESCARREGA  
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M. en C. Jaime Roldán Quintana, y que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geólogo:

EXPLORACION GEOLOGICO-MINERA DE LA ASIGNACION MINERA EL APACHE,  
MUNICIPIO DE CAJEME, SONORA

	RESUMEN
I	GENERALIDADES
II	FISIOGRAFIA
III	GEOLOGIA REGIONAL
IV	GEOLOGIA LOCAL
V	YACIMIENTOS MINERALES
VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
	BIBLIOGRAFIA
	PLANOS E ILUSTRACIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Ciudad Universitaria, a 5 de septiembre de 1995  
EL DIRECTOR

ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS\*RLR\*gtg

**A MIS PADRES:**

Sr. Jaime Castro A.  
Sra. María Jesús Escárrega Z.  
Con todo cariño y respeto.

**A MI ESPOSA E HIJO:**

Susana  
Jaime  
Por formar parte de mi vida.

**A MIS HERMANOS:**

Javier Francisco  
Ana Evelia  
Edgardo  
Con cariño.

**A MIS MAESTROS Y AMIGOS**

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

El autor de este trabajo, desea agradecer al Consejo de Recursos Minerales por el apoyo recibido y las facilidades brindadas.

En forma especial se agradece al M. en C. Jaime Roldán Quintana, investigador del Instituto de Geología de la UNAM, Estación Regional del Noroeste, por su acertada y desinteresada dirección de este trabajo; por la gran responsabilidad y aliento que siempre tuvo para el autor.

De igual forma a los señores Ingenieros Germán Arriaga G., Emiliano Campos, José Luis Jimenez y Dr. Salvador Rodriguez L., de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, por la revisión de este trabajo.

Al Ing. Ricardo Amaya Martínez, del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, por las observaciones y sugerencias efectuadas en el presente estudio.

A todas aquellas personas que de una forma u otra han contribuido en la elaboración de este trabajo.

# **EXPLORACION GEOLOGICO-MINERA DE LA ASIGNACION MINERA EL APACHE MPIO. DE CAJEME, SONORA.**

PAGINA

## **RESUMEN**

### **I- GENERALIDADES**

I.1.- INTRODUCCION	1
I.2.- OBJETIVO DEL ESTUDIO	2
I.3.- METODO DE TRABAJO	3
I.4.- LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO	4
I.5.- INFRAESTRUCTURA	5
I.6.- SITUACION LEGAL	6
I.7.- ESTUDIOS PREVIOS	6

### **II- FISIOGRAFIA**

II.1.- PROVINCIAS FISIOGRAFICAS	9
II.2.- GEOMORFOLOGIA	9

### **III- GEOLOGIA REGIONAL**

III.1.- PRECAMBRICO	11
III.2.- PALEOZOICO	11
III.3.- MESOZOICO	12
III.4.- CENOZOICO	19

### **IV.- GEOLOGIA LOCAL**

IV.1.- ROCAS SEDIMENTARIAS TRIASICAS	23
IV.2.- ROCAS VOLCANICAS CRETASICAS	24
IV.3.- ROCAS VOLCANICAS TERCARIAS	25
IV.4.- ALUVION	26
IV.5.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL	27

### **V.- YACIMIENTOS MINERALES**

V.1.- ESTRUCTURAS MINERALIZADAS	28
V.2.- ALTERACIONES	32
V.3.- MODELO GENETICO	32
V.4.- RESULTADOS OBTENIDOS	33
V.5.- CALCULO DE RESERVAS MINERALES	34

<b>VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>36</b>
--------------------------------------------	-----------

### **BIBLIOGRAFIA**

### **PLANOS E ILUSTRACIONES**

## RELACION DE FIGURAS

	después de pág.
Fig. 1.- Plano de localización	4
Fig. 2.- Provincias fisiográficas	9
Fig. 3.- Plano geológico regional	11
Fig. 4.- Plano geológico local	al final
Fig. 5.- Correlación estratigráfica esquemática entre la Hoja Cumuripa y el área El Apache	23
Fig. 6.- Plano geológico-minero del prospecto El Apache	al final
Fig. 7.- Sección transversal del tiro inclinado en la veta Apache I	29
Fig. 8.- Plano geológico-minero de la estructura Apache IV	al final
Fig. 9.- Plano geológico-minero de la estructura Alamito	al final
Fig. 10.- Modelo conceptual área El Apache	32
Fig. 11.- Sección transversal a través de las vetas Apache I y II	34
Fig. 12.- Sección transversal a través de la veta Apache II	34
Fig. 13.- Sección longitudinal a través de la veta Apache I y block cubicado	35
Fig. 14.- Sección longitudinal de la veta Alamito	35

## RELACION DE TABLAS

Tabla 1.- Características de algunas vetas en el Estado de Sonora	28
Tabla 2.- Cálculo de la ley promedio y tonelaje de un block en la veta Apache I	35
Tabla 3.- Cálculo de la ley promedio y tonelaje para el block de la veta Alamito	35
Tabla 4.- Resultados de los análisis químicos de las muestras de la veta Apache I	al final
Tabla 5.- Resultados de los análisis químicos de las muestras de la veta Apache II	al final
Tabla 6.- Resultados de los análisis químicos de las muestras de la veta Apache III	al final
Tabla 7.- Resultados de los análisis químicos de las muestras de la veta Apache IV	al final
Tabla 8.- Resultados de los análisis químicos de las muestras de la veta Alamito	al final
Anexo 1.- Estudios petrográficos	al final

## RESUMEN

La Asignación Minera El Apache se localiza a 152 km en línea recta al S47°E de la Ciudad de Hermosillo, dentro de la jurisdicción del Municipio de Cajeme, Sonora.

Las rocas más antiguas que afloran en el área, corresponden a rocas sedimentarias constituidas por areniscas de cuarzo, areniscas conglomeráticas y areniscas arcósicas, que posiblemente pertenezcan al Grupo Barranca, de edad Triásico Tardío; las areniscas mencionadas están cubiertas por rocas volcánicas de composición dacítica, propilitizadas, consideradas como parte de la Formación Tarahumara del Cretácico. Al conjunto de rocas anteriores sobreyace un vulcanismo cuyos afloramientos más jóvenes, están constituidos por tobas riolíticas ignimbríticas y dacíticas que son correlacionables con las rocas de la Formación Lista Blanca del Mioceno-Plioceno.

El sistema principal de fracturamiento tiene un rumbo general NW60°SE con echados al NE, y es donde se alojan las estructuras mineralizadas.

Los yacimientos minerales presentes en el área, corresponden a vetas epitermales que se emplazaron en fallas y fracturas, con valores de oro, plata y plomo asociados a sulfuros. Las vetas tienen un rumbo general NW-SE con echados al NE; la arenisca del Grupo Barranca es la roca encajonante principal.

De acuerdo con las características que presentan las estructuras mineralizadas que se encuentran en el prospecto El Apache, y con las que presentan vetas epitermales vecinas al área, se considera que la edad de la mineralización es probablemente Post-Paleoceno y Pre-Mioceno.

La mineralogía de las vetas consiste de cuarzo brechado, fragmentos silicificados de la roca encajonante, sulfuros diseminados y microvetillas rellenas con pirita y arsenopirita, con predominio de la pirita; también están presentes: limonita, hematita, muscovita, óxidos de



manganeso, y otros minerales de alteración identificados por el método de difracción de rayos X, como escorodita, beudantita, jarosita, estibiconita, mimetita y hedyfano.

El espesor de las estructuras mineralizadas varía desde 0.90 m hasta un máximo de 25 m, y longitudes desde los 80 m hasta un máximo de 920 m en afloramientos discontinuos.

La alteración consiste en silicificación, oxidación y una débil propilitización.

Existe una pequeña obra minera que consiste en un tiro inclinado de 14 m de profundidad, labrado a rumbo del echado en la veta Apache I.

Se calcularon las leyes promedio y tonelaje para dos vetas con los siguientes resultados:

VETA	Au gr/ton	Ag gr/ton	Pb %	TONELADAS POSIBLES
Apache I	1.3	102	0.70	10 662
Alamito	0.16	8.4	0.10	18 698
TOTAL: 29 360 Toneladas				

Con estos resultados se tiene a la veta Apache I como la de mayor interés.

Con las leyes y tonelajes obtenidos, estos depósitos minerales son de interés para trabajarse por pequeños mineros.

Es conveniente concluir con el trabajo de zanjeo, muestreo y barrenación para aumentar el tonelaje potencial de la estructura Apache I, y comprobar su continuidad a profundidad.

## **I.- GENERALIDADES**

### **I.1.- Introducción**

El Estado de Sonora, ha sido considerado tradicionalmente como un Estado eminentemente minero, ya que ocupa un lugar importante en la producción minera nacional de cobre, oro, molibdeno, barita y grafito; cuenta con depósitos de dimensiones variables de minerales metálicos y no metálicos. Es importante resaltar que Sonora posee una estratégica ubicación geográfica con respecto a Estados Unidos y Canadá, y buena infraestructura de vías de comunicación, transporte y energía, para satisfacer las necesidades del sector minero.

En los últimos años, se tiene un auge en la exploración de yacimientos auríferos de baja ley y gran volumen, de donde resulta la explotación de grandes volúmenes de mineral, y con la aplicación de las innovaciones técnicas en la recuperación metalúrgica, lo que en 1995 colocó a Sonora en el primer lugar a nivel nacional como productor de oro, con un volumen de 6 613 kg; esto significó el aporte del 32% de la producción nacional(C.R.M.-SECOFI, 1996), proveniente de las minas La Choya, Santa Gertrudis, La Amelia, La Colorada, Cananea, Nacozari y La Perla; sin tomar en cuenta las minas San Francisco y Lluvia de Oro que recientemente han sido puestas en operación.

Es evidente que el potencial geológico-minero de la entidad sigue siendo importante; sin embargo, se considera que no ha sido suficientemente explorada, ya que se tienen buenas posibilidades de localizar nuevos yacimientos minerales, pues existen zonas geológicamente prospectivas con evidencias de mineralización que justifican el desarrollo de trabajos de

exploración.

En 1989 el Consejo de Recursos Minerales inició un programa de exploración regional con helicóptero, a partir del cual se seleccionaron zonas con anomalías de color; la finalidad de este trabajo era la de localizar áreas de interés geológico-minero con posibilidades de contener algún tipo de yacimiento mineral, y de esta manera emprender nuevos proyectos mineros en el Estado de Sonora.

El programa consistió en el análisis de imágenes de satélite, a partir de las cuales se seleccionaron las zonas a explorar; prospección aérea regional con helicóptero, con la ubicación de las áreas anómalas observadas; y verificación terrestre de las anomalías detectadas. Fue en esta última etapa cuando se verificó por vía terrestre en la Zona Yaqui, Area Quemados, la mina El Santo, y se obtuvieron sobre una estructura de veta valores atractivos de oro y plata. Posteriormente, el Consejo de Recursos Minerales consideró conveniente protegerla con una solicitud de asignación minera para garantizar su inversión en la siguiente etapa de exploración.

## **1.2.- Objetivo del estudio**

El objetivo de la presente investigación es definir el potencial geológico-minero de la Asignación Minera El Apache, a través de estudios de geología regional, semidetalle, detalle, muestreo, barrenación y petrográficos, encaminados a conocer sus posibilidades mineras.

### **L3.- Método de trabajo**

- Recopilación de material bibliográfico sobre los trabajos geológicos relacionados con el área de estudio.
- Interpretación fotogeológica del área de estudio en base a fotografías aéreas en blanco y negro a escala 1:50 000; delimitando los contactos entre las unidades litológicas y rasgos estructurales sobresalientes.
- Levantamiento geológico para diferenciar las unidades litológicas y localizar las estructuras existentes en el área, y de esta manera elaborar el plano geológico a escala 1:5 000.
- Levantamiento topográfico con brújula y cinta de las estructuras mineralizadas a escala 1:1 000 y 1:500; y muestreo sistemático de canal para análisis químicos, con el propósito de conocer la distribución de los valores en las vetas y cuantificar sus reservas.
- Elaboración de secciones geológico-topográficas transversales a las vetas, con brújula y cinta.
- Interpretación de los resultados obtenidos para posteriormente elaborar el programa de barrenación a diamante.
- Ejecución del programa de barrenación, durante el cual se perforó un barreno a diamante; con la consiguiente descripción de núcleos y muestreo de los mismos para análisis químicos.

- Todos los planos y secciones geológicas se elaboraron mediante el programa de computadora GSMAP, el trabajo escrito con WORDPERFECT Y QUATTRO PRO, y las fotografías se escanearon e imprimieron en COREL DRAW.

#### **L4.- Localización y vías de acceso**

El área de estudio se localiza en la porción sureste del Estado de Sonora; se sitúa a 152 km en línea recta al S 47° E de la Ciudad de Hermosillo y/o a 9 km al N 85° E del poblado de Cumuripa, dentro de la jurisdicción del Municipio de Cajeme (Fig. 1). Queda comprendida entre las coordenadas geográficas 28° 09' 25" y 28° 10' 30" de latitud al norte del Ecuador, 109° 48' 50" y 109°49' 45" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich, la cual abarca una superficie de 300 Has.

Se ubica en la hoja topográfica CUMURIPA H12D84 del INEGI escala 1:50 000. El acceso al área de estudio se realiza partiendo de la Ciudad de Hermosillo hacia el sureste por la carretera federal N°16 (Hermosillo - Yecora), donde se recorren aproximadamente 122 km hasta el poblado de Tecoripa, posteriormente se sigue al sur por la carretera estatal (Tecoripa - Suaqui Grande), la cual se transita por espacio de 26 km, hasta entroncar con el camino de terracería que conduce al poblado de Cumuripa, con una distancia de 36 km. De este último lugar, se continúa hacia el noreste por un camino de terracería por una distancia de 15 km, hasta llegar al área de estudio; este camino pasa por el rancho El Apache.

Otro acceso al área de estudio, se realiza a partir de Ciudad Obregón hacia el norte por

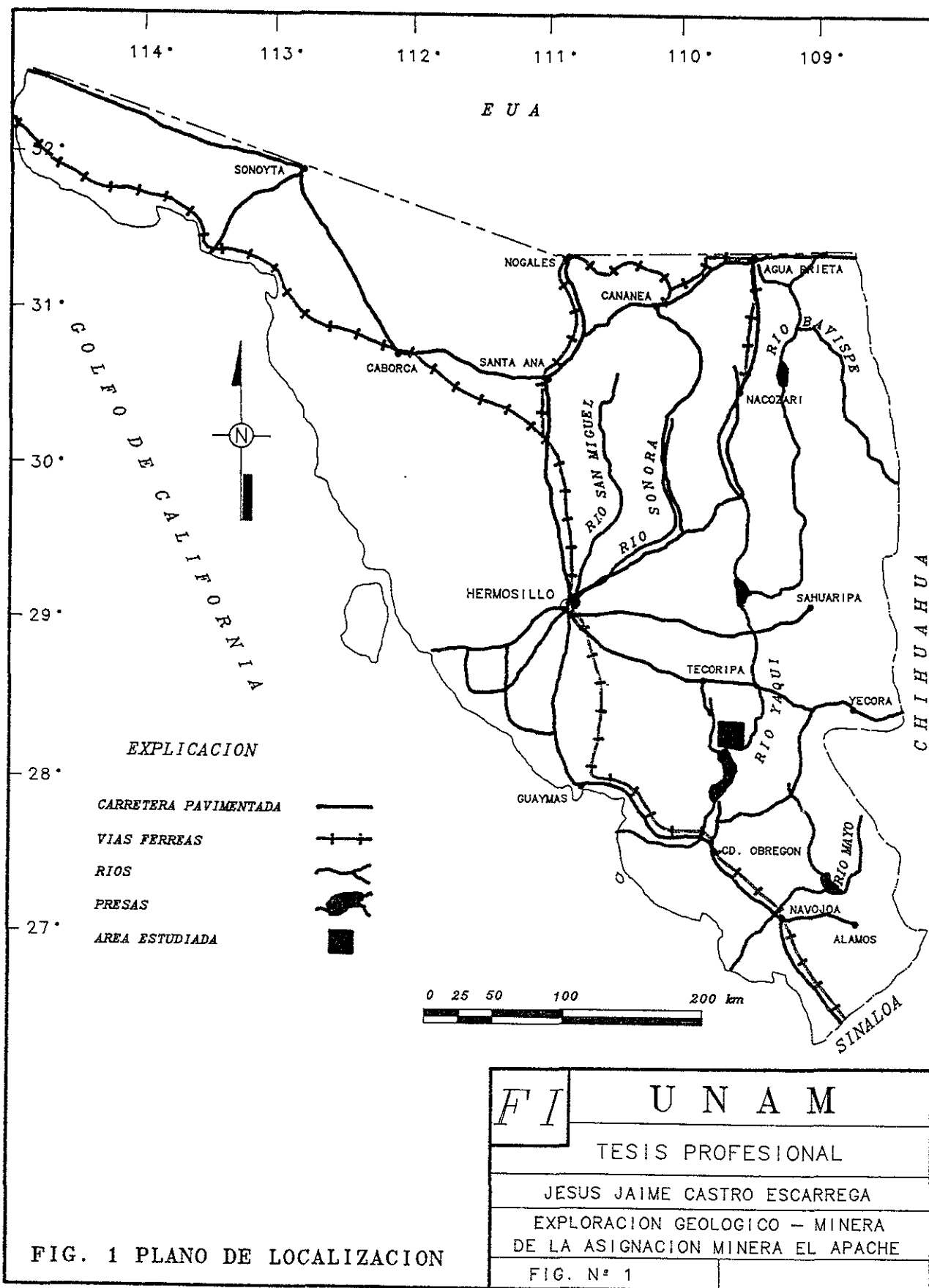


FIG. 1 PLANO DE LOCALIZACION

la carretera federal N° 15 hasta el poblado de Esperanza con un trayecto de 7 km, para después seguir hacia el nor-noreste la carretera pavimentada que se dirige a la cortina de la presa Alvaro Obregón (Oviachic), con una distancia de 27 km. De la cortina de la presa a Cumuripa, la comunicación es a través de un camino de terracería de 60 km, y de Cumuripa al área de interés se sigue el camino antes mencionado.

#### **L5.- Infraestructura**

**Caminos de Acceso.-** En general, los caminos de terracería que comunican al área se encuentran en condiciones regulares la mayor parte del año, pero en temporada de lluvias no son accesibles.

**Agua.-** El agua es abundante, ya que el Río Yaqui pasa aproximadamente a 700 m al S 30° E del punto de partida del lote.

**Energía Eléctrica.-** La línea de corriente eléctrica más cercana se localiza aproximadamente a 27 km en línea recta al N 14° W del punto de partida del lote, en el poblado de Suaqui Grande; además cuenta con servicio telefónico.

**Plantas de Beneficio.-** La planta de beneficio más cercana al prospecto se encuentra en el poblado de Suaqui Grande, dentro del municipio homónimo, denominada Minerales Suaqui Grande ( inactiva ), utilizaba el método flotación/gravitación, con una capacidad de 50 ton/día.

## **L6.- Situación legal**

Las características de la asignación minera (actualmente vigente) para exploración del Consejo de Recursos Minerales, con fecha 6 de Marzo de 1992, son las siguientes:

Nombre del solicitante ..... Consejo de Recursos Minerales

Nombre del lote ..... El Apache

Clase de concesión ..... Asignación Minera de Exploración

Expediente ..... 16 532

Agencia de minería ..... Hermosillo

Superficie ..... 300 Has.

Sustancias ..... Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Cd

Colindancias ..... Terreno libre

Municipio y Estado ..... Cajeme, Sonora.

## **L7.- Estudios previos**

En los alrededores del área se han efectuado una serie de trabajos en la rama de la geología, que van desde una cartografía para uso en la prospección minera, hasta investigaciones especializadas que estudian características estratigráficas, estructurales o económicas de la región.

En la siguiente relación se enlistan y describen, en general, los principales trabajos e investigaciones efectuados. Datos más completos en relación a ellos, están incluidos en la



## bibliografía.

DUMBLE, E.T. (1900).- En un reconocimiento geológico regional, describe y asigna el nombre de División Barranca a un grupo de rocas de edad Triásico superior, dividiéndola en tres miembros: inferior, medio y superior. Considera además que las rocas volcánicas que afloran en la sierra Lista Blanca, son igualmente de edad Triásico y les asigna el nombre de Formación Lista Blanca, dejando abierta la posibilidad de que las rocas volcánicas sean más jóvenes que el Triásico. Le asigna el nombre de División Báucari a un conjunto de conglomerados y areniscas del Terciario superior. Este mismo autor reporta una secuencia de rocas volcanoclásticas que afloran en la localidad del Cañón El Obispo, localizado al suroeste de Onavas y le asigna una edad del Cretácico, de acuerdo con la presencia de fósiles en unos estratos de calizas.

KING, R.E. (1939).- En un estudio regional en la porción norte de la Sierra Madre Occidental, eleva al rango de Formación a la División Barranca de Dumble. Argumenta la presencia de una discordancia angular entre las rocas de la Formación Barranca y las volcánicas de la sierra Lista Blanca, considerando a estas últimas como de edad Terciaria.

WILSON, I.F. y ROCHA, V.S. (1946).- Efectúan un estudio geológico-económico de los yacimientos de carbón entre la región de Santa Clara y el poblado La Barranca, y le asignan el nombre de Formación Tarahumara a un conjunto de rocas volcánicas de composición andesítica-dacítica, que se manifiestan en forma de coladas, aglomerados y

brechas, asignándoles una edad Cretácico.

ALENCASTER, G. (1961).- Realiza un estudio de la flora y fauna fósil contenida en las rocas de la Formación Barranca, a la que además de elevarla al rango de Grupo y asignarle una edad del Cárnico(Triásico Tardío), la dividió en tres formaciones, de la base a la cima: Arrayanes, Santa Clara y Coyotes.

DAMON y OTROS (1983).- Definen al Batolito Laramide de Sonora cuya edad es de 90-40 M.a., en base a datos de geocronometría isotópica. Incluyen en el Batolito Laramide todos los plutones de Sonora asociados con la transgresión del arco magmático de la costa hacia el interior(oeste a este), durante el Cretácico tardío hasta el Eoceno tardío. Dentro de este conjunto de rocas intrusivas, cuya composición mineralógica gradúa de granito a cuarzodiorita, incluyen a los granitos de dos micas que son generados durante una fase post arco magmático laramídico. Desde el punto de vista químico, estas rocas son similares a las rocas intrusivas del batolito de Sierra Nevada.

STEWART, J.H. y ROLDAN, Q.J. (1991).- Establecen las características estratigráficas de las rocas del Grupo Barranca. Hacen un análisis acerca de los aspectos petrográficos, ambiente de depósito, origen, paleogeografía y su marco tectónico.

## **II- FISIOGRAFIA**

### **II.1.- Provincias fisiográficas**

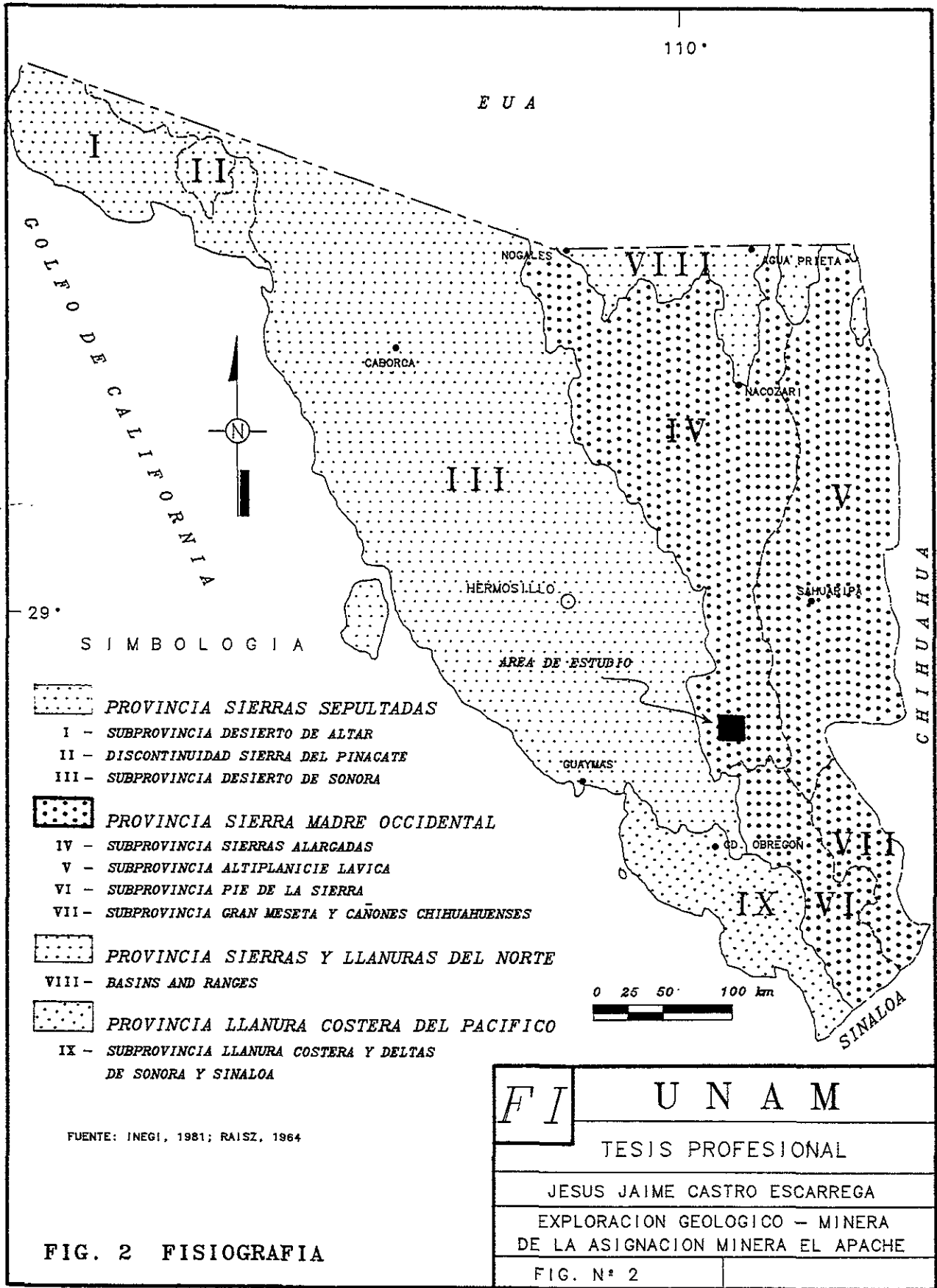
El área de estudio se encuentra localizada en la Subprovincia Fisiográfica de Sierras Alargadas, perteneciente a la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Occidental (Raisz, 1964).

Esta subprovincia se encuentra limitada al norte por la provincia Sierras y Llanuras del Norte, al sur por la subprovincia Pie de la Sierra, al este por la subprovincia Altiplanicie Lábrica y al oeste por la provincia Sierras Sepultadas (Fig. 2).





Se desarrolla en esta región durante el Terciario Medio-Superior y en donde una de las características más notorias, es la existencia de amplias cadenas montañosas que presentan una orientación preferencial NNW-SSE, limitadas por grandes fallas normales y extensos valles intermontanos.

### **II.2.- Geomorfología**

Los rasgos geomorfológicos a nivel regional, resultan en parte de los procesos tectónicos distensivos, los cuales produjeron el movimiento de grandes bloques (horsts y graben), a lo largo de un fallamiento normal.



SIMBOLOGIA

-  PROVINCIA SIERRAS SEPULTADAS
  - I - SUBPROVINCIA DESIERTO DE ALTAR
  - II - DISCONTINUIDAD SIERRA DEL PINACATE
  - III - SUBPROVINCIA DESIERTO DE SONORA
-  PROVINCIA SIERRA MADRE OCCIDENTAL
  - IV - SUBPROVINCIA SIERRAS ALARGADAS
  - V - SUBPROVINCIA ALTIPLANICIE LAVICA
  - VI - SUBPROVINCIA PIE DE LA SIERRA
  - VII - SUBPROVINCIA GRAN MESETA Y CAÑONES CHIHUAHUENSES
-  PROVINCIA SIERRAS Y LLANURAS DEL NORTE
  - VIII - BASINS AND RANGES
-  PROVINCIA LLANURA COSTERA DEL PACIFICO
  - IX - SUBPROVINCIA LLANURA COSTERA Y DELTAS DE SONORA Y SINALOA

FUENTE: INEGI, 1981; RAISZ, 1964

FIG. 2 FISIOGRAFIA

F I	U N A M
	TESIS PROFESIONAL
	JESUS JAIME CASTRO ESCARREGA
	EXPLORACION GEOLOGICO - MINERA DE LA ASIGNACION MINERA EL APACHE
	FIG. N° 2

Las cadenas montañosas representan pilares constituidos por rocas volcánicas terciarias, intrusivas y sedimentarias mesozoicas; alternan con valles intermontanos, equivalentes a bloques hundidos o zonas de debilidad, con relleno aluvial y de piedemonte. Los ríos principales siguen una dirección preferencial norte-sur de las fracturas paralelas a las cadenas montañosas.

Las elevaciones topográficas existentes en el área de estudio, se ubican en el intervalo de 100 a 200 m.s.n.m.; el relieve se caracteriza por tener lomeríos de pendiente suave que buzan hacia la ribera del río Yaqui; por otra parte, sobresalen cerros con laderas empinadas de cimas ligeramente redondeadas, los cuales algunas veces aparecen en forma de crestas.

Los arroyos que disectan el área, conforman un sistema de drenaje rectangular con tendencia a ser irregular. El patrón de drenaje está controlado por el fracturamiento y el fallamiento. El área del lote minero, al ubicarla dentro del ciclo erosivo se considera que se encuentra en una etapa de juventud avanzada, donde la erosión fluvial de los arroyos tiene un papel importante en el modelado del relieve en esta zona.

## **III.- GEOLOGIA REGIONAL**

### **III.1.- Precámbrico**

Los afloramientos de rocas precámbricas que han sido estudiados se localizan hacia el norte y noroeste del Estado de Sonora. En la porción centro-oriental de Sonora, los afloramientos son escasos, con una distribución geográfica limitada, y se considera que forman parte del Cratón Precámbrico de Norteamérica.

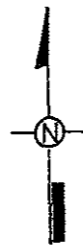
En la región de Rayón, al noreste de Hermosillo, González y Jacques (1988), reportan la presencia de areniscas de cuarzo y dolomías de probable edad Precámbrica. Otra localidad en donde afloran rocas de una posible edad precámbrica se encuentra en la región de Sahuaripa, al oriente del poblado de Bámori (Fig. 3), en donde se informa de la presencia de una secuencia constituida por limolitas, cuarcitas, calizas y dolomias, que en conjunto han sido parcialmente metamorfizadas y desprovistas de organismos fósiles (Almazán y Fernández, 1988).

### **III.2.- Paleozoico**

Las rocas Paleozoicas en la región central de Sonora, representan ambientes marinos, tanto de plataforma como de aguas profundas y, en términos generales, las rocas de ambas facies contienen abundantes y variados fósiles.



ESCALA GRAFICA



FUENTES: J. ROLDAN Q. Y K. F. CLARK, 1982

M. FERNANDEZ Y E. ALMAZAN, 1991

EDADES ISOTOPICAS: DAMON Y OTROS, 1983

FIG. 3 PLANO GEOLOGICO REGIONAL

EXPLICACION

- CUATERNARIO ALUVION: Arenas, limos y conglomerados fluviales.
- TERCARIO BASALTOS: Basaltos alcalinos del Plioceno.
- CENOZOICO CONTINENTAL CLASTICOS: Depósitos indiferenciados lacustres, aluviales, de talud y piedemonte.
- TERCARIO VOLCANOSEDIMENTARIO: Conglomerados, areniscas, tobas, con intercalaciones de andesitas basálticas y tobas riolíticas. Neogeno. Fm. Báucarit y Lista Blanca.
- VOLCANICO INDIFERENCIADO: Rocas extrusivas de probable edad Terciaria.
- SECUENCIA VOLCANICA SUPERIOR: (Tov) Tobas y brechas de composición riolítica, incluye domos riolíticos. (Tob) Basaltos y basaltos andesíticos intercalados o cubriendo a la secuencia riolítica del Oligoceno - Mioceno.
- COMPLEJO BATOLITICO DE SONORA: Granitos y granodioritas, incluyendo los granitos de dos micas.
- SECUENCIA VOLCANICA INFERIOR: Andesitas y tobas con sedimentos intercalados, Fm. Tarahumara.
- CRETACICO SEDIMENTARIO INDIFERENCIADO.
- JURASICO VOLCANOSEDIMENTARIO: Lutitas negras, limolitas, areniscas y conglomerados con intercalaciones de rocas volcánicas. Incluye cuarzomonzonitas y pórfidos riolíticos.
- GRUPO BARRANCA: Areniscas de cuarzo, conglomerados, lutitas y mantos de carbón localmente metamorfoseadas a grafito. Triásico Tardío.
- PALEOZOICO SUPERIOR: Calizas fosilíferas y calcarenitas de facies de plataforma. Pedernal, lutitas, barita y areniscas de facies de cuenca. Devónico a Pérmico.
- PALEOZOICO INFERIOR: Areniscas de cuarzo, limolitas y calizas en facies de plataforma. Pedernal y lutitas negras en las facies de cuenca. Cámbrico a Silúrico.
- PRECAMBRICO INDIFERENCIADO: Areniscas de cuarzo, limolitas, calizas y dolomías, con estructuras estromatolíticas de posible edad Precámbrica.

- BS
- CB
- EC
- LD
- LI
- LT
- PN
- PR
- SAH
- SC
- SM
- SR

- RIOS
- CARRETERA
- POBLADO
- AREA DE ESTUDIO
- LIMITE ESTATAL
- CONTACTO GEOLOGICO
- FALLA NORMAL
- MINA
- DATACIONES

FI
JESU
EXPLOR
DE LA
FIG.

El Paleozoico Temprano (Cámbrico-Ordovícico) aflora en la región de San José de Gracia, La Colorada, Cobachi, Mazatán, San Javier y Tónichi; está representado por lutitas negras, limolitas, areniscas, cuarcitas y calizas con pedernal, las cuales contienen graptolitos y radiolarios. Se considera que representan rocas formadas en un ambiente de aguas profundas.

Los afloramientos del Paleozoico Tardío (Devónico-Pérmico) están ampliamente distribuidos en los alrededores de Hermosillo, en las sierras Santa Teresa, Los Leyva, Martínez, La Campanería y rancho Las Norias. Estas rocas representan en la mayoría de los casos, sedimentos depositados en ambientes de plataforma, y consisten en calizas fosilíferas, con abundantes corales, crinoides y fusulínidos.

### **III.3.- Mesozoico**

Las rocas mesozoicas constituyen las rocas más antiguas que afloran en el área de estudio. Dentro del marco geológico regional en la parte centro-oriental del estado de Sonora, se tienen afloramientos de rocas sedimentarias con características texturales areno-arcillosas que corresponden al Grupo Barranca, las cuales han sido estudiadas desde principios de siglo.

Dumble (1900) realizó un reconocimiento geológico regional en las cercanías de San Javier y Tónichi; describió un conjunto de rocas sedimentarias representadas por lutitas, areniscas y conglomerados, a las que denominó como División Barranca que dividió en tres miembros: inferior, medio y superior. King (1939) en un reconocimiento regional modifica el rango de



División a Formación Barranca, y de acuerdo con la presencia de plantas fósiles, le asigna una edad Triásico Tardío.

Wilson y Rocha (1946) al estudiar los yacimientos de carbón de la región de Santa Clara, concuerdan en que la Formación Barranca está constituida por tres miembros y los mantos de carbón están genéticamente asociados con el miembro medio. Alencaster (1961), a partir de la flora y fauna fósil le asigna una edad del Triásico Tardío, y propone modificar el rango, de Formación a Grupo Barranca, dividiéndolo en tres Formaciones, de la base a la cima: Formación Arrayanes, Formación Santa Clara y Formación Coyotes. Stewart y Roldán (1991) realizan estudios detallados de las rocas Triásicas del Grupo Barranca en la región de San Javier; establecen las características estratigráficas y hacen un análisis de los aspectos petrográficos, origen, ambiente de depósito, paleogeografía y marco tectónico de las tres formaciones.

Los afloramientos de las rocas sedimentarias que caracterizan al Grupo Barranca se distribuyen extensamente en las regiones de San Javier, Tónichi, San Antonio de la Huerta, La Barranca y Tecoripa (Amaya, R., 1992), así como también en afloramientos de menor dimensión en otras localidades del Estado de Sonora (Fig. 3).

La Formación Arrayanes consiste de areniscas de cuarzo, limolitas y conglomerados con clastos de cuarcita y pedernal. Las areniscas generalmente se presentan en estratos gruesos y masivas; algunas unidades contienen laminaciones internas y estratificación cruzada. Las limolitas se encuentran en estratos delgados, interestratificadas con las areniscas, en ocasiones tienden a ser arcillosas y localmente contienen restos de plantas. El espesor considerado para esta

formación es de 1150 m.

En la sierra de San Javier, las rocas de la Formación Arrayanes sobreyacen discordantemente a una secuencia sedimentaria Paleozoica, y están a su vez, cubiertas mediante un contacto aparentemente gradacional por la Formación Santa Clara.

La Formación Santa Clara está compuesta de limolitas, lutitas, areniscas, conglomerados, lutitas carbonosas y mantos de carbón interestratificados. Localmente las areniscas contienen rellenos de canal y estratificación cruzada. En las lutitas y limolitas son comunes las plantas fósiles, braquiópodos y pelecípodos. Esta formación tiene un espesor de 1 400 m, y se encuentra cubierta discordantemente por las rocas que constituyen a la Formación Coyotes.

La Formación Coyotes está compuesta por conglomerados con clastos de cuarcita, pedernal y caliza, en una matriz arenosa. Para esta unidad se considera un espesor de 600 m; en donde el contacto de la Formación Coyotes con las rocas volcánicas de la Tarahumara (Cretácico ?) que la sobreyace es una discordancia. En la Sierra de San Javier, el espesor estimado para el Grupo Barranca es de 3 150 m (Stewart y Roldán, 1991).

La edad del Grupo Barranca, en conjunto, es difícil de establecer, sobre todo para las Formaciones Arrayanes y Coyotes. La abundante variedad de plantas fósiles en la Formación Santa Clara indican una edad Triásico Tardío (Cárnico). Esta edad fué confirmada por la fauna de pelecípodos, braquiópodos y una única localidad con amonita. Tomando en consideración que no se han encontrado fósiles preservados e identificables en las Formaciones Arrayanes y

Coyotes, se considera que la Arrayanes debe tener una edad Triásico Tardío, debido al aparente contacto gradacional con las rocas de la Santa Clara, y la Formación Coyotes que está en discordancia sobre la Santa Clara puede ser significativamente más joven que el Triásico Tardío y más antigua que la edad de las rocas que la intrusionan de 62 a 53 M.a.

Las rocas del Grupo Barranca que afloran en la región de Tecoripa, San Javier, La Barranca, etc., son correlacionables a escala regional, con el miembro inferior de la Formación Antimonio en la región de Caborca; con el Triásico Superior que aflora en la sierra La Flojera, al NE de Hermosillo y con las rocas del Triásico Superior de la región de San Marcial, al SE de San José de Moradillas.

Se considera que las Formaciones Arrayanes y Santa Clara, están constituidas por depósitos fluviales y deltaicos marinos, y la Formación Coyotes por depósitos de abanicos aluviales.

De acuerdo con los estudios regionales de la mayoría de los afloramientos del Grupo Barranca en Sonora, sugieren su depósito en una gran cuenca que presenta una orientación este-oeste, de 110 km de largo y 40 km de ancho. La forma alargada de la cuenca, flanqueada por áreas de alto relieve, hacen suponer una cuenca tipo rift o pull apart. Esta cuenca parece haberse formado en una zona distensiva o de cizalla transtensional, de edad post-Pérmico y pre-Triásico Tardío, Stewart y Roldán (1991).

Los afloramientos de rocas Jurásicas son escasos, únicamente en esta porción del Estado

de Sonora. Morales y otros (1991), al NW de Hermosillo describen una secuencia de 150 m de espesor, constituida por areniscas y limolitas con fauna del Jurásico Temprano. Al sur de Sahuaripa, Almazán y Fernández (1988), reportan una secuencia volcanosedimentaria constituida por tobas, limolitas, aglomerados, andesitas y calizas con pedernal del Jurásico Tardío.

Sobreyaciendo discordantemente al Grupo Barranca, se tienen rocas volcánicas de composición andesítica-dacítica y volcanosedimentarias, denominadas como Formación Tarahumara por Wilson y Rocha (1946). La localidad tipo en donde estos autores le asignaron el nombre a esta formación, se ubica en el arroyo Tarahumara, en las cercanías de los yacimientos de carbón de Santa Clara, en la región de Tónichi.

Las rocas de la Formación Tarahumara se encuentran ampliamente distribuidas al oriente de la Ciudad de Hermosillo; sin embargo, estas rocas han sido poco estudiadas. En la mayoría de los casos, los afloramientos se manifiestan en forma de sierras alargadas, con una orientación preferencial NW-SE, o bien cerros y promontorios aislados. Los principales afloramientos se encuentran en las regiones de Santa Clara, Tónichi, La Dura, Suaqui Grande y al oriente de Cumuripa, entre otros, (Fig. 3).

La Formación Tarahumara se ha dividido en dos secuencias concordantes, McDowell y otros (1994). El miembro inferior consiste de derrames, aglomerados y brechas de composición andesítica-dacítica, que comunmente presentan alteración hidrotermal, tipo propilitica, la cual es producida por el emplazamiento de cuerpos intrusivos del complejo batolítico Laramide de

Sonora. El miembro superior presenta características de ambiente volcanosedimentario, constituido por un paquete de rocas piroclásticas de composición riolítica y riodacítica, con intercalaciones lenticulares de areniscas tobáceas, lutitas, calizas y ocasionalmente bandas de pedernal. En la región de Suaqui Grande, la Formación Tarahumara tiene un espesor aproximado de 500 m. Al oeste de Tónichi, esta formación sobreyace discordantemente a las rocas Triásicas del Grupo Barranca, y se encuentra cubierta discordantemente por rocas volcánicas del Oligoceno; en otras localidades pueden estar cubiertas discordantemente por rocas de las Formaciones Baucarit y Lista Blanca.

Basado en los fósiles pseudomorfos silicificados de ostras y gasterópodos en estratos de calizas en la localidad del cañon El Obispo, al oeste de Onavas, Dumble (1901) ubicó a esta formación en el Cretácico. Por otra parte, las rocas del batolito de Sonora que intrusionan a la Formación Tarahumara tienen una edad determinada por K-Ar de 54 y 55 Ma. Estas rocas se pueden correlacionar con las secuencias que presentan características muy similares de las regiones de Moctezuma y Rayón, con los estratos de calizas con volcánicas andesíticas interestratificadas alteradas por hidrotermalismo de la región de Alamos.

La presencia de fósiles en algunos de los niveles de esta secuencia, asociados con restos de plantas y madera fósil, indican una afinidad con medios ambientes de depósito de pequeñas cuencas continentales que hacia el oriente pasan a secuencias depositadas en ambientes transicionales y hasta netamente marinos, Amaya y Gonzalez (1993).

El origen de las rocas volcánicas de la Formación Tarahumara es típico de los límites de placas convergentes, donde se forman arcos volcánicos de afinidad calcoalcalina, McDowell y Clabaugh (1981); por lo que se considera que el origen es una consecuencia y producto de la subducción de la placa Farallón debajo de la placa Norteamericana, a fines del Cretácico.

Para el Cretácico Tardío-Terciario Temprano (Eoceno) se tienen las rocas intrusivas constituidas por granodioritas, cuarzomonzonitas y granitos, que definen al Batolito Laramide de Sonora, con una edad de 90 M.a. a 40 M.a., Damon y Otros (1983). Se incluye dentro del batolito compuesto a todas las rocas intrusivas calcoalcalinas de esa edad, asociadas a un arco magmático; también se incluyen a los granitos paralumínicos de dos micas que son generados durante una fase post arco volcánico. Desde el punto de vista químico, estas rocas son similares en composición a los intrusivos de la Sierra Nevada. A estas rocas Laramídicas se asocian los pórfidos subvolcánicos (facies hipabisales), más jóvenes, que bordean la Sierra Madre Occidental, los cuales son cúpulas que tienen sus raíces en el batolito, como se observa en el área de Santa Rosa de Yécora.

En el Estado de Sonora, los cuerpos de rocas plutónicas presentan afloramientos amplios, con variaciones en su forma y extensión. Las exposiciones más cercanas al área de estudio se encuentran a ambos lados del cauce del Río Yaqui, así como en las regiones de Cumuripa, Tecoripa, La Dura y Tónichi.

Estas rocas batolíticas se encuentran intrusionando al Grupo Barranca y a la Formación Tarahumara, y cubiertas discordantemente por los conglomerados de la Formación Baucarit y las

volcánicas de la Formación Lista Blanca, así como por depósitos clásticos indiferenciados y aluviones Cuaternarios. Al emplazarse en las rocas sedimentarias del Grupo Barranca y en las volcánicas Tarahumara las han alterado, además de provocarles basculamiento y fallamiento, y en ocasiones originan yacimientos minerales por metasomatismo, metamorfismo de contacto e hidrotermalismo, siendo este último el más característico, ya que se asocia con zonas de anomalías de color acompañadas de silicificación, caolinización, propilitización y turmalinización; la mayoría de ellas relacionadas con cuerpos brechoides.

Las rocas intrusivas de Sonora representan la continuación hacia el sur del cinturón batolítico del oeste norteamericano, y continúa hacia el sur a lo largo de la margen pacífica de México. La forma de los afloramientos está controlada por los procesos erosivos y por los eventos tectónicos distensivos del Terciario Medio-Tardío.

Se incluyen en el Batolito Laramide todos los plutones de Sonora asociados con la transgresión del arco magmático que se extendió 1 000 km tierra adentro, de oeste a este, durante el Cretácico Tardío y posteriormente experimentó una regresión hacia la costa de Sonora durante el Neógeno.

#### **III.4.- Cenozoico**

En el oriente de Sonora durante el Terciario (Oligoceno), tuvo lugar una intensa actividad volcánica calcoalcalina de la Sierra Madre Occidental. Estos derrames félsicos relacionados a

calderas, de la secuencia volcánica superior, están constituidos por ignimbritas, tobas y brechas de composición riolítica, con basaltos y basaltos andesíticos intercalados o superpuestos a la secuencia riolítica; con espesores de más de 500 m. La mayor parte de este vulcanismo estuvo confinado a un corto intervalo de tiempo, entre 32 y 27 Ma (McDowell y otros, 1993). El magmatismo de la secuencia volcánica superior se considera asociada con las etapas finales de un largo periodo de subducción en la margen occidental de México.

El vulcanismo Neógeno en la porción central de Sonora, relacionado al "Basin and Range" extensional, se encuentra asociado a los depósitos clásticos continentales depositados en cuencas limitadas por fallas; en este se incluyen flujos de basaltos, andesitas basálticas y tobas, dentro de un rango de edad entre 27 y 10 Ma.

Durante el Mioceno se depositaron los sedimentos continentales de la Formación Baucarit, la cual se relaciona con la provincia de Sierras y Valles Paralelos (Basin and Range), con una distribución de sus afloramientos bastante amplia. Los sedimentos se encuentran rellenando a las cuencas y valles intermontanos; los afloramientos están limitados por fallas normales, con una orientación preferencial norte-sur.

En la región del Río Yaqui, al oeste de Onavas, las rocas de la Formación Baucarit fueron divididas en dos miembros, con un espesor total de 700 m (Roldán y McDowell, 1992); el miembro inferior consiste de estratos gruesos de conglomerados, bien consolidados, con clastos subangulosos de intrusivo granítico, de rocas volcánicas, caliza y pedernal, en una matriz arenosa,



con intercalaciones de flujos basálticos, brechas, y un horizonte de ignimbrita riolítica hacia la cima del miembro. El miembro superior está constituido por estratos delgados de conglomerados con horizontes de areniscas.

En la región de Onavas, la Formación Baucarit descansa en discordancia sobre tobas riolíticas e ignimbritas del Oligoceno, y está cubierta por los conglomerados recientes y aluviones Cuaternarios. En la Sierra Lista Blanca de la región de San Marcial, la Formación Baucarit sobreyace discordantemente a las rocas Triásicas del Grupo Barranca, y cubierta a su vez, mediante un contacto concordante por las rocas volcánicas de la Formación Lista Blanca (Bartolini y otros, 1991).

Uno de los últimos eventos volcánicos de gran magnitud, está representado por la Formación Lista Blanca, del Mioceno Tardío, la cual consiste de aglomerados, tobas, riolitas, cuarzolitas y andesitas. Esta secuencia volcánica, en la localidad de la Sierra Lista Blanca, sobreyace discordantemente, mediante un contacto gradual y transicional a la Formación Baucarit. La unidad ha sido redefinida y fechada por el método K-Ar en  $10.4 \pm 0.2$  Ma., en la localidad tipo de la Sierra Lista Blanca (Bartolini y Otros, 1991).

Al igual que la Baucarit, las rocas de la Formación Lista Blanca presentan basculamiento, por deformación extensional tanto al este como al oeste, con valores de inclinación entre  $10^\circ$  y  $45^\circ$ . Esta secuencia se correlaciona en un contexto regional, con un gran número de afloramientos Terciarios (Neógeno) de la porción centro-oriental y otras áreas del Estado de Sonora.

A las rocas volcánicas Lista Blanca sobreyacen una serie de derrames de composición andesítica-basáltica, que aflora en áreas muy restringidas. Estos derrames fueron extruidos a lo largo de grandes estructuras regionales, fallas normales orientadas norte-sur y otras este-oeste. Estas rocas afloran en las regiones de Guaymas, al sureste de Cumuripa, y particularmente a lo largo de la costa del Pacífico en Sonora Central.

Por último, se tienen sedimentos lacustres indiferenciados, depósitos de talud y aluviones, acumulados en los valles y planicies intermontanas, que cubren discordantemente a las rocas más antiguas.

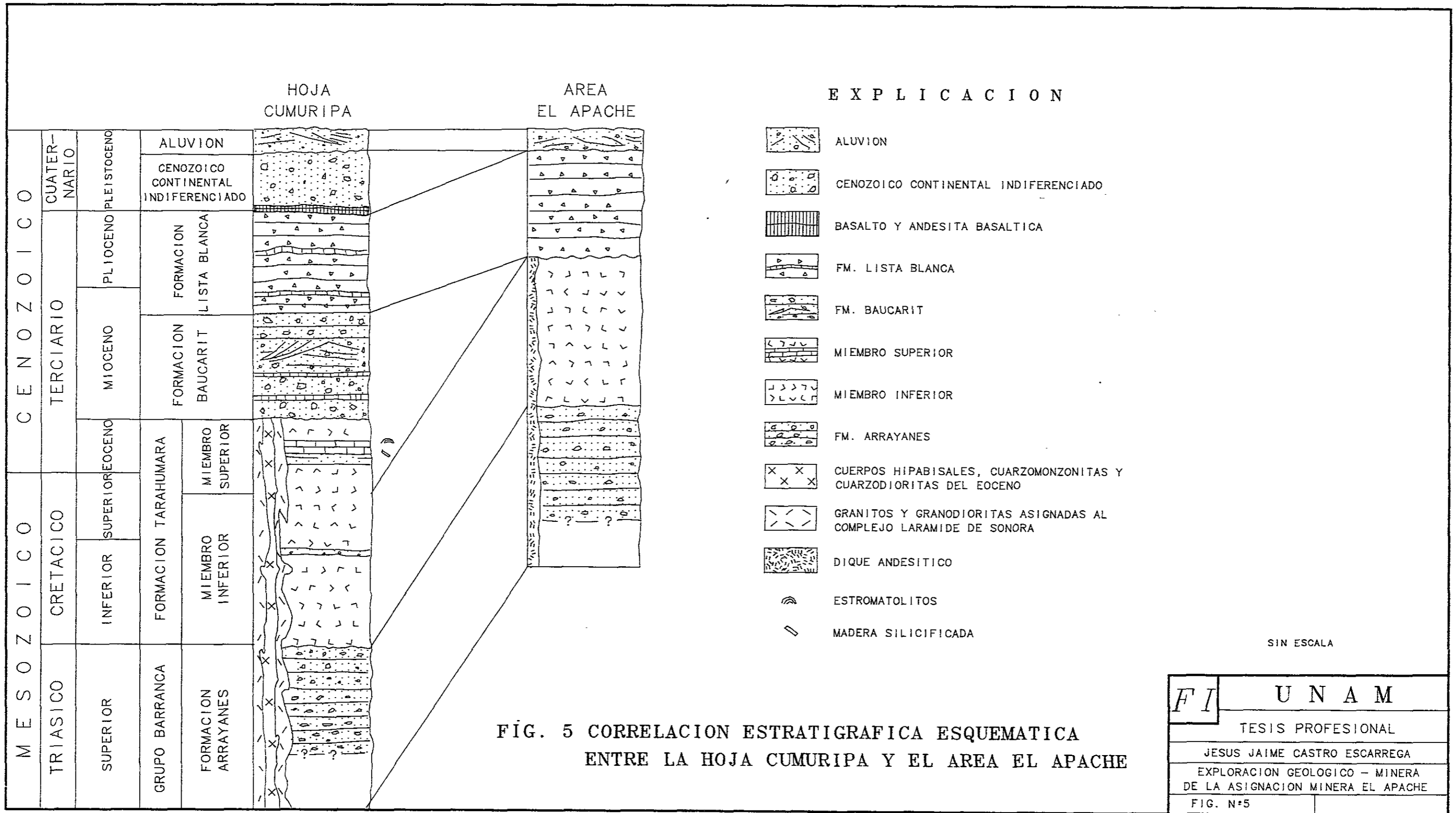
## **IV.- GEOLOGIA LOCAL**

### **IV.1.- Rocas sedimentarias triásicas**

La unidad litológica más antigua y ampliamente distribuida en el área de estudio está formada por un paquete de rocas sedimentarias representado por areniscas de cuarzo, areniscas arcósicas y areniscas conglomeráticas, en las cuales es frecuente que presenten cambios texturales y granulométricos. Las areniscas arcósicas y conglomeráticas constituyen horizontes dentro de la unidad sedimentaria.

Con base en sus características litológicas, su posición estratigráfica y las referencias de estudios regionales cercanos al área, se considera que estas rocas son similares a las del Grupo Barranca, del Triásico Tardío. Su distribución es amplia dentro del área y definen una franja con una orientación NW-SE (Fig. 4); asimismo, son correlacionables a escala regional, con los afloramientos de rocas Triásicas cartografiadas en la Hoja Cumuripa (Amaya, 1992), (Fig. 5).

En muestra de mano, las rocas mencionadas como areniscas presentan un color gris claro ligeramente verdoso, con clastos de cuarzo que van de subangulosos a subredondeados en una matriz de cuarzo, feldespatos y minerales arcillosos, con microfracturas rellenas de óxidos de hierro y manganeso. Sin embargo, también se presentan afloramientos de color rojizo, debido a los efectos de la oxidación por intemperismo. Petrográficamente se observan granos subangulosos a subredondeados de cuarzo, cuarcita y feldespatos alterados a sericita, en una matriz arcillo-sericítica; destaca la presencia de biotita secundaria que rellena microfracturas, turmalina y óxidos



de fierro (Fotos 7 y 8). En conjunto, esta unidad es la roca encajonante de las estructuras mineralizadas principales.

Las areniscas conglomeráticas contienen clastos de cuarzo y fragmentos de roca hasta de 5 cm de diámetro dentro de una matriz fina de cuarzo y fragmentos de roca. En ocasiones se observan escasas vetillas con turmalina negra dentro de estas rocas; es muy común que estén cloritizadas y oxidadas por intemperismo.

Estas rocas se presentan en estratos gruesos, con un rumbo promedio NE 20° SW y un echado de 21° al SE, datos tomados en el arroyo Alamito; sin embargo, hacia la parte norte del área, sobre el mismo arroyo, se tienen afloramientos muy fracturados en los cuales se observa estratificación cruzada de rumbo NE 29° SW y echados de 23° al NW.

Hacia la parte central y suroeste del área, la unidad se encuentra cubierta mediante un contacto discordante y por falla(?), por las rocas volcánicas de composición dacítica de la Formación Tarahumara del Cretácico, y hacia la parte norte, se encuentra en probable contacto por falla con las rocas volcánicas Terciarias de la Formación Lista Blanca.

#### **IV.2.- Rocas volcánicas cretácicas**

Las rocas sedimentarias anteriormente descritas están cubiertas por rocas volcánicas piroclásticas bien litificadas de composición dacítica, las cuales con base en sus características litológicas y en su posición estratigráfica, se considera formen parte de la Formación Tarahumara

del Cretácico.

En muestra de mano, presentan un color gris claro con tinte verdoso, textura porfídica, mineralógicamente constituidas por plagioclasa, cuarzo, epidota, clorita, y ocasionalmente pirita. En lámina delgada están constituidas por fenocristales de plagioclasa, feldespatos potásicos, cuarzo con golfos de corrosión, fragmentos de roca, epidota diseminada y rellenando microfracturas, hornblenda, turmalina, sericita y caolinita, en una matriz vítrea. En algunas láminas delgadas se observa biotita secundaria (Fotos 9 y 10). Estas rocas presentan los efectos de alteración hidrotermal de tipo propilítica, la cual es producida por el emplazamiento de los intrusivos Laramídicos que afloran fuera del área.

La unidad aflora en el extremo SW del área y en la parte central a manera de una franja de afloramientos discontinuos con una orientación NW-SE; se puede observar que un extremo de la veta Apache II se encuentra encajonada en este tipo de rocas. Sus contactos con las rocas sedimentarias del Grupo Barranca suelen estar cubiertos por depósitos de talud y aluvión, pero existen lugares donde es posible observar el contacto por falla.

#### **IV.3.- Rocas volcánicas terciarias**

En la parte NE del prospecto, se tienen extensos afloramientos de tobas riolíticas ignimbríticas y dacíticas, las cuales presentan variaciones texturales y de color. De acuerdo a sus características mineralógicas, texturales y a su posición estratigráfica, éstas rocas se correlacionan

tentativamente con la Formación Lista Blanca del Terciario (Mioceno Tardío).

En muestra de mano las tobas riolíticas presentan variaciones de color, de blanco grisáceo a blanco con tonalidades rosa a violeta; la mineralogía consiste de cuarzo, feldespato potásico, biotita, fragmentos de roca y vidrio. Petrográficamente presentan una textura soldada, constituida por un agregado cuarzo-feldespático, biotita, sericita y óxidos de fierro, en una matriz vítrea (Fotos 11 y 12).

En ocasiones se presentan muy deleznales, en contraste con otras áreas donde están bien litificadas, con presencia de silicificación. Estas rocas presentan los efectos de una alteración asociada a procesos de intemperismo, por medio de la cual las plagioclasas y ferromagnesianos han sido transformados a minerales arcillosos y clorita.

Esta unidad de rocas volcánicas más jóvenes sobreyace tanto al paquete de rocas sedimentarias triásicas, como a las volcánicas cretácicas, apreciándose el contacto por falla entre las tobas riolíticas y las areniscas del Grupo Barranca, con la estructura Apache IV encajonada en dicho contacto.

#### **IV.4.- Aluvión**

El aluvión consiste en la acumulación de gravas, arenas y limos en el cauce principal del arroyo Alamito y en su zona de inundación. Este arroyo cruza el área con una orientación NE-SW, y las acumulaciones más extensas se encuentran hacia la confluencia con el Río Yaqui.

#### **IV.5.- Geología Estructural**

El sistema principal de fracturamiento corresponde a un rumbo NW 60° SE, con otro secundario que lo corta, de rumbo NE 30° SW; en el sistema NW-SE se alojan las estructuras mineralizadas en forma de vetas de cuarzo y de crestones brechados y silicificados que parecen seguir las trazas de las fallas.

El echado general de estas estructuras de rumbo NW-SE es al NE, lo que implica un escalonamiento de bloques en esta dirección con la formación de un graben local hacia los crestones ubicados al este de la veta Apache I, debido a los movimientos distensivos que actuaron en el área.

Las dataciones hechas por Damon y otros (1983), en afloramientos del Complejo Batolítico de Sonora, en localidades relativamente cercanas al área de trabajo, les asignan una edad Cretácico Tardío-Eoceno; por lo que se podría considerar que el fallamiento y fracturamiento es post-intrusivo. A escala regional la edad del evento extensivo es Oligoceno tardío-Mioceno, dentro del área de estudio el fracturamiento afecta aún a la Formación Lista Blanca, asignada al Mioceno-Plioceno.



## V.- YACIMIENTOS MINERALES

Los depósitos minerales que se encuentran en la Asignación Minera El Apache son de origen hidrotermal(epitermal), en los cuales, los minerales fueron depositados a partir de soluciones calientes en las zonas de fallas y fisuras, localizadas en las rocas sedimentarias y volcánicas; éstas soluciones hidrotermales se considera están relacionadas a los intrusivos que afloran cercanos al área.

Se tienen cartografiadas un total de cinco vetas, con un rumbo general NW-SE con echados al NE, las cuales con frecuencia no se presentan bien definidas, con irregularidades en cuanto a anchura, ampliándose o estrechándose, así como también se pueden observar curvamientos.

### V.1.- Estructuras mineralizadas

**Apache I.-** Consiste en una veta encajonada en areniscas de cuarzo, constituida principalmente por una brecha de cuarzo y de fragmentos de la misma roca encajonante silicificados, con sulfuros relleno microvetillas y diseminados como pirita y arsenopirita, con predominio de pirita, hematita, limonita, escaso ópalo y magnetita; caolín, sericita, y óxidos de manganeso (Fotos 13, 14, 15 y 16).

Se analizaron dos muestras superficiales de la veta Apache I por el método de difracción

TABLA 1

CARACTERISTICAS DE ALGUNAS VETAS EN EL ESTADO DE SONORA

DISTRITO O MINA	TECTONISMO PRE-MINERAL	EVEN TO MAGMATICO PRE-MINERAL	ORIENTACION DE LAS VETAS	ROCA ENCAJONANTE	MINERALIZACION	EDAD
El Tigre	Plegamiento laramide	Granito (? laramide)	N-S	Tobas riolíticas	Ag-Au	(?) Oligoceno
Lampazos	Plegamiento laramide	Diques y sills de diorita Diques de dacita-riolita	N-S E-W	Sedimentos Cretácicos	Ag-Pb-Zn-(Cu)	(?) Eoc.-Oligoceno
Alamos	(?)	Diques, Granito	NE-SW	Andesitas	Ag-Au	(?) Eoc.-Oligoceno
Cocinera Blanca	Plegamiento laramide	Diorita, granodiorita	NW-SE	Andesitas y dacitas	Au-Ag	Paleoceno-Eoceno
La Dura	Plegamiento laramide	Granito	NW-SE	Andesitas y tobas	Ag-Pb-Zn-Cu	Paleoceno
La Colorada	Plegamiento laramide	Granito	NE-SW E-W	Dioritas, cuarcitas	Au-Ag	Paleoceno-Eoceno
Santa Rosa y San Juan	Plegamiento laramide	Granito, granodiorita	NE-SW	Cuarcitas	Ag-Pb-Zn-Cu	Eoc.-Oligoceno
La Trinidad	Plegamiento laramide	Granodiorita	NE-SW N-S	Andesitas	Ag-Pb	Eoceno

Fuente: Clark, K.F., y otros, 1979  
Perez S.E., 1985

de rayos X; en los resultados se obtuvieron las especies cristalinas siguientes: cuarzo, y minerales de alteración como escorodita[FeAsO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O], beudantita[PbFe<sub>3</sub>(AsO<sub>4</sub>)(SO<sub>4</sub>)(OH)<sub>6</sub>], jarosita[KFe<sub>3</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>6</sub>], muscovita, estibiconita[Sb<sub>3</sub>O<sub>6</sub>(OH)], mimetita[Pb<sub>3</sub>(AsO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>Cl], hedyfano[(Ca,Pb)<sub>3</sub>(As<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)<sub>2</sub>Cl], hematita y feldespato; con valores de 6.8 gr/ton de oro y 855 gr/ton de plata. En la Tabla 4, se muestran los resultados de los análisis químicos por Au, Ag, Pb, Cu y Zn. Aquí se puede ver una correspondencia de valores altos de plomo con valores altos de oro y plata; con el cobre y el zinc no sucede esto, ya que los resultados arrojan valores muy bajos de estos elementos.

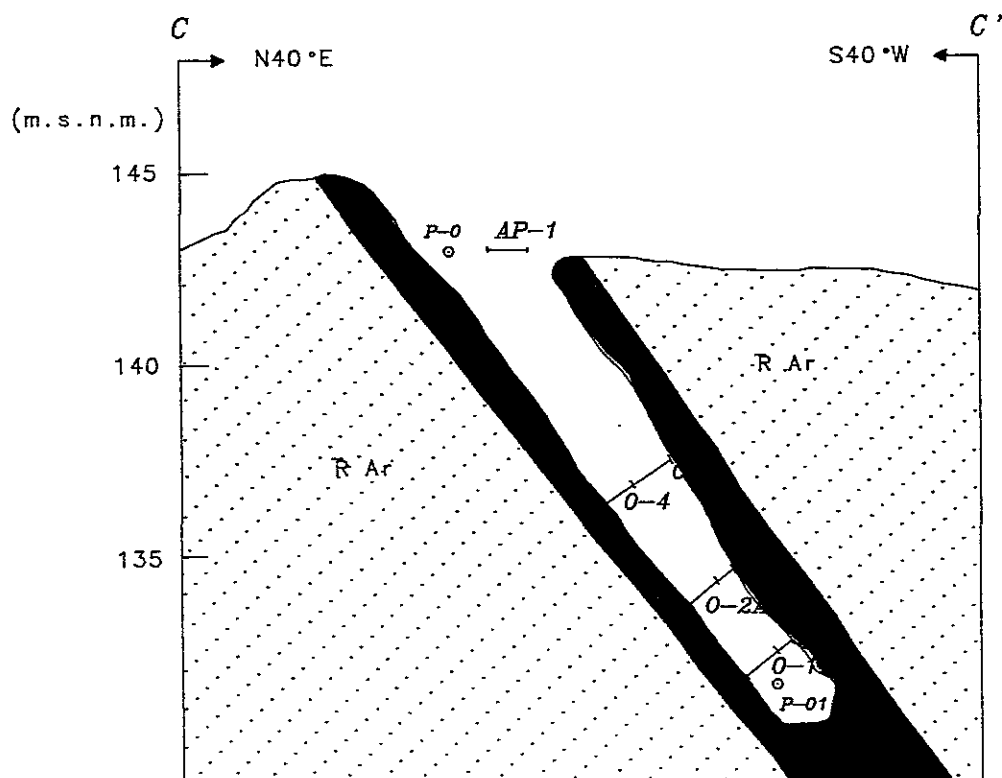
La veta brechada tiene un rumbo general N 50° W con echado de 53° al NE. Aflora en forma discontinua por espacio de 920 m, su ancho aflorante varía desde 1.5 m hasta un máximo de 25 m, con un ancho promedio de 5.8 m (Fig. 6). En su extremo occidental la estructura se bifurca al cruzar el arroyo Alamito; uno de los ramales consiste de calcita con vetillas de cuarzo. Sobre ésta veta se tiene la única obra minera del área, la cual consiste en un tiro inclinado de 14 m de profundidad realizado a rumbo de echado(Fig. 7), (Fotos 1, 2, 3 y 4).

**Apache II.-** Es una veta que aflora en forma de crestón, donde su mitad SE se encuentra encajonada en tobas dacíticas de la Formación Tarahumara, y su mitad NW en areniscas de cuarzo del Grupo Barranca. La estructura está constituida por una brecha de cuarzo con piritita, probablemente arsenopiritita, limonita, hematita y caolín; con un bandeamiento bien definido.

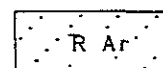
La veta tiene una orientación general N 45° W y un echado de 56° al NE. Aflora casi

SECCION TRANSVERSAL C-C'

VIENDO AL NW



EXPLICACION



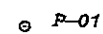
ARENISCA DE CUARZO



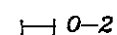
VETA



OBRA MINERA



PUNTOS DE CONTROL TOPOGRAFICO



MUESTREO DE CANAL

No. de Muestra	Esp. (m)	Au gr/ton	Ag gr/ton	Pb %	Cu %	Zn %
0-1	0.70	0.5	40.2	0.14	0.047	0.054
0-1A	0.97	Ind.	6.2	0.05	0.063	0.056
0-2	0.80	0.4	25.8	0.27	0.044	0.053
0-2A	1.00	Ind.	8.7	0.06	0.074	0.090
0-3	2.17	0.5	28.3	0.24	0.044	0.086
0-4	1.44	2.0	50.8	0.33	0.040	0.095
AP-1	0.73	1.0	143.0	0.76	0.018	0.025

ESCALA 1:200

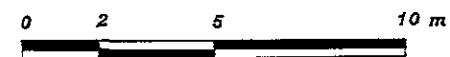


FIG. 7 SECCION TRANSVERSAL DEL TIRO INCLINADO EN LA VETA APACHE I

FI	UNAM
	TESIS PROFESIONAL
JESUS JAIME CASTRO ESCARREGA	
EXPLORACION GEOLOGICO - MINERA DE LA ASIGNACION MINERA EL APACHE	
FIG. N°7	

continuamente por espacio de 280 m, con un ancho aflorante de 2 m hasta un máximo de 20 m, y un ancho promedio de 6.3 m.(Foto 5). En la Tabla 5 se muestran los resultados de los análisis químicos por Au, Ag, Pb, Zn, Cd, As y Cu. Se puede observar una correspondencia de valores relativamente altos de arsénico con los valores altos de oro y plata; el resto de los elementos no proporcionan resultados de importancia.

**Apache III.-** Consiste de una veta encajonada en areniscas de cuarzo, con una orientación general N 81° W y un echado casi vertical. Es una estructura brechada constituida por fragmentos de cuarzo y material de la misma roca encajonante, pirita, caolín, fracturas rellenas de hematita y limonita; presenta silicificación y una oxidación intensa. En la Tabla 6 se puede ver la relación que tienen los valores relativamente altos de arsénico con valores altos de oro y plata.

Aflora en forma discontinua con engrosamiento en su parte media y sus extremos se encuentran desplazados por fallas. La traza de la estructura tiene una longitud aproximada de 140 m, la cual en partes se encuentra oculta por suelo residual. Su ancho aflorante varía desde 0.90 m hasta un máximo de 10 m en su parte media.

**Apache IV.-** Se encuentra ubicada en el extremo norte de la asignación; se trata de una brecha volcánica silicificada que aflora en forma de crestón oxidado la cuál tiene una orientación general N 33° W y un echado promedio de 32° al NE; la estructura tiene una forma irregular, burdamente tabular, que se ha seguido por más de 80 m, su espesor varía desde 2 m hasta más de 8 m; estructuralmente se encuentra controlada por falla y encajonada por tobas riolíticas

ignimbríticas de la Formación Lista Blanca hacia el alto de la estructura, y areniscas de cuarzo del Grupo Barranca hacia el bajo (Fig. 8).

Presenta un intenso fracturamiento con fragmentos de toba riolítica, además de una fuerte oxidación a hematita y limonita lo que le imprime una intensa coloración rojiza, en menor proporción presenta óxidos de manganeso en forma de manchones sobre la roca. Se tiene una fuerte silicificación en forma de cuarzo microcristalino rellenando y cubriendo las microfisuras así como también formando la matriz del material brechado. En la Tabla 7 se muestran los resultados de los análisis químicos por Au, Ag, Pb, Zn y Cu. Únicamente se encontraron trazas de plata en esta estructura, lo que conduce a pensar que es la parte superior estéril de una posible estructura mineralizada a profundidad.

**Alamito.-** Ubicada en la parte central del proyecto, la cuál consiste en una estructura brechada de tipo veta-falla, con rumbo general N 18° W y echados variables tanto al NE como al SW (Fig. 9). Tiene una longitud aflorante de más de 100 m; en su parte media se encuentra desplazada por falla, con su extremo SE dentro de una zona de cizalla.

Su espesor varía desde 0.30 m en su parte más angosta hasta un máximo de 10 m en su parte más ancha, y se encuentra encajonada en areniscas de cuarzo. Dicha veta presenta pequeñas cavidades producidas por lixiviación.

La mineralogía consiste de cuarzo brechado, limonita, caolín, microvetillas rellenas con hematita y cuarzo. Presenta bandeamiento y los efectos de alteración hidrotermal, (Foto 6). En la Tabla 8 se pueden ver las muestras analizadas por Au, Ag, Pb, Cu, Zn, Cd y As. Se obtuvieron

valores importantes, aunque no muy altos de oro y plata, con trazas de plomo y arsénico; el resto de los elementos no dió resultados favorables.

## **V.2.- Alteraciones**

La alteración más difundida en el área es la silicificación, ya que afecta tanto a las rocas sedimentarias como a las rocas volcánicas.

La oxidación, tanto de fierro como de manganeso se observa asociada a los crestones y vetas, y tanto al alto como al bajo de estas estructuras. También se presenta en forma de intemperismo de los minerales ferromagnesianos, la cual no tiene una profundidad mayor a 10cm.

Se presenta la propilitización como una alteración expuesta en los afloramientos de las rocas volcánicas cretácicas de la formación Tarahumara, la cual imprime una tonalidad de color verde olivo a las rocas afectadas, debido a la presencia de epidota, calcita, clorita y pirita diseminada.

## **V.3.- Modelo genético**

El modelo conceptual propuesto para el yacimiento vetiforme de oro-plata del prospecto El Apache(Fig. 10), es el de celdas de convección, en donde las aguas meteóricas se introducen por zonas de permeabilidad o fracturas hasta una fuente de calor(intrusivo), en donde se mezclan con soluciones hidrotermales y vapores sulfurosos, y ascienden a través de fracturas en forma de bisulfuros y cloruros complejos; la temperatura tiene un papel importante, a temperaturas arriba

# MODELO CONCEPTUAL AREA EL APACHE

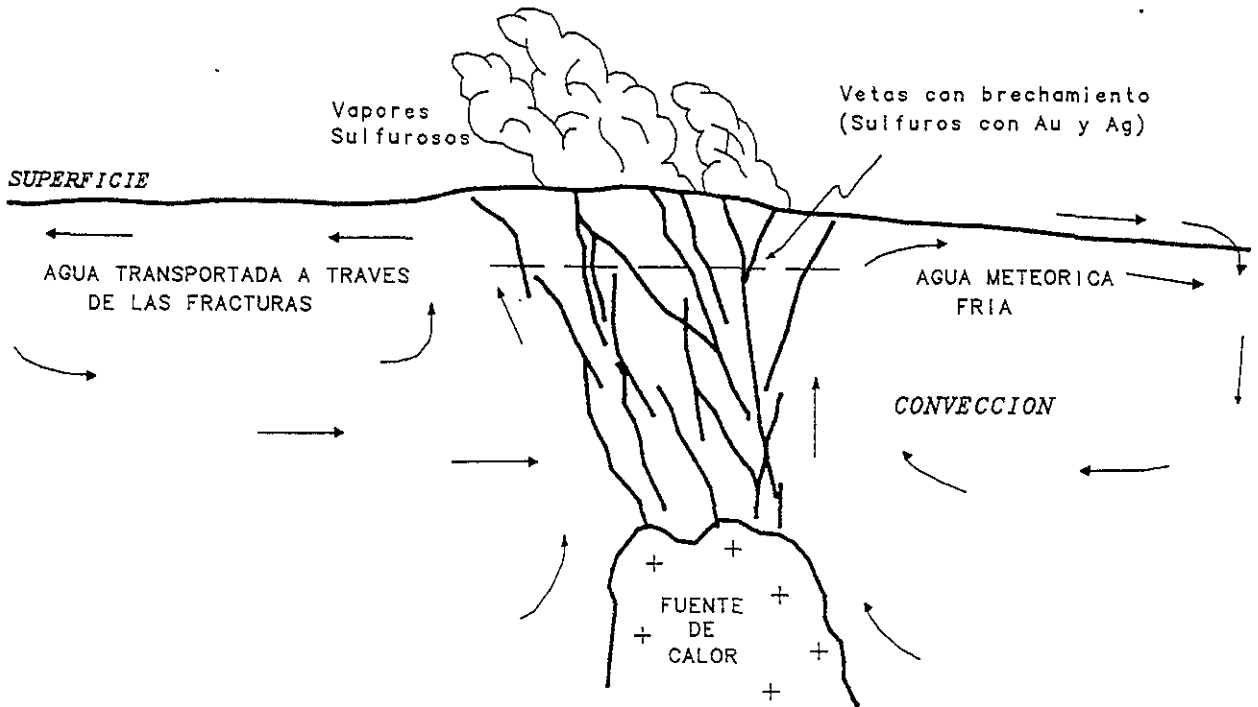


FIG. 10

<i>F I</i>	U N A M
TESIS PROFESIONAL	
JESUS JAIME CASTRO ESCARREGA	
EXPLORACION GEOLOGICO - MINERA DE LA ASIGNACION MINERA EL APACHE	
FIG. N°10	



de 300°C, según la salinidad de la solución, el cloruro predomina sobre el bisulfuro. En los sistemas epitermales, los argumentos geoquímicos llevan a la conclusión de que el oro y la plata son transportados como bisulfuro (Romberger, S., en Atkinson, W., 1996). Los cambios ocurridos en los parámetros fisicoquímicos que dan como resultado el depósito de los metales preciosos transportados como bisulfuros, como la disminución en la actividad del H<sub>2</sub>S y de la fracción de agua, un aumento en la actividad del oxígeno, y aumento o disminución del pH, son los mecanismos más eficientes para el depósito. Asimismo, los procesos que se dan en un sistema hidrotermal natural que dan como resultado cambios en la química que produce la depositación del metal son la ebullición, la mezcla de soluciones y las reacciones de alteración con la roca encajonante.

Para el caso de los depósitos minerales que se encuentran en el área de estudio, se considera que los metales preciosos fueron transportados como bisulfuros a temperatura <300°C, con predominio del bisulfuro sobre el cloruro, tomando como referencia los trabajos de Atkinson, W., (1996). Cabe mencionar que no se cuenta con estudios de inclusiones fluidas para determinar la temperatura de deposición del yacimiento; sin embargo las asociaciones minerales presentes nos indican que se formó cercano a la superficie, a temperaturas relativamente bajas.

#### **V.4.- Resultados Obtenidos**

De acuerdo con los trabajos de geología y al muestreo sistemático realizado en las

estructuras mineralizadas, se obtuvieron los siguientes valores que a continuación se mencionan:

Estructura Apache I.- Ind. a 4.5 gr Au/ton

0.5 a 303 gr Ag/ton

Estructura Apache II.- Ind. a 2.1 gr Au/ton

0.3 a 263 gr Ag/ton

Estructura Apache III.- Ind. a 2.6 gr Au/ton

0.8 a 320 gr Ag/ton

Estructura Alamito.- 0.1 a 0.85 gr Au/ton

0.5 a 51 gr Ag/ton

La estructura Apache IV no reportó valores en superficie, pero no es conveniente descartarla, ya que no se conoce el comportamiento de dicha estructura a profundidad.

#### **V.5.- Cálculo de Reservas Minerales**

En el área de estudio se tomaron en consideración un total de 272 muestras de canal, tomadas en las estructuras mineralizadas presentes en el área, incluyendo 5 muestras de núcleos pertenecientes al barrenado de diamante N° 1 que cortó a la veta Apache I (Fig. 11).

Adicionalmente, se pretendía cortar a la veta Apache II en su parte más ancha con un barreno de diamante propuesto (Fig. 12).

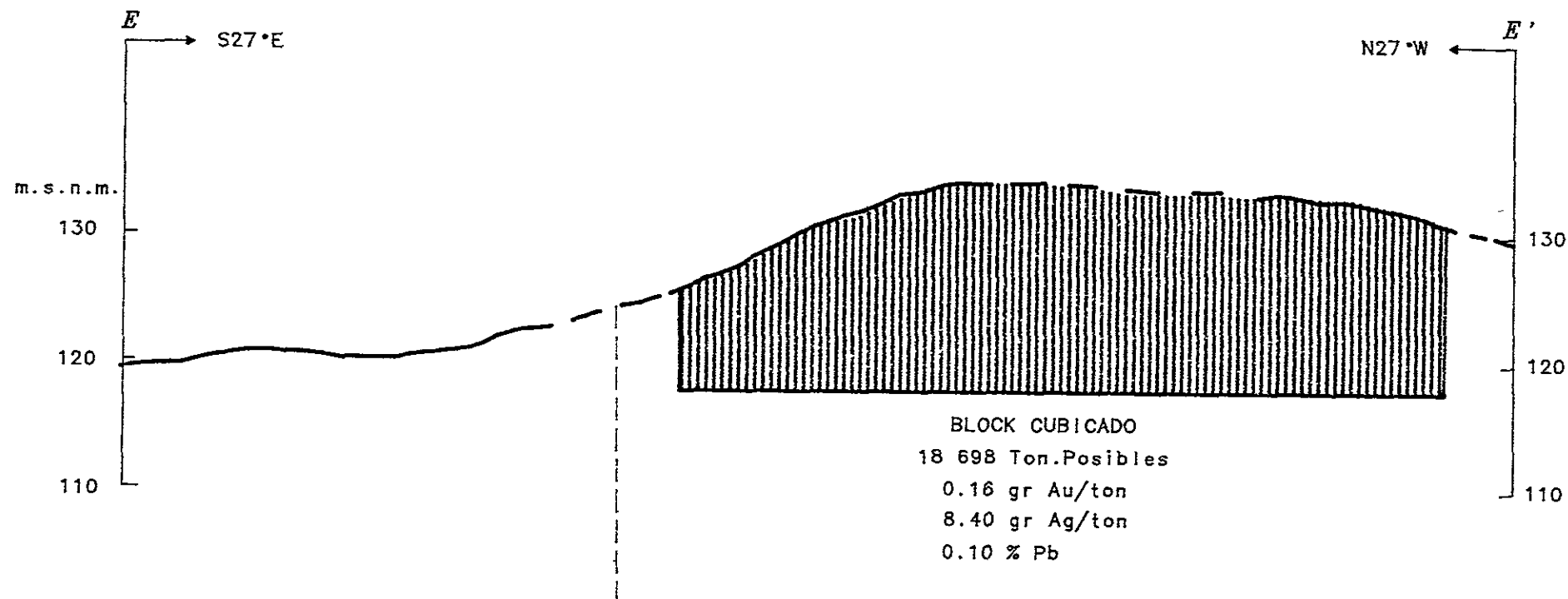
De acuerdo con el muestreo realizado y de las dimensiones observadas tanto en superficie como a profundidad, se calcularon dos blocks de reservas posibles para las vetas Apache I y Alamito, con las siguientes características:

**Veta Apache I.-** Se calcularon conservadoramente 10 662 toneladas posibles, con una ley promedio de 1.3 gr Au/ton, 102 gr Ag/ton y 0.7 % Pb; con un ancho medio de 1.51 m, una longitud de 92 m y 30.7 m de profundidad; para ello se consideró el peso específico del cuarzo de 2.5 ton/m<sup>3</sup>, (Tabla 2), (Fig. 13). La relación Au/Ag = 1/78.


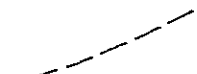
**Veta Alamito.-** Para la estructura Alamito se calculó un block con 18 698 toneladas posibles, con una ley promedio de 0.16 gr Au/ton, 8.4 gr Ag/ton y 0.10 % Pb, (Tabla 3), (Fig. 14). La relación Au/Ag = 1/53.

Para el cálculo del tonelaje se consideró la profundidad como 1/3 de su longitud.

SECCION LONGITUDINAL E-E'  
VIENDO AL NE



EXPLICACION

-  AFLORAMIENTO DE VETA
-  FALLA INFERIDA

ESCALA HORIZONTAL Y VERTICAL

1:500



FIG. 14 SECCION LONGITUDINAL E-E' DE LA VETA ALAMITO

<i>F I</i>	U N A M
TESIS PROFESIONAL	
JESUS JAIME CASTRO ESCARREGA	
EXPLORACION GEOLOGICO - MINERA DE LA ASIGNACION MINERA EL APACHE	
FIG. N°14	

TABLA 2

CALCULO DE LA LEY PROMEDIO Y TONELAJE DE UN BLOCK EN LA VETA APACHE I

Nº de Muestra	Espesor (m)	Au gr/ton	Ag gr/ton	Pb %	Ancho x Ley Au	Ancho x Ley Ag	Ancho x Ley Pb
AP-1	0.73	1.0	143.0	0.76	0.73	104.40	0.56
AP-2	1.93	0.3	49.2	0.41	0.58	95.00	0.80
AP-12	1.16	2.2	95.4	0.80	2.55	110.70	0.93
AP-13	0.65	0.5	37.9	0.09	0.33	24.64	0.06
AP-14	1.34	0.3	5.6	0.12	0.40	7.51	0.16
AP-15	1.04	1.3	202.0	2.30	1.35	210.08	2.40
AP-16	0.40	2.3	291.0	2.80	0.92	116.40	1.12
AP-17	0.85	3.3	112.0	0.75	2.81	95.20	0.64
AP-18	0.61	1.9	195.0	1.29	1.16	119.00	0.79
AP-19	0.51	1.0	56.6	0.40	0.51	28.90	0.20
AP-20	1.00	2.4	188.0	4.20	2.40	188.00	4.20
AP-21	0.80	2.5	303.0	0.61	2.00	242.40	0.49
AP-90	2.80	0.9	236.7	1.43	2.52	662.80	4.01
AP-91	2.50	1.1	115.3	0.66	2.75	288.25	1.65
AP-92	2.30	4.5	152.1	0.59	10.35	349.83	1.36
AP-93	2.20	0.6	47.3	0.35	1.32	104.06	0.77
AP-94	1.30	0.9	112.1	0.55	1.17	145.73	0.72
Z-1	2.40	0.56	65.5	0.02	1.35	157.30	0.04
Z-2	3.20	0.11	1.9	0.03	0.37	6.01	0.10
Z-3	2.40	0.82	6.8	0.01	1.98	16.30	0.03
$\Sigma=$	30.12				37.55	3072.51	21.03

Para Au:

$$\text{Ley} = 37.55 / 30.12 = 1.247$$

Ley=1.3 gr Au/ton
-------------------

$$Am = 30.12 / 20 = 1.506$$

$$\text{Alto} = \text{Largo} / 3 = 92 / 3 = 30.66$$

$$\text{Ancho} = 1.51 \text{ m}$$

$$\text{Largo} = 92 \text{ m}$$

$$\text{Alto} = 30.7 \text{ m}$$

Para Ag:

$$\text{Ley} = 3072.51 / 30.12 = 102.01$$

Ley=102 gr Ag/ton
-------------------

Para Pb:

$$\text{Ley} = 21.03 / 30.12 = 0.698$$

Ley=0.70 % Pb
---------------

$$\text{TON} = (92 \text{ m})(1.51 \text{ m})(30.7 \text{ m})(2.5 \text{ ton/m}^3) = 10\ 662.11$$

TON=10 662 toneladas posibles
-------------------------------

TABLA 3

LEY PROMEDIO Y TONELAJE RECALCULADO PARA EL BLOCK DE LA VETA ALAMITO

Nº de Muestra	Espesor (m)	Ancho x Ley Au	Ancho x Ley Ag	Ancho x Ley Pb	Au gr/ton	Ag gr/ton	Pb gr/ton
ALA-5 a 8	4.25	0.212	5.214	0.042	0.050	1.227	0.010
ALA-9 a 12	5.20	0.645	109.567	0.911	0.124	21.070	0.175
ALA-17 a 28	10.65	2.028	61.540	0.783	0.190	5.778	0.073
ALA-29 a 34	7.40	0.925	38.365	0.497	0.125	5.184	0.067
ALA-36 a 39	2.60	0.661	24.614	0.060	0.254	9.467	0.023
AP4-29	0.20	0.030	1.820	0.014	0.150	9.100	0.070
AP4-30 a 34	5.30	1.170	57.370	1.064	0.221	10.824	0.201
$\Sigma =$	35.60	5.671	298.490	3.371			

Para Au:

$$\text{Ley} = 5.671 / 35.60 = 0.1593$$

Ley=0.16 gr Au/ton

Para Ag:

$$\text{Ley} = 298.49 / 35.60 = 8.4$$

Ley=8.4 gr Ag/ton

Para Pb:

$$\text{Ley} = 3.371 / 35.60 = 0.095$$

Ley=0.10 % Pb

$$Am = 35.60 / 7 = 5.08$$

Am=5.08 m

$$\text{TON} = (458 \text{ m}^2)(16.33 \text{ m})(2.5 \text{ ton/m}^3) = 18\ 698$$

TON=18 698 toneladas posibles

## VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las rocas que afloran en el área de estudio están representadas por areniscas de cuarzo, tobas dacíticas y tobas riolíticas ignimbríticas, que varían en edad desde el Triásico hasta el Terciario.

Los yacimientos minerales corresponden a vetas epitermales que se emplazaron en fallas y fracturas, principalmente en las rocas sedimentarias. La gran mayoría de las vetas tienen un rumbo preferencial NW-SE con echados al NE, donde las areniscas de cuarzo ocurren como la principal roca encajonante de las estructuras mineralizadas. Los afloramientos discontinuos presentan una longitud máxima de 920 m con espesores variables desde 0.90 m hasta un máximo de 25 m en las partes más anchas.

Se tienen sulfuros diseminados y como relleno de microvetillas dentro de las vetas, como pirita y arsenopirita, con los cuales se considera están asociados los valores de oro.

Para la veta Apache I se calculó un block con 10 662 toneladas posibles, con una ley promedio de 1.3 gr Au/ton y 102 gr Ag/ton, y un espesor promedio de 1.51 m, dando una relación Au/Ag=1/78. Para la veta Alamito se calculó un block con 18 698 toneladas posibles con una ley promedio de 0.16 ge Au/ton y 8.4 gr Ag/ton, teniendo una relación Au/Ag=1/53. Con estos resultados se considera a la estructura Apache I como la de mayor interés.

El prospecto el Apache se ubica según (Wisser, E., 1966) en la parte más occidental del cinturón principal, donde la mayor parte de las vetas son angostas y dentro del basamento pre-volcánico o cerca de él.

De acuerdo con las características observadas en las estructuras mineralizadas que se encuentran en el prospecto El Apache, y con las que presentan vetas epitermales cercanas al área (Tabla 1), se considera que la edad de la mineralización es Post-Paleoceno Pre-Mioceno (probablemente dentro del rango Eoceno-Oligoceno).

Con las leyes y tonelajes obtenidos hasta ahora, es de esperarse que estos depósitos minerales sean de interés para trabajarse a nivel de pequeña minería.

Como recomendaciones se sugiere:

El muestreo realizado en las zanjas hechas sobre la traza de la estructura Apache I, reporta valores atractivos de oro y plata, debido a esto sería conveniente concluir con el trabajo de zanjeo y barrenación para aumentar el tonelaje potencial de la veta y comprobar la continuidad de la estructura a profundidad.

Como segunda prioridad se recomienda hacer este tipo de trabajo en el resto de las estructuras, con excepción de la veta Apache IV que no reportó valores en superficie.



## BIBLIOGRAFIA

- ALENCASTER, G., 1961, Paleontología del Triásico Superior de Sonora: UNAM, Instituto de Geología, Paleontología Mexicana, núm. 11, 18p.
- ALMAZAN, E. Y FERNANDEZ, M.A., 1988, Estratigrafía de la Hoja Arivechi (H12-D56): 2° Simposio de Geología y Minería de Sonora, Resúmenes, UNAM-Inst. de geología y Depto. de Geología-UNISON, p. 2-3.
- AMAYA, M.R., 1992, Estudio de geología superficial de semidetalle Prospecto Onavas, Estado de Sonora: Convenio PEMEX-UNISON (informe no publicado), 114 p.
- AMAYA M.R., Y GONZALEZ C.M., 1993, Las rocas volcánicas de la Formación Tarahumara y su relación con las secuencias volcanosedimentarias en la porción centro oriental del Estado de Sonora: III Simposio de la Geología de Sonora y Areas Adyacentes, UNAM-Inst. de Geología y Depto. de Geología-UNISON, Hermosillo, Son., p. 1-2.
- ATKINSON, W., 1996, Geoquímica de los depósitos de oro, evidencias geológicas para modos de transporte y depósito hidrotermal: Aplicaciones a la exploración mineral, Depto. de Geología-UNISON, AIMMGM, Hermosillo, Son., p. 183.
- BARTOLINI, C., MORALES, M., DAMON, P. AND SHAFIQUILLAH, M., 1991, Geology and Geochronology of Sierra Lista Blanca, Central Sonora, Mexico: A progress report: UNISON, Bol. del Depto. de Geología, v. 8, núm. 1, p. 1-5.
- CLARK, K.F., DOW, R.R. AND KNOWLING, R.D., 1979, Fissure-vein deposits related to continental volcanic and subvolcanic terranes in Sierra Madre Occidental Province, Mexico: Nevada Bureau of Mines; Report 33, p. 189-202.
- C.R.M.-SECOFI., 1996, Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, Edición 1996.
- DAMON, P.E., SHAFIQUILLAH, M., ROLDAN, J., AND COCHEME, J., 1983, El Batolito Laramide (90-40 Ma) de Sonora: Memoria de la XV Conv. Nal. AIMMGM, Guadalajara Jal., p. 63-95.
- DUMBLE, E.T., 1900, Triassic coal and coke of Sonora, Mexico: Geological Society of America Bulletin; v. 11, p. 10-14.
- , 1901, Cretaceous of Obispo Canyon, Sonora, Mexico: Texas Academy of Science Transactions, v. 4, p. 81.
- GONZALEZ-L., C. Y JACQUES-A., C., 1988, La secuencia del Cretácico temprano del área de Cerro de Oro, Sonora: implicaciones paleogeográficas: II Simposio de Geología y Minería de Sonora, UNAM-Inst. de Geología y UNISON-Depto. de Geología, p. 23-25.

- INEGI, 1981, Cartas fisiográficas escala 1:1 000 000 Hojas Tijuana y La Paz.
- INEGI, 1985, Carta geológica escala 1:250 000 Hoja Tecoripa H12-12 .
- KING, R.E., 1939, Geologic reconnaissance in northern Sierra Madre Occidental of Mexico: Geological Society of America Bulletin; v. 50, p. 1625-1722.
- MCDOWELL, F.W. AND CLABAUGH, S.E., 1981, The igneous history of the Sierra Madre Occidental and its relation to the tectonic evolution of western Mexico: Inst. Geología, UNAM., Revista, v. 5, núm. 2, p. 195-206.
- MCDOWELL, F.W., ROLDAN, J., MORA, G. AND AMAYA, R., 1993, Oligocene-Miocene volcanic history of south-central Sonora, Mexico: The Geological Society of America, Cordilleran/Rocky Mountain Section, Abstracts with Programs, Reno, Nevada, v. 25, núm. 5.
- MCDOWELL, F.W., ROLDAN, J., AMAYA, R. AND GONZALEZ, M., 1994, The Tarahumara Formation-A neglected component of the Laramide magmatic arc in Sonora: Unión Geofísica Mexicana, v. 14, núm. 5, p. 76-77.
- MORALES, M., BARTOLINI, C., GONZALEZ, J. Y LOPEZ, R., 1991, El Jurásico en las inmediaciones de Hermosillo, Sonora: Geol. Soc. of Am. Annual Meeting, Abstr. with Programs, v. 23, núm. 5, p. A 127.
- PEREZ S.E., 1985, Carta metalogenética de Sonora, 1:250 000; UNISON-Depto. Geología, 64p.
- RAISZ, E., 1964, Landforms of Mexico: Cambridge, MA., Office of Naval Research, II Ed.
- ROLDAN Q.J., AND CLARK K.F., 1992, An overview of the geology and mineral deposits of northern Sierra Madre Occidental and adjacent areas: El Paso Geol. Soc., Guidebook Field Conf., p. 39-65.
- ROLDAN, Q.J., AND MCDOWELL, F.W., 1992, The Baucarit Formation in the Río Yaqui Area, Municipality of Onavas, Sonora: Geology and mineral resources of Northern Sierra Madre Occidental, Mexico; Guidebook for the 1992 Field Conference, El Paso Geological Society, p. 223-228.
- STEWART, J.H., AND ROLDAN Q.J., 1991, Upper Triassic Barranca Group; nonmarine and shallow-marine rift-basin deposits of northwestern Mexico: Geol. Soc. Amer., Special Paper 254, p. 19-36.
- WILSON, I.F., Y ROCHA V.S., 1946, Los yacimientos de carbón de la región de Santa Clara, Municipio de San Javier, Estado de Sonora: Com. Dir. Invest. Rec. Min.; Bol. 9, 108 p.
- WISSER, E., 1966, The epithermal precious-metal province of northwest Mexico: Nevada Bureau of Mines; Rept. 13c, p. 63-92.

TABLA 4

Resultados obtenidos de los análisis químicos de las muestras tomadas en la  
ESTRUCTURA APACHE I

No. de Muestra	Espesor (m)	Au gr/ton	Ag gr/ton	Pb %	Cu %	Zn %
AP-1	0.73	1.0	143.0	.76	.018	.025
AP-2	1.93	0.3	49.2	.41	.022	.013
AP-3	1.10	Ind.	1.9	.09	.029	.014
AP-4	0.80	Ind.	1.1	.04	.008	.004
AP-5	1.10	Ind.	Ind.	.09	.008	.006
AP-6	1.46	Ind.	1.6	.02	.003	.006
AP-7	2.06	Ind.	8.6	.15	.004	.012
AP-8	1.75	0.2	5.2	.03	.004	.017
AP-9	1.86	0.2	6.1	.02	.005	.016
AP-10	0.80	Ind.	2.8	.03	.004	.015
AP-11	0.74	Ind.	Ind.	<.01	.004	.010
AP-12	1.16	2.2	95.4	.80	.018	.009
AP-13	0.65	0.5	37.9	.09	.032	.014
AP-14	1.34	0.3	5.6	.12	.040	.018
AP-15	1.04	1.3	202.0	2.30	.032	.026
AP-16	0.40	2.3	291.0	2.80	.036	.029
AP-17	0.85	3.3	112.0	.75	.023	.009
AP-18	0.61	1.9	195.0	1.29	.019	.009
AP-19	0.51	1.0	56.6	.40	.010	.008
AP-20	1.00	2.4	188.0	4.20	.044	.017
AP-21	0.80	2.5	303.0	.61	.013	.013
AP-22	0.40	Ind.	5.0	<.01	.004	.010
AP-23	0.65	Ind.	Ind.	.02	.011	.004
AP-24	0.89	Ind.	80.5	.30	.008	.002
AP-25	1.05	1.0	118.0	.49	.019	.003
AP-26	2.62	Ind.	Ind.	.02	.003	.002
AP-27	2.43	Ind.	15.8	.03	.004	.003
AP-28	1.52	Ind.	25.7	.23	.007	.002
AP-29	1.93	Ind.	16.4	.02	.006	.002
AP-30	1.25	Ind.	Ind.	.01	.005	.009
AP-31	1.21	Ind.	14.3	.22	.005	.002
AP-32	1.53	Ind.	Ind.	.01	.003	.007
AP-33	1.60	Ind.	Ind.	.02	.005	.009
AP-34	2.14	Ind.	20.4	.03	.005	.015
AP-35	2.63	Ind.	Ind.	.01	.005	.004
AP-36	2.55	Ind.	Ind.	.01	.003	.003
AP-37	1.22	Ind.	Ind.	<.01	.002	.003
AP-38	1.50	Ind.	Ind.	.03	.001	.002
AP-39	0.30	Ind.	3.0			
AP-40	0.40	Ind.	4.0			
AP-41	1.30	Ind.	4.0			
AP-42	0.74	Ind.	Ind.			
AP-43	0.84	Ind.	0.2			
AP-44	1.10	0.4	6.0			

No. de Muestra	Espesor (m)	Au gr/ton	Ag gr/ton	Pb %	Cu %	Zn %
M-45	1.32	Ind.	Ind.			
M-46	0.70	0.1	1.7			
M-47	1.37	Ind.	Ind.			
M-48	1.52	2.0	152.0			
M-49	1.47	0.2	13.0			
M-50	0.52	0.2	17.0			
M-51	1.10	Ind.	2.3			
O-1	0.70	0.5	40.2	.14	.047	.054
O-1A	0.57	Ind.	6.2	.05	.063	.056
O-2	0.80	0.4	25.8	.27	.044	.053
O-2A	1.00	Ind.	8.7	.06	.074	.090
O-3	2.17	0.5	28.3	.24	.044	.086
O-4	1.44	2.0	50.8	.33	.040	.095
AP-45	1.30	Ind.	3.8	<.01	.005	.008
AP-46	2.10	0.3	32.0	.01	.008	.003
AP-47	2.00	Ind.	Ind.	.01	.003	.004
AP-47A	2.00	Ind.	Ind.	<.01	.003	.010
AP-47B	2.00	Ind.	Ind.	<.01	.003	.005
AP-47C	2.00	Ind.	Ind.	.01	.001	.002
AP-47D	2.50	Ind.	Ind.	<.01	.004	.003
AP-48	1.90	Ind.	1.5	.02	.003	.003
AP-48A	2.70	Ind.	2.1	.01	.004	.002
AP-49	1.60	0.1	22.1	.01	.004	.003
AP-49A	3.50	Ind.	Ind.	.03	.006	.002
AP-50	2.00	Ind.	Ind.	.01	.003	.002
AP-50A	3.00	Ind.	Ind.	.01	.002	.003
AP-50B	3.00	Ind.	3.5	.01	.003	.011
AP-51	2.20	Ind.	1.1	.02	.004	.002
AP-52	2.00	Ind.	Ind.	.06	.003	.006
AP-52A	2.50	Ind.	Ind.	.01	.004	.006
AP-52B	3.60	Ind.	Ind.	<.01	.003	.007
AP-35A	2.00	Ind.	Ind.	.01	.003	.002
AP-53	1.40	Ind.	4.7	.01	.005	.003
AP-54	1.90	0.1	9.5	.12	.006	.004
AP-55	1.35	Ind.	Ind.	<.01	.002	.003
AP-56	1.80	Ind.	Ind.	<.01	.005	.003
AP-56A	2.30	Ind.	Ind.	<.01	.002	.001
AP-56B	2.70	Ind.	Ind.	.01	.003	.001
AP-56C	3.20	Ind.	6.2	.01	.005	.003
AP-57	2.00	Ind.	Ind.	<.01	.004	.003
AP-57A	2.30	Ind.	Ind.	.01	.004	.006
AP-60	1.08	Ind.	Ind.	.01	.005	.004
AP-61	1.50	0.2	39.1	.20	.006	.004
AP-62	1.40	Ind.	Ind.	.01	.003	.002
AP-63	1.40	Ind.	Ind.	<.01	.004	.004
AP-64	1.27	Ind.	2.2	.02	.002	.004
AP-90	2.80	0.9	236.7	1.43	0.01	0.01
AP-91	2.50	1.1	115.3	0.66	0.01	0.01
AP-92	2.30	4.5	152.1	0.59	0.02	0.01
AP-93	2.20	0.6	47.3	0.35	0.02	0.01
AP-94	1.30	0.9	112.1	0.55	0.01	0.02

No. de Muestra	Espesor (m)	Au gr/ton	Ag gr/ton	Pb %	Cu %	Zn %
Z1-1	0.80	0.05	3.30	<0.01	0.04	0.01
Z1-2	0.90	1.42	169.87	0.03	0.71	0.03
Z1-3	0.70	0.05	2.48	<0.01	0.01	0.01
Z1-4	1.60	0.10	3.53	0.01	0.03	0.03
Z1-5	1.50	0.15	7.07	0.01	0.02	0.04
Z2-1	2.30	0.10	1.82	0.04	0.01	0.17
Z2-2	0.90	0.15	2.02	0.01	0.06	0.02
Z2-3	1.10	ND	1.45	<0.01	0.01	0.01
Z3-1	1.05	ND	1.59	<0.01	0.01	0.02
Z3-2	1.50	ND	0.75	<0.01	0.01	<0.01
Z3-3	0.90	0.46	2.87	<0.01	0.02	0.01
Z3-4	1.50	1.04	9.13	0.01	0.02	0.01
Z3-5	1.10	0.15	2.75	0.02	0.01	0.04
Z3-6	1.70	0.15	2.11	0.01	0.01	0.01
M1-B-1	2.00	ND	1.18	0.03	0.01	0.03
M2-B-1	1.05	0.05	4.94	0.14	0.01	0.03
M3-B-1	0.95	0.12	16.69	0.05	0.48	0.05
M4-B-1	2.10	0.32	1.41	0.02	0.03	0.09
M5-B-1	0.85	0.05	0.81	0.01	<0.01	0.02

TABLA 5

Resultados obtenidos de los análisis químicos de las muestras tomadas en la  
ESTRUCTURA APACHE II

No. de Muestra	Espesor (m)	Au gr/ton	Ag gr/ton	Pb %	Zn %	Cd %	As %	Cu %
AP2-4D1	2.00	0.15	14.20	0.02	0.01	<0.01	0.21	
AP2-4D2	0.70	ND	1.90	0.01	0.01	<0.01	0.14	
AP2-23D	0.30	2.10	182.10	0.76	0.03	<0.01	1.50	
AP2-5f	2.00	0.10	6.60	0.02	0.01	<0.01	0.49	
AP2-32I-1	2.00	0.20	10.30	0.02	0.01	<0.01	0.23	
AP2-32I-2	2.00	0.05	5.25	0.01	<0.01	<0.01	0.29	
AP2-32I-3	2.00	0.05	2.90	<0.01	0.01	<0.01	0.14	
AP2-32I-4	2.00	ND	1.75	0.01	0.01	<0.01	0.09	
AP2-32I-5	2.00	ND	1.30	0.01	<0.01	<0.01	0.04	
AP2-32I-6	2.00	0.10	8.20	<0.01	<0.01	<0.01	0.15	
AP2-32I-7	2.00	0.05	3.50	0.01	<0.01	<0.01	0.18	
AP2-32I-8	2.00	ND	3.25	0.01	<0.01	<0.01	0.13	
AP2-32I-9	2.00	ND	1.0	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	
AP2-32I-10	2.00	ND	0.35	<0.01	<0.01	<0.01	0.06	
AP2-37I-1	0.50	0.10	7.05	<0.01	<0.01	<0.01	0.09	
AP2-37I-2	2.00	0.10	5.75	<0.01	<0.01	<0.01	0.11	
AP2-37I-3	2.00	0.10	5.10	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	
AP2-37I-4	2.00	0.20	16.10	0.01	<0.01	<0.01	0.22	
AP2-37I-5	2.00	ND	1.20	<0.01	<0.01	<0.01	0.08	
AP2-37I-6	2.00	ND	0.30	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	
AP2-42I-1	2.00	0.35	20.30	<0.01	<0.01	<0.01	0.36	
AP2-47I-1	1.00	0.05	2.65	<0.01	<0.01	<0.01	0.17	
AP2-47I-2	2.00	ND	1.15	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	
AP2-52I-1	2.00	0.20	29.95	<0.01	<0.01	<0.01	0.33	
AP2-52I-2	0.60	0.20	8.95	0.01	<0.01	<0.01	0.23	
AP2-57I-1	1.00	0.80	11.10	0.01	<0.01	<0.01	0.58	
AP2-62I-1	1.60	0.10	3.45	0.01	0.01	<0.01	0.47	
AP2-67I-1	0.80	0.10	8.90	0.01	<0.01	<0.01	0.16	
AP2-1	1.80	Ind.	Ind.	.02	.004			.004
AP2-2	1.00	Ind.	Ind.	.01	.005			.003
AP2-3	2.00	0.9	39.5	.02	.019			.013
AP2-4	1.00	0.1	10.0	.01	.007			.005
AP2-5	1.30	Ind.	1.2	.02	.009			.002
AP2-6	1.50	0.2	3.0	.03	.001			.003
AP2-7	2.10	Ind.	5.0	.01	.014			.004
AP2-8	1.00	Ind.	1.0	.02	.004			.002
AP2-8A	1.00	Ind.	Ind.	.02	.006			.007
AP2-9	2.20	Ind.	1.3	.03	.005			.007
AP2-9A	1.90	1.0	11.0	.02	.003			.009
AP2-9B	2.30	Ind.	Ind.	.05	.003			.002
AP2-10	1.20	0.8	32.0	.03	.002			.006
AP2-10A	3.00	Ind.	Ind.	.04	.002			.003
AP2-11	1.50	Ind.	Ind.	.01	.003			.004
AP2-11A	1.00	0.6	33.0	.05	.002			.005
AP2-11B	1.90	0.05	2.5	.04	.001			.002
APZ-12A	2.00	0.9	28.5	.02	.004			.003
AP2-13	2.20	Ind.	Ind.	.05	.004			.002
AP2-14	1.20	0.8	263.0	.50	.013			.008
AP2-15	1.10	0.9	63.0	.07	.042			.005

TABLA 6

Resultados obtenidos de los análisis químicos de las muestras tomadas en la ESTRUCTURA APACHE III

No. de Muestra	Espesor (m)	Au gr/ton	Ag gr/ton	Pb %	Zn %	Cd %	As %
AP3-1	1.00	ND	1.05	<0.01	<0.01	<0.01	0.04
AP3-2	1.00	ND	0.95	<0.01	<0.01	<0.01	0.04
AP3-3	1.00	ND	0.80	<0.01	<0.01	<0.01	0.13
AP3-4	1.00	ND	1.25	<0.01	<0.01	<0.01	0.09
AP3-5	1.00	ND	2.35	<0.01	<0.01	<0.01	0.04
AP3-6	1.00	0.05	5.30	0.01	0.02	<0.01	0.06
AP3-7	1.00	0.45	10.20	0.32	0.02	<0.01	0.46
AP3-8	1.00	0.05	4.40	0.01	0.01	<0.01	0.05
AP3-9	1.00	0.10	7.90	0.04	0.01	<0.01	0.46
AP3-10	1.00	0.10	8.10	0.02	0.03	<0.01	0.39
AP3-11	1.00	0.30	16.35	0.04	0.02	<0.01	0.26
AP3-12	1.00	1.25	296.20	0.08	0.01	<0.01	0.27
AP3-13	1.00	0.05	10.40	0.02	0.02	<0.01	0.33
AP3-14	1.00	2.60	102.05	0.11	<0.01	<0.01	0.33
AP3-15	1.00	1.30	120.45	0.17	<0.01	<0.01	0.39
AP3-16	1.00	1.40	97.85	0.13	0.01	<0.01	0.69
AP3-17	1.00	1.00	320.40	0.17	0.01	<0.01	1.46
AP3-18	1.00	0.40	52.35	0.03	<0.01	<0.01	0.19
AP3-19	1.00	0.25	13.45	0.01	<0.01	<0.01	0.12
AP3-20	1.00	0.10	4.70	0.01	0.01	<0.01	0.13
AP3-21	2.0	ND	5.20	0.01	0.01	<0.01	0.05
AP3-22	1.00	ND	1.85	0.01	<0.01	<0.01	0.02
AP3-23	1.00	0.35	162.50	0.08	0.02	<0.01	0.15
AP3-24	1.00	ND	5.75	0.01	0.01	<0.01	0.06

TABLA 7

Resultados obtenidos de los análisis químicos de las muestras tomadas en la  
ESTRUCTURA APACHE IV

No. de Muestra	Espesor (m)	Au gr/ton	Ag gr/ton	Pb %	Zn %	Cu %
A-9	1.40	ND	0.36	<0.01	<0.01	<0.01
A-10	1.00	ND	0.71	<0.01	<0.01	<0.01
A-11	1.00	ND	1.00	<0.01	<0.01	<0.01
A-12	1.00	ND	0.49	<0.01	<0.01	<0.01
A-13	1.00	ND	0.55	<0.01	<0.01	<0.01
A-14	1.00	ND	0.26	<0.01	<0.01	<0.01
A-15	1.00	ND	ND	<0.01	<0.01	<0.01
A-16	1.00	ND	1.78	<0.01	<0.01	<0.01
A-17	1.00	ND	0.86	<0.01	<0.01	<0.01
A-18	1.00	ND	0.50	<0.01	<0.01	<0.01
A-19	1.00	ND	ND	<0.01	<0.01	<0.01
A-20	1.00	ND	ND	<0.01	<0.01	<0.01
A-21	1.00	ND	0.74	<0.01	<0.01	<0.01
A-22	1.00	ND	ND	<0.01	<0.01	<0.01
A-23	1.10	ND	2.13	<0.01	<0.01	<0.01
A-24	1.05	ND	ND	<0.01	<0.01	<0.01
A-25	0.95	ND	ND	<0.01	<0.01	<0.01
A-26	1.45	ND	1.04	<0.01	<0.01	<0.01



TABLA 8

Resultados obtenidos de los análisis químicos de las muestras tomadas en la ESTRUCTURA ALAMITO

No. de Muestra	Espesor (m)	Au gr/ton	Ag gr/ton	Pb %	Cu %	Zn %
ALA-1	1.30	0.05	2.02	<0.01	0.03	<0.01
ALA-2	1.60	ND	0.91	<0.01	<0.01	<0.01
ALA-3	1.90	ND	1.20	<0.01	<0.01	<0.01
ALA-4	1.60	ND	1.36	0.01	<0.01	<0.01
ALA-5	1.50	0.05	1.04	<0.01	<0.01	<0.01
ALA-6	0.80	0.05	1.07	<0.01	<0.01	<0.01
ALA-7	1.25	0.05	1.69	0.01	<0.01	<0.01
ALA-8	0.70	0.05	0.98	0.01	<0.01	<0.01
ALA-9	1.30	0.10	10.73	0.06	<0.01	<0.01
ALA-10	1.40	0.10	8.40	0.06	<0.01	<0.01
ALA-11	1.40	0.15	23.85	0.15	<0.01	<0.01
ALA-12	1.10	0.15	45.88	0.49	<0.01	<0.01
ALA-13	1.60	ND	0.61	0.01	<0.01	<0.01
ALA-14	1.30	ND	1.38	0.01	<0.01	<0.01
ALA-15	1.85	ND	1.31	0.01	<0.01	0.01
ALA-16	1.30	ND	1.69	<0.01	<0.01	<0.01
ALA-17	1.25	0.05	1.98	0.01	<0.01	0.01
ALA-18	1.20	0.40	17.60	0.45	0.01	0.02
ALA-19	1.70	0.15	9.43	0.08	<0.01	0.01
ALA-20	1.50	0.05	8.53	0.03	<0.01	0.01
ALA-21	1.70	ND	0.55	0.06	<0.01	<0.01
ALA-22	0.70	0.05	1.20	0.01	<0.01	<0.01
ALA-23	0.80	ND	1.62	0.01	<0.01	<0.01
ALA-24	1.80	ND	1.93	<0.01	<0.01	<0.01
ALA-25	2.00	ND	1.82	0.01	<0.01	<0.01
ALA-26	1.80	0.05	1.95	0.01	<0.01	<0.01
ALA-27	0.90	0.05	2.65	0.01	<0.01	<0.01
ALA-28	1.60	0.11	1.49	0.01	<0.01	<0.01
ALA-29	1.30	0.20	2.37	0.05	<0.01	0.03
ALA-30	1.20	ND	2.51	0.02	<0.01	0.01
ALA-31	1.60	0.10	5.53	0.06	<0.01	0.01
ALA-32	1.50	0.05	5.16	0.06	<0.01	0.01
ALA-33	1.60	0.05	2.41	0.04	<0.01	<0.01
ALA-34	1.40	0.25	10.60	0.13	<0.01	<0.01
ALA-35	0.80	ND	3.47	0.16	<0.01	<0.01
ALA-36	0.85	0.30	20.55	0.03	<0.01	<0.01
ALA-37	1.20	ND	1.80	0.01	<0.01	0.01
ALA-38	0.80	0.15	2.14	0.02	<0.01	<0.01
ALA-39	0.90	0.31	5.92	0.02	<0.01	<0.01

No. de Muestra	Espesor (m)	Au gr/ton	Ag gr/ton	Pb %	Zn %	Cd %	As %
AP4-7	0.40	ND	0.90	0.03	<0.01	<0.01	0.30
AP4-8	0.60	ND	1.35	0.03	<0.01	<0.01	0.17
AP4-9	0.50	ND	ND	0.01	<0.01	<0.01	0.23
AP4-10	1.00	ND	1.40	0.01	<0.01	<0.01	0.03
AP4-11	0.80	ND	ND	0.02	<0.01	<0.01	0.27
AP4-12	0.80	ND	1.35	0.01	<0.01	<0.01	0.16
AP4-13	1.20	ND	0.95	0.35	0.01	<0.01	0.47
AP4-14	1.00	ND	1.25	0.07	0.01	<0.01	0.06
AP4-15	0.70	ND	ND	0.33	0.01	<0.01	0.40
AP4-16	0.90	ND	1.45	0.37	0.01	<0.01	0.31
AP4-17	0.80	ND	0.50	0.10	<0.01	<0.01	0.16
AP4-18	1.00	ND	1.15	0.14	<0.01	<0.01	0.07
AP4-19	0.50	ND	ND	0.02	<0.01	<0.01	0.59
AP4-20	0.50	ND	0.70	0.71	0.01	<0.01	0.50
AP4-21	0.50	ND	0.95	0.26	0.01	<0.01	0.53
AP4-22	1.00	0.25	1.50	0.02	<0.01	<0.01	0.03
AP4-23	0.50	0.30	7.30	0.12	<0.01	<0.01	0.90
AP4-24	0.40	0.85	50.90	0.19	<0.01	<0.01	0.27
AP4-25	1.00	0.10	1.85	0.03	<0.01	<0.01	0.04
AP4-26	0.70	0.25	1.65	0.01	<0.01	<0.01	0.26
AP4-27	0.50	0.05	1.45	0.01	<0.01	<0.01	0.36
AP4-28	0.30	ND	0.60	<0.01	<0.01	<0.01	0.05
AP4-29	0.20	0.15	9.10	0.07	<0.01	<0.01	0.32
AP4-30	0.80	0.40	9.40	0.08	<0.01	<0.01	0.12
AP4-31	1.00	0.40	19.00	0.74	0.01	<0.01	0.33
AP4-32	1.00	0.20	6.95	0.12	<0.01	<0.01	0.49
AP4-33	1.00	0.10	8.60	0.05	<0.01	<0.01	0.36
AP4-34	1.50	0.10	10.20	0.06	<0.01	<0.01	0.53

## **ANEXO 1.- ESTUDIO PETROGRAFICO**

### **GRUPO BARRANCA**

**MUESTRA: J-1**

**LOCALIDAD: A. M. El Apache**

**DESCRIPCION MEGASCOPICA:**

**COLOR.- Gris**

**ESTRUCTURA.- Estratos gruesos**

**TEXTURA.- Clástica**

**MINERALES OBSERVABLES.- Cuarzo, fragmentos de roca**

**DESCRIPCION MICROSCOPICA:**

**TEXTURA.- Clástica**

**MINERALES ESENCIALES.- Cuarzo (75%), fragmentos de cuarcita (20%)**

**MINERALES ACCESORIOS.-**

**MINERALES SECUNDARIOS.- Biotita y sericita (5%)**

**CLASIFICACION: Arenisca de cuarzo**

**ORIGEN: Sedimentario**

**MUESTRA: J-2**

**LOCALIDAD: A. M. El Apache**

**DESCRIPCION MEGASCOPICA:**

**COLOR.- Gris claro**

**ESTRUCTURA.- Masiva**

**TEXTURA.- Clástica**

**MINERALES OBSERVABLES.- Cuarzo, fragmentos de roca**

**DESCRIPCION MICROSCOPICA:**

**TEXTURA.- Clástica, con fragmentos de cuarzo hasta de 1 mm.**

**MINERALES ESENCIALES.- Cuarzo (80%), fragmentos de cuarcita (10%)**

**MINERALES ACCESORIOS.- Oxidos de fierro (<5%)**

**MINERALES SECUNDARIOS.- Biotita, sericita y turmalina (5%)**

**CLASIFICACION: Arenisca de cuarzo**

**ORIGEN: Sedimentario**

**MUESTRA:** J-3, J-5, J-10  
**LOCALIDAD:** A. M. El Apache

**DESCRIPCION MEGASCOPICA:**

**COLOR.-** Gris

**ESTRUCTURA.-** Estratos gruesos

**TEXTURA.-** Clástica

**MINERALES OBSERVABLES.-** Cuarzo, fragmentos de roca, escaso feldespato

**DESCRIPCION MICROSCOPICA:**

**TEXTURA.-** Clástica

**MINERALES ESENCIALES.-** Cuarzo (70%), fragmentos de cuarcita (20%), feldespato alterado (<5%)

**MINERALES ACCESORIOS.-** Oxidos de fierro (1%)

**MINERALES SECUNDARIOS.-** Epidota, clorita, sericita y turmalina (4%)

**CLASIFICACION:** Arenisca de cuarzo

**ORIGEN:** Sedimentario

**MUESTRA:** J-11, J-12  
**LOCALIDAD:** A. M. El Apache

**DESCRIPCION MEGASCOPICA:**

**COLOR.-** Gris oscuro

**ESTRUCTURA.-** Estratos gruesos

**TEXTURA.-** Clástica

**MINERALES OBSERVABLES.-** Cuarzo, fragmentos de roca, sericita

**DESCRIPCION MICROSCOPICA:**

**TEXTURA.-** Clástica

**MINERALES ESENCIALES.-** Cuarzo (70%), fragmentos de cuarcita (10%), feldespato (15%)

**MINERALES ACCESORIOS.-** Oxidos de fierro (1%)

**MINERALES SECUNDARIOS.-** Sericita, cuarzo y minerales arcillosos (4%)

**CLASIFICACION:** Arenisca feldespática

**ORIGEN:** Sedimentario

MUESTRA: PCE-2, DU-1  
LOCALIDAD: A. M. El Apache

**DESCRIPCION MEGASCOPICA:**

COLOR.- Crema rosado  
ESTRUCTURA.- Masiva  
TEXTURA.- Clástica  
MINERALES OBSERVABLES.- Cuarzo, fragmentos de roca, feldespato, ferromagnesianos

**DESCRIPCION MICROSCOPICA:**

TEXTURA.- Epiclástica psammitica  
MINERALES ESENCIALES.- Cuarzo (60%), fragmentos de cuarcita, esquistos y pizarra (20%),  
feldespatos alterados (15%).  
MINERALES ACCESORIOS.- Magnetita, muscovita y hematita (2%)  
MINERALES SECUNDARIOS.- Sericita, clorita, minerales arcillosos y turmalina (3%)

CLASIFICACION: Arenisca feldespática

ORIGEN: Sedimentario

MUESTRA: PCE-6  
LOCALIDAD: A. M. El Apache

**DESCRIPCION MEGASCOPICA:**

COLOR.- Gris oscuro  
ESTRUCTURA.- Masiva  
TEXTURA.- Clástica  
MINERALES OBSERVABLES.- Cuarzo, feldespato, ferromagnesianos

**DESCRIPCION MICROSCOPICA:**

TEXTURA.- Epiclástica psammitica  
MINERALES ESENCIALES.- Cuarzo (70%), fragmentos de cuarcita (20%), feldespatos  
alterados (5%)  
MINERALES ACCESORIOS.- Hematita (1%)  
MINERALES SECUNDARIOS.- Sericita, clorita, calcita, limonita y minerales arcillosos.(4%)

CLASIFICACION: Arenisca de cuarzo

ORIGEN: Sedimentario

## **FORMACION TARAHUMARA**

**MUESTRA:** J-4, J-13, J-14

**LOCALIDAD:** A. M. El Apache

**DESCRIPCION MEGASCOPICA:**

**COLOR.-** Gris claro

**ESTRUCTURA.-** Masiva

**TEXTURA.-** Porfídica

**MINERALES OBSERVABLES.-** Feldespato, plagioclasa, cuarzo, ferromagnesianos, piritita

**DESCRIPCION MICROSCOPICA:**

**TEXTURA.-** Porfídica

**MINERALES ESENCIALES.-** Oligoclasa (40%), feldespato potásico (<5%), cuarzo (<10%), fragmentos de roca (10%)

**MINERALES ACCESORIOS.-** Hematita, hornblenda (10%)

**MINERALES SECUNDARIOS.-** cuarzo, vidrio, epidota y sericita (25%)

**CLASIFICACION:** Toba cristalina andesítica

**ORIGEN:** Volcánico

**MUESTRA:** J-20

**LOCALIDAD:** A. M. El Apache

**DESCRIPCION MEGASCOPICA:**

**COLOR.-** Gris claro

**ESTRUCTURA.-** Masiva

**TEXTURA.-** Porfídica

**MINERALES OBSERVABLES.-** Feldespato, cuarzo, epidota, ferromagnesianos

**DESCRIPCION MICROSCOPICA:**

**TEXTURA.-** Porfídica

**MINERALES ESENCIALES.-** Feldespato potásico (40%), cuarzo (10%), albita (10%)

**MINERALES ACCESORIOS.-** Hematita, hornblenda, piroxeno (10%)

**MINERALES SECUNDARIOS.-** Vidrio, sericita, cuarzo, caolinita y epidota (30%)

**CLASIFICACION:** Traquita

**ORIGEN:** Volcánico

**MUESTRA: J-23**

**LOCALIDAD: A. M. El Apache**

**DESCRIPCION MEGASCOPICA:**

**COLOR.- Gris claro**

**ESTRUCTURA.- Masiva**

**TEXTURA.- Porfídica**

**MINERALES OBSERVABLES.- Feldespato, cuarzo, ferromagnesianos**

**DESCRIPCION MICROSCOPICA:**

**TEXTURA.- Piroclástica**

**MINERALES ESENCIALES.- Albita-oligoclasa (30%), cuarzo (15%), feldespato potásico (10%), fragmentos de roca (10%)**

**MINERALES ACCESORIOS.- Hematita, hornblenda (15%)**

**MINERALES SECUNDARIOS.- Vidrio, cuarzo, epidota, sericita, caolinita y biotita (20%)**

**CLASIFICACION: Toba cristalina dacítica**

**ORIGEN: Volcánico piroclástico**

**MUESTRA: J-40**

**LOCALIDAD: A. M. El Apache**

**DESCRIPCION MEGASCOPICA:**

**COLOR.- Gris oscuro**

**ESTRUCTURA.- Masiva**

**TEXTURA.- Afanítica**

**MINERALES OBSERVABLES.- Feldespatos, cuarzo, epidota, micas**

**DESCRIPCION MICROSCOPICA:**

**TEXTURA.- Piroclástica**

**MINERALES ESENCIALES.- Plagioclasa albita (40%), feldespato potásico (<5%), cuarzo (10%), fragmentos de roca (10%)**

**MINERALES ACCESORIOS.- Hornblenda (<5%)**

**MINERALES SECUNDARIOS.- Epidota, clorita, vidrio y biotita (30%)**

**CLASIFICACION: Toba cristalina andesítica**

**ORIGEN: Volcánico piroclástico**

## FORMACION LISTA BLANCA

MUESTRA: J-6, J-8, J-9

LOCALIDAD: A. M. El Apache

DESCRIPCION MEGASCOPICA:

COLOR.- Blanco grisáceo

ESTRUCTURA.- Masiva

TEXTURA.- Piroclástica

MINERALES OBSERVABLES.- Feldespato, fragmentos de roca, biotita

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

TEXTURA.- Piroclástica

MINERALES ESENCIALES.- Agregado cuarzo-feldespático (60%), vidrio (20%)

MINERALES ACCESORIOS.- Biotita, óxidos de fierro (<10%)

MINERALES SECUNDARIOS.- Cuarzo, sericita (<10%)

CLASIFICACION: Toba riolítica ignimbrítica

ORIGEN: Volcánico piroclástico

MUESTRA: J-30

LOCALIDAD: A. M. El Apache

DESCRIPCION MEGASCOPICA:

COLOR.- Gris claro con tinte violeta

ESTRUCTURA.- Masiva

TEXTURA.- Afanítica

MINERALES OBSERVABLES.- Feldespatos, cuarzo, biotita

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

TEXTURA.- Piroclástica

MINERALES ESENCIALES.- Feldespato potásico (50%), cuarzo (15%), escasa plagioclasa  
sódica (5%)

MINERALES ACCESORIOS.- Muscovita, hematita (<10%)

MINERALES SECUNDARIOS.- Cuarzo, escasa epidota y sericita (20%)

CLASIFICACION: Toba cristalina traquítica

ORIGEN: Volcánico piroclástico



MUESTRA: J-33

LOCALIDAD: A. M. El Apache

**DESCRIPCION MEGASCOPICA:**

COLOR.- Rosado

ESTRUCTURA.- Masiva

TEXTURA.- Afanítica

MINERALES OBSERVABLES.- Cuarzo, biotita, feldespatos, fragmentos de roca

**DESCRIPCION MICROSCOPICA:**

TEXTURA.- Piroclástica

MINERALES ESENCIALES.- Cuarzo (20%), feldespato potásico (50%)

MINERALES ACCESORIOS.- Biotita (10%)

MINERALES SECUNDARIOS.- Vidrio, cuarzo, escasa sericita (20%)

CLASIFICACION: Toba cristalina riolítica

ORIGEN: Volcánico piroclástico

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

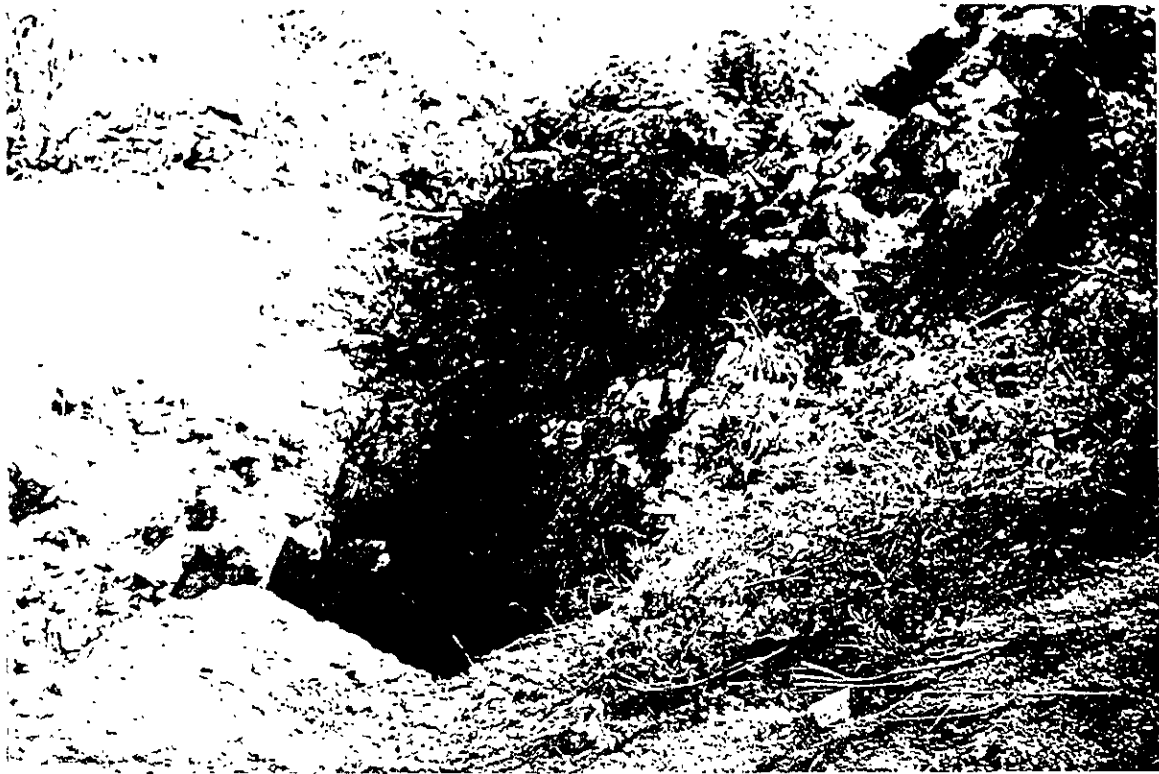


FOTO 1.- Entrada del tiro inclinado labrado a rumbo del echado en la veta Apache I

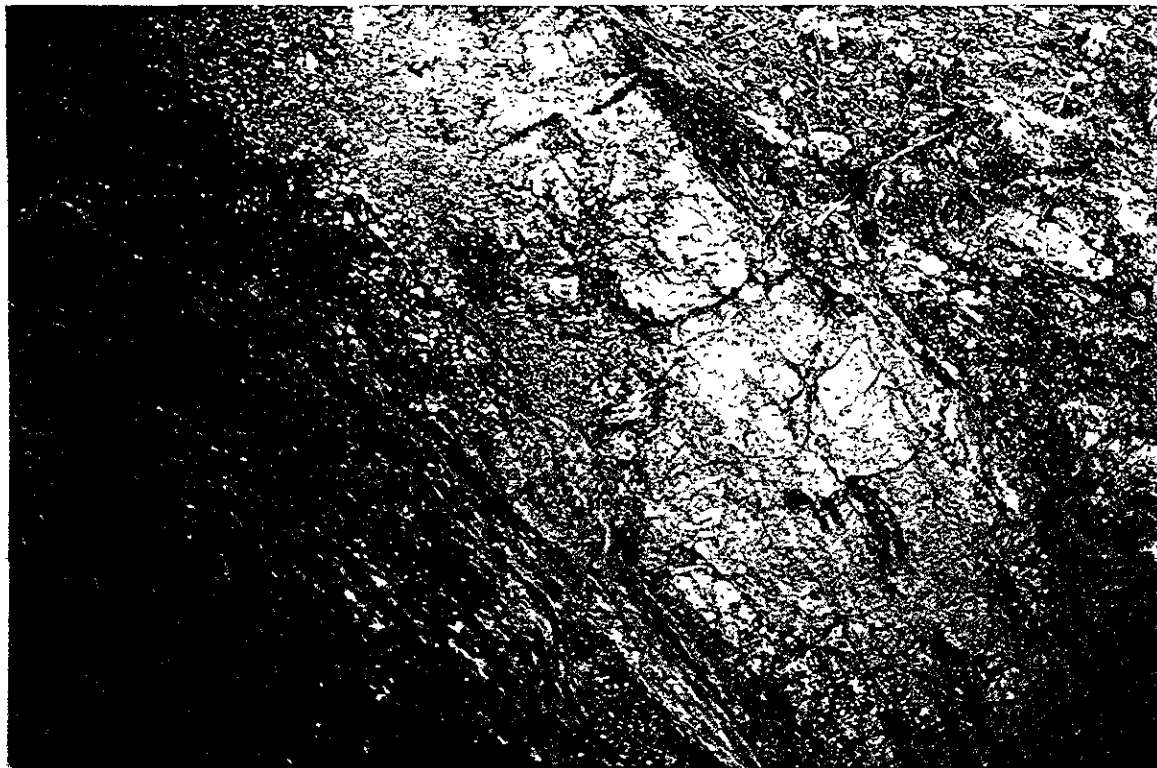


FOTO 2.- Detalle de la veta Apache I con 1.00 m de espesor en la obra minera



FOTO 3.- Afloramiento de la veta Apache I con 1.04 m de espesor, apreciándose el echado



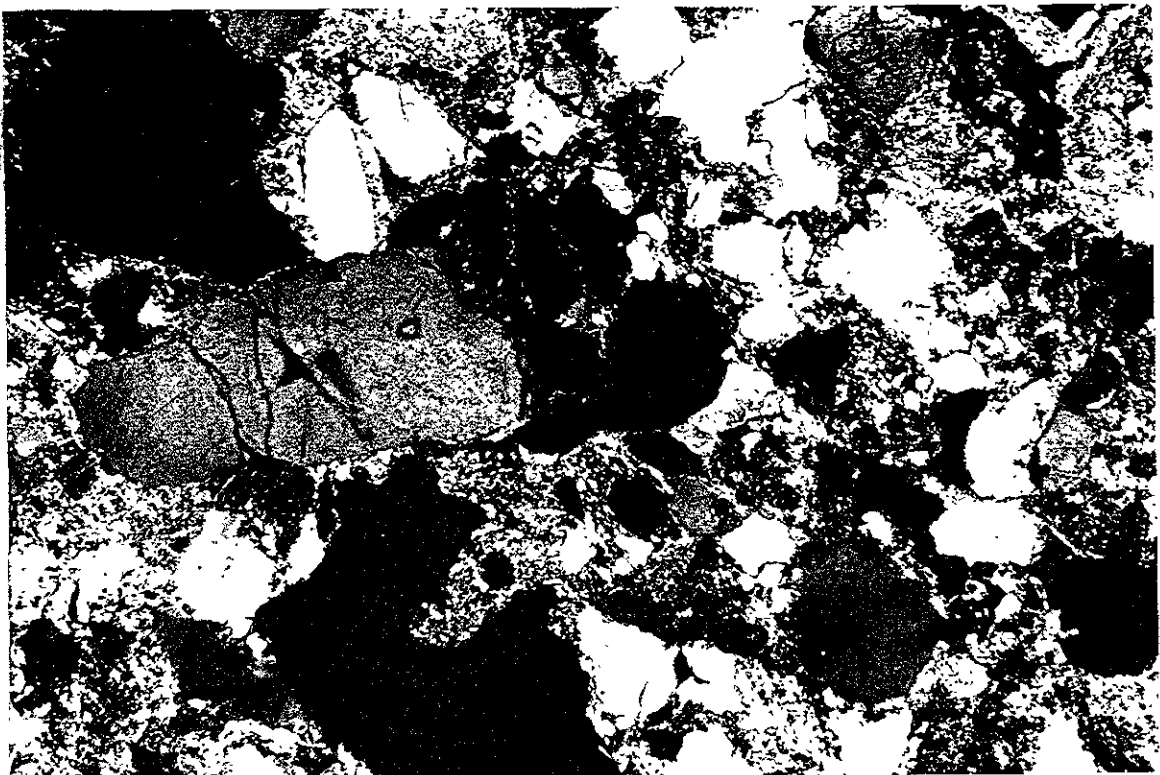
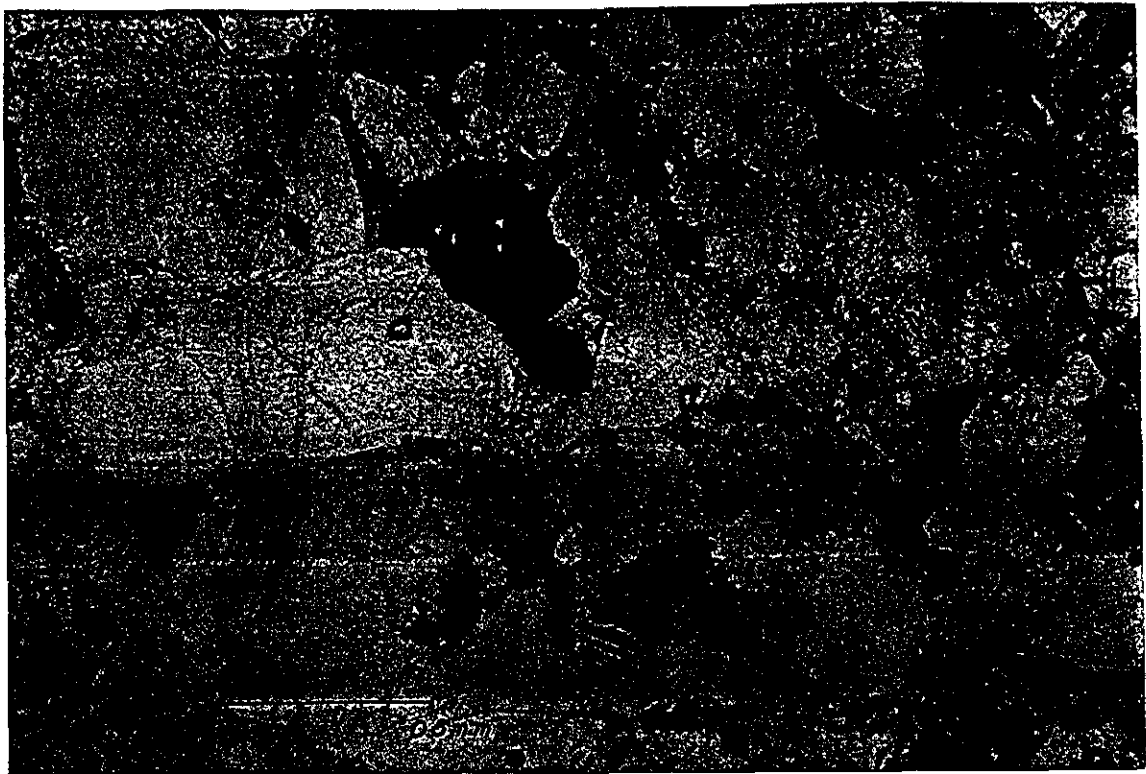
FOTO 4.- Acercamiento de la veta Apache I, apreciándose la oxidación



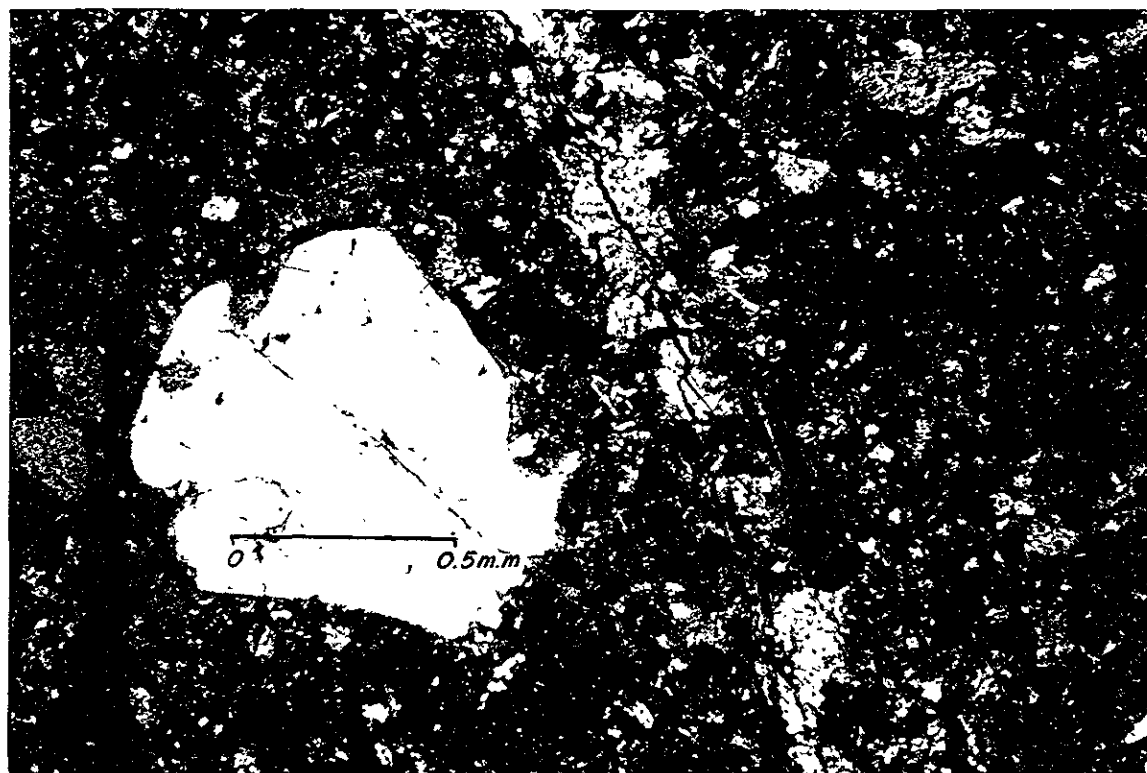
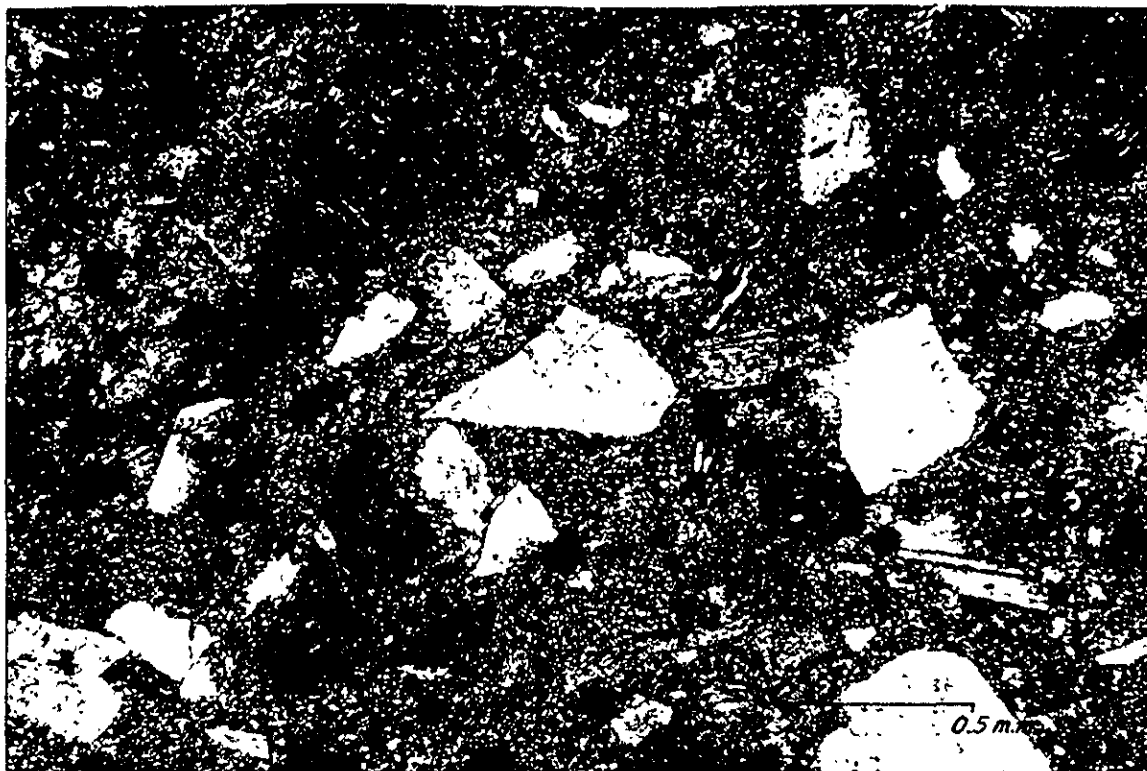
FOTO 5.- Vista de la estructura vetiforme Apache II en su parte más ancha, con un espesor de 20 m *set*



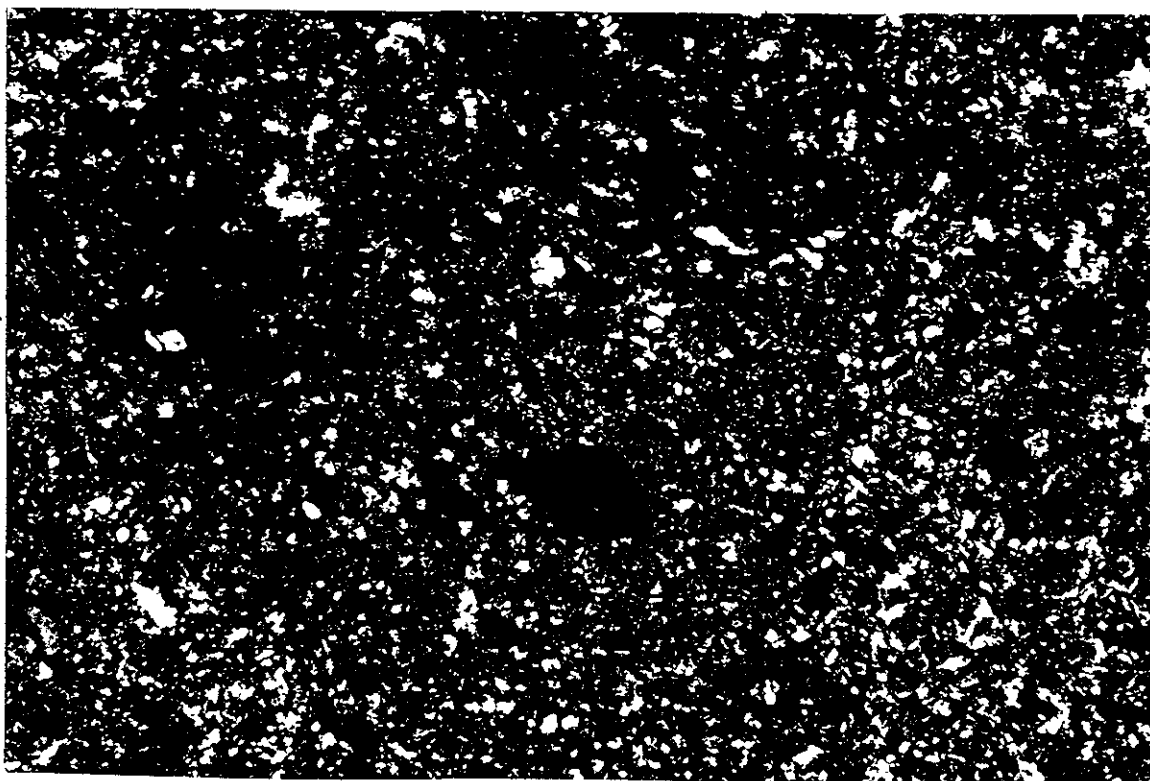
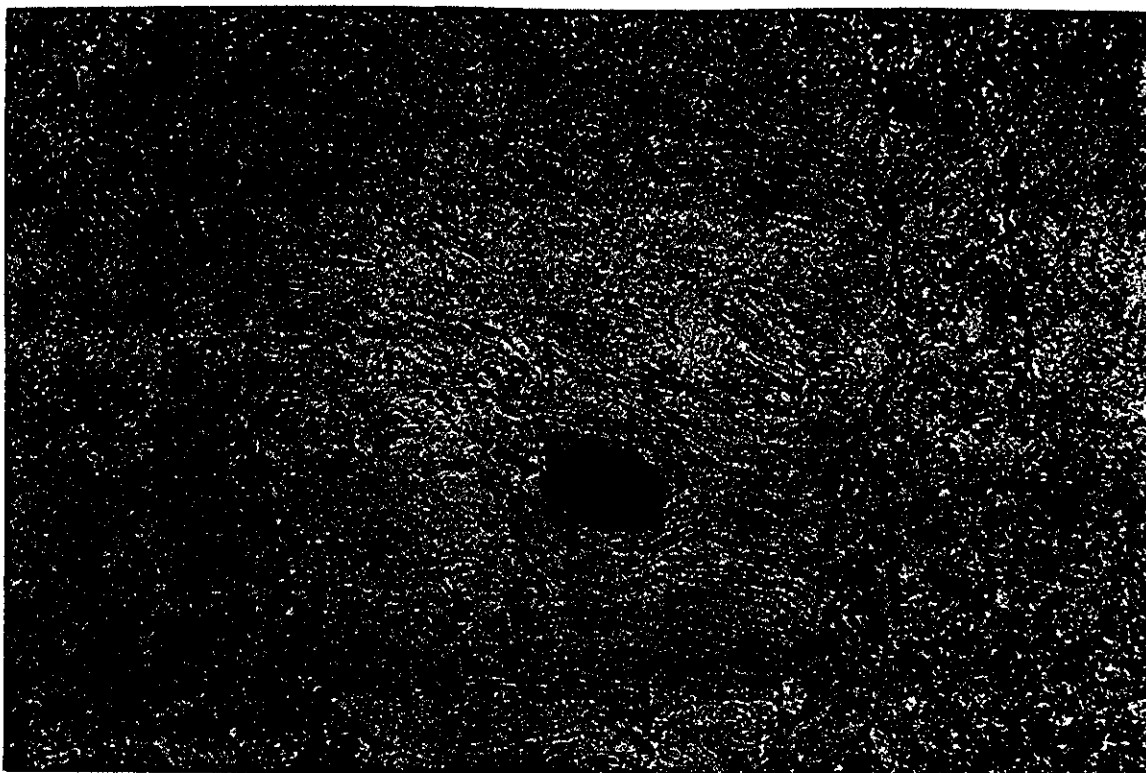
FOTO 6.- Estructura Alamito, donde se puede notar que los límites no están bien definidos



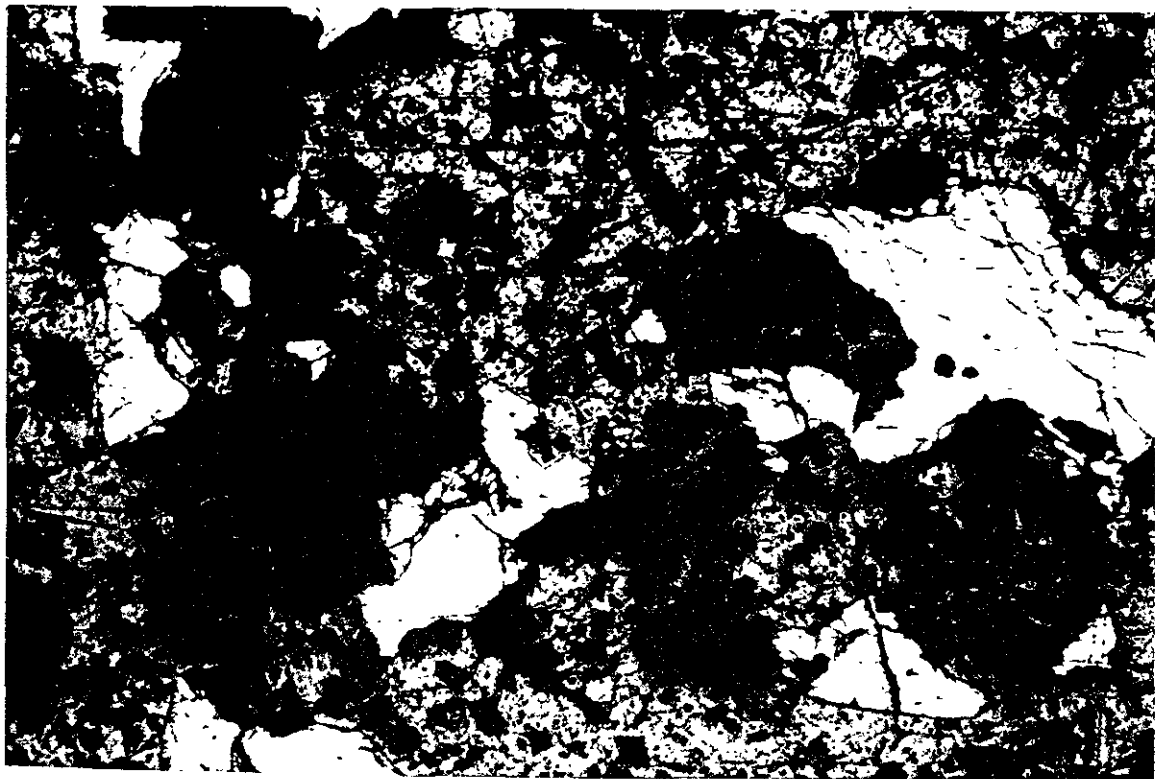
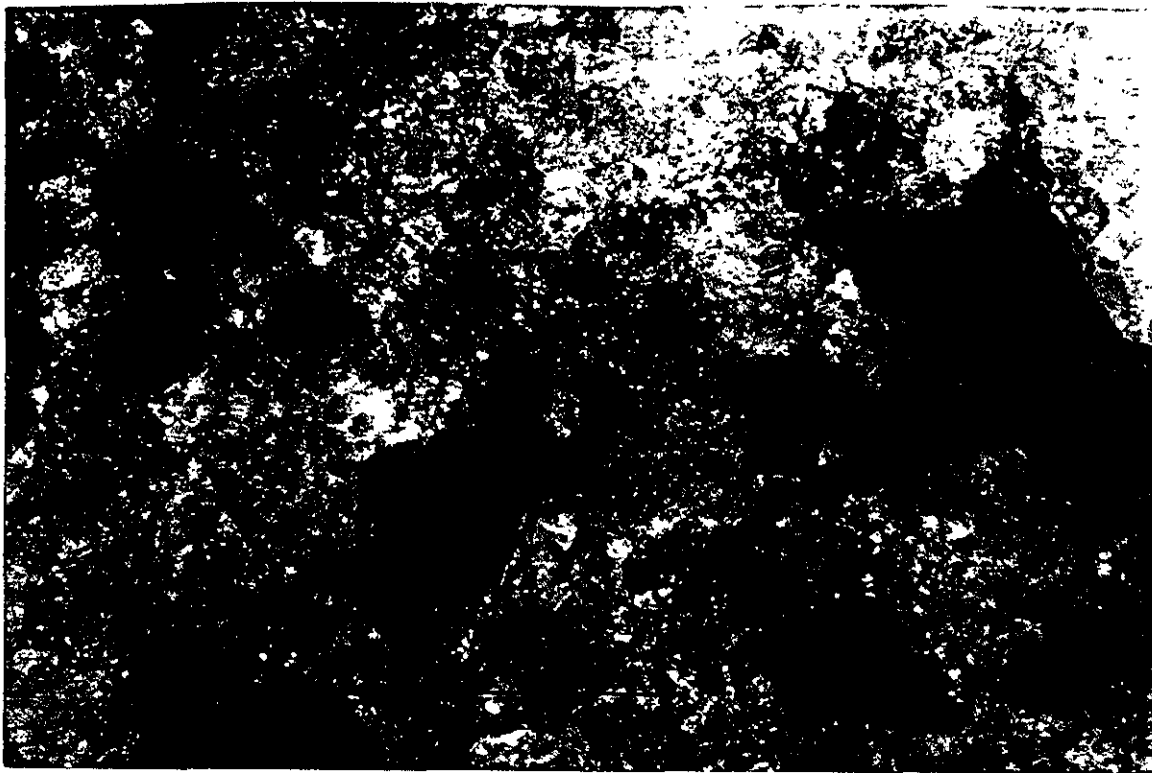
FOTOS 7 y 8.- Cristales de cuarzo subangulosos y subredondeados, incluidos en una matriz arcillo-sericítica con presencia de biotita secundaria relleno microvetillas y fracturas, turmalina y óxidos de hierro. MUESTRA J-2, Grupo Barranca, L.N. superior, L.P. inferior, 5X.



FOTOS 9 y 10.- Dos ejemplos de rocas de la Formación Tarahumara representadas por tobas de composición dacítica. <sup>de carácter</sup> Caracterizándose por cristales rotos de cuarzo y feldspatos, con biotita secundaria, epidota diseminada y <sup>de</sup> relleno de microfracturas; la matriz es cuarzo-feldespática. MUESTRAS J-23 y J-40, L.P. 5X.   
 como

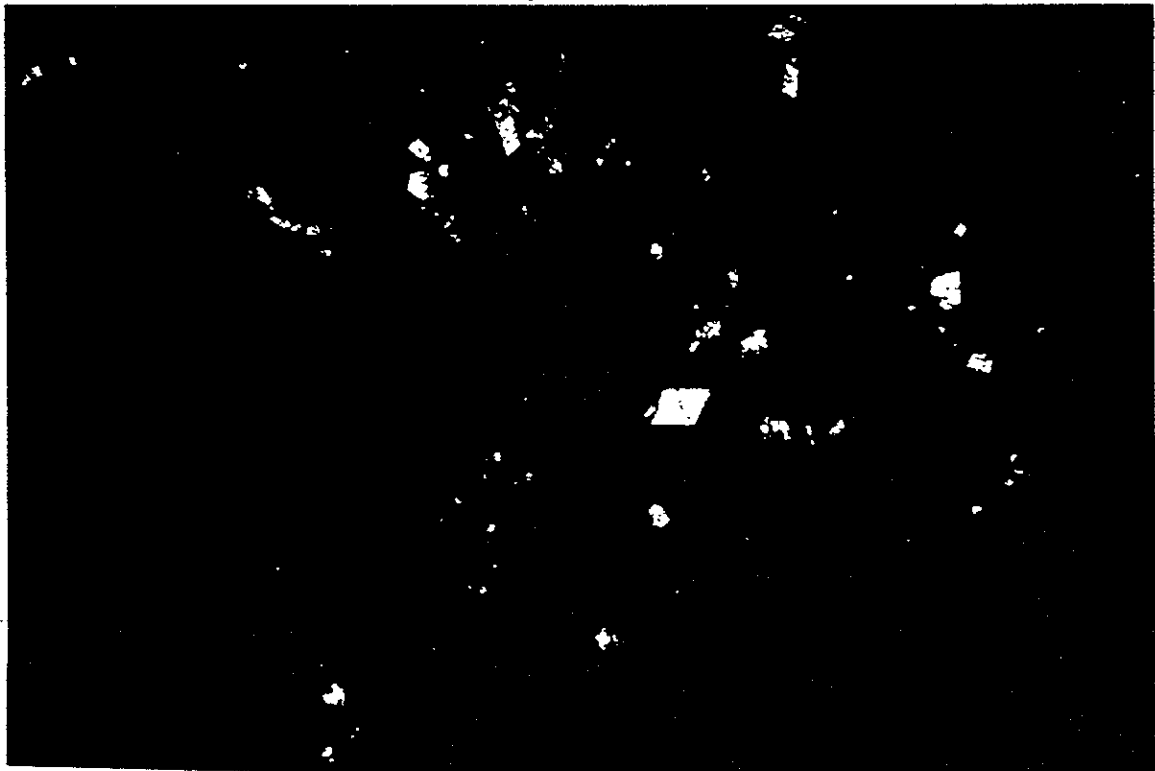
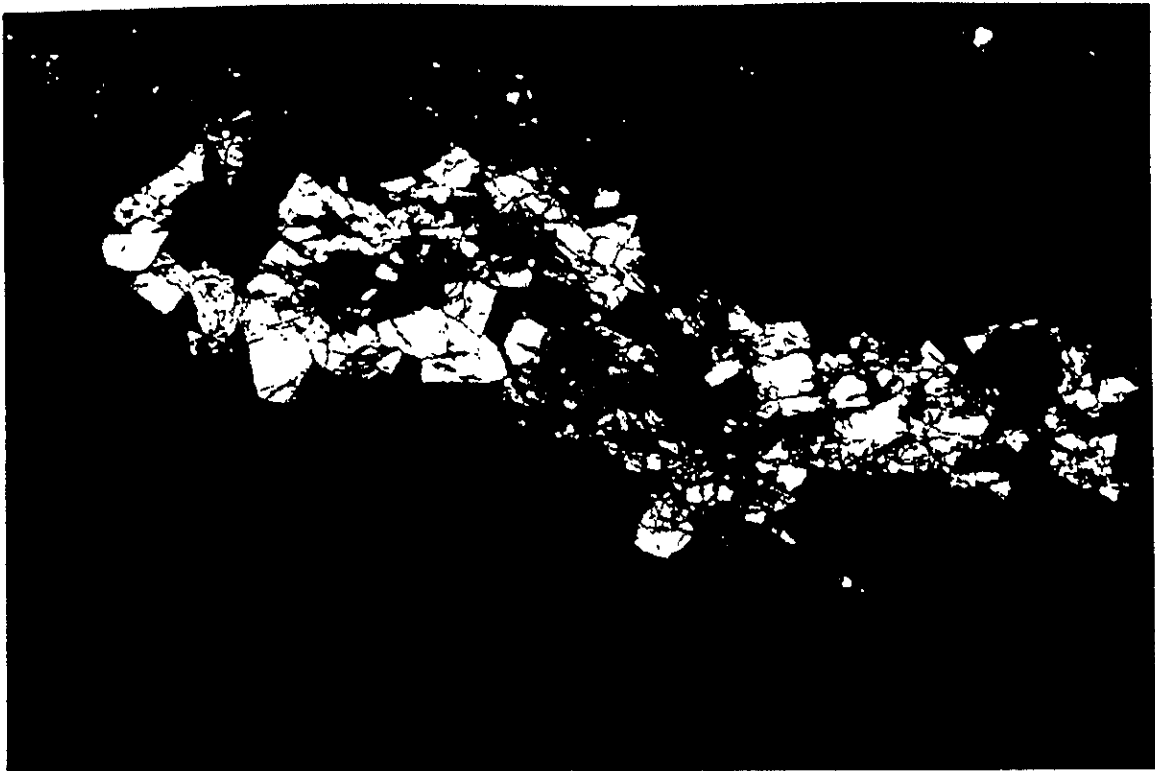


FOTOS 11 y 12.- Toba riolítica (ignimbrítica) donde se observa la *vermiculosa* textura soldada, tanto en fragmentos como en matriz tiende a desarrollarse un agregado cuarzo-feldespático; óxidos de hierro en negro. MUESTRA J-8, Formación Lista Blanca L.N. superior, L.P. inferior, 5X.



FOTOS 13 y 14.- Detalle de sulfuros de fierro diseminados en una ganga de cuarzo, donde sobresalen algunas porciones mezcladas con óxidos de fierro. MUESTRA ASP-11, superficie pulida. Barreno veta Apache I, L.P. superior, L.N. inferior, 5X.





FOTOS 15 y 16.- Dos vistas de la presencia de sulfuros relleno microvetillas y diseminados con pirita y arsenopirita, donde predomina la pirita.  
MUESTRAS ASP-14 y ASP-13, superficie pulida. Veta Apache I. L.N.5X.