



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA

UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

EVALUACION GEOLOGICA Y POTENCIAL EN LA  
VETA CULEBRA, MINA TAYOLTITA, DURANGO,  
MEXICO

TESIS

Que para obtener el Titulo de:

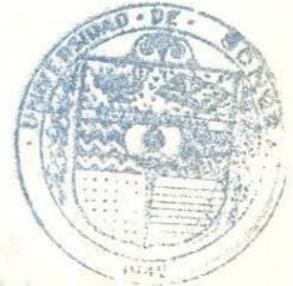
G E O L O G O

PRESENTA:

JOSE CARLOS RODRIGUEZ MORENO

HERMOSILLO, SONORA.

MAYO DE 1990



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

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



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



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



## Desarrollos Mineros del Pacífico, S. A. de C. V.

Tayoltita, Dgo., Marzo 11 de 1990

ING. ERME ENRIQUEZ MINJAREZ  
SUPERINTENDENTE DE PROYECTOS  
MINAS DE SAN LUIS, S.A. DE C.V.  
TAYOLTITA, DGO.



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

ING. RICARDO AMAYA MARTINEZ  
COORDINADOR EJECUTIVO  
UNIVERSIDAD DE SONORA  
HERMOSILLO, SON.

Estimado Ingeniero:

Por este conducto hago constar que el material de redacción incluido en la tesis intitulada "EVALUACION GEOLOGICA Y POTENCIAL EN LA VETA CULEBRA, MINA TAYOLTITA, DURANGO", la cual presenta el pasante de Geólogo - - - - -  
- - - - - JOSE CARLOS RODRIGUEZ MORENO - - - - -  
reúne las características geológicas del Distrito Minero de San Dimas, Dgo.

De antemano doy las gracias por las facilidades que sirvan prestar al portador de la presente, para que en un lapso de tiempo corto, pueda exponer su trabajo.

Atentamente,  


EEM\*prc



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA

Departamento de Geología



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

NOMBRE DE LA TESIS:

"EVALUACION GEOLOGICA Y POTENCIAL EN LA  
VETA CULEBRA, MINA TAYOLTITA, DURANGO"

NOMBRE DEL SUSTENTANTE:

JOSE CARLOS RODRIGUEZ MORENO

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

*M. No. M. No. M. No.*  
ING. MARIANO MORALES MONTAÑO

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

*R Amaya*  
ING. RICARDO AMAYA MARTINEZ

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

*J. Gonzalez*  
GEOL. JUAN GONZALEZ

A T E N T A M E N T E  
"EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA"  
*R Amaya*  
ING. RICARDO AMAYA MARTINEZ  
Coordinador Ejecutivo

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



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

Para la selección, elaboración y posterior presentación de este trabajo, hubo de ser necesaria una discusión con mi amigo ERME ENRIQUEZ MINJAREZ. El fue la única persona con la que discutí a fondo el contenido del texto, hubo bastantes correcciones que fueron necesarias para que ésta fuera aceptable. Por lo anterior quiero agradecer a ERME todo su apoyo moral y de trabajo para que esta tesis se llevara a cabo.

Quiero agradecer de manera especial a mis sinodales, Ing. Ricardo Amaya, Ing. Mariano Morales e Ing. Juan González, quienes atinadamente señalaron las correcciones al presente escrito, además de una discusión a fondo de ellas.

Al dibujante JOEL ROACHO O., por la elaboración de todas las figuras incluidas en el texto.

A la SRA. PATRICIA DE LOS RIOS DE ENRIQUEZ, por el trabajo mecanográfico.

Al Ing. Luis H. Muruato, por brindarme la oportunidad de presentar el presente escrito.

Y mi agradecimiento para la EMPRESA MINAS DE SAN LUIS, S.A. DE C.V., por permitirme presentar esta tesis, en la cual se muestran las reservas de mineral de la Veta Culebra para 1990, y el potencial a futuro. Dichos resultados no comprometen en nada a la empresa y sí la fortalecen.



BIBLIOTECA  
DE CIENCIAS EXACTAS  
Y NATURALES

VER DE MIS HIJOS  
HARÉ MI GRANDEZA



DEDICO ESTE TRABAJO A MI ESPOSA OFELIA, A MI HIJO CARLOS  
FRANCISCO,

SABER DE MIS HIJOS  
HARÉ MI GRANDEZA  
Escuela de Ingeniería  
Dpto. Geología  
BIBLIOTECA

A MI MADRE Y HERMANOS,

A MIS AMIGOS ERME Y MARIANO,

Y... A MI AMIGO FRANCISCO ORTIZ, QUE DIOS LO TENGA EN SU  
SANTA GLORIA, QUE AQUI EN LA TIERRA LO RECORDARE SIEMPRE...

# I N D I C E

Página



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

LISTA DE FIGURAS.....	1
LISTA DE TABLAS.....	11
RESUMEN.....	11
INTRODUCCION.....	1
Localización y Vías de Acceso.....	1
Clima y Vegetación.....	3
Fisiografía y Geomorfología Regional.....	3
GEOLOGIA REGIONAL.....	6
ESTRATIGRAFIA.....	8
GRUPO VOLCANICO INFERIOR.....	8
Riolita Socavón.....	8
Andesita Bandeada Buelna.....	10
Riolita Portal.....	11
Andesita Productiva.....	12
GRUPO VOLCANICO SUPERIOR.....	12
Formación Las Palmas.....	13
Riolita Las Cumbres.....	14
ROCAS INTRUSIVAS.....	14
Granito Piaxtla.....	15
Stock tipo Arana.....	15
Stock tipo Candelaria.....	16
DIQUES.....	16
Diques Pórfido de Feldespato.....	16
Diques Máficos.....	17
Diques Pórfido de Cuarzo.....	17
Diques Aplíticos.....	17
GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL.....	18
GEOLOGIA ESTRUCTURAL DE LA MINA TAYOLTITA.....	18
PARAGENESIS.....	22

	Página
MINERALOGIA DE LA VETA CULEBRA.....	24
EDAD RELATIVA DE LA MINERALIZACION.....	24
PRODUCCION.....	26
GEOLOGIA DEL BAJO EN LA VETA CULEBRA.....	28
COCIENTES METALICOS Ag/Au.....	38
CALCULO DE RESERVAS DE MINERAL EN LA VETA CULEBRA.....	44
Método de Estudio.....	46
Hojas de Cálculo para los Bloques Individuales.....	46
Nombramiento de los Bloques.....	48
Reglas en el Bloqueo de Metal.....	49
Metal Parcialmente Desarrollado.....	49
Muestras.....	50
ESTIMACION DE RESERVAS DE METAL DE LA MINA CULEBRA PARA 1990.....	51
RECOMENDACIONES GEOLOGICAS.....	56
CONCLUSIONES.....	63
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	64





# LISTA DE FIGURAS

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

FIGURA		PAGINA
1	PLANO MOSTRANDO LA LOCALIZACION DE TAYOLTITA.....	2
2	PLANO GEOMORFOLOGICO REGIONAL.....	5
3	COLUMNA ESTRATIGRAFICA.....	7
4	PLANO GEOLOGICO DEL DISTRITO SAN DIMAS.....	9
5	PLANO MOSTRANDO LA GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL.....	19
6	SECCION TRANSVERSAL 12,400 E.....	21
7	PARAGENESIS.....	23
8	PLANTA MOSTRANDO LOS NIVELES DEL 1 AL 10 DE LA MINA CULEBRA.....	29
9	PLANTA MOSTRANDO LOS NIVELES DEL 1 AL 10 DE ARANA.....	30
10	SECCION TRANSVERSAL 10,480 E.....	31
11	SECCION TRANSVERSAL 10,530 E.....	32
12	SECCION TRANSVERSAL 10,680 E.....	33
13	SECCION TRANSVERSAL 10,730 E.....	34
14	SECCION LONGITUDINAL DE LA VETA CULEBRA MOSTRANDO LA GEOLOGIA AL BAJO.....	35
15	PLANTA DEL NIVEL 22 MOSTRANDO EL PROGRAMA DE BARRENACION A DIAMANTE PROPUESTO.....	37
16	PLANTA MOSTRANDO LOS COCIENTES METALICOS DEL SISTEMA DE VETAS EN TAYOLTITA.....	39
17	MODELO IDEALIZADO DE LOS SISTEMAS MINERALIZANTES EN TAYOLTITA.....	41
18	SECCION LONGITUDINAL MOSTRANDO LOS COCIENTES METALICOS Ag : Au DE LA VETA CULEBRA.....	42
19	HOJA DE CALCULO DE BLOQUES INDIVIDUALES.....	45

FIGURA

PAGINA

20	SECCION LONGITUDINAL DE LA VETA CULEBRA MOSTRANDO LAS OBRAS PROPUESTAS.....	60
21	SECCION LONGITUDINAL DE LA VETA CULEBRA MOSTRANDO LAS OBRAS PROPUESTAS.....	61
22	SECCION LONGITUDINAL DE LA VETA CULEBRA MOSTRANDO LAS OBRAS PROPUESTAS.....	62



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

## LISTA DE TABLAS

TABLA		PAGINA
1	PRODUCCION DE PLATA Y ORO DEL MOLINO TAYOLTITA DE 1979-1990.....	27
2	COMPARACION DE RESERVAS DE MINERAL EN LA MINA CULEBRA.....	51
3	CALCULO DE MINERAL PROBADO EFECTIVO ----- AL 1o. DE ENERO DE 1990 EN LA MINA CULEBRA.....	53
4	CALCULO DE MINERAL INDICADO EFECTIVO AL - 1o. DE ENERO DE 1990 EN LA MINA CULEBRA.....	54
5	CALCULO DE MINERAL MARGINAL EFECTIVO AL - 1o. DE ENERO DE 1990 EN LA MINA CULEBRA.....	55
6	PRINCIPALES RECOMENDACIONES A SEGUIR PARA CUBICAR NUEVO MINERAL EN LA SECCION CULE- BRA.....	58



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

## RESUMEN

La mina Tayoltita, se encuentra dentro del Distrito Minero de San Dimas y está localizado a 120 Kms. al NE del Puerto de Mazatlán y 125 Kms. al NW de la ciudad de Durango, Dgo. Es la principal mina de oro-plata de dicho estado. Su historial minero de producción se remonta hasta el año de 1757.



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

La estratigrafía de la región se divide en 3 grupos o familias de rocas: (1) El Grupo Volcánico Inferior compuesto por riolitas ricas en cuarzo, seguido por finas capas de andesitas, riolitas pobres en cuarzo y termina con un potente espesor, tobas y flujos de andesitas; (2) Cuerpos intrusivos de muy variada composición, algunos de ellos relacionados íntimamente a la mineralización y (3) el Grupo Volcánico Superior, compuesto por tobas riolíticas formando la cobertura de la Sierra Madre Occidental.

Cuatro grandes bloques estructurales formados por cinco grandes fallas, conforman el Distrito Minero de San Dimas. Las principales vetas de rendimiento económico en Tayoltita se dividen en tres sistemas principales: El N-NE con rumbo N 25° - 35° y echado hacia el NW, el este-oeste con rumbos N 70° - 80° y echados hacia el norte (al que pertenece la veta Culebra, objeto del presente trabajo) y el N-NW con rumbo N 10° W y echados hacia el este.

La mineralogía de la veta Culebra es sencilla y está compuesta principalmente de cuarzo, calcita, rodonita, sulfuros base, como minerales de ganga y argentita, electrum y pearcita-polibasita como minerales de mena.



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



Panorámica del Pueblo de Tayoltita. Aquí se puede observar el Pueblo de Socavón y el curso del Río Piaxtla.





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



Fotografía viendo al norte sobre el  
Arroyo de Socavón.

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



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

## LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO

La Unidad Minera de Tayoltita, se localiza en el Estado de Durango, sobre la estribación oriental de la Sierra Madre Occidental y aproximadamente 120 Km. al noreste del Puerto de Mazatlán y 125 Km. al noroeste de la Ciudad de Durango, en la porción oriental del Distrito Minero de San Dimas. Actualmente el Distrito Minero de San Dimas ocupa una área aproximada de 140 Km<sup>2</sup>, y está delimitado por las coordenadas geográficas 24° 03' - 24° 09' Lat norte y 105° 53' - 106 - 02 Long. W. Los pueblos más importantes en el distrito incluyen a Tayoltita, Socavón, Guarisamey, San Dimas y Las Palmas. De éstos, Tayoltita es el más importante, ya que cuenta con una población aproximada de 10,000 habitantes cuenta además con las oficinas generales de la Compañía Minas de San Luis, S.A. de C.V. y además aquí están asentados los poderes municipales. (Ver figura 1).

Es por la localización tan especial de Tayoltita por lo que la mayor parte del año se encuentra incomunicado por vía terrestre, debido también a la falta de una buena red de caminos.

Durante la época de secas que incluye los meses de Febrero-Junio se transita por un camino de terracería aprovechando el lecho del río Piaxtla, desde Tayoltita, Dgo., hasta San Ignacio, Sin., por el que se transporta maquinaria y equipo pesado, así como combustibles y accesorios en general para el funcionamiento diario de minas y molinos.

Por otra parte, la vía aérea constituye el único medio de transporte durante todo el año.



Existen varias rutas comerciales que permiten el flujo de personal y maquinaria hacia la unidad. Las principales son Tayoltita-Durango, Tayoltita-Mazatlán y Tayoltita-San Ignacio. Este servicio lo prestan varias compañías aéreas como son: T.A.T.S.A., Aerolíneas Centauro, S.A. y Taxis Aéreos, S.A.

### CLIMA Y VEGETACION

La región de Tayoltita se caracteriza por un clima semi-húmedo con temperaturas variables que van desde los 30° C. como máximo en verano y 10° C. como mínimo en invierno, la temporada de lluvias de la región está comprendida entre los meses de Febrero-Junio. Las lluvias pueden ser torrenciales y de poca duración y las llamadas equipatas que son intermitentes y que pueden durar varios días. En general, la precipitación promedio en la región es de 700 mm.

La vegetación es variable. En las partes bajas existen abundantes matorrales, cactus, arbustos y árboles pequeños, mientras que en las partes altas la vegetación está constituida por bosques de encinos y pinos. Durante la época de lluvias la sierra se cubre de maleza y los árboles crecen haciendo difícil la exploración.

### FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA REGIONAL

El Distrito Minero de San Dimas, se encuentra localizado en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, caracterizada por rocas del Terciario Medio que sobreyacen a rocas volcánicas sedimentarias e intrusivas de edad Cretácico Tardío - Terciario Temprano (King 1939, en Enríquez 1985).

Estas últimas contienen abundantes vetas y cuerpos de reemplazamiento mineralizados con oro, plata, plomo, zinc, cobre y otros minerales menos comunes. La parte norte de esta provincia se ha dividido en 3 Sub-provincias que son:

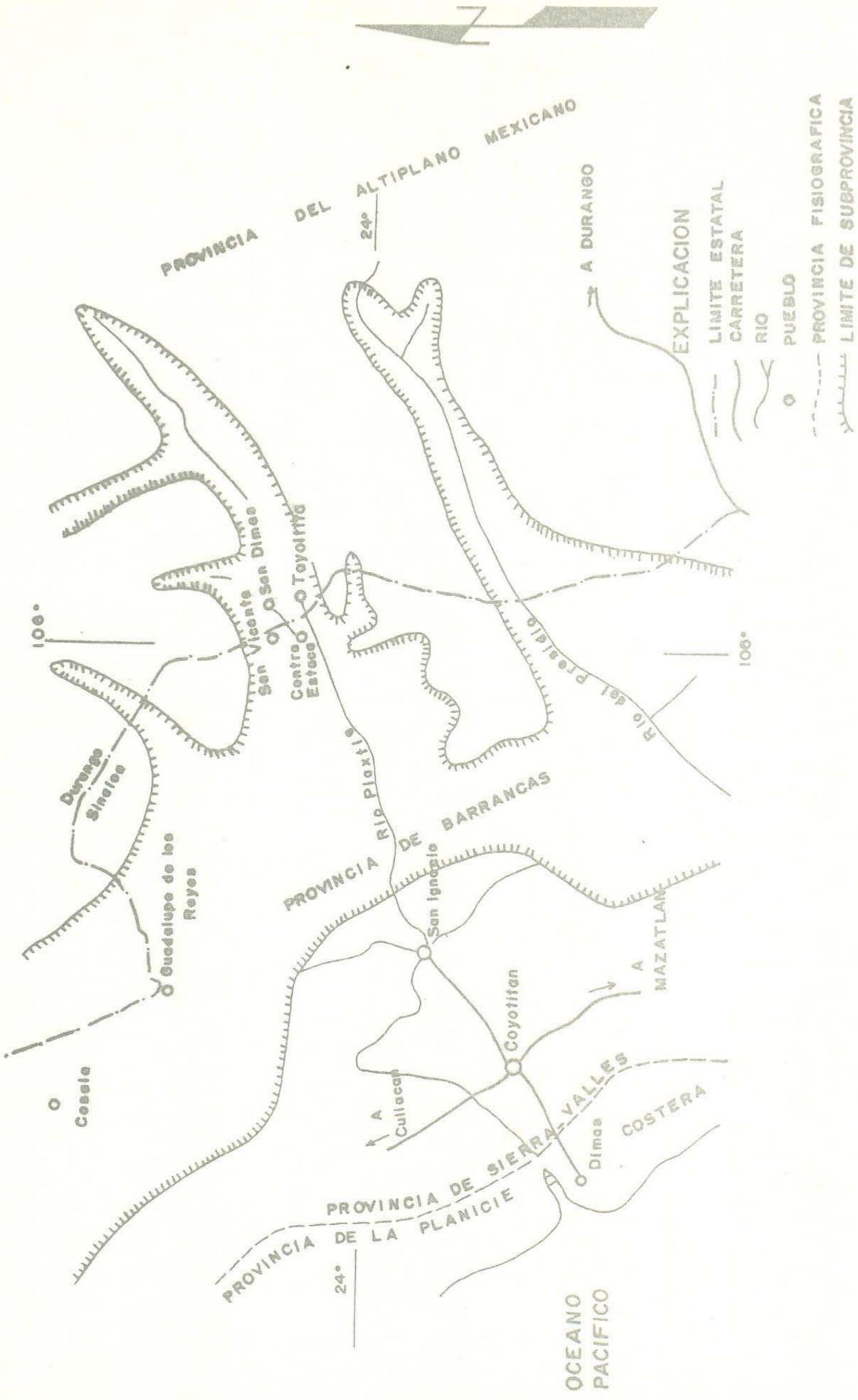
- a) Sub-Provincia del Altiplano
- b) Sub-Provincia de Barrancas
- c) Sub-Provincia de Sierra y Valles Paralelos.

La Sub-Provincia de Barrancas, en la cual se encuentra el Distrito de San Dimas, se caracteriza por ser una franja con formas caprichosas y una topografía juvenil producto de la erosión de los ríos y fuertes efectos tectónicos con barrancas del orden de los 2,500 metros. (Ver Figura 2).

Las variaciones que se observan en las formas topográficas pueden ser debido a varias estructuras como son los diques (que son de diferente composición), grandes fallas - que con algo de erosión pueden canalizar el flujo de agua en las lluvias y así convertirse en arroyos tributarios de los grandes ríos. Y por último las vetas suelen constituir formas positivas o crestones.

El drenaje en la región es del tipo dendrítico de forma arborecente irregular. En general, los ríos fluyen hacia el suroeste y algunos desembocan en el Océano Pacífico.

Por otra parte la Sub-Provincia del Altiplano se localiza hacia el flanco este y está caracterizada por relieves suaves y zonas montañosas, con elevaciones de más de 2,000 metros; hacia el flanco oeste se localiza la Sub-Provincia de Sierras y Valles Paralelos, la cual presenta cordilleras alargadas con rumbo noroeste y separadas por grandes valles presentando un control estructural bien definido por fallas normales, con elevaciones del orden de los 1,000 metros s.n.m.



ESCALA GRAFICA



UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

POR J. CARLOS RODRIGUEZ

FIGURA Nº 2

TESIS PROFESIONAL

DIBUJO. J. ROACHO AROS

FECHA ABRIL, 1990

PLANO GEOMORFOLOGICO MOSTRANDO  
LOS LIMITES DE LAS PROVINCIAS  
FISIOGRAFICAS

NENSHAW, 1988 TOMADO DE NEMETH, 1976

## GEOLOGIA REGIONAL

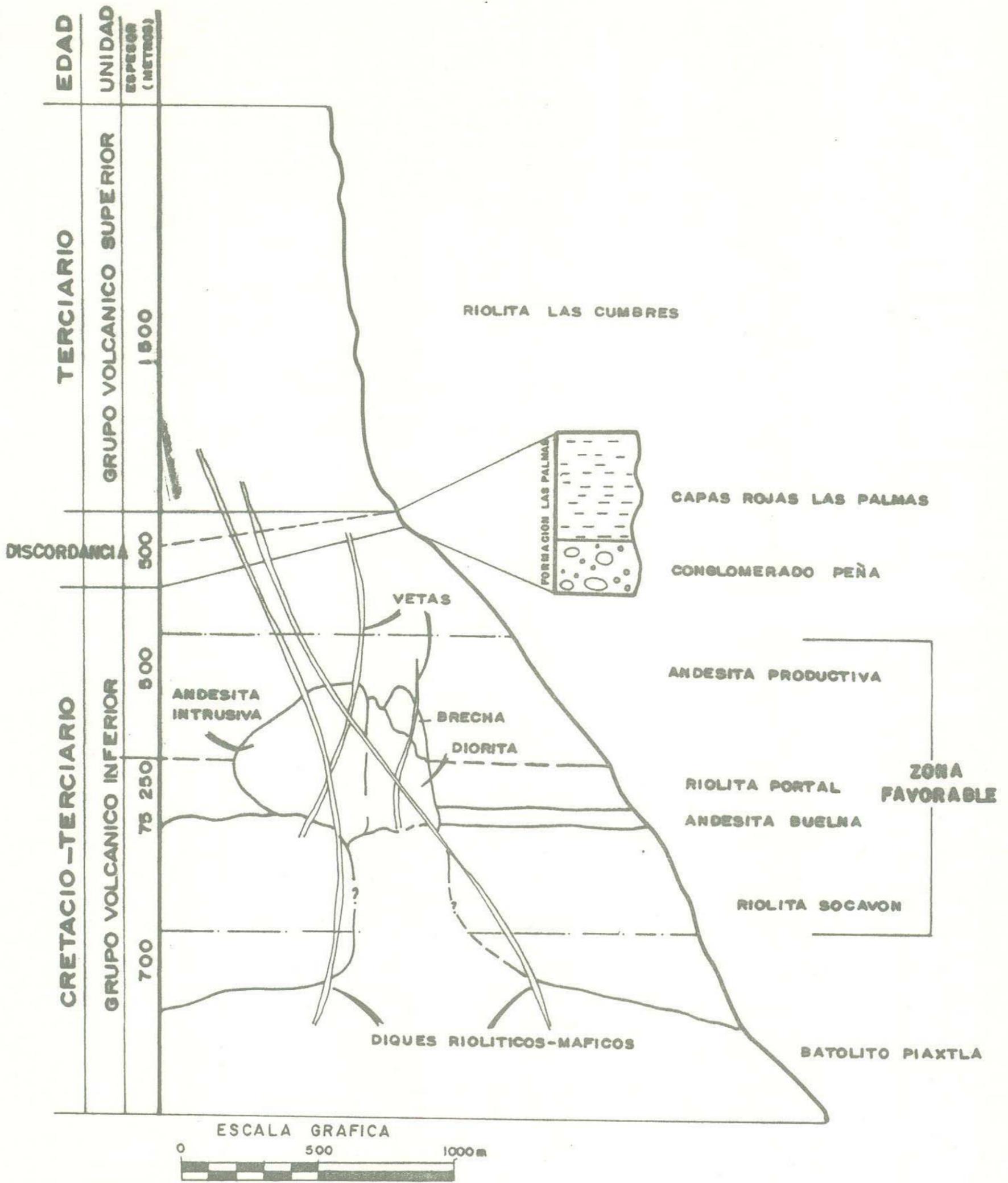
El Distrito Minero de San Dimas, donde está ubicada la Mina de Tayoltita, se localiza en la sierra Madre Occidental. La base de toda la secuencia, aunque no aflora en la Mina de Tayoltita, está representada por rocas calcáreas mármoles, esquistos, filitas y gneises (Fredrikson, 1974; - Henry 1975).

Sobreyaciendo a este basamento, afloran rocas volcánicas con una composición predominantemente andesítica, que varía en edad desde el Cretácico Tardío al Eoceno (Grupo - Volcánico Inferior).

Discordante a esta secuencia, se encuentran 1,500 -- metros de tobas riolíticas de edad Oligoceno Tardío y Mioceno Temprano (Grupo Volcánico Superior) (Ver Figura 3).

Las rocas del Grupo Volcánico Inferior se componen - de intercalaciones de tobas, flujos y aglomerados de composición predominantemente félsica hacia la base y andesítica hacia la cima. Aquí en este grupo, se encuentran emplazadas - las vetas mineralizadas de Tayoltita. El Grupo Volcánico Superior está formado por rocas de composición félsica en todo su espesor. Estas rocas son las que componen en su gran mayoría la secuencia de la Sierra Madre Occidental.

Por otra parte, existen rocas intrusivas de composición variada. Para su estudio han sido divididas en: Batolito Piaxtla, Andesita Intrusiva y diques de muy variada composición. Estas rocas fueron deformadas y levantadas levemente durante el Eoceno-Oligoceno, posteriormente fueron falladas durante el episodio del Basin and Range en el Mioceno - Tardío (Wright, 1970).



UNIVERSIDAD DE SONORA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**G E O L O G O**

**TESIS PROFESIONAL**

POR:  
J. CARLOS RODRIGUEZ

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DEL DISTRITO MINERO  
DE SAN DIMAS DESPUES DE MENSCHAW (1953) Y  
SMITH, HALL (1974)

DIBUJO:  
J. ROACHO AROS

FECHA:  
ABRIL, 1990.

FIGURA:  
Nº 3

A nivel regional el fallamiento es predominantemente normal y divide el Distrito Minero de San Dimas en 4 grandes bloques. El rumbo general de este fallamiento es NNW. En el área de la mina, la secuencia ha sido basculada 35° al NE y ocasionalmente presenta fuerte variación. Otro sistema de fallamiento que afectó al área de la mina tiene una tendencia E-W. Las vetas mineralizadas de Tayoltita fueron emplazadas en 2 grupos de fallas, las N-NE hacia el sur y las E-W hacia el norte. (Ver Figura 4).

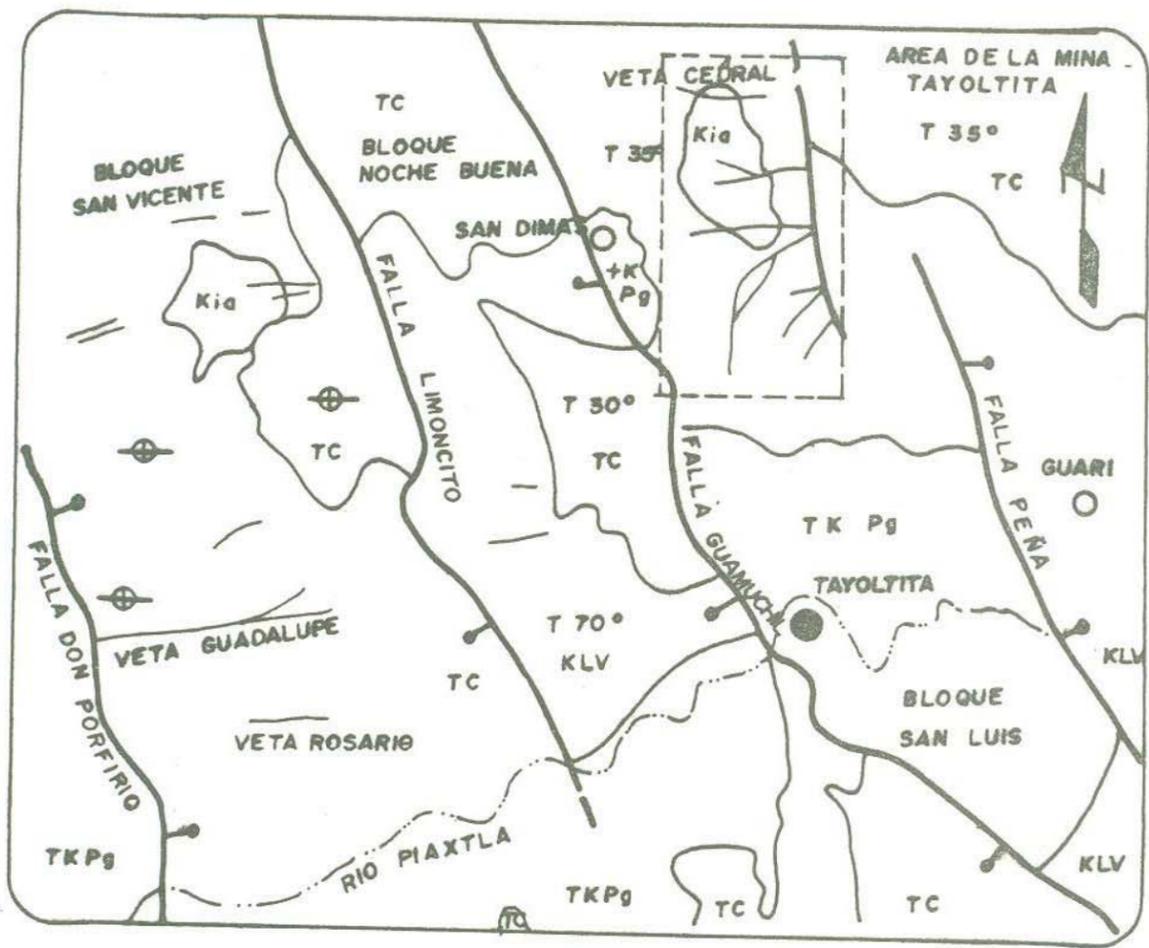
## ESTRATIGRAFIA

### GRUPO VOLCANICO INFERIOR

Las rocas del Grupo Volcánico Inferior son las más antiguas en la región de Tayoltita y fueron divididas por Hershey (1932) en cuatro grandes unidades (de la más antigua a la más joven): Riolita Socavón, Andesita Bandeada - Buelna, Riolita Portal y Andesita Productiva. Han sido estudiadas a detalle tanto en su comportamiento estructural como en su mineralogía por muchos geólogos, más recientemente por Smith y Hall 1972, Nemeth 1974, Clarke 1986 y Enríquez 1985. A continuación se da una descripción generalizada de cada una de ellas.

### RIOLITA SOCAVON

Con excepción de las calizas cretácicas al NE del área de Tayoltita, la Riolita Socavón es la unidad de roca más antigua de todo el distrito y aflora típicamente en el área de Socavón, también es posible encontrarla hasta el pueblo de San Dimas. La Riolita Socavón, es una ignimbrita con cristales y está bien consolidada, es más fácilmente reconocible por su color púrpura gris.



- |             |                     |            |                                    |
|-------------|---------------------|------------|------------------------------------|
| <b>TC</b>   | COBERTURA RIOLITICA | <b>Kia</b> | DIORITA ARANA Y ANDESITA INTRUSIVA |
| <b>TKPg</b> | GRANITO PIAXTLA     | <b>KLV</b> | GRUPO VOLCANICO INFERIOR           |
|             | FALLA               |            | RUMBO Y ECHADO DE LAS ROCAS        |
|             | VETA                |            | ROCAS VOLCANICAS HORIZONTALES      |
|             |                     |            | Bloque Caido                       |



UNIVERSIDAD DE SONORA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**G E O L O G O**

**TESIS PROFESIONAL**

POR  
J. CARLOS RODRIGUEZ

PLANO GEOLOGICO GENERALIZADO DEL DISTRITO MINERO DE SAN DIMAS. GEOLOGIA MODIFICADA DE SMITH Y HALL (1974), NEMETH (1976) Y CLARKE (1982). TOMADA DE CLARKE (1986)

DIBUJO:  
J. ROACHO AROS

FECHA  
ABRIL, 1990.

FIGURA  
Nº 4

Su contacto inferior es por intrusión con el Granito Piaxtla y se encuentra subyaciendo por discordancia a la Andesita Bandeada Buelna. Según Nemeth (1976), la Riolita Socavón está compuesta por cristales finos de cuarzo bipiramidal de 3-4 mm con golfos de corrosión, feldespatos potásicos euhedrales en mayor cantidad que los feldespatos plagioclasa alterados a arcillas, biotita en cristales reemplazados por clorita. Los minerales opacos incluyen cantidades menores de hematita, pirita y magnetita; dentro de los minerales accesorios se pueden identificar esfena, zircón y turmalina. Por otra parte, los fragmentos de roca de composición predominantemente andesítica indican la presencia de una unidad más antigua que la Riolita Socavón y que fue asimilada totalmente por las rocas del complejo Batolítico Piaxtla (Keller 1974). El piso de la Riolita Socavón no está expuesto por efectos del intrusivo Piaxtla; pero Davidson (1932) estima que el espesor varía entre 600 y 1,000 metros, la edad de esta roca no está conocida.

#### ANDESITA BANDEADA BUELNA

Sobreyaciendo discordantemente a la Riolita Socavón, se encuentra la Andesita Bandeada Buelna que se puede identificar fácilmente en el camino de Tayoltita-Socavón, exactamente al SE de Socavón. Esta unidad es una especie de toba sub-aérea de grano fino y laminada de composición andesítica de color gris a gris azulado y presenta una textura variada que va desde un fino polvo volcánico hasta fragmentos sub-angulosos de más de 1 cm. (Rivera, 1976). Los estratos varían desde 1.0 hasta 30 cm., también aflora en el arroyo de San Vicente y cerca de Contra Estaca, en el flanco occidental del cerro de Bolaños y a lo largo del arroyo Cinco Señores, y en el arroyo de Tinajas cerca del cerro Soledad. (E. Enríquez, comunicación personal).

Esta unidad varía de espesor entre 20 y 120 metros - (Randall 1971). Henshaw (1953), postula que lo delicado de sus estratos indican que esta formación fue depositada en una cuenca de aguas quietas, es decir, en un depósito poco profundo, la edad de esta unidad tampoco es conocida.

### RIOLITA PORTAL

Sobreyaciendo concordantemente a la Andesita Bandeada Buelna se encuentra la Riolita Portal; tomó ese nombre - debido a que está bien expuesta en el portal del Nivel 10 de Arana en el pueblo de Socavón, varía de espesor desde 50 a - 250 mts. Según Henshaw (1953), la roca presenta un color -- gris claro y en ocasiones es de color gris púrpura y local-- mente puede presentarse blanco-cremoso. Esta unidad presenta texturas masivas, flujos en blandas y ocasionalmente es-- tratos tobáceos (Henshaw 1953). Nemeth (1976), la describió petrográficamente como una roca con fenocristales de feldes-- pato potásico, plagioclasas, biotita y cristales de cuarzo - de 3 mm en proporciones variables, aunque localmente el cuarzo está ausente en esta unidad. Contiene además fragmentos de rocas volcánicas de color rojo o blanco que varían de tamaño desde 5-10 mm y en algunos lugares, pueden ser muy abundantes (Henshaw, 1953).

La matriz está compuesta de feldespatos potásicos, cuarzo, material piroclástico y otros minerales accesorios - (Nemeth, 1976). Debido a la presencia de relictos de agujas de vidrio volcánicos en la matriz, se postula un origen piroclástico para esta roca. (Nemeth, 1976).

## ANDESITA PRODUCTIVA

La Andesita Productiva es la unidad más joven y más superior del Grupo Volcánico Inferior y se encuentra sobreyaciendo transicionalmente a la Riolita Portal, y sus mejores afloramientos los podemos localizar en el camino de Cinco Señores al pueblo de Socavón y en el interior de la mina Tayolita. El espesor de la andesita varía de 500 a 700 metros. (Henshaw, 1953).

Henshaw (1953) describe 2 variedades de Andesita Productiva; la primera es una andesita fragmental de color rojo a púrpura que varía en textura de toba a aglomerado volcánico con fragmentos mayores de 20 cm. de diámetro. La segunda variedad, es una andesita de color verde grisáceo que varía en textura de masiva a porfirítica con fenocristales de plagioclasa de 1-2 mm. de tamaño. Nemeth, (1976) reporta en estudios de secciones delgadas, la presencia de cristales de hornblendas, biotita y fenocristales de piroxenos en muestras que no presentan alteración. La matriz, aparentemente alterada, la describió como una masa de grano fino con plagioclasas, clorita y minerales arcillosos, acompañado por cristales diseminados de magnetita y hematita que al alterarse dan una coloración rojiza a la roca.

## GRUPO VOLCANICO SUPERIOR

El Grupo Volcánico Superior forma las grandes mesetas de la Sierra Madre Occidental. En general, son rocas vulcano-sedimentarias en su parte inferior y tobas ignimbríticas en su parte superior, la composición de esta secuencia varía desde riolita hasta basaltos. La edad para este grupo de formaciones fue obtenida por métodos radiométricos basados en los isótopos de K-Ar obtenidos por Mc Dowell y Clabaugh (1972).

El rango de edad varía desde 21 m.a. a 32 m.a. en -- muestras tomadas al SW de Tayoltita y 22m.a. a 32 m.a. en la localidad llamada mesa de la Tortuga, 68 Km. al N-NW de la -- mina principal.

Este paquete de rocas ha sido dividido en 2 formaciones bien diferenciables y cartografiables y son: Formación -- Las Palmas y Riolita de Las Cumbres; este paquete de rocas -- tiene un espesor mayor de 1,500 metros.

### FORMACION LAS PALMAS

Esta formación está bien expuesta en el pueblo de -- Las Palmas. Ballard (1980), cartografió y midió 350 metros de esta unidad al este de la mina Tayoltita, pero de acuerdo con Clarke y Enríquez (1986), este paquete presenta más de -- 600 metros de espesor en el flanco este del cerro Las Palmas. Los fragmentos de esta roca representan los productos de la erosión de la Andesita Productiva. El contacto inferior de la Formación Las Palmas y en general, del Grupo Volcánico -- Superior es marcado por una fuerte discordancia erosional.

El color de las rocas de la Formación Las Palmas, varia desde rojo a gris, siendo los miembros rojos más abundantes hacia la parte superior de la formación, Ballard (1980). Se han reportado la presencia de conglomerados, aréniscas arcósicas y lutitas en su mayoría compuestos de granos volcánicos, Ballard (1980).

Por otra parte, los conglomerados están compuestos -- por fragmentos de roca similares en apariencia a las rocas -- del Grupo Volcánico Inferior.

Son frecuentes en las lutitas de esta formación, las grietas de disecación que indican que la Formación Las Palmas fue depositada en un medio ambiente acuoso y de baja energía. Ballard (1980) interpreta la Formación Las Palmas como un producto de la erosión del Grupo Volcánico Inferior.

### RIOLITA LAS CUMBRES

La Formación Riolita Las Cumbres, representa el final de la actividad ígnea y consiste de tobas riolíticas y andesíticas intercaladas con algunos flujos, además de algunas rocas sedimentarias derivadas de aquellas.

Henshaw (1953) describe a estas rocas como tobas estratificadas que varían de color gris a rosa y están compuestas de fragmentos angulosos a subangulosos, cristales de feldespato y fenocristales de cuarzo embebidos en una matriz vítrea.

Arriba de la mina Tayoltita el espesor estimado para esta unidad es de 1,500 metros (Henshaw, 1953); pero alcanza hasta un espesor de 2,600 metros en una localidad a 15 Km. al E de Tayoltita (Smith et al, 1982). Fechamientos radiométricos para esta unidad, en muestras tomadas a 70 Km. de Tayoltita, indican que estas rocas fueron depositadas entre los 23 m.a. a 34 m.a. (Mc Dowell and Clabaugh, 1972, 1979; Mc Dowell and Keizer, 1977).

### ROCAS INTRUSIVAS

Los cuerpos intrusivos fueron generados por lo menos en tres o cuatro eventos. Por otra parte, el emplazamiento del Batolito Piaxtla, durante el Terciario Temprano fue precedido por la intrusión del stock tipo Candelaria y del stock Arana y además del emplazamiento de una serie de diques de composición variada.

## GRANITO PIAXTLA

En 1953 Henshaw dividió al Granito Piaxtla en 2 tipos: Uno de grano fino y otro de grano grueso. Para fines de este estudio hablaremos de Granito Piaxtla en términos generales sin hacer caso a su tamaño de grano.

Se ha descrito al Granito Piaxtla como una roca de color gris claro a rosa y de una textura equigranular a subporfirítica (Henshaw, 1953, Smith and Hall, 1974).

En un estudio petrográfico, Nemeth (1976) describió que los principales minerales que componen al Granito Piaxtla son las plagioclasas, feldespatos potásicos, cuarzo, hornblenda y biotita y como minerales accesorios a la magnetita y pirita. Henry (1975), usando el método de K-Ar en biotitas en una muestra de cuarzo monzonita en las inmediaciones de la mina Tayoltita, obtuvo una edad de  $42.8 \pm 0.5$  m.a. para esta roca, así mismo, en otra similar tomada a 5.0 Kms. al SW de Tayoltita obtuvo una edad de  $48.2 \pm 0.6$  m.a.

## STOCK TIPO ARANA

Esta roca aflora en el interior de la mina como pequeñas intrusiones que no miden más de 250 metros de diámetro. En términos generales se ha identificado como diorita, pero Smith y Hall (1974) la estudian en secciones delgadas, clasificándola como una cuarzo-monzonita. La textura y mineralogía de la Diorita Arana es muy similar a las variedades de grano fino del Granito Piaxtla. Smith y Hall (1974), sugieren que la Diorita Arana es el resultado de la diferenciación magmática del Granito Piaxtla. La edad para esta roca según Henry (1975), es de  $43.1 \pm 1.0$  m.a. basado en el método K-Ar en hornblendas.

## STOCK TIPO CANDELARIA

Los cuerpos de Andesita Intrusiva, como también se le conoce al Stock Candelaria, se han encontrado invadiendo a todos los miembros del Grupo Volcánico Inferior en todo el Distrito de San Dimas. Posiblemente el mejor ejemplo de esta roca se presente como una roca encajonante sobre la Veta Candelaria, llega a medir hasta 2.5 Km. por 1.5 Km. El fondo de esta roca no se conoce; pero se asume que se convierte a una estructura en forma de dique.

Henshaw (1953), describe al Stock Candelaria como un andesita porfídica de color verde de grano medio y que ocasionalmente puede variar de tonos gris claro a púrpura, los fenocristales que presenta son de plagioclasa y pueden medir de 2-6 mm., también existen de anfiboles y clinopiroxenos contribuyendo a la textura porfirítica de la Andesita Intrusiva (Nemeth, 1976; Smith y Hall, 1974). La matriz está compuesta de plagioclasas, magnetita y una mezcla de minerales arcillosos con algo de clorita y epidota.

## D I Q U E S

### DIQUES PORFIDO DE FELDESPATO

Estos diques también se conocen como de tipo Santa Rita y varían de color gris claro a verde claro, son de grano fino a grano grueso, las relaciones de campo indican que estos diques intrusionan a todo el Grupo Volcánico Inferior. Nemeth (1976) describe petrográficamente la roca y encuentra abundantes fenocristales de plagioclasa de 1 cm. de largo, cristales de hornblenda de 4 mm. de largo, biotita y fenocristales de cuarzo, la matriz de la roca la forman los mismos minerales y algunos minerales accesorios como magnetita.

### DIQUES MAFICOS

También son conocidos como diques tipo San Luis, y son diques andesíticos porfídicos de color gris oscuro hasta casi blancos, su ancho es muy variable desde pocos cms. hasta algunos metros; intrusionan al Granito Piaxtla y a todo el Grupo Volcánico Inferior. Su mineralogía es muy homogénea, presentando fenocristales de anfíboles, plagioclasas, piroxeno y magnetita (Nemeth 1976). Estos diques se emplazaron en el Terciario Medio después de la mineralización de las vetas.

### DIQUES PORFIDO DE CUARZO

Henshaw (1953) los nombra como diques Rebo. Aunque las relaciones en edad entre los diques Rebo y los diques tipo San Luis es incierta, Henshaw (1953) interpreta que estos diques son contemporáneos; así mismo, describe la mineralogía con fenocristales de 2-8 mm. de tamaño, ortoclasas, plagioclasas, cuarzo y biotita; estos mismos minerales están en la matriz microcristalina.

### DIQUES APLITICOS

A estos diques también se les conoce como Aplita - - Elena, se encuentran en el Intrusivo Piaxtla, posiblemente asociados a las últimas etapas de la diferenciación magmática. Texturalmente son de grano fino, de color rosa a grisáceo, contienen algo de cuarzo libre, feldespato potásico, plagioclasas y biotita como mineral accesorio (Keller, 1974).

## GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL

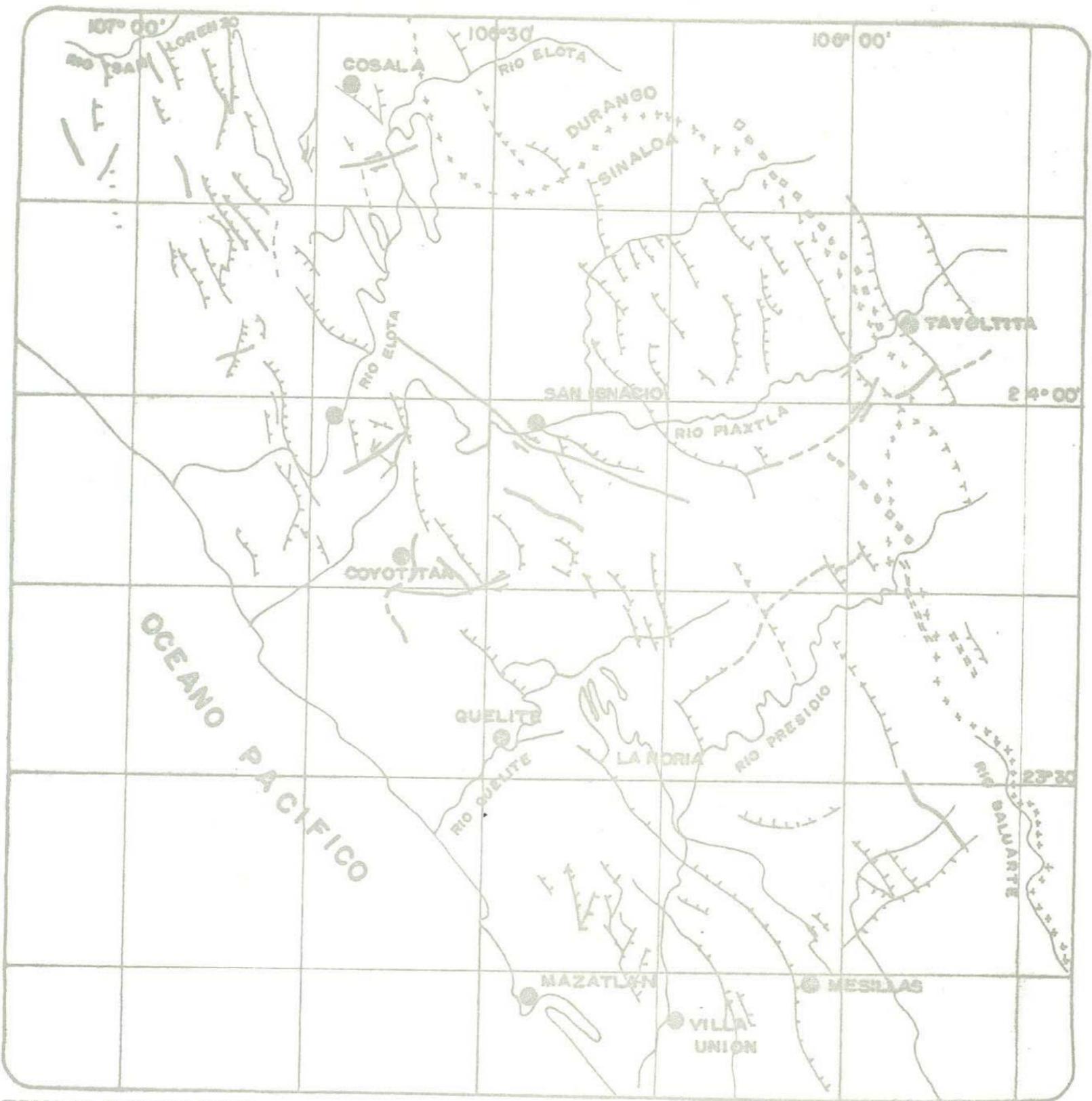
Las grandes fallas con rumbo NW que se pueden seguir por varios kilómetros, caracterizan al Distrito Minero de San Dimas. Dichas fallas pueden alcanzar desplazamientos verticales de cientos de metros y dividen a la sierra en cuatro grandes bloques de aproximadamente 4 kilómetros de ancho y son: San Vicente-El Reliz, Noche Buena-Camichín, San Luis-Arana y Guarisamey. El Bloque San Luis-Arana contiene a las vetas de la mina Tayoltita (Figura 5).

De las grandes fallas mencionadas anteriormente podemos mencionar las 5 más importantes: Don Porfirio, Limoncito, Guamúchil, Arana y Peña.

Las rocas que afloran en el distrito presentan en general, un echado de  $35^\circ$  hacia el este. Este ángulo varía, ya que en el área de San Antonio las capas de rocas volcánicas están casi horizontales y en área de Castellana están casi verticales. Estos cambios en las actitudes de las capas pueden sugerir una rotación en los bloques fallados durante la erupción y posterior depositación de la secuencia volcánica superior, Clarke (1986).

## GEOLOGIA ESTRUCTURAL DE LA MINA TAYOLTITA

Como se mencionó anteriormente, las vetas de la mina Tayoltita se encuentran limitadas por dos grandes fallas: hacia oeste por la falla Guamúchil que presenta un rumbo N  $12^\circ$  W y un echado de  $60 - 74^\circ$  hacia el SW y hacia el E la falla Arana con un rumbo de N  $10^\circ$  y un echado de  $65^\circ - 70^\circ$  hacia el NE.



TERRAZO DE FREDIKSON (1974)



UNIVERSIDAD DE SONORA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**G E O L O G O**

**TESIS PROFESIONAL**

POR:  
J. CARLOS RODRIGUEZ

PLANO MOSTRANDO LA  
GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL

ESCALA

FECHA

FIGURA

ABRIL, 1990.

Nº 5

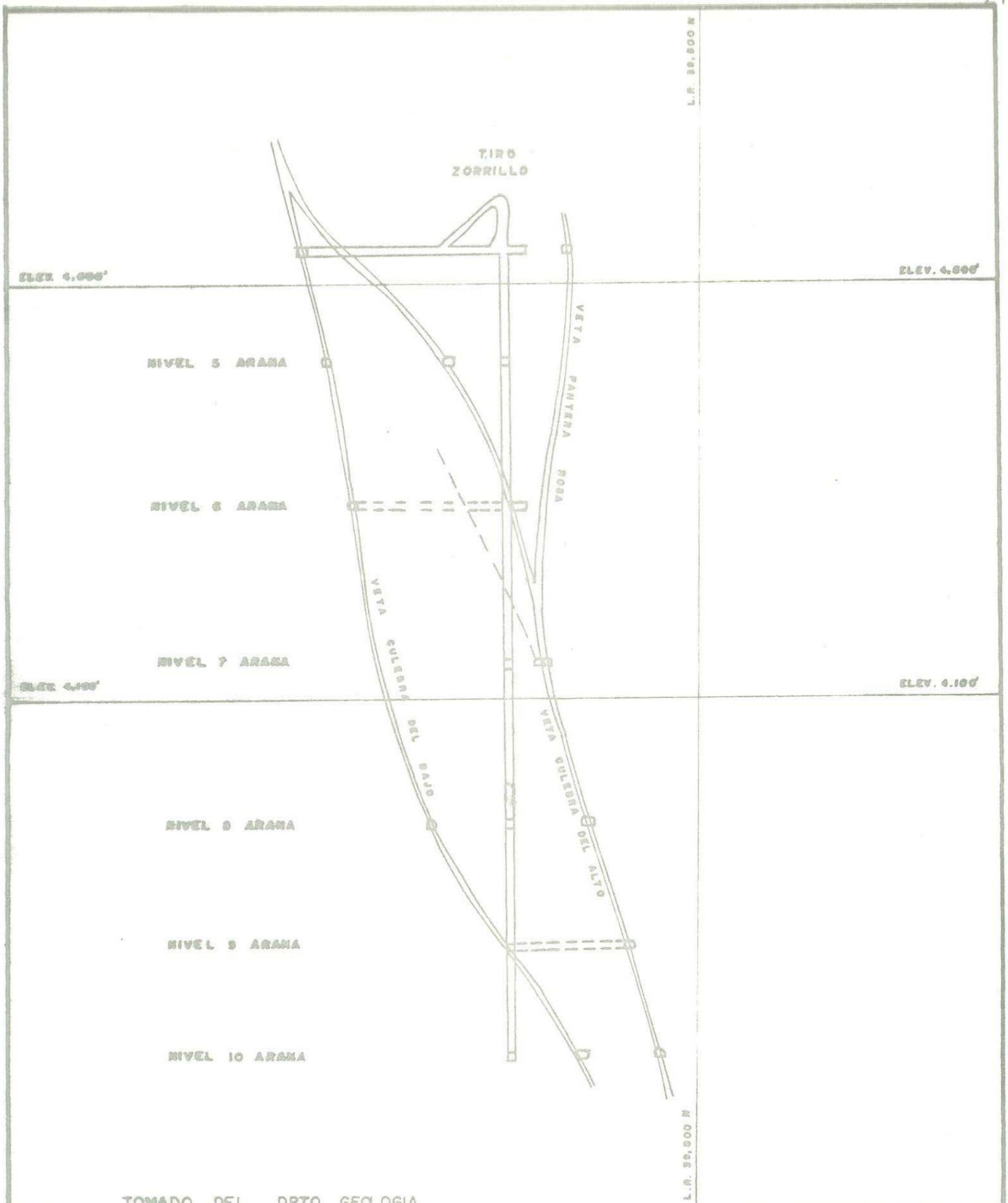
Las vetas se agrupan en tres sistemas principales: El norte noreste con rumbo N  $25^{\circ}$  -  $35^{\circ}$  E y echado hacia el NW, el este-oeste con rumbos N  $70^{\circ}$  -  $80^{\circ}$  E y echados hacia el norte y el NNW con rumbo N  $10^{\circ}$  W y echados hacia el este (Enríquez, 1985). Smith y Hall (1974), dividieron a la mina en dos partes. La intersección Arana-San Luis, denominada cuña Arana-San Luis, que es un intrincado sistema de vetas que se intersectan con Arana formándose grandes clavos de metal de alta ley, esto es conocido como el cuerpo Guadalupe. Por otra parte, al bajo de la misma falla Arana se desprenden un sin número de pequeñas estructuras de cuarzo con buenos valores económicos que es conocido como el cuerpo Independencia.

La Veta Culebra pertenece al grupo de estructuras localizadas al norte del cuerpo Guadalupe, entre las Vetas Candelaria y Cedral.

Los afloramientos de la Veta Culebra se pueden seguir por aproximadamente 600 mts. al poniente de la falla Arana pero la intersección de aquella con ésta no está conocida en ningún lugar, ni en superficie ni tampoco en interior de mina. Su rumbo generalizado es N  $70^{\circ}$  -  $80^{\circ}$  W y echados que varían de  $65^{\circ}$  -  $85^{\circ}$  hacia el norte. Esta veta no es afectada por fallamiento transversal importante, sólo pequeños desplazamientos laterales que varían de 0.50 mts. - 3.00 metros.

Cabe mencionar de una manera importante, que la veta Culebra presenta innumerables desprendimientos tanto al alto como al bajo, que en algunas ocasiones resultaron mineralizados. (Figura 6).

Por lo mismo, es de suma importancia explorar estas posibilidades, ya sea con obra directa o con barrenación a diamante; siendo la segunda opción la más apropiada, dado que ya existe un programa de barrenación sobre esta veta.



TOMADO DEL DPTO. GEOLOGIA

UNIVERSIDAD DE SONORA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

TESIS PROFESIONAL

POR. J. CARLOS  
RODRIGUEZ

DIBUJO.  
JOEL ROACHO A.

FECHA.  
ABRIL, 1990.

FIGURA.  
Nº. 6

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

G E O L O G O

SECCION GEOLOGICA  
NORTE - SUR  
12,400 - E  
ESCALA. 1"=100'

## PARAGENEŚIS

La secuencia general de depositación en los filones metalizados del Grupo Volcánico Inferior son muy similares - en todo el distrito. En Tayoltita, Davidson (1932) reconoció tres etapas en los rellenos filonianos, basándose en relaciones texturales y cruzamientos en las asociaciones mineralógicas, Keller (1974). La secuencia paragenética es mostrada en la tabla. (Figura 7).

Un examen detallado en muestra de mano, en ocasiones revela más de diez sub-etapas; sin embargo, la historia de la mineralización a una escala más amplia, puede ser generalizada dentro de las tres etapas. A continuación se describen cada una de ellas, según Henshaw (1953):

- 1.- Etapa de cuarzo gris, usualmente de grano medio a microcristalino, acompañado por epidota y piritización de la roca encajonante. Se presentan sulfuros base de grano medio a fino, representados por esfalerita, galena y calcopirita.
- 2.- Reapertura de los canales mineralizantes, con fracturamientos del cuarzo temprano y seguido por:
  - a) La introducción de soluciones con cuarzo gris-verdoso y blanco grisáceo, además de bustamita, mangano calcita y agregados de clorita de grano fino; o
  - b) por cuarzo gris, placas sólidas de clorita de grano grueso, pero pocos minerales de manganeso. La mineralización de los metales preciosos está asociada con esta etapa. Los principales sulfuros por orden paragenético son: pirita- esfalerita- calcopirita- galena- pearcita- polibasita- argentita- acantita- electrum (Keller, 1974).



TOHADO DE KELLER, 1974.

UNIVERSIDAD DE SONORA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

TESIS PROFESIONAL POR J. CARLOS RODRIGUEZ

DIBUJO. JOEL ROACHA	FECHA. ABRIL, 1990.	ESCALA. SIN.
------------------------	------------------------	-----------------

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**GEOLOGO**

PARAGENESIS DE LOS PRINCIPALES  
MINERALES EN LA MINA TAYOLTITA.

Fig. 7

- 3.- La tercera etapa se caracteriza por cuarzo blanco de grano grueso y estéril, asociado a cuarzo amatista y calcita. Esta tercera etapa, ocasiona la dilución de la mineralización durante la segunda etapa.

### MINERALOGIA DE LA VETA CULEBRA

Estudios anteriores de ocurrencia de minerales en las vetas del Distrito de San Dimas han dado por resultado una similitud con los demás depósitos epitermales de plata y oro de México y el mundo.

La mayoría de los depósitos epitermales, incluyendo a la mina Tayoltita, contienen cuarzo, calcita, adularia, rodonita, clorita, pirita, galena, esfalerita, calcopirita, como minerales de ganga y argentita (acantita), electrum, pearcita-polibasita y jaspaita como minerales de mena. (Spurr, 1905; Locke, 1913; Ferguson, 1921; 1927; Lindgren, 1928; Geyne et al., 1963; Dreier, 1976; Buchanan, 1979; Estudios de Davidson (1923), Brocoum (1971), Keller (1974) y Smith et. al. (1982). Todos estos autores son citados por Clarke (1986).

### EDAD RELATIVA DE LA MINERALIZACIÓN

Determinar las edades de los diferentes episodios o eventos geológicos que suceden en la historia de una mina es uno de los capítulos más importantes que se abordan en cualquier trabajo geológico.

Aquí las relaciones estratigráficas, entre las diferentes unidades de rocas son primordiales, pero las edades radiométricas por el método K-Ar, que se han determinado a las diferentes unidades de roca y vetas de cuarzo, son definitivas.

En este sentido, para determinar la edad relativa de la mineralización en la mina Tayoltita, echamos mano de ambas herramientas.

En el Distrito de San Dimas, las vetas de cuarzo con metales preciosos fueron emplazados en el Grupo Volcánico Inferior y que fue intrusionado por numerosos apófisis de diferente composición pertenecientes al complejo Batolítico Piaxtla.

Henry (1975), fechó una muestra de adularia procedente de la Veta Arana en la mina Tayoltita que indicó que esta veta fue formada hace  $40.0 \pm 0.4$  m.a.

Por el mismo método, Henry (1975) fechó la edad del stock tipo Arana, dentro de la mina dando una edad de  $43.1$  y  $42.8 \pm 0.5$  m.a.

También es importante mencionar que las relaciones de campo entre los diques porfiríticos tipo Santa Rita y las vetas de la mina Tayoltita indican que los primeros son anteriores a la mineralización (Henshaw, 1953). Por otra parte, los diques andesíticos tipo San Luis y los diques latíticos Rebo, se emplazan através de las vetas indicando que son posteriores a la mineralización (Clarke, 1986). Por último, cabe mencionar aquí, que Mc Dowell y Clabaugh (1972, 1979) y Mc Dowell y Keizer (1977), fecharon rocas del Grupo Volcánico Superior dando por resultado un rango que varía de los 32 a 23 m.a., es decir, muy posteriores a la mineralización.

## P R O D U C C I O N

Resulta difícil estimar exactamente el año en que -- las minas del Distrito San Dimas empezaron a producir minerales preciosos. Se puede considerar al año 1957 como el inicio de la explotación de una manera gambusina. A partir de esa fecha, ha habido altas y bajas en la producción debido a factores sociales, económicos y tecnológicos, etc.

Laveaga (1933) comparó la producción entre 1929 y -- 1930 del Distrito de San Dimas con las de Pachuca y Guanajuato, que en aquel tiempo eran las más importantes de México. Laveaga concluyó que Pachuca molió 1'360,036 toneladas de mineral más que el Distrito de San Dimas y produjo 273 Kg. de oro menos que San Dimas. Guanajuato procesó 722,995 toneladas más que San Luis pero produjo 791 Kgs. de oro y 13,781 - Kgs. de plata menos que San Dimas.

Los datos de producción para las minas activas del - Distrito Minero de San Dimas, nunca han existido y no están registrados antes del año 1920. Sin embargo, se estima que la producción es de 15'645,847.12 Kgrs. de plata y 303,596.51 Kgrs. de oro.

De este gran total, la mina Tayoltita ha producido - 10'924,479.12 Kgrs. de plata y 210,318.51 Kgrs. de oro. Actualmente la región de Contra Estaca está en producción con resultados positivos a la fecha, los contenidos de plata-oro son bastante aceptables.

Para el año 1990 esperamos una producción de 48.189 toneladas de Ag y 0.516 toneladas de Au.

Hoy en día, la producción diaria en la unidad Tayoltita, es de 750 toneladas, con una ley promedio de 300 gr. - Ag/ton. y 3.0 gr. Au/ton. y una recuperación de 92.1% para el caso de la plata y 92.8% para el oro.

En la tabla 1 se muestra la producción a partir de 1979 a la fecha. Como se podrá notar, desde el año 1979 a 1989 la producción de plata y oro ha sido muy cambiante, debido principalmente a que la explotación sobre la Veta San Luis, Arana, Inversa y otras de alta ley han concluido:

TABLA 1 PRODUCCION DE PLATA Y ORO DEL MOLINO TAYOLTITA DE 1979-1990

<u>AÑO</u>	<u>KGS. DE AG</u>	<u>KGS. DE AU</u>	<u>MINERAL MOLIDO EN TONS. METRICAS</u>
1979	62,991.60	1,042.80	161,424
1980	60,642.00	1,041.60	162,288
1981	68,808.00	1,202.40	155,832
1982	73,879.20	1,200.48	158,160
1983	66,359.00	1,113.96	176,640
1984	82,465.20	1,324.20	200,256
1985	83,261.91	1,289.37	197,865
1986	83,711.58	1,221.03	220,390
1987	50,457.70	749.30	220,323
1988	67,885.45	854.83	226,756
1989	56,180.79	449.42	224,142
1990 (ENERO)	<u>4,349.69</u>	<u>32.56</u>	<u>17,349</u>
TOTAL:	760,992.16	11,521.95	2'121,425.00

También podríamos mencionar, que hoy en día, la explotación se lleva a cabo principalmente sobre la Veta Central, en sus 3 secciones, Central, Arana y Nivel 15; cuyas leyes, realmente son marginales. De la producción diaria de 750 toneladas métricas, el 65% es aportado por la Veta Central y el restante 35% por el sistema de cargueros.

## GEOLOGIA DEL BAJO EN LA VETA CULEBRA

La elaboración de secciones longitudinales donde se plasma la geología de las vetas, ha sido por siempre una herramienta sumamente importante y necesaria para la explicación de algunos problemas estructurales relacionados con la mineralización y sobre todo orientar una buena exploración - en busca de nuevos clavos mineralizados, relacionados fundamentalmente con los contactos litológicos.

Para llevar a cabo este trabajo es necesario contar con las plantas geológicas de todos los niveles y ubicar - exactamente cada contacto entre las diferentes unidades, además de ubicar fallas, sistema de fracturamiento intenso, emplazamiento de diques e intersecciones de otras vetas con la Veta Culebra. Aquí cabe aclarar dos situaciones que son importantes; por una parte, se ha escogido elaborar las secciones con la geología al bajo debido a que siendo las vetas, fallas fuertes preminerales y de tipo normal, el alto de la veta es un bloque caído, mientras que el bajo de la veta ha permanecido inmóvil o casi inmóvil; y por otra parte la Veta Culebra presenta una serie de lazos cimoides (Ver Figura 8--13); tanto al alto como al bajo de la veta que en ocasiones también están mineralizados; para este trabajo se tomó la geología de la veta al alto.

En la Figura 14, se puede observar la geología de la Veta Culebra, donde se aprecia la estrecha relación de la Andesita Intrusiva con los clavos mineralizados. Esta última relación ha sido motivo de mucha discusión de todos los geólogos. Anteriormente se pensaba que la roca encajonante no tenía nada que ver con la mineralización y que solamente se trataba de una coincidencia geológica.



TOMADO DEL DPTO. DE GEOLOGIA

ESCALA GRAFICA



QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**GEOLOGO**

**PLANO DEL COMPOSITO DE LOS NIVELES 1-10 DE CULEBRA**

**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

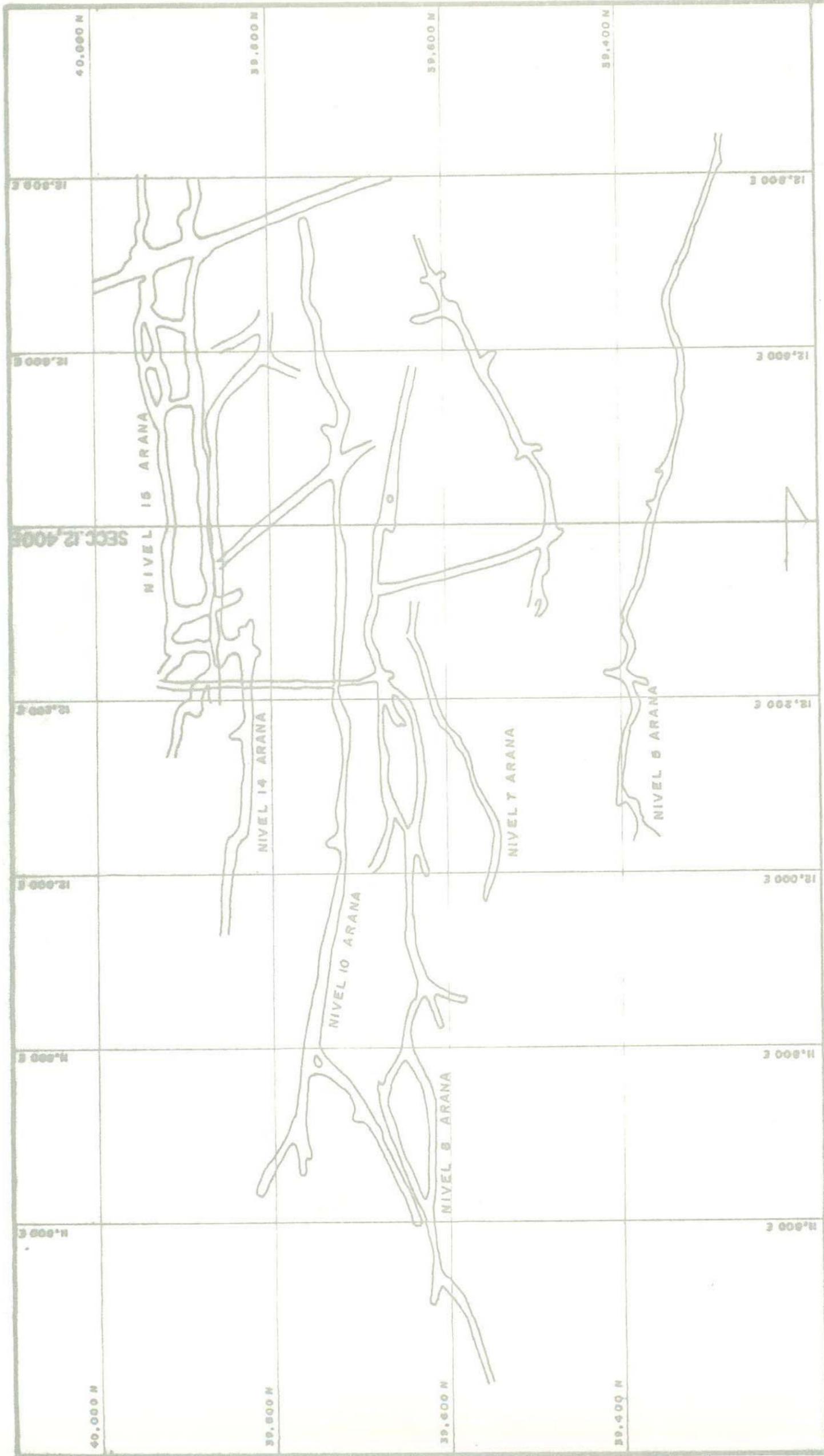
**TESIS PROFESIONAL**

POR.  
J. CARLOS RODRIGUEZ

DIBUJO.  
JOEL ROACHO AROS

FECHA.  
ABRIL, 1990.

FIGURA.  
Nº. 6



TOMADO DEL DPTO. DE GEOLOGIA

ESCALA GRAFICA



QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

GEOLOGO

PLANO DEL COMPOSITO DE LOS NIVELES 5-15 DE ARANA.

UNIVERSIDAD DE SONORA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

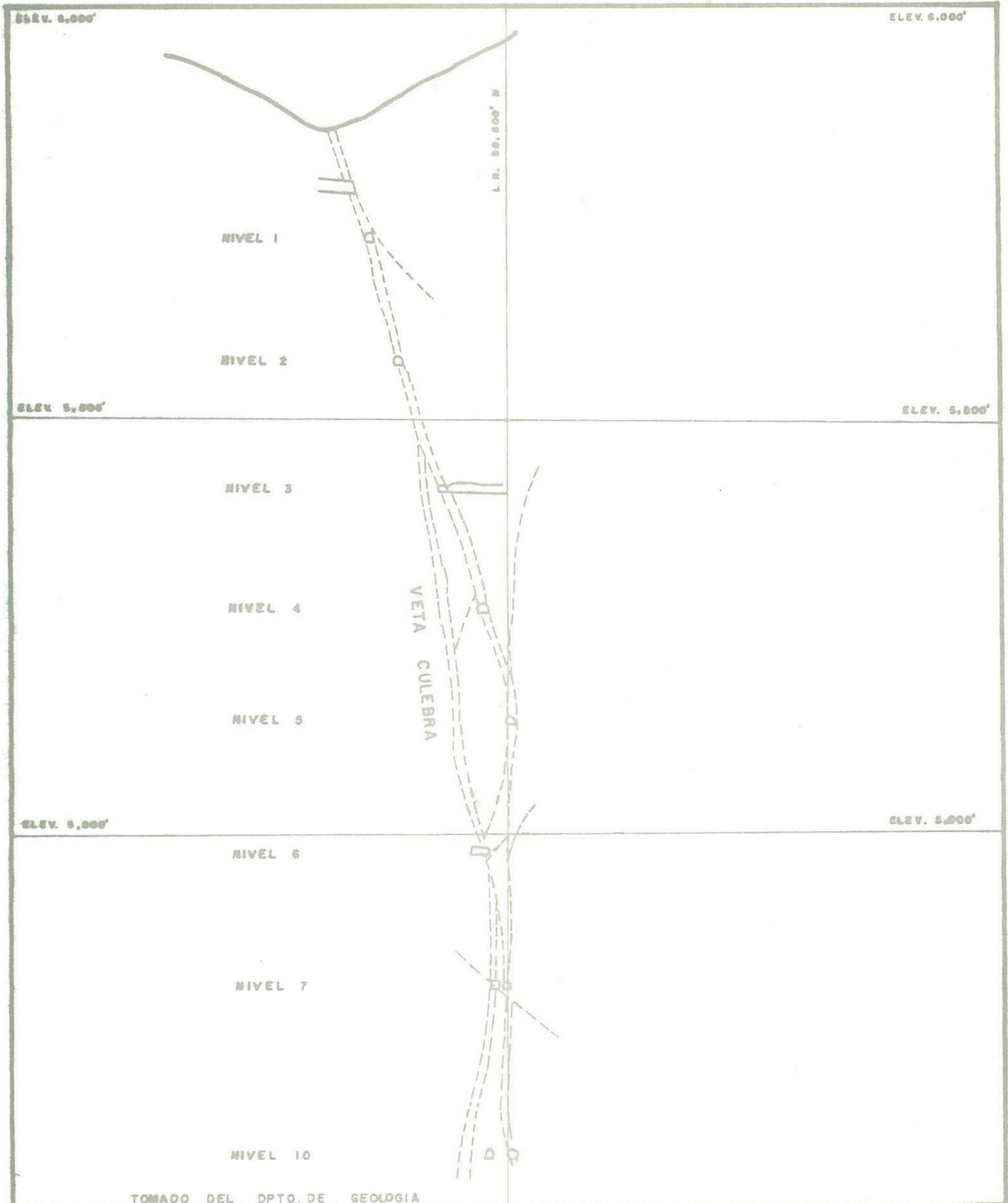
POR:  
J. CARLOS RODRIGUEZ

FIGURA  
NR 9

TESIS PROFESIONAL

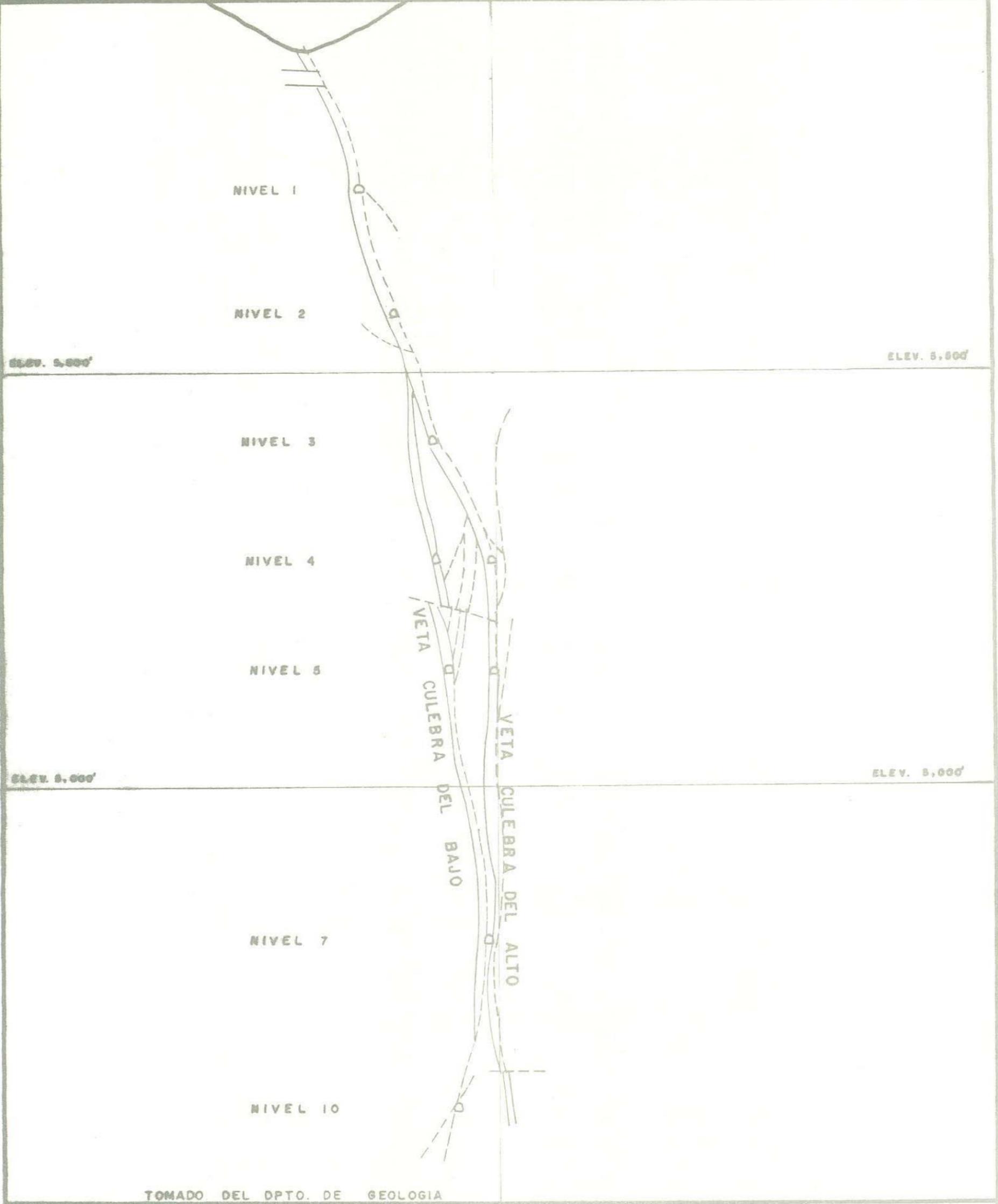
FECHA  
ABRIL, 1990.

DISUJO.  
JOEL ROACHO AROS



TOMADO DEL DPTO. DE GEOLOGIA

UNIVERSIDAD DE SONORA DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA		QUE PARA OBTENER EL TITULO DE	
		<b>G E O L O G O</b>	
TESIS PROFESIONAL		POR: CARLOS RODRIGUEZ	
DIBUJO. JOEL ROACHO A.	FECHA. ABRIL, 1990	FIGURA. NO. 10	
		SECCION TRANSVERSAL 10,460 - E VIENDO AL W ESCALA. 1" = 160'	



TOMADO DEL DPTO. DE GEOLOGIA

UNIVERSIDAD DE SONORA DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA		QUE PARA OBTENER EL TITULO DE <b>G E O L O G O</b>	
		SECCION TANSVERSAL 10, 530 - E VIENDO AL W ESCALA. 1"=160'	
TESIS PROFESIONAL		POR J. CARLOS RODRIGUEZ	
DIBUJO. JOEL ROACHO A.	FECHA. ABRIL, 1990.	FIGURA. N° 11	



TOMADO DEL DPTO. DE GEOLOGIA

ELEV. 4,500'

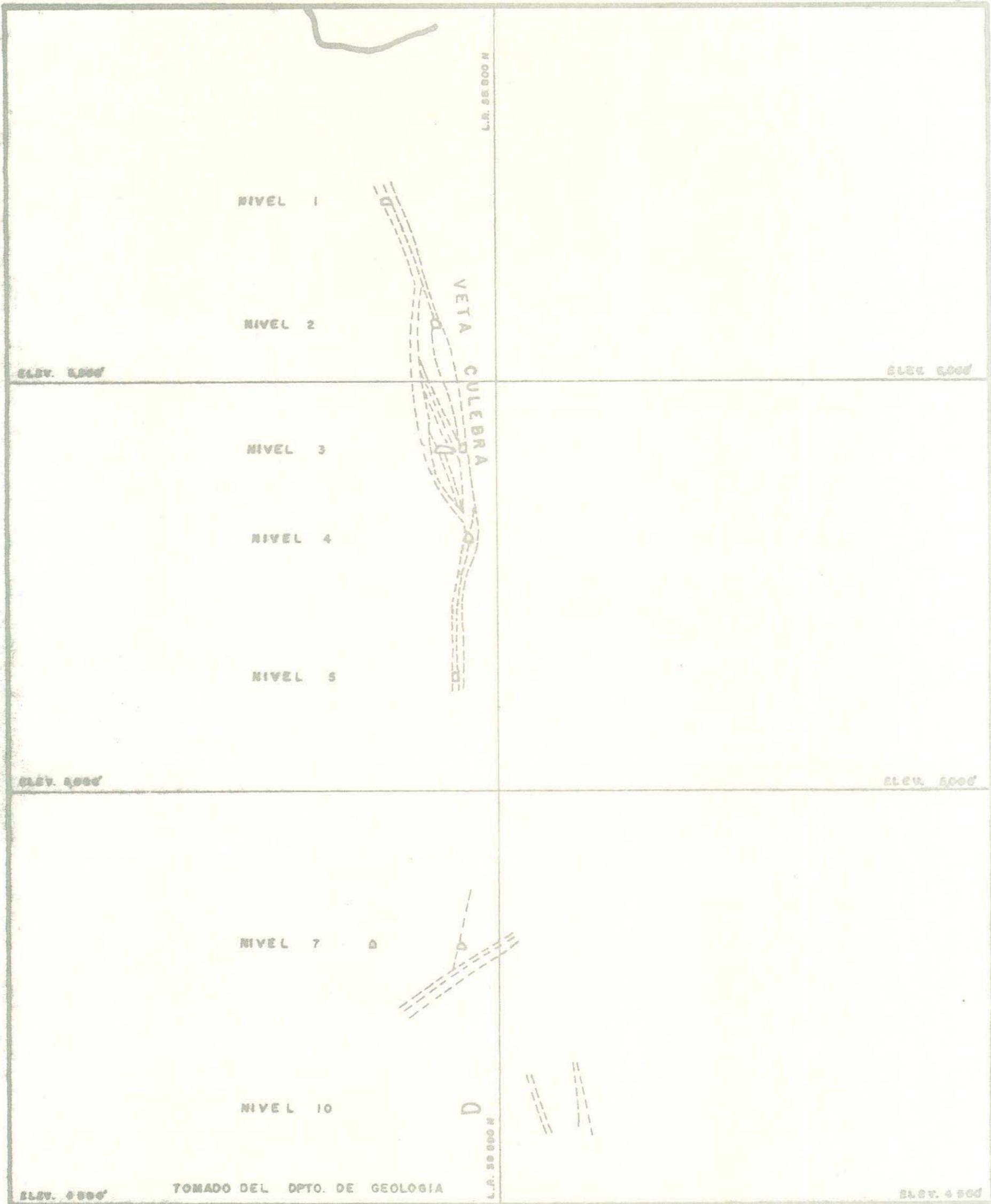
UNIVERSIDAD DE SONORA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**G E O L O G O**

TESIS PROFESIONAL POR J. CARLOS RODRIGUEZ

SECCION TRANSVERSAL  
10, 500 - E  
VIENDO AL W  
ESCALA. 1"=100'

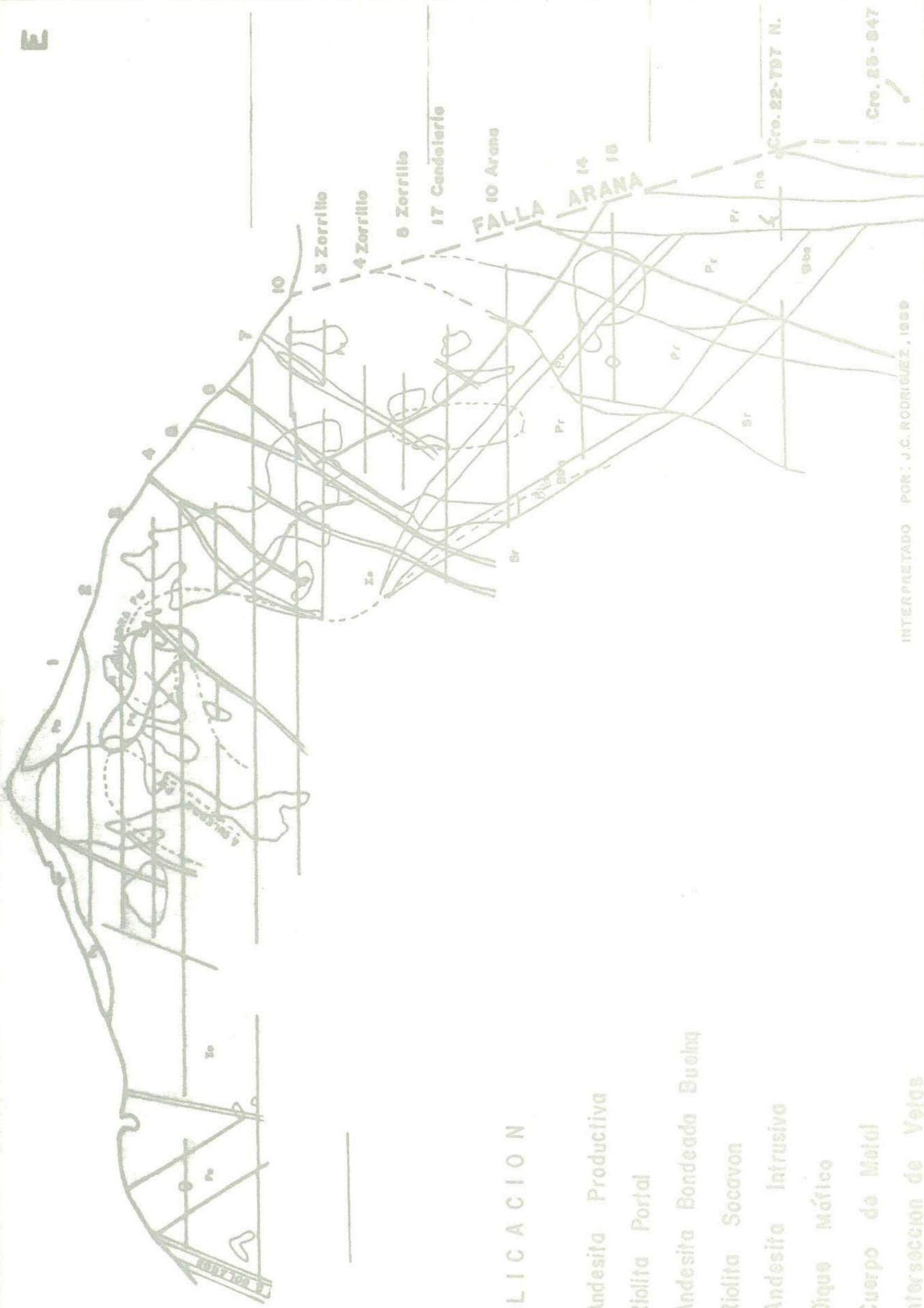
DIBUJO.	FECHA.	FIGURA.
JOEL ROACHO A.	ABRIL, 1990.	Nº. 12



UNIVERSIDAD DE SONORA DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA		QUE PARA OBTENER EL TITULO DE	
		<b>G E O L O G O</b>	
TESIS PROFESIONAL		POR. J. CARLOS RODRIGUEZ	SECCION TRANSVERSAL 10, 730 - E VIENTO AL W ESCALA. 1" = 100'
DIBUJO. JOEL ROACHO AROS	FECHA. ABRIL, 1930	FIGURA. Nº. 13	

W

E



EXPLICACION

- Pa Andesita Productiva
- Pr Riolita Portal
- Sba Andesita Bondeada Bueña
- Sr Riolita Socavon
- Ia Andesita Intrusiva
- Da Dique Máfico
- Cuerpo de Metal
- Interseccion de Vetas

ESCALA GRAFICA



INTERPRETADO POR: J.C. RODRIGUEZ, 1989

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

UNIVERSIDAD DE SONORA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

G E O L O G O

TESIS PROFESIONAL  
POR:  
J. CARLOS RODRIGUEZ

SECCION LONGITUDINAL DE LA VETA

DIBUJO:  
J. ROACHO AROS

FECHA:  
ABRIL, 1990.

FIGURA:  
NA. 14

CULEBRA MOSTRANDO SU GEOLOGIA AL BAJO

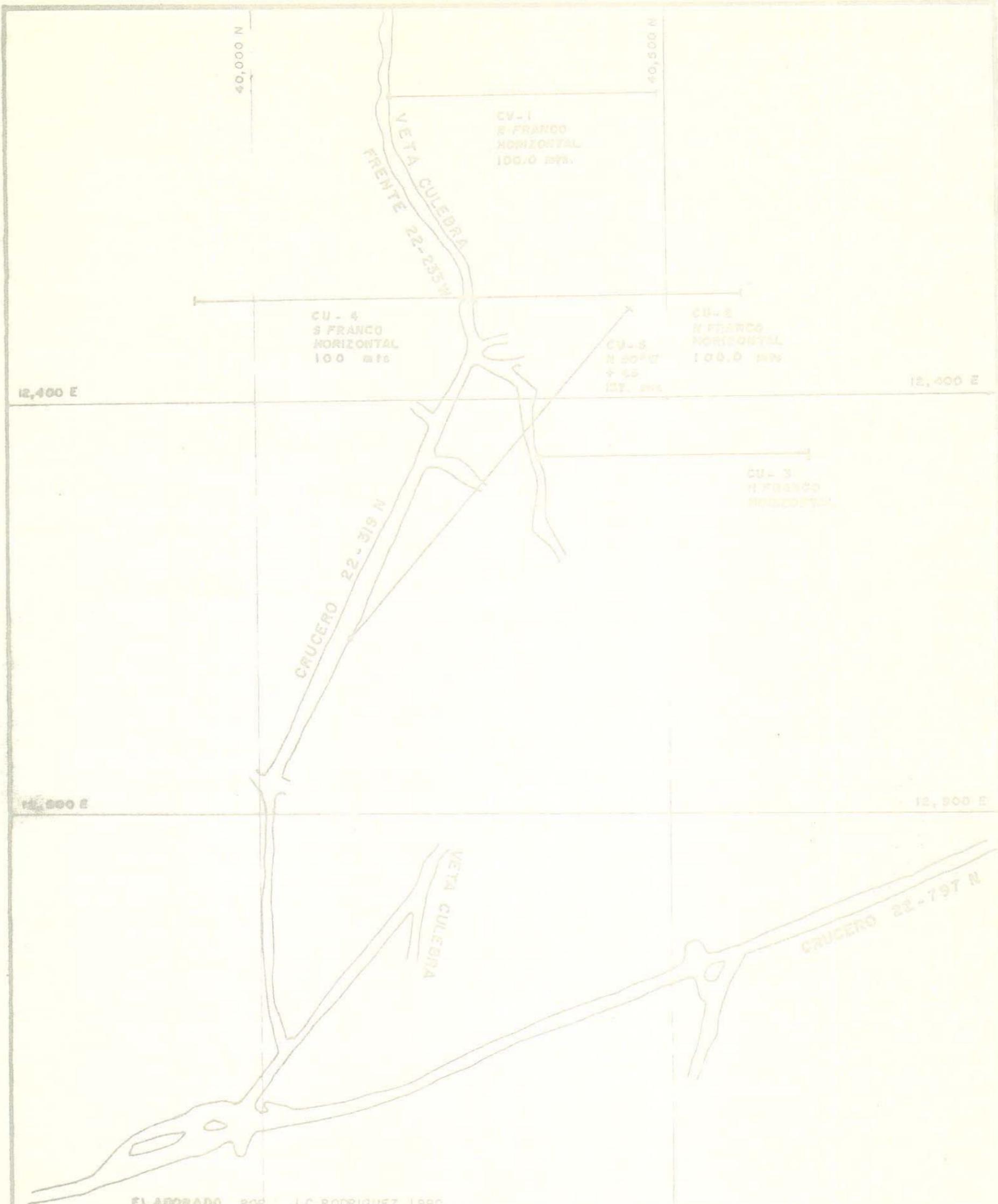
El otro contacto litológico donde favorece la deposición de mineral es entre la Andesita Productiva-Riolita Portal, en la sección longitudinal se puede apreciar claramente.

Hoy en día, el modelo hipotético propuesto por Clarke (1980), se apoya en una fuente intrusiva cercana, para la mina general el Stock Arana ha sido la fuente intrusiva y para las vetas del norte, Candelaria, Culebra 15-207 y Cedral lo ha sido el emplazamiento de la Andesita Intrusiva.

El desarrollo del Crucero 22-319 N expuso a las rocas volcánicas del Grupo Volcánico Inferior y el desarrollo de la Frente 22-233 W, muestra que la veta desarrollada como Culebra está encajonada en su mayoría en la Riolita Socavón y hacia el este en la Andesita Bandeada Buelna. Con estas obras no se logró ubicar cuerpos de metal, sólo se presentaron muestras aisladas.

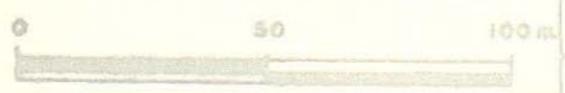
La veta se presenta desde sólo una falla con salbanda un poco o nada de cuarzo, hasta 1,50 mts. de cuarzo blanco, con cantidades menores de calcita blanca, poca adularia, sulfuros de plata diseminados, pirita, calcopirita y sulfuros de plomo-zinc.

La descripción anterior contrasta marcadamente con la que tenemos en el Nivel 15, cuyo principal cuerpo de metal (Rebaje 15-270), se ha explotado hasta casi el Nivel 10, mostrando buena continuidad vertical. Por el hecho anterior y conociendo que la Veta Culebra presenta numerosos desprendimientos al bajo, yo considero, a manera personal, que se agoten todas las posibilidades de exploración hacia el norte, hasta una distancia de 50,00 mts., máxime que en el tope de uno de los cruceros, sobre la Frente 22-233 E se localiza una veta angosta con sulfuros. Para solucionar este problema y ubicar exactamente la Veta Culebra en el Nivel 22, se han propuesto una serie de barrenos tanto al alto como al bajo de la estructura. (Ver Figura 15).



ELABORADO POR J.C. RODRIGUEZ, 1990.

ESCALA GRAFICA



UNIVERSIDAD DE SONORA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

TESIS PROFESIONAL

ESCALA. 1:160'	FECHA. ABRIL, 1990	POR J. CARLOS RODRIGUEZ. DISEÑO. JOEL ROACHO A.
-------------------	-----------------------	---

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

GEOLOGO

PLANTA DEL NIVEL 22  
MOSTRANDO LOS BARRIDOS DE DIAMANTE  
PROPUESTOS.  
FIG. 15

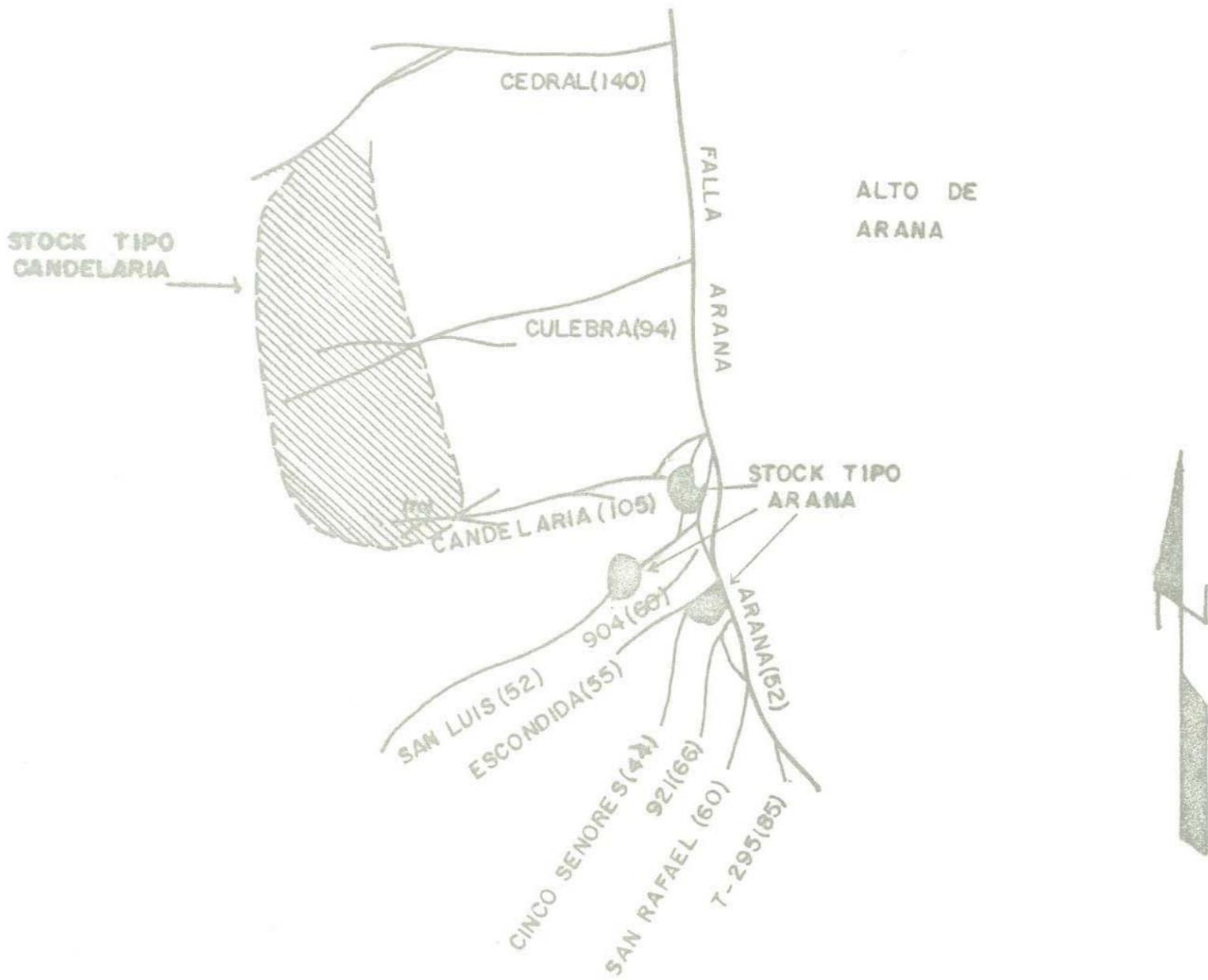
## COCIENTES METALICOS Ag/Au

El estudio de los cocientes es otra de las herramientas que hoy en día la mayoría de los geólogos de los distritos mineros la están usando para fundamentar más la exploración en la búsqueda de nuevo mineral.

En la mina Tayoltita, durante más de una década, los geólogos hemos venido aplicando la teoría de los cocientes metálicos de Ag:Au, en las diferentes vetas, tratando de seguir las bandas de menor relación; ya que es sobre ellas donde se encuentran clavos de metal. (Ver Figura 16).

Este método consiste básicamente en calcular las leyes promedio de los bloques de mineral sin minar y las leyes promedio de los cortes en los rebajes ya minados. Se calcula el cociente metálico Ag:Au dando por resultado un valor el cual se grafica en este caso particular en una sección longitudinal 1" = 160'. Ya que se tienen todos los datos ubicados en la cuadrícula se conforman curvas con cocientes menores de 95, otros que van de 95 a 100 y por último una zona con cociente más alto que en este caso es mayor de 110 y es así como da por resultado la "serpiente metálica", citada por el Dr. Ulrich Petersen (comunicación personal). La teoría ya demostrada aquí, de que las franjas de cocientes bajos indican los caminos que siguieron soluciones mineralizadas de las vetas de Tayoltita, ha servido de base para iniciar un estudio de cocientes en la Veta Culebra.

Desde 1965, J. Randall notó ciertas relaciones especiales de cocientes que varían de veta en veta. En 1978, D. Smith, analizó las relaciones de plata y oro por vetas individuales, encontrando que existe un zoneamiento de cocientes hacia el norte y sur de la mina, a partir de un centro de relaciones bajas; su análisis sólo se hizo en plata.



ESCALA GRAFICA



TOMADO DE CLARKE, 1986.

UNIVERSIDAD DE SONORA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**G E O L O G O**

**TESIS PROFESIONAL.**

POR:  
CARLOS RODRIGUEZ

PLANO MOSTRANDO LAS PRINCIPALES VETAS Y ALGUNAS INTRUSIONES EN LA MINA TAYOLTITA. LOS NUMEROS ENTRE PARENTESIS INDICAN EL COCIENTE METALICO Ag: Au PARA CADA UNA DE LAS VETAS

DIBUJO:  
J. ROACHO AROS

FECHA  
ABRIL, 1990.

FIGURA  
Nº 16

En 1980 M. Clarke encontró que las vetas individuales tenían zoneamientos de sus cocientes en sección vertical - longitudinal, atribuyendo dicho zoneamiento a procesos físico-químicos de depositación de mena donde los flujos circularon - sub-horizontalmente formando celdas de convección gigantes para cada veta y el proceso de depositación de metal se llevó a cabo en la interacción de fases líquido magmático-líquido meteórico formando una fase de vapor (lugar de ebullición y depositación de metales preciosos) (Ver Figura 17). Esto podría ser considerado como una ley en Tayoltita, ya que todo esto se cumple en las vetas San Rafael, Escondida, 904, San Luis, Culebra, Cedral, Santa Rita, Castellana, Guadalupe, San Antonio y San Juan en Vicente.

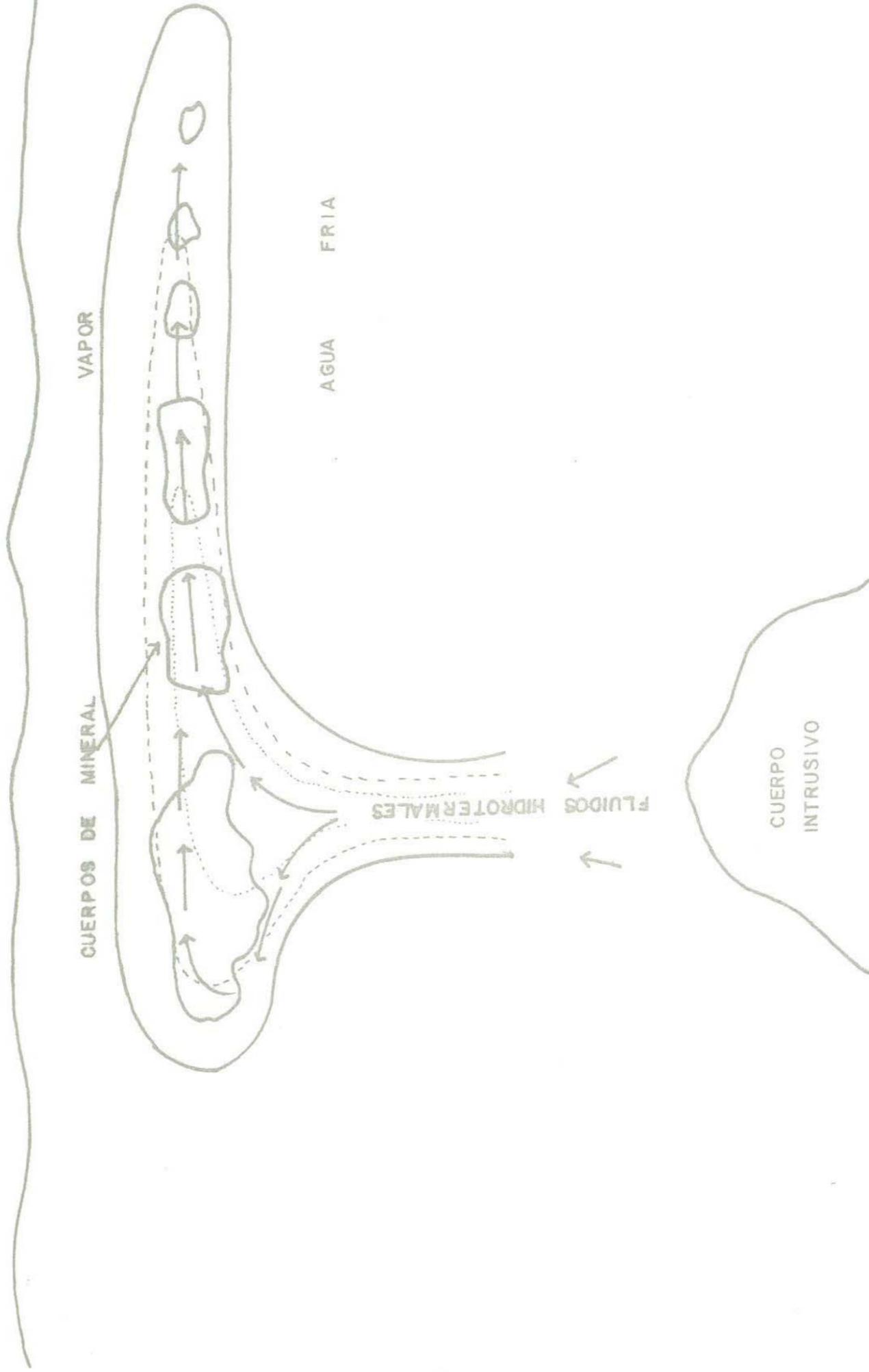
La Veta Culebra es una de las estructuras que presentan buen potencial a futuro si es explorada lo suficiente en los demás niveles de la mina.

Esta veta, estructuralmente es muy compleja y como lo hemos venido mencionando presenta una serie de lazos simoides tanto en sentido lateral como vertical, los cuales pueden en ocasiones estar mineralizados. Para efectos de cálculo de cocientes de Ag:Au esto fue un factor fundamentalmente considerado, tomándose sólo la veta principal (veta de alto) para tal efecto.

En la Figura 18 se muestran los cocientes de la veta con las siguientes observaciones:

- 1.- Una franja de cocientes menor de 95:1 (franja roja), lo cual está fuertemente asociada a los cuerpos de metal.
- 2.- Es posible apreciar que cierta parte de la zona de cocientes bajos ya fue erosionada.
- 3.- Que por lo menos existieron 4 canales de mineralización por donde fluyeron las soluciones mineralizadas y depositaron sus contenidos metálicos en los lugares con condiciones más favorables de permeabilidad, fallamiento intenso o reacción química con la roca encajonante, etc.

SUPERFICIE

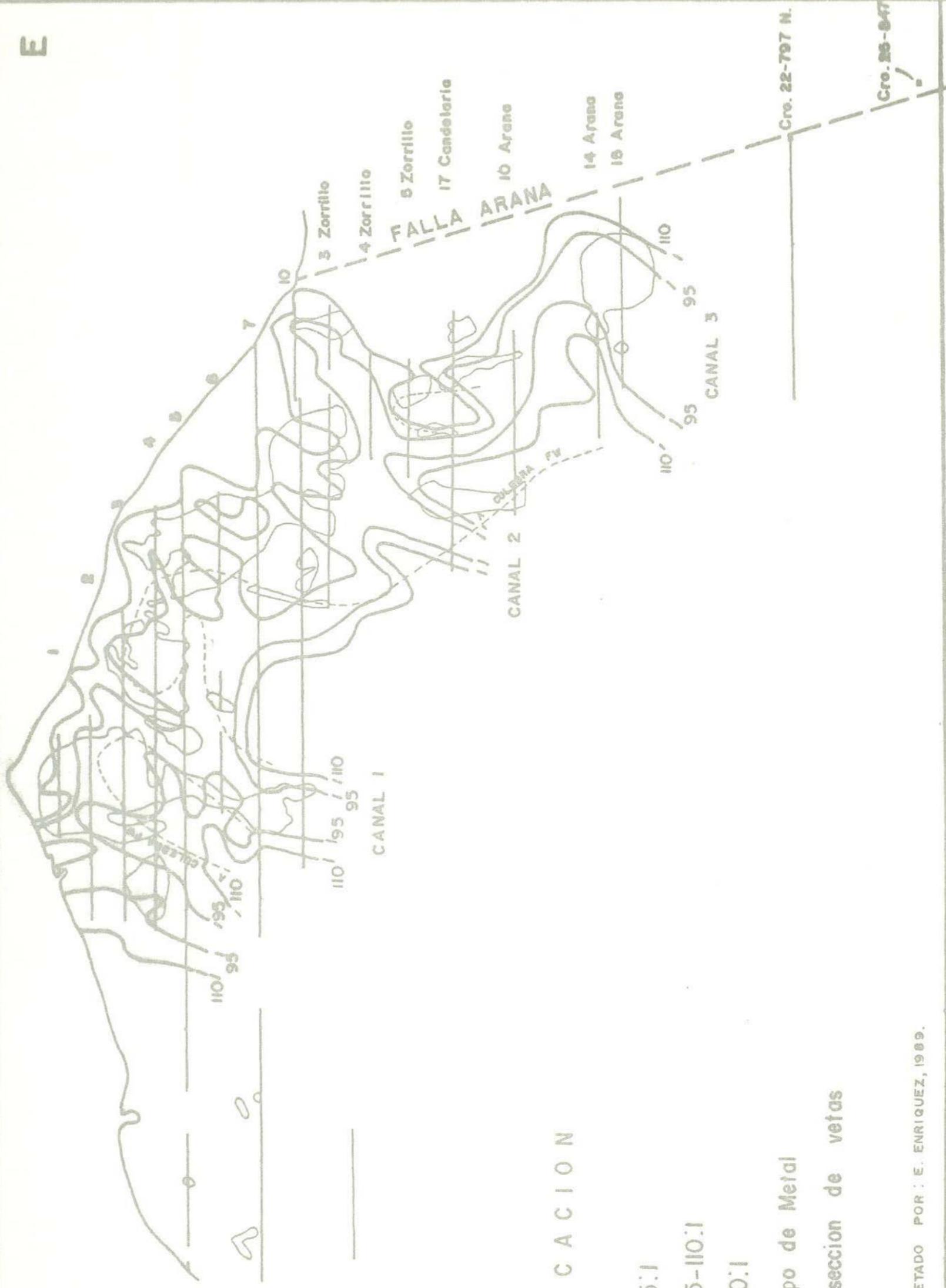


FUENTE: M. CLARKE, 1980.

UNIVERSIDAD DE SONORA DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA		QUE PARA OBTENER EL TITULO DE <b>G E O L O G O</b>	
TESIS PROFESIONAL	FOR. J. CARLOS RODRIGUEZ.	MODELO IDEALIZADO DE LOS SISTEMAS MINERALIZANTES EN TAYOLTITA	
DIBUJO. JOEL ROACHO A.	FECHA. ABRIL, 1990.	MINERALIZANTES EN TAYOLTITA	
	FIGURA. N° 17		

W

E



EXPLICACION

- < 95:1
- 95-110:1
- > 110:1
- Cuerpo de Metal
- Interseccion de vetas

INTERPRETADO POR: E. ENRIQUEZ, 1989.

ESCALA GRAFICA



QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**GEOLOGO**

SECCION LONGITUDINAL DE LA VETA CULEBRA  
 MOSTRANDO LOS COCIENTES METALICOS Ag: Au

UNIVERSIDAD DE SONORA  
 DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

POR:  
J. CARLOS RODRIGUEZ

FIGURA. Nº 18

TESIS PROFESIONAL

FECHA ABRIL, 1990.

DIBUJO.  
J. ROACHO AROS

Cro. 22-797 N.

Cro. 26-847

Desde el punto de vista de la exploración existen 3 lugares susceptibles de ser explorados tanto por obra directa como por barrenación a diamante.

- 1) El segundo canal de arriba hacia abajo. Este canal ya ha sido barrenado con anterioridad (Bno. C-10-7) y cortó la veta aproximadamente 40.0 metros abajo del Nivel 10 de Culebra. La intersección fue de 0.60 metros dando el ensaye del núcleo 391 grs. de Ag/ton. y 4 grs. de Au/ton. Para este blanco se recomienda dar cuando menos 2 barrenos más a ambos lados del C-10-7.
- 2) El tercer canal lo representa pequeños bloques que se encuentran en el tope del Nivel 8 de Arana (17 Candelaria), y aquí se recomienda seguir la frente del Nivel 10 de Arana hacia el W por lo menos 60.0 metros hasta alcanzar totalmente el posible canal mineralizante.
- 3) El cuarto canal y el más importante es el que representa el Rebaje 15-270; observando la sección, la tendencia de los cocientes se inclina hacia la zona W del Nivel 22, donde se coló la frente 22-333 W. Aquí mismo, se coló la frente hacia el E apoyados en los barrenos A-22-29 que cortó 0.93 metros de la veta con un ensaye de 242 gr. Ag/ton. y 2 gr. Au/ton. y el A-22-30 que cortó 1.47 metros con 201 gr. Ag/ton. y 1.43 gr. Au/ton.

Desafortunadamente esta exploración no encontró ningún clavo mineralizado. Es posible que haya sucedido alguno de los casos explicados anteriormente (geología del bajo).

## CALCULO DE RESERVAS DE MINERAL EN LA VETA CULEBRA

Para toda empresa minera es importante tener un cálculo de reservas actualizado año con año, ya que resulta obvio que en base a ellas se elabora una planeación ordenada de toda la operación minera.

Los altos costos de operación en la unidad Tayoltita y los bajos precios de la plata en el mercado mundial han puesto al sector minero de Minas de San Luis, S.A. de C.V., en una situación difícil, la cual nos hace ser muy selectivos en nuestros bloques por minar, es decir, tenemos que explotar solamente los que tengan mayor ley. En este sentido, Minas de San Luis, S.A. de C.V., por medio del Departamento de Geología, lleva a cabo un cálculo de reservas de las diferentes vetas cada medio año. (Ver Figura 19).

A la fecha, la Veta Culebra es una de las más estructuras con mayores reservas de mineral explotable después de Cedral, pero es evidente que éstas están disminuyendo cada año y el objetivo de este trabajo es presentar el cálculo de reservas de la Veta Culebra para el año de 1990, con énfasis en los bloques de alta ley, seguido de una serie de recomendaciones geológicas para la exploración a futuro.

# MINAS DE SAN LUIS, S. A.

## RESERVAS DE METAL

BLOQUE 427-H 45

VETA CULBRA

MINA ISABEL

ENTRE NIVELES 1-2

ENSAYES				BALANCEO							
LUGAR DEBIDA F-000				AÑO	LUGAR	ANCHO	AREA	ENSAYE-Ag	ENSAYE-Au	CONTENIDO Ag	CONTENIDO Au
196	2	2.0'	1	1975	NIVEL 1	8.0 X 152	1,056	342.3	4.0	303.156	4.224
204	2	2.0'		1975	NIVEL 2	6.3 X 85	536	200.2	4.1	202.500	2.208
				1975	TOTALES	7.3 X 217	1,592	542.5	4.0	505.656	6.432
199	1	2.0'	3	1975	NIVEL 1	8.0 X 152	1,056	342.3	4.0	303.156	4.224
206	2	2.0'		1980	C.P. 2-036	4.4 X 40	176	250	2.4	49.302	0.448
100	2	1.5'		1980	RES. 2-036	8.0 X 90.0	360	222.0	2.0	70.920	0.720
202	4	2.0'	5	1980	TOTALES	6.2 X 282	1,476	296	2.9	411.382	4.371
216	2	2.0'									
200	2	2.0'									
209	2	2.0'	6								
205	2	2.0'									
206	2	2.0'									
243	2	2.4'	7								
223	2	2.2'									
201	1	1.0'									
224	2	2.1'	8								
208	2	2.0'									
214	2	2.0'									
207	1	2.0'	9								
109	1	4.0'									
130	1	2.5'									
107	1	1.0'	10								
203	1	2.0'									
175	1	2.5'									
102	1	2.0'									
107	1	2.4'	11								
200	4	1.8'									
200	2	2.0'									
04	100	2.5'	12								
118	1	1.5'									
222	2.0	7.5 X 12									
10,000.0	100.0	4.0'									
				AÑO	1975	1980					
				ESTADO	MARGINAL	MARGINAL					
				ENSAYE Ag	342.3	200					
				ENSAYE Au	4.0	2.9					
				ANCHO	7.3	6.2					
				AREA LONGITUDINAL	14,008	14,800					
				VOLUMEN	102,648	90,024					
				TONELADAS	7,911	6,924					
					C.P.	248.4					
				Deducciones							
					FTE.						
				DIQUE		446					
				TONELAJE MENOS DEDUCCIONES	7,911	6,929.5					
				DILUCION TONELAJE							
				TONELAJE FINAL	7,911	6,929.5					
				ENSAYE DILUIDO Ag	0.716	2.97					
				ENSAYE DILUIDO Au	0.716	2.9					
				CONTENIDO Ag.	2,029.965	1,245.195					
				CONTENIDO Au.	22.942	12.452					
				LEY FINAL Ag.	267	210					
				LEY FINAL Au.	2.9	2.1					
				UNIVERSIDAD DE SONORA				QUE PARA OBTENER EL TITULO DE			
				TESIS PROFESIONAL				GEOLOGO			
				DIBUJO		FECHA		POR		HOJA DE CALCULO PARA	
				J. ROACHO AROS				J. CARLOS RODRIGUEZ		BLOQUES INDIVIDUALES	
								FIGURA		NO 10	

## METODO DE ESTUDIO

Para el estudio del cálculo de reservas en la Veta - Culebra se ha tomado el método de estimación de reservas de metal elaborado por el Departamento de Geología de la unidad Tayoltita que a continuación se presenta:

### HOJAS DE CALCULO PARA LOS BLOQUES INDIVIDUALES

Cada bloque de metal tiene su propia hoja de cálculo. Los ensayos que se usan para calcular el bloque están pasados de los mapas de ensaye a las hojas de cálculo. Esto se hace de la siguiente manera: Se pasa el ensaye y ancho de cada muestra a los renglones de las columnas que dicen "ENSAYES". Si es necesario corregir el ancho de la muestra, se hace antes de pasarlo a la hoja de cálculo. Cuando se pasan todas las muestras de una línea, se pone una ménsula con el número de la línea. Esto se hace para después sacar el promedio del ancho de la veta. Es conveniente también poner el número de la línea que aparece en los mapas de ensaye para después poder localizar de donde se sacó el ensaye.

Después de pasar todas las muestras a la hoja de cálculo, se calcula el promedio de las leyes y del ancho del cuerpo de metal. Estos promedios se pasan a la misma hoja donde dice "ENSAYE Ag", "ENSAYE Au" y "ANCHO".

El siguiente renglón, donde dice "AREA LONGITUDINAL" se consigue a base de medir con un planímetro o con métodos matemáticos, el área del bloque de metal como aparece en la sección longitudinal de la veta o en una sección longitudinal de contrapozo o rebaje. Es más preciso medirlo en una sección más grande como de contrapozo o alevante.

El siguiente paso consiste en multiplicar el ancho promedio por el área longitudinal para sacar el "VOLUMEN". Para calcular las toneladas se divide el volumen por 13 (es una relación adimensional de conversión del sistema inglés,  $(ft^3)$  a ton. métrica o multiplicarlo por 2.7 que es la densidad específica ( $gr/cm^3$ ) del material explotado (sistema métrico).

Después se restan las deducciones de contrapozos, frentes, subniveles y diques para llegar a la cifra donde dice "TONELAJE MENOS DEDUCCIONES". Si la cifra "TONELAJE MENOS DEDUCCIONES" es inferior de 500 toneladas, se multiplica por 25% para calcular la "DILUCION DE MINADO". Cuando "TONELAJE MENOS DEDUCCIONES" está entre 500 y 5,000 toneladas, se multiplica por el 15% para calcular la "DILUCION TONELAJE". Para tonelajes mayores de 5,000 toneladas, no se aplica dilución sobre tonelaje.

La dilución del ensaye es un porcentaje que se saca de la gráfica de disminución (curva de corrección de ensayes). Esto se multiplica por el "ENSAYE Ag" y "ENSAYE Au" para llegar al "ENSAYE DILUIDO Ag" y "ENSAYE DILUIDO Au".

Se calcula el "CONTENIDO Ag" y "CONTENIDO Au" multiplicando el "TONELAJE MENOS DEDUCCIONES" por el "ENSAYE DILUIDO Ag" y "ENSAYE DILUIDO Au".

Las leyes finales de los bloques aparecen los últimos dos renglones que están en blanco. Se calculan dividiendo el "CONTENIDO Ag" y "CONTENIDO Au" sobre el "TONELAJE FINAL".

Hay muchos casos en que el bloque de metal se calcula usando el muestreo de dos o más obras. Los dos ejemplos más comunes de esto son el caso de un bloque de metal entre un alevante; y de un bloque entre dos niveles, de los cuales ambos están en metal.

En casos como estos, es necesario usar el cálculo - de "BALANCEO" que aparece en la hoja de cálculo. Se hace - de la siguiente manera. De la primera labor se pasa al "ENSAYE Ag" y "ENSAYE Au" abajo de donde dice "BALANCEO". También se pasa el "ANCHO" a "ANCHO". De una manera similar se pasan los datos de la segunda labor a las columnas de "BALANCEO".

El "AREA" se calcula multiplicando el "ANCHO" por el largo del bloque en consideración. El "CONTENIDO Ag" y "CONTENIDO Au" se calculan multiplicando por "ENSAYE Ag" y "CONTENIDO Au". Después se suman las columnas de "AREA", "CONTENIDO Ag" y "CONTENIDO Au" sobre la suma de "AREA".

Después de hacer el cálculo de balanceo, se pasan - los datos balanceados a las columnas inferiores y se sigue - calculando como se explicó en la primera parte de esta sección. Es muy importante hacer notar que los ensayos todavía no están diluidos cuando se hace el "BALANCEO".

Después de terminar con la hoja de cálculo para bloques individuales, los datos se pasan a la hoja que dice --- "SUMARIO DEL BLOQUE", donde se suman los bloques individuales. De allí se pasan a las hojas donde se calculan las sumas de metal dentro de niveles.

Para aclarar hay tres hojas, la primera es para calcular los bloques individuales, la segunda para sumar grupos de bloques y la tercera es para sumar todo el metal que está entre dos niveles.

#### NOMBRAMIENTO DE LOS BLOQUES

El nombre de cada bloque consiste de un número seguido por una letra. El número se aplica a todos los bloques - de una veta que ocurren dentro de dos niveles activos.

La letra indica el bloque individual. En el caso - de que haya demasiados bloques individuales dentro de nive-- les, como en Culebra, es conveniente dividir la veta en dos o más partes que reciben sus propios números.

### REGLAS DEL BLOQUEO DE METAL

#### METAL DESARROLLADO

- 1.- Metal expuesto en dos niveles conectados por un contra- pozo en metal.
- 2.- Metal expuesto en un nivel, del cual la altura arriba y abajo del nivel que se considera como metal desarrolla- do dependerá del largo del metal expuesto en el nivel - conforme a la siguiente tabla:

#### LONGITUD DEL NIVEL

#### ALTURA DEL BLOQUE

0-50 pies (0-15 metros)	10 pies ( 3 metros)
50-100 pies (15-30 metros)	15 pies (4.5 metros)
100-200 pies (30-60 metros)	20 pies ( 6 metros)
200+ pies (60 + metros)	25 pies (7.5 metros)

- 3.- Metal expuesto en un nivel y un contrapozo: Se hace un triángulo con su base en el nivel y su vértice en el límite de metal en el contrapozo.

#### METAL PARCIALMENTE DESARROLLADO

- 1.- Metal entre dos niveles que tienen metal desarrollado. La altura del bloque no debe exceder 135 pies (40 mts)
- 2.- Metal expuesto en un solo nivel. Se forma un triángu- lo, con ángulos de 45° encima del bloque desarrollado - (se ponen triángulos únicamente encima de los bloques - mayores de 50 pies (15 metros de longitud). La altura del triángulo no debe exceder de 135 pies (40 metros) - arriba del nivel.

MUESTRAS

- 1.- No se usará ninguna muestra mayor de 5 pies (1.5 mts.) de longitud.
- 2.- No se usarán muestras de contrapozos para calcular bloques de metal cuando el bloque está expuesto en dos niveles.
- 3.- Cuando el bloque expuesto es un nivel y un contrapozo, se usa el muestreo del contrapozo en un cálculo únicamente cuando el ancho de la veta es menor al ancho muestreado. En el caso contrario se usa el muestreo del contrapozo para estimar hasta donde llega el metal y para calcular el área longitudinal del bloque, pero sin usarlo para calcular la ley.

ESTIMACION DE RESERVAS DE METAL  
DE LA MINA CULEBRA PARA 1990

Las tablas 3, 4 y 5 del presente trabajo, muestran las reservas de mineral de la mina Culebra, desde el Nivel 1 de Culebra hasta el Nivel 15 de Arana.

En los años anteriores (1988-1989), la explotación sobre esta veta ha sido muy intensa, sobre todo por los llamados cargueros, contratistas especializados en minar vetas angostas, pero de alta ley. A continuación una comparación de las reservas de mineral de los últimos 3 años. (Tabla 2).

TABLA 2  
COMPARACION DE RESERVAS DE  
MINERAL EN LA MINA CULEBRA

<u>AÑO</u>	<u>CALIDAD DEL MINERAL</u>	<u>TONS. METS.</u>	<u>LEY Ag</u> <u>Grs/ton</u>	<u>LEY Au</u> <u>Grs/ton</u>
1988	PROBADO	56,631	489	5
	INDICADO	21,823	476	5
	MARGINAL	221,045	294	3
	T O T A L 1988	299,499	344	3.5
1989	PROBADO	34,534	465	3
	INDICADO	15,733	499	4
	MARGINAL	209,978	328	3
	T O T A L 1989	260,245	357	3.1
1990	PROBADO	21,697	467	4.5
	INDICADO	14,500	502	4.4
	MARGINAL	188,677	287	2.9
	T O T A L 1990	224,874	318	3.2

Como se puede apreciar en esta tabla, la disminución de reservas del año 1988 a 1990 fue de 74,625 toneladas métricas, de las cuales, el mineral probado aportó el 47% de la cuota, el mineral indicado solamente el 10% y el restante 43% fue aportado del mineral marginal.

La diferencia de toneladas entre el año 1988 y 1990, no fuera tan brusca si hubiéramos desarrollado frentes de exploración que nos hubieran permitido cubicar mineral -- nuevo.

En otro capítulo de este trabajo hablaremos de las principales recomendaciones que proponemos para cubicar más mineral.

Para 1990, la mina Culebra presenta un gran total de 224,874 toneladas métricas de mineral que representa el 16.4% de las reservas totales de la mina Tayoltita.

TABLA 3.-

CALCULO DE MINERAL PROBADO EFECTIVO AL 10. DE ENERO DE 1990  
M I N A C U L E B R A

	Toneladas Métricas	Kilos de Plata por Tonelada	Kilos de Oro por Tonelada	Total Kilos de Plata	Total Kilos de Oro
ENTRE LOS NIVELES 3-5 CULEBRA	728	.463	.0038	337.1	2.77
4-5 CULEBRA	1,023	.389	.0046	398	4.69
5-7 CULEBRA	1,810	.480	.0048	868.3	8.68
7-10 CULEBRA	3,783	.469	.0043	367.2	3.41
1-5 ARANA	3,106	.422	.0046	1,309.6	14.14
6-7 ARANA	3,183	.423	.0036	77.4	0.66
7-8 ARANA	3,499	.477	.0046	1,670.3	15.94
8-10 ARANA	7,608	.465	.0044	3,540.8	33.22
10-15 ARANA	2,957	.528	.0045	1,561.3	13.31
SUB-TOTAL	21,697	.467	.0045	10,130	96.8
TOTAL MINERAL PROBADO MINA CULEBRA	21,697	.467	.0045	10,130	96.8

N O T A: La clasificación de mineral probado consiste de bloques de metal con una ley mayor de 350 gramos de plata con 5 gramos de oro por tonelada métrica.



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

TABLA 4.-

CALCULO DE MINERAL INDICADO EFECTIVO AL 10. DE ENERO DE 1990

MINA C U L E B R A

ENTRE NIVELES	Toneladas Métricas	Kilos de Plata por Tonelada	Kilos de Oro por Tonelada	Total Kilos de Plata	Total Kilos de Oro
5 - 7 CULEBRA	720	.470	.0044	338.4	3.16
7 - 10 CULEBRA	672	.480	.0039	322.6	2.62
1 - 5 ARANA	1,914	.444	.0047	850.0	8.96
6 - 7 ARANA	254	.424	.0036	107.7	0.91
7 - 8 ARANA	5,211	.505	.0044	2,629.4	22.93
10 - 15 ARANA	5,729	.528	.0045	3,024.9	25.78
SUB-T O T A L	14,500	.502	.0044	7,273	64.4
TOTAL MINERAL INDICADO MINA CULEBRA.	14,500	.502	.0044	7,273	64.4

N O T A : La clasificación de mineral indicado consiste de bloques de metal con una ley mayor de 350 gramos de plata con 5 gramos de oro por toneladas métricas.



TABLA 5.-

CALCULO DE MINERAL MARGINAL EFECTIVO AL 10. DE ENERO DE 1990

M I N A C U L E B R A

	Toneladas Métricas	Kilos de Plata por Tonelada <sup>s</sup>	Kilos de Oro por Tonelada <sup>s</sup>	Total Kilos de Plata	Total Kilos de Oro
SUPERFICIE AL NIVEL 1 DE ARANA	14,325	.287	.0028	54,237.3	538.26
1 - 3 CULEBRA	23,152	.238	.0024	5,515.8	56.48
3 - 4 CULEBRA	11,454	.262	.0024	3,156.1	1.97
4 - 5 CULEBRA	20,341	.275	.0026	5,891.9	30.60
5 - 7 CULEBRA	20,392	.289	.0030	5,339.3	61.77
7 - 10 CULEBRA	28,314	.261	.0026	7,919.6	53.03
1 - 5 ARANA	6,731	.280	.0029	1,859.6	81.33
5 - 7 ARANA	7,772	.276	.0024	2,371.2	16.07
7 - 8 ARANA	11,007	.305	.0025	3,710.7	19.54
8 - 10 ARANA	24,850	.337	.0030	7,581.4	33.21
10 - 15 ARANA	18,904	.305	.0028	6,801.3	71.16
15 - 22 ARANA		.359	.0040		75.49
SUB-T O T A L	188,677	.287	.0029	54,237	538.3
TOTAL MINERAL MARGINAL MINA CULEBRA	188,677	.287	.0029	54,237	538.3

N O T A : La clasificación de mineral marginal consiste de bloques de metal con una ley que varía de 349 a 200 gramos de plata y de 4.9 a 2 gramos de oro.



## RECOMENDACIONES GEOLOGICAS

En base a la experiencia adquirida en el interior de la mina, ya sea levantando geología de frentes, contrapozos, cruceros, cada corte de los rebajes en producción, así como su muestreo respectivo y también apoyado en las secciones longitudinales donde se muestra la geología de la Veta - Culebra y su relación con la mineralización, tendencias de los cocientes metálicos Ag: Au, además de los isovalores de plata-oro y de otras herramientas útiles en la exploración, he elaborado una serie de blancos a explorar con muy buenas posibilidades de incrementar reservas en forma substancial.

Algunas de las recomendaciones geológicas son un poco añejas, pero cobran vigencia hoy en día dado que estamos en una época donde la optimización de recursos es importante, además de algunas otras que han surgido a la luz de las nuevas interpretaciones con datos frescos que van aportando las obras en desarrollo, barrenación a diamante, etc.

Es importante mencionar que la mayoría de las recomendaciones a llevarse a cabo están orientadas a cuerpos minerales de alta ley o muy cercana a ella.

A manera de resumen, mencionamos los sig. datos:

- 1.) Tenemos que colar 466.4 metros de obra (frentes, contrapozos para cubicar 117,829.0 toneladas métricas con una ley promedio de plata estimada de 410 grs. Ag/ton. y 3.5 grs. Au/ton. con un ancho promedio minable de 2.01 metros.



- 2.) Algunas de las obras en avance, se colarán sobre mineral dando lugar a mineral de desarrollo y con ésto se podrá pagar la obra.
- 3.) Pienso que los datos mencionados en el punto número 1, son muy conservadores y que fácilmente podremos esperar más tonelaje.

Por último quiero mencionar que estas recomendaciones - son para zonas o bloques de mineral que necesitan poca infraestructura, pero debemos apoyar el desarrollo de todas aquellas zonas con muy buen potencial pero con poca infraestructura y reforzadas con una campaña agresiva de barrenación a diamante.

En la tabla 6 se muestran los detalles de las principales recomendaciones a seguir para ubicar nuevo mineral en la sección Culebra. Y en las Figuras 20, 21 y 22 se muestran las obras propuestas.



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

TABLA No. 6 UNIDAD TAYOLTITA  
 PRINCIPALES RECOMENDACIONES A SEGUIR PARA CUBICAR NUEVO MINERAL  
 DE ALTA LEY EN LA SECCION CULEBRA

No. REC. GEOL.	NOMBRE OBRA	ANCHO PROM.	MTS. A DES.	TONS. METS. ESPERADAS	L E Y E S		CONTENIDOS Ag (Kgrs.)	CONTENIDOS Au (Kgrs.)
					Ag	Au		
6-A-4	CP. 6-202,213	1.61 mts.	146.3	16,708	255	2.0	4,260.5	33.4
6-A-2	FTE 6-227 E	1.68 mts.	76.2	6,980	293	3.0	2,045.1	20.9
6-A-3	CP. 6-203	1.19 mts.	9.1	3,904	301	3.0	1,175.1	11.7
17-8-33	CP. 8-217	1.86 mts.	45.7	3,500	461	3.9	1,613.5	13.7
9-A-1	FTE 9-232 E	2.10 mts.	45.7	7,909	347	2.9	2,744.4	22.9
S/RECN.	CRO 10-A-203	1.55 mts.	9.1	3,923	561	4.9	2,200.8	19.2
14-B-103	FTE 14-202 W	3.11 mts.	67.1	40,070	528	4.5	21,157.0	180.3
14-b-103	FTE 14-202 W	3.17 mts.	67.1	34,835	378	3.2	13,167.6	111.5
T O T A L E S :				466.3 mts.	117,829 T.M.	410	48,364.1	413.6

RECOMENDACIONES GEOLOGICAS ESPECIALES NIVEL 7 ARANA

7-B-1 Desarrollo en las Frentes E-W sobre el Nivel 7. Hacia el E, esperamos la extensión de la mineralización localizada en los niveles superiores; hacia el W esperamos la continuidad de la mineralización explotadas en los Rebajes 8-173 y 8-172.



RECOMENDACIONES GEOLOGICAS ESPECIALES NIVEL 9 ARANA

9-A-1 Para comenzar a desarrollar la Veta Culebra en este nivel es necesario dar un cruceo ---- (9-236 N) de 20.0 mts. para acceder a ella y posteriormente desarrollar 150.0 metros hacia el W (Frente 9-232 W) y 60.0 metros hacia el E (Frente 9-232 E).

Los objetivos principales de esta obra son 4:

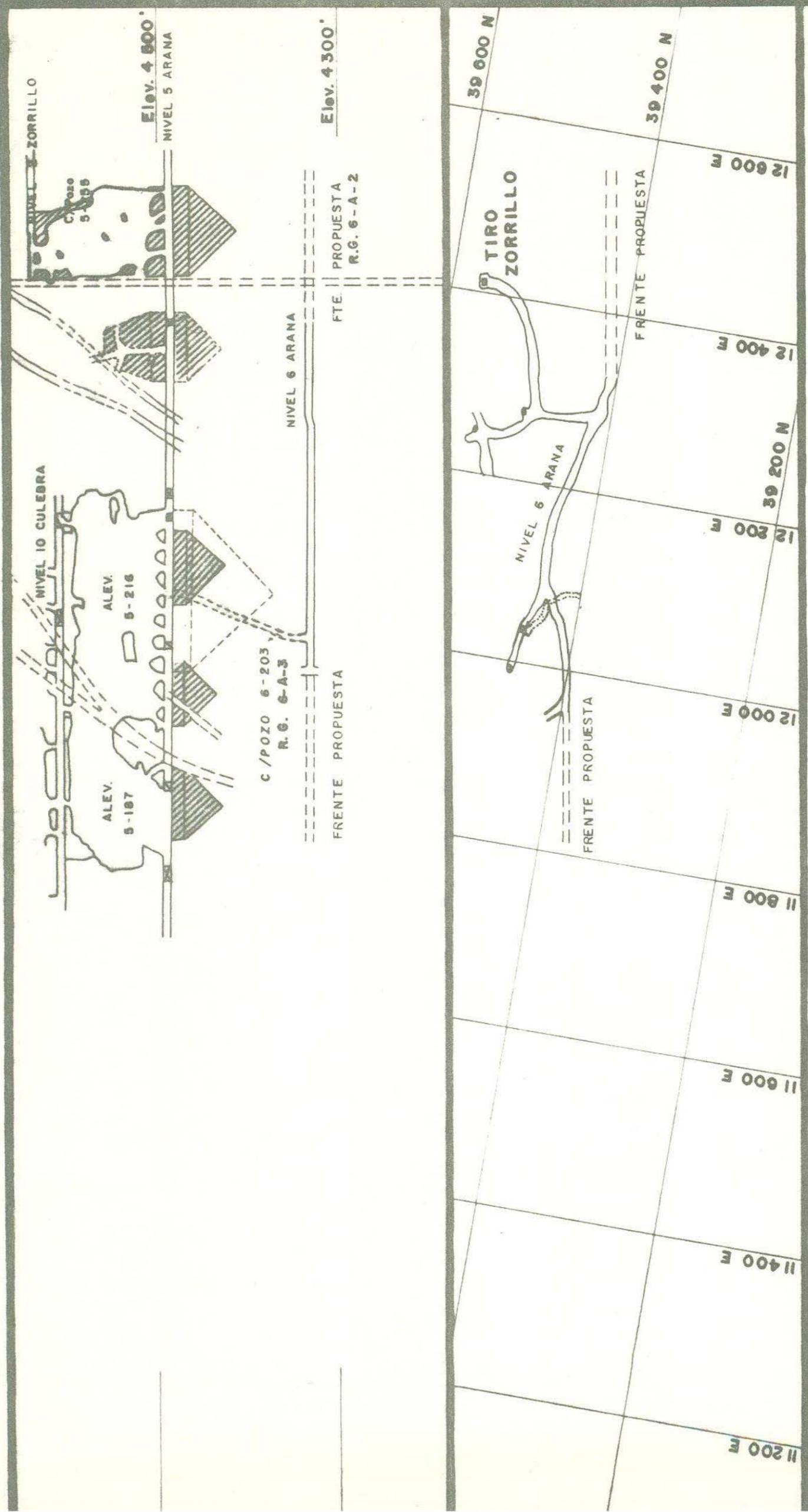
Hacia el E:

- 1.-) Colocarse debajo del bloque 696 C-D.

Hacia el W:

- 1.- Colocarse debajo del Rebaje 8-234.
- 2.- Buscar la extensión de la mineralización explotada en el Rebaje 8-204 (alta ley)
- 3.- Explorar la cara E del Rebaje 10-178 (alta ley).





TOMADO DEL DPTO. GEOLOGIA

ESCALA GRAFICA



QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**GEOLOGO**

**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

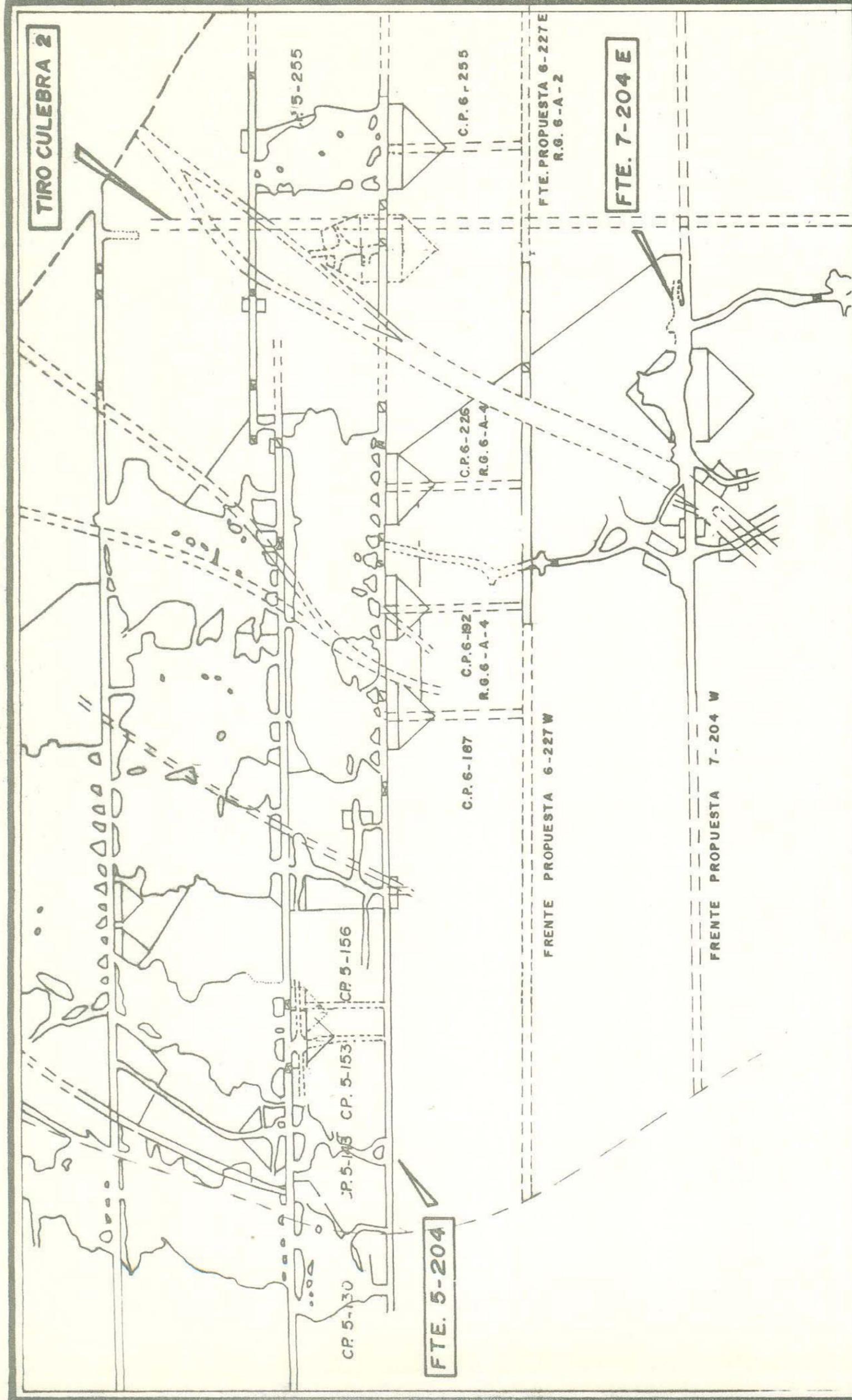
TESIS PROFESIONAL

DIBUJO:  
J. ROACHO AROS

FECHA:  
ABRIL, 1990

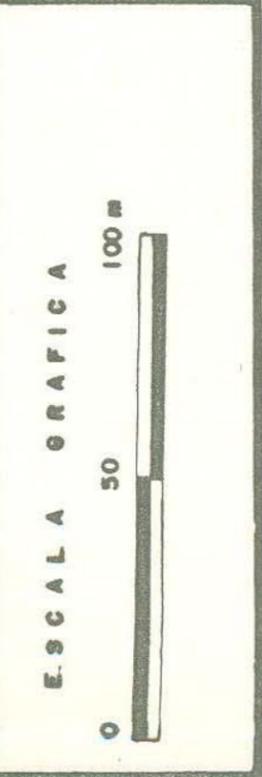
POR:  
J. CARLOS RODRIGUEZ  
FIGURA: Nº 20

SECCION LONGITUDINAL DE LA  
VETA CULEBRA MOSTRANDO LAS  
OBRAS PROPUESTAS.



QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**GEOLOGO**  
 SECCION LONGITUDINAL DE LA  
 VETA CULEBRA MOSTRANDO LAS  
 OBRAS PROPUESTAS.

**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
 DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
**TESIS PROFESIONAL**  
 DIBUJO. J. ROACHO AROS  
 FECHA. ABRIL, 1990.  
 FIGURA. MP 21  
 J. CARLOS RODRIGUEZ







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

## C O N C L U S I O N E S

- 1.- La Andesita Intrusiva juega un rol importante en la formación de los cuerpos minerales dentro de la Veta Culebra.
- 2.- La exploración por obra directa hacia el poniente dado que las evidencias de campo ubican hacia allá la parte principal del Stock Candelaria.
- 3.- Los cocientes metálicos reafirman lo señalado en el punto 2, sin embargo, existen 3 zonas más dentro de la Veta Culebra que también pudieron haber sido los canales mineralizantes.
- 4.- Las reservas de la mina Culebra, se han estado agotando de una manera muy rápida y es necesario incrementarlas, para ésto es requerida la exploración tanto por obra directa como por una campaña de 2,000 metros de barrenación a diamante, siguiendo un programa elaborado hacia finales del año 1988.
- 5.- El seguimiento que se le den a las recomendaciones geológicas, para efecto de incrementar reservas a corto plazo, será decisivo para los resultados finales que se tengan para 1990.

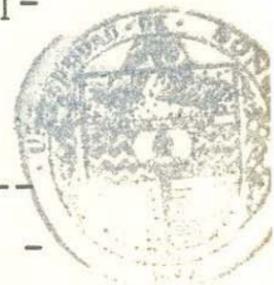


REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

EL SABER DE MIS HIJOS  
HA HECHO SU GRANDEZA  
Escuela de Ingeniería  
Depto. Geología  
BIBLIOTECA

- Albinson, T., 1978, Fluid Inclusion Studies of the Tayoltita Mine and Related Areas, Durango. México "Unpubl M.A. Thesis University of Minnesota.
- Clarke, M., Albinson T., 1981, Fluid Inclusions and Silver -- Gold Ratio Studies Applied to the Problem of Ore-Body Distribution in Vein of Tayoltita, México.
- Clarke, M., 1986, Hydrothermal Geochemistry of Silver-Gold vein Formation in the Tayoltita Mine and San Dimas Mining District, Durango and Sinaloa, México. Ph D. - Thesis, University of Arizona.
- Churchill, R. K., 1980, Meteoric Water Leaching and Ore Genesis the Tayoltita Silver-Gold Mine, Durango, México: Unpub. Ph. D. Dissertation, University of Minnesota.
- Davidson, S., 1932, Geology and Ore Deposit of Tayoltita District of San Dimas, Durango, México; Unpubl. Ph. D. Diss, Harvard University, Cambridge, Mass.
- Enríquez, E., 1985, Estudio de Cocientes Metálicos de la Veta Cedral Mina Tayoltita, Distrito de San Dimas, Durango, México. Tesis Profesional no publicada, Universidad - de Sonora en Hermosillo.
- Fredrikson, G., 1974, Geology of the Mazatlán Area, Sinaloa, Western México, Unpubl. Ph. D. Thesis, University of Texas at Austin.

- Henry, C.D., 1975, Geology and Geochronology of the Granitic Batholithic Complex, Sinaloa, México. Unpubl. - Ph. D. Thesis, University of Texas at Austin.
- Henshaw, P.C., 1953, Geology and Ore Deposit, San Dimas District, Durango, México: Un Publ. Report San Luis Mining Co.
- Keller, P.C., 1974, Minerology of the Tayoltita, Gold and Silver Mine, Durango, México, Unpubl. M.A., Thesis - University of Texas at Austin.
- Nemeth, K.E., 1976, Petrography of the Lower Volcanic Group, Tayoltita San Dimas District, Durango, México. Unpubl M.A. Thesis the University of Texas at Austin.
- Park, Ch. F., and MacDiarmid, R.A., 1975, Ore Deposit, Third Ed: Freeman and Company.
- Rivera, R., 1976, Estudio de Rehabilitación de la Mina Candelaria, Tayoltita, Durango. México, Tesis Profesional no publicada, Universidad de San Luis Potosí.
- Smith, D.M., and Hall, D.K., 1974, Geology of the Tayoltita - Mine, Durango, México. Soc. Mining Engineers AIME.
- Smith, D.M., Albinson, T., and F. Sawkins 1979, Geologic and Inclusions Studies of the Tayoltita Silver-Gold Vein Deposit. Durango, México.
- Sousa, J., 1979, Cocientes Metálicos de Ag/Au de la Veta Culebra, Reporte Privado no Publicado, Septiembre de 1979.



EL SABER DE INFINITO  
HARA MI GRANDEZ  
Reculo de Invenio  
Depto. Geografía  
BIBLIOTECA