



UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



ESTUDIO PRELIMINAR DE GEOLOGIA Y COCIENTES METALICOS
DE LA VETA EL HERRERO, MINA EL HERRERO,
DISTRITO DE SAN JOSE DE BASIS
DURANGO, MEXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
GEOLOGO



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



BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES

PRESENTA EL SABER DE MIS HIJOS
HAHA MI GRANDEZA

RANDOLFO LOPEZ SOTO

HERMOSILLO SONORA

1993

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



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



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

UNIVERSIDAD DE SONORA

Hermosillo, Sonora.

DIVISION DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

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

**Departamento de Geología**

1992: AÑO DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA

Marzo 09 de 1993.



DR. GUILLERMO A. SALAS PIZA
Jefe del Depto. de Geología
Universidad de Sonora



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA

**BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES**

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

Por medio de la presente le solicito a usted la aprobación del tema de Tesis "ESTUDIO PRELIMINAR DE GEOLOGIA Y COCIENTES METALICOS DE LA VETA EL HERRERO, MINA EL HERRERO, DISTRITO DE SAN JOSE DE BASIS, DURANGO, MEXICO", que será sustentada por el pasante de Geólogo RANDOLFO LOPEZ SOTO, con expediente 8322326-6; como requisito parcial para obtener el Título de Geólogo.

En espera de su respuesta quedo de usted.

A T E N T E M E N T E


GEOL. MARIANO MORALES MONTANO
Director de Tesis

EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
DEPTO. GEOLOGIA

C. c. p. Interesado
Archivo

UNIVERSIDAD DE SONORA

Hermosillo, Sonora.

DIVISION DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

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



Departamento de Geología

1992: AÑO DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA

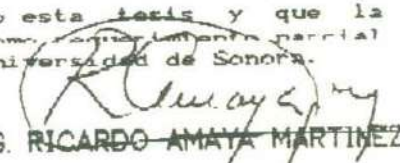
NOMBRE DE LA TESIS:

"ESTUDIO PRELIMINAR DE GEOLOGIA Y COCIENTES
METALICOS DE LA VETA EL HERRERO, MINA EL HERRERO, DISTRITO
DE SAN JOSE DE BASIS, DURANGO, MEXICO"

NOMBRE DEL SUSTENTANTE:

RANDOLFO LOPEZ SOTO

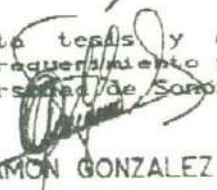
El que suscribe, certifica que ha revisado esta tesis y que la
encuentra en forma y contenido adecuada como requerimiento parcial
para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.


ING. RICARDO AMAYA MARTINEZ

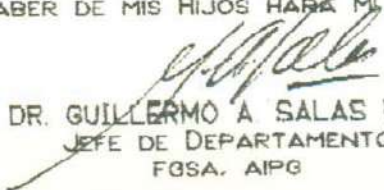
El que suscribe, certifica que ha revisado esta tesis y que la
encuentra en forma y contenido adecuada como requerimiento parcial
para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.


GEOL. MARIANO MORALES MONTANO

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.


GEOL. JUAN RAMON GONZALEZ SANDOVAL

ATENTAMENTE
"EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA"


DR. GUILLERMO A. SALAS PIZA
JEFE DE DEPARTAMENTO
FGSA, AIPG
EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
DEPTO. CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

GASP:ag

UNIVERSIDAD DE SONORA

Hermosillo, Sonora.

DIVISION DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

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



Departamento de Geología

1992: AÑO DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA

EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZABIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES

Marzo 11, 1993.

GEOL. MARIANO MORALES MONTAÑO
Director de Tesis
Departamento de Geología de la
Universidad de Sonora
P r e s e n t e

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

Por este conducto tengo a bien informarlo a
Usted, que ha sido aprobado el tema de tesis:

"ESTUDIO PRELIMINAR DE GEOLOGIA Y COCIENTES
METALICOS DE LA VETA EL HERRERO. MINA EL HERRERO. DISTRITO
DE SAN JOSE DE BASIS. DURANGO, MEXICO"

El cual será sustentado por:

RANDOLFO LOPEZ SOTO

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

A T E N T A M E N T E

DR. GUILLERMO A. SALAS PIZA
Jefe de Departamento



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
DEPTO. DE GEOLOGIA

C.c.p. Interesada
Archivo

DEDICO ESTA TESIS A :



---MI ESPOSA, Rosa M. Alegría y a mi niño Ricardo Randolph.

Con mucho amor, ya que son parte muy importante en mi ser
mis ganas de vivir.

EL SABER DE NUESTROS DIAS:
HAYA MI GRACIAS
Escuela de Ingenieros
Depto. Geología
BIBLIOTECA

---MIS PADRES, Francisco A. López U. y Gloria Soto de L.

Con infinito cariño y respeto por haberme guiado y apoyado
con sabiduría, durante toda mi etapa escolar. Gracias por darme la
vida y que dios los bendiga por siempre.

---MIS HERMANOS, Cruz Fidel, Francisca y José Luis.

Por su apoyo incondicional y por la amistad que nos ha unido.
Gracias.

---MIGUELITO y ALANSITO, que con sus risas, travesuras y ternura,
despiertan sentimientos tan buenos en mi corazón.... Los Adoro.

---MI TIO, Ruben López U., le estoy eternamente agradecido por sus
apertados consejos.

AGRADECIMIENTOS

Para la selección, elaboración y posterior presentación de esta tesis, fué necesario discutirlo con el Ing. Miguel Del Río Torres. Por lo anterior y por su apoyo tanto moral y de trabajo para que esta tesis se llevara a cabo, le doy las más infinitas gracias.

Agradezco la valiosa ayuda tanto moral como de trabajo al Geol. Mariano Morales Montaño y al Ing. Ricardo Amaya Martínez, ya que desde que se inició esta tesis y hasta el momento de presentarla, me brindaron toda la ayuda necesaria y además me dieron ánimos para que esto se hiciera realidad. Gracias.

Al Ing. Ricardo Amaya Martínez, Geol. Mariano Morales Montaño y Geol. Juan Gonzalez, por permitir ser mi comité revisor, por sus sugerencias y críticas para una mejor interpretación y ordenamiento de las ideas. Gracias.

Gracias al Ing. Luis J. Smith B. y al Ing. Telésforo Martínez Patiño, por permitirme presentar esta tesis.

A la Compañía Minas de Bacis S.A. de C.V., agradezco la oportunidad brindada para laborar en ella y las facilidades prestadas para la realización de esta tesis.

Gracias a la Compañía Real del Monte y Pachuca S.A. de C.V., en especial al Ing. Enrique Cervantes Montes, Director de Minas.

al Ing. Miguel Del Río Torres, Gerente de Geología de Minas, y al Ing. Enrique de J. Cervantes Garcia, Gerente Unidad La Rica, por las facilidades brindadas para la culminación de ésta tesis.

Agradezco la valiosa colaboración de los Sres. Vidal Ortiz y Pablo Ezquivel y a la Sra. Elvia Ruiz, del Departamento de Geología de la Compañía Real del Monte y Pachuca S.A. de C.V., por el trabajo gráfico y mecanográfico de ésta tesis.

A mi escuela, maestros y compañeros de generación, gracias por haberme brindado su apoyo y conocimientos.

A mis amigos, gracias por esos momentos inolvidables y esa confianza depositada en mí, compartiendo experiencias importantes en mi vida.

Por último, agradezco a todas aquellas personas que de una manera u otra, me ayudaron a realizar este trabajo, y a todos los que me facilitaron sus conocimientos para mi mejor formación.



EL SABER DE MIS HIJOS
HA HECHO MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Div. Geología
BIBLIOTECA

INDICE

	Páginas
LISTA DE FIGURAS	1
LISTA DE LAMINAS	1
RESUMEN	1
I.- INTRODUCCION	1
Objetivos	1
Trabajos Previos	1
Método de Trabajo	1
II.- GENERALIDADES	3
Localización y Vías de Comunicación	4
Clima, Flora y Fauna	4
Fisiografía, Geomorfología e Hidrografía	6
III.- GEOLOGIA REGIONAL	7
IV.- ESTRATIGRAFIA	10
SERIE VOLCANICA INFERIOR	13
Andesita Productiva	13
Diques Félsicos	17
Diques Intermedios	18
SERIE VOLCANICA SUPERIOR	18
Riolitas las Cumbres (CAPPING)	19
V.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL	22
VI.- GEOLOGIA HISTORICA	24
VII.- GEOLOGIA ECONOMICA	26
A) Antecedentes	26
B) Características Generales	27
C) Sistemas de Vetas en la Mina El Herrero	28
D) Concepto de Zona Favorable	34
E) Alteración Hidrotermal	36
F) Mineralización y Paragénesis	37
G) Mineralogía Secundaria	41
H) Edad de la Mineralización	41
VIII.- COCIENTES METALICOS DE Ag/Au	43



EL SABER DE MIS DIAS
PARA MI GRANDES
Escuela de Ingenieros
Depto. Geología
BIBLIOTECA

Conceptos Teóricos del Zoneamiento de Cocientes	
Metálicos	43
Interpretación de Cocientes de Ag/Au	45
IX.- SISTEMAS GEOTERMALES ACTIVOS	52
X.- EXPLOTACION Y BENEFICIO	53
Ritmo de Explotación	53
Método de Tumba	53
Método de Muestreo	53
Planta de Beneficio	54
XI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFIA	



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



EL SABER DE MIS HIJOS
PARA MI GRANDEZA

BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES

NOTA :

Basis--- NOMBRE DE LA COMPAÑIA

Basis--- NOMBRE DEL POBLADO O DEL AREA DE TRABAJO

L I S T A D E F I G U R A S

Figura		Página
1	LOCALIZACION DEL AREA BASIS	5
2	SUBPROVINCIAS DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL	8
3	GEOLOGIA GENERALIZADA DEL AREA BASIS	14
4	PROVINCIAS METALOGENETICAS	16
5	COLUMNA GEOLOGICA DE LA MINA EL HERRERO	20
6	PLANTA IDEALIZADA DEL SISTEMA DE VETAS DE LA MINA EL HERRERO	31
7	DISTRIBUCION DE CUERPOS MINERALIZADOS DENTRO DEL ORIZONTE FAVORABLE EN LA VETA EL HERRERO	35
8A	ASOCIACIONES MINERALES DESARROLLADOS EN LAS ETAPAS DE MINERALIZACION. EN LA VETA EL HERRERO	38
8B	PARAGENESIS MINERALOGICA DE LA VETA EL HERRERO	39
9	COCIENTES Ag/Au DE LA VETA EL HERRERO	47
10	ISOVALORES DE Ag DE LA VETA EL HERRERO	49
11	ISOVALORES DE Au DE LA VETA EL HERRERO	50
12	ISOPACAS EN METROS DE LA VETA EL HERRERO	51

L I S T A D E L A M I N A S

Lamina		
1	GEOLOGIA LOCAL, UNIDAD EL HERRERO	57



EL SABER DE MIS HIJOS
HACE MI GRANDEZA
Escuela de Ingenieros
Dep.to. Geologia
BIBLIOTECA



La Unidad EL Herrero de la Compañía Minas de Bacis S.A de C.V. tiene como cabecera municipal a Sta. María de Otaez, ubicada en la porción noroeste del Estado de Durango, a 175 km. en línea recta al NW 65° de la Cd. de Durango y a 80 km. al norte del Mineral de Tavoltita. Esta mina, actualmente está tomando renombre a nivel Latinoamérica y posiblemente a nivel mundial, por su producción en plata y oro. Está enclavada en la subprovincia de Barrancas en el flanco oeste de la Sierra Madre Occidental.

Las rocas que afloran en el Distrito Basís, regionalmente se han dividido en dos grupos o series: 1) Serie Volcánica Inferior (S.V.I.) compuesta por derrames, brechas, aglomerados y tobas de composición riolítica y principalmente andesítica intercalados y contados por diques félsicos e intermedios. 2) La Serie Volcánica Superior (S.V.S.) se localiza sobre la S.V.I. en contacto discordante y se compone principalmente de ignimbritas, andesitas, dacitas y latitas intercaladas, cuyo espesor excede de los 600 mt. Las rocas intrusivas y de origen sedimentario, no se encuentran expuestas dentro del área de estudio, pero las encontramos a 18 km. al oeste, aguas abajo del río de Los Remedios, en el lugar denominado Minera ROMER. En la región se reconocieron dos etapas de fallamiento de las cuales, la primera y más antigua, fue producto de esfuerzos de tensión, afectando solamente a la S.V.I. y fueron los espacios abiertos al momento del emplazamiento de diques y de las vetas de cuarzo mineralizadas; la segunda y más joven, fue producto de esfuerzos distensivos y afectó tanto a la S.V.I. como a la S.V.S., provocando desplazamientos en sentido vertical de por lo menos 200 mt.

La mineralización se presenta en vetas de cuarzo que se alojaron en la Andesita Productiva de la S.V.I. y está confinada a un horizonte o zona favorable de 400 a 600 mt. de espesor en sección vertical. El sistema de vetas del Distrito Basis. configuran lazos simoides con extensiones métricas hasta kilométricas, teniendo como ejes o lineaciones principales a las vetas El Herrero, San Jorge y La Bufa-El Cobre. En muestra de mano, la mineralización hipogénica se define por una asociación paragenética de tres etapas de las cuales, la segunda es la más importante en minerales de rendimiento económico. La mineralización de enriquecimiento supergénico es insignificante ya que la erosión es tan rápida que si ha tenido tiempo de formarse, ésta ha desaparecido. La edad de la mineralización solo puede darse en base a criterios obtenidos de las relaciones estructurales entre ésta y la roca encajonante, dando un rango aproximado que va desde 45 a 36.5 m.a.

Los cocientes de Ag/Au. nos dan una idea del sentido y dirección del flujo de los fluidos mineralizantes en la veta. El contorno de los cocientes, se comportan de una manera sinuosa, donde las concavidades son hacia arriba y al sur, indicando que el flujo hidrotermal proviene de la porción norte y a profundidad. Las isógradas de Ag/Au nos indican la presencia de un zoneamiento en sentido tanto vertical como lateral. Las curvas de isovalores de Ag y Au así como las isopacas están corroborando la idea de que el flujo proviene de la porción norte y a profundidad, ya que tienen un comportamiento muy similar a la de los cocientes.

Las características físicas, químicas y profundidad de la fuente térmica, son desconocidas ya que el presente trabajo se realizó con datos provenientes del desarrollo actual de la Mina.



INTRODUCCION



Objetivos

Pese al avance científico, la comprensión de los procesos involucrados en la formación de cualquier yacimiento mineral representa un arduo problema ya que normalmente su estudio involucra varios métodos geológicos clásicos, tales como cartografía geológica, petrografía, mineragrafía y otros. Estos estudios, aportan soluciones a determinados aspectos del problema, por lo cual hay que recurrir a métodos de evaluación mas precisos, tales como paragénesis del yacimiento, microtermometría, inclusiones fluidas, isotopía y cocientes metálicos entre otros. De esta manera, el contraste de la mayor cantidad de factores físico-químicos derivará en modelos genéticos más confiables en la definición de un yacimiento dado. Por esta razón, el presente trabajo pretende establecer entre otros objetivos:

- El zoneamiento mineralógico.
- Las posibles vías seguidas por las soluciones hidrotermales.
- El definir un intervalo preciso de la mineralización (zona favorable).
- Definir las zonas mas factibles para exploración con obra directa.
- Contribuir a un mejor conocimiento de la geología del área y a la génesis del yacimiento de la Unidad El Herrero.

Trabajos Previos

Existen escasos estudios de la Mina El Herrero, ya que anteriormente se trabajaba a pequeña escala y no eran necesarios trabajos a detalle, por tener el mineral de buena ley a flor de

tierra prácticamente.

En 1967 La Comisión de Fomento Minero, por petición del Sr. Emilio Gutiérrez, comisionó al Ing. Mario Veytia para la estimación de reservas en la mina El Herrero, trabajo que dió la pauta a seguir explorando y descubrir otro cuerpo mineral de buena ley hacia el norte de las obras antiguas en la veta El Herrero.

En 1980, El Consejo de Recursos Minerales comisionó al Ing. Miguel L. Carrasco para la elaboración de la Carta y Provincias Metalogenéticas del Estado de Durango, el cual clasifica a la mina El Herrero dentro de la Subprovincia de Barrancas de la Provincia Metalogenética de la Sierra Madre Occidental y además, cita la fecha geocronométrica de una toba riolítica por el método K-Ar de 27.9 ± 0.6 m.a. en el Área de Basis.

En 1989, y a petición del Ing. Luis Smith Gerente de Geología de la Compañía Minas de Basis S.A. de C.V., la Comisión de Fomento Minero (Laboratorio Regional Durango), realizó un estudio de Caracterización Químico-Mineralógico-Petrográfico, de muestras tomadas sobre la veta El Herrero, con el fin de identificar su mineralogía y tipo de roca que la encasona.

En marzo de 1992, J. Alejandro Moreno B. presentó su tesis profesional intitulada: Análisis Comparativo Entre Dos Alternativas de Preparación y Explotación de un Rebaje de 120 mt. de Longitud y 70 mt. de Altura por el Sistema de Tumba Sobre Carga y por el Sistema de Corte y Relleno con Tapetate, en la Unidad El Herrero, de Minas de Basis, S.A. de C.V., para obtener el título de Ing. de Minas y Metalurgia en la Escuela de Minas y Metalurgia de la Universidad Autónoma de Zacatecas. En ella explica la metodología y funcionamiento de cada uno de los sistemas, haciendo notar sus ventajas y desventajas a la hora de seleccionar uno u



otro: así como también enfatiza en los costos que ocasionan la preparación y tumba de cada sistema.

Método de Trabajo

El presente trabajo sobre la veta El Herrero, se realizó en base a la compilación de datos e información de trabajos previos, así como de los trabajos de campo y gabinete adquiridos durante su desarrollo. Para los cocientes metálicos de Ag/Au, el método aplicado es muy sencillo pero laborioso y consiste de un muestreo de canal sistemático, tomado a intervalos de 3.0 mt. en frentes, rebajes y contrabozos, obteniéndose posteriormente leyes confiables por el método de copelación, con errores aproximados de ± 10 grs./ton. en Ag y ± 0.10 grs./ton. en Au. Estas muestras se encuentran ploteadas en planos en planta de la veta: para el cálculo del cociente Ag/Au, se dividió cada uno de los niveles en bloques de 10.0 mt. de longitud. Se calculó la ley media y su ancho para cada bloque, exclusivamente de veta y se determinaron los cocientes de Ag/Au. Una vez calculados los cocientes, se plotearon en secciones longitudinales verticales de veta, obteniendo una configuración con intervalos de valores de 0-120, 121-250 y mayores de 251 (fig. 9). Para seleccionar éstos intervalos, fué necesario recurrir a métodos estadísticos, en particular a tablas de frecuencia de datos, con el fin de que los rangos de valores, tengan aproximadamente igual número de bloques.



EL SABER DE MIS HIJOS
HA MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Departamento de Geología
BIBLIOTECA

GENERALIDADES



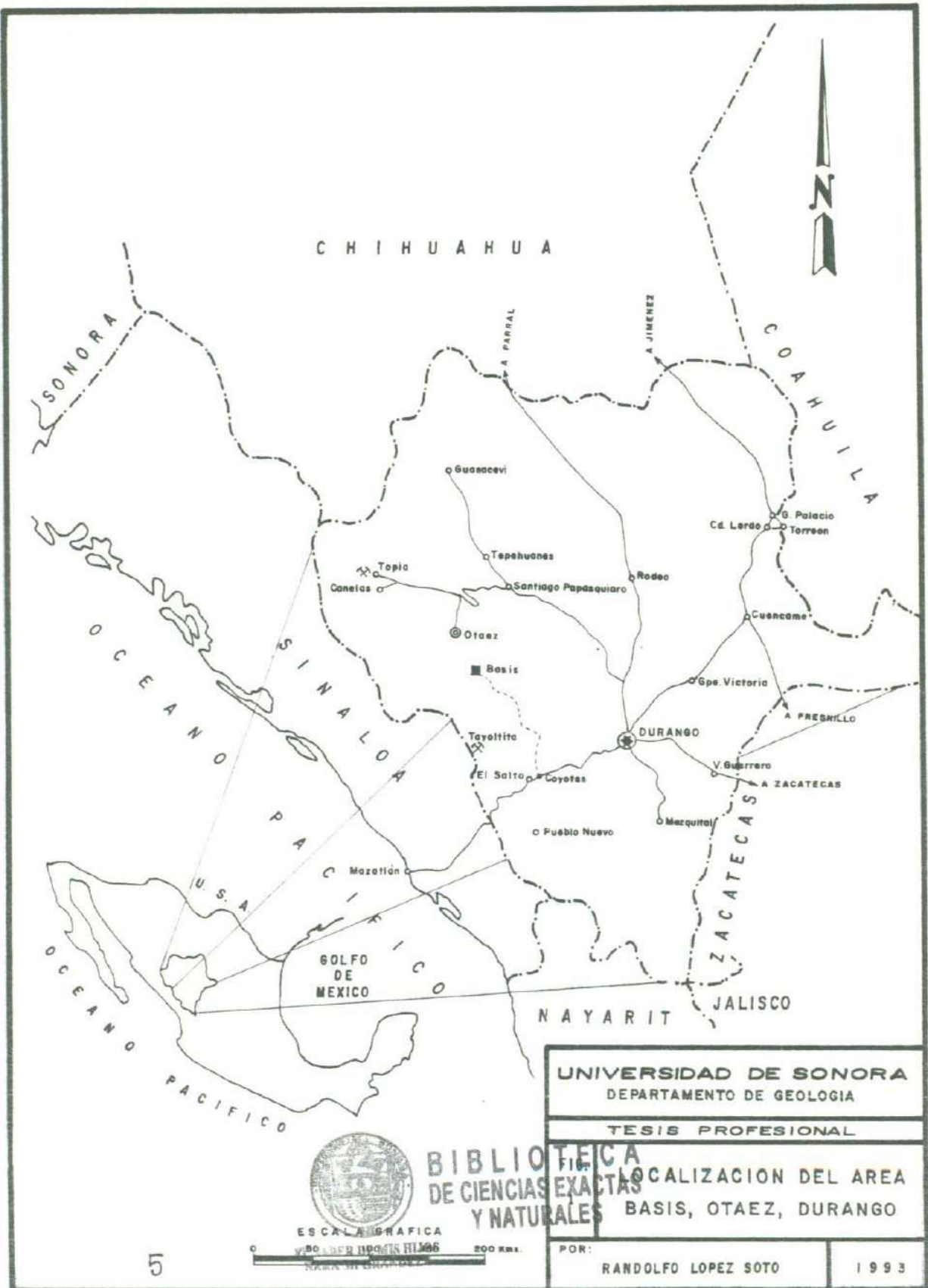
EL SABER DE NUESTRO
HAY QUE
HAY QUE

Localización y Vías de Comunicación

La Mina "El Herrero", de la Compañía Minas de Basis S.A. de C.V., se encuentra ubicada en la porción noroeste del Estado de Durango, a 175 km. en línea recta al NW 65° de la Cd. de Durango y a 80 km. en línea recta al norte del Mineral de Tavoltita, Dgo. Se encuentra limitada por las coordenadas $24^\circ 35'$ y $24^\circ 32'$ de Latitud Norte y $105^\circ 51' 30''$ y $105^\circ 55' 40''$ de Longitud Oeste, abarcando un área de 35 km^2 aproximadamente. La cabecera municipal es Sta. María de Otaez, Dgo. Dado que la topografía del área es muy abrupta, es difícil encontrar poblados importantes cercanos, teniéndose sólo rancherías con un máximo de 50 a 100 habitantes, tales como Los Cardos, San José de Basis, Huahuapan y Saporia. Los dos poblados de mayor importancia que se pueden localizar más cercanos a la Unidad, son Sta. María de Otaez y San Miguel de Cruces, pero se hace un total de 3 a 3.5 horas en camioneta Pick-Up a través de camino de terracería y 6 horas a lomo de mula por camino de herradura.

Por vía terrestre, se cuenta con dos rutas diferentes para llegar a la Unidad El Herrero desde la Cd. de Durango. El primero es por la carretera #40 Durango-Mazatlán, recorriendo un total de 95 km. por carretera pavimentada, llegando hasta el poblado de Estación Coyotes. A partir de este lugar, se recorren 130 km. hacia el NW por carretera de terracería, pasando por los poblados de Santo Domingo, Unidos Venceremos y Miravalles, y a 10 km. antes de llegar a San Miguel de Cruces, se toma una desviación hacia el norte, la cual nos lleva hasta la Mina.

La segunda ruta y más larga, recientemente comunicada a la



UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

TESIS PROFESIONAL

BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES

LOCALIZACION DEL AREA
BASIS, OTAEZ, DURANGO

POR:

RANDOLFO LOPEZ SOTO

1993

mina. es por la carretera Panamericana #45 Durango-Parral, hasta llegar al poblado Las Granjas, se toma la carretera Estatal #39, hasta llegar al poblado de Los Herrera, pasando por Canatlán, Nuevo Ideal y Santiago Papasquiaro. Todo este recorrido es de 200 km. por carretera pavimentada. De Los Herrera a la Mina, son 60 km. de terracería en buen estado todo el año, pasando por Santa María de Otaez (fig. 1).

El recorrido por cualquiera de las dos rutas es de 7 a 8 horas en camioneta pick-up, pudiendo transitar también camiones de pasaje y carga, los cuales se encargan de fletear materiales, maquinaria y equipo, así como combustibles y accesorios para el buen funcionamiento diario de la mina. De regreso a la ciudad, transportan el concentrado que se ha recuperado.

En el poblado de Los Cardos, existe una pista de aterrizaje para avionetas csesna y bimotor, con la cual se establece una comunicación regular todo el año con la Cd. de Durango, en vuelos que duran entre 35 y 45 min. También existe comunicación todo el año por radio transmisor.

Clima, Flora y Fauna

El clima en la región es del tipo subtropical húmedo a templado subhúmedo, con lluvias torrenciales de poca duración entre junio y septiembre y equibatas entre los meses de octubre a febrero, obteniéndose una precipitación media anual entre 600 a 700 m.m. La temperatura en invierno oscila entre 0 y 18°c y en verano entre 25 a 35°c. Los meses más calientes son julio y agosto y enero el mes más frío.

La vegetación es muy variada, teniendo en las partes bajas de la sierra matorrales, arbustos, cactáceas y otros árboles de

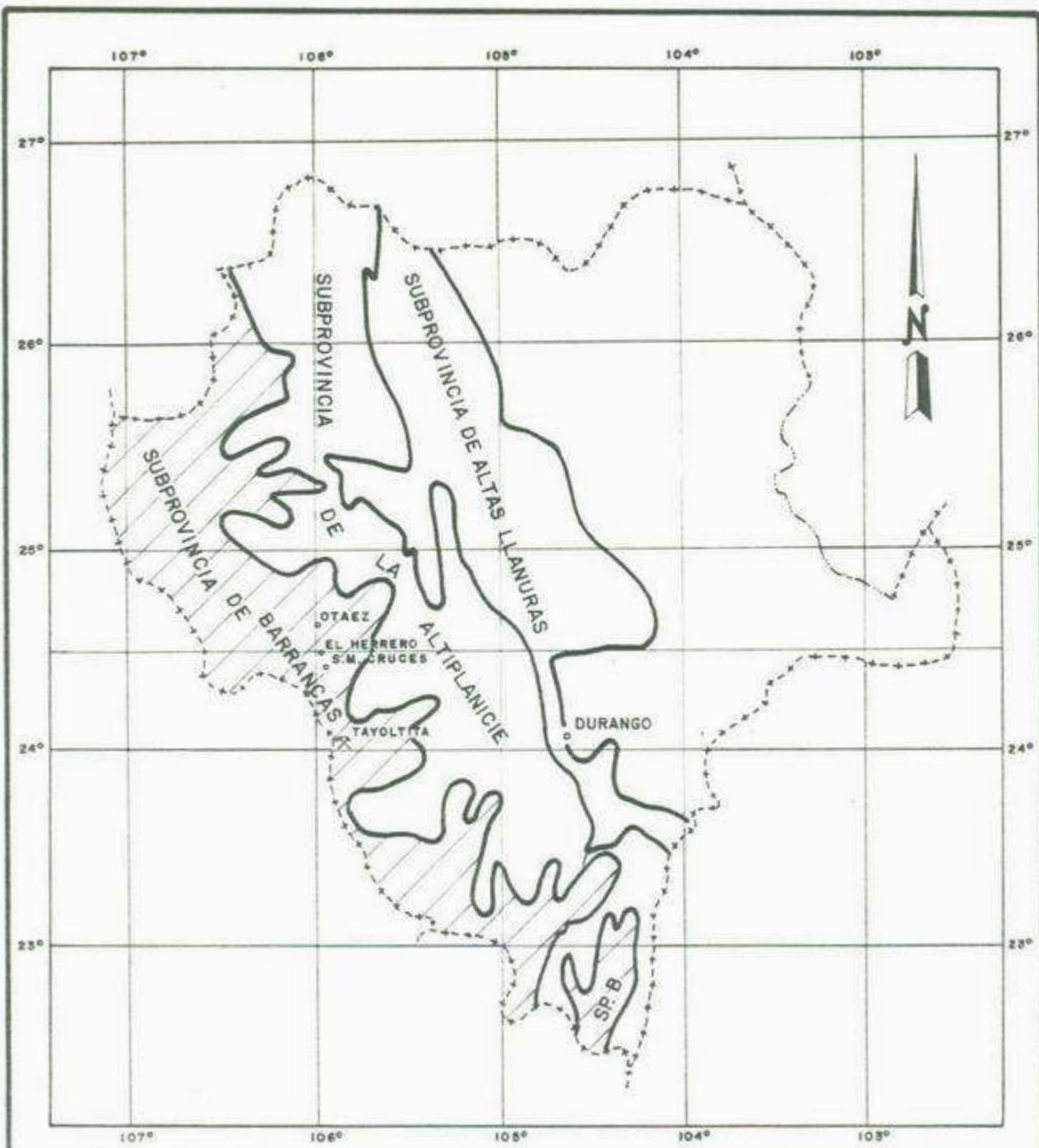
poco talle como son: Huizache, torote, romerillo, jarilla, uña de gato, vinorama, mezquite, nopal, palma china, sotol y maguey entre otros. En las partes altas, son de singular espectáculo los bosques de encino y pino, predominando: Pino piñón, pino azul, encino, alamo, roble, sabino y madroño entre otros.

Las especies animales más comunes son: Venado cola blanca, jabalí, tejón, liebre, conejo, pavo silvestre, coyote, puma, linco, gato montes, zorra, víbora de cascabel, boa o alimacoa y varios tipos de reptiles pequeños, roedores, aves de rapina, aves cantoras, insectos y animales domésticos entre otros.

Fisiografía, Geomorfología e Hidrografía

La Mina El Herrero, se ubica fisiográficamente dentro de la Provincia de la Sierra Madre Occidental, más particularmente dentro de la Subprovincia de Barrancas (Raiz, 1959 y Carrasco, 1980) (fig. 2). Esta subprovincia se caracteriza por ser una franja con formas caprichosas y una topografía juvenil, con barrancas del orden de los 2000 mt. de profundidad, producto de una erosión diferencial rápida, la cual ha expuesto el subsuelo mineralizado más antiguo. Estas cordilleras se extienden hacia el suroeste, entre los cañones de los ríos que forman cinturones de uno a dos kilómetros de ancho. La ubicación de esta subprovincia, es hacia el lado oeste del Estado.

La Subprovincia de Barrancas, se encuentra limitada al este por la Subprovincia del Altiplano, la cual presenta relieves suaves y zonas montañosas, con elevaciones de más de 2000 mt., separadas por arroyos tributarios que fluyen hacia el Océano Pacífico. Al oeste se encuentra limitada por la Subprovincia de Sierras y Valles Paralelos, la cual es caracterizada por



ESCALA GRAFICA

FUENTE: CARRASCO 1980

UNIVERSIDAD DE SONORA	
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA	
TESIS PROFESIONAL	
FIG. 2	SUBPROVINCIAS DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL
POR:	RANDOLFO LOPEZ SOTO
	1993

cordilleras longitudinales con rumbo N-NW separadas por grandes valles, presentando un control estructural bien definido por fallas normales (Horst y Grabens).

Las elevaciones mínimas, son menores a 300 m.s.n.m. en los valles del río San Lorenzo hacia el flanco oeste en la colindancias con la Subprovincia de Sierras y Valles Paralelos.

Las elevaciones más altas son del orden de 2700 m.s.n.m. en las zonas montañosas de las altas mesetas de lava de la subprovincia del Altiplano.

El drenaje en la región, es del tipo dendrítico. El cauce más importante es el río de Los Remedios y sus principales afluentes son los arroyos La Canal, Hondo, El Caballo, La Sidra y los ríos Las Vueltas y El Fresno. Este río aguas abajo toma el nombre de San Lorenzo y desemboca en el Pacífico, cerca de la Cd. de Culiacán, Sin. Esta red de drenaje, fluye durante todo el año.



EL SABER DE MIS HIJOS
HA HE MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Dpto. Geología
BIBLIOTECA



EL SABER DE MIS HIJOS
HAY MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Dpto. Geología
Rm. 1 TC

El contexto geológico regional, ha sido estudiado por varias generaciones de geólogos que han laborado en las diferentes unidades mineras y otras dependencias relacionadas, en el Estado de Durango. Todos ellos, han enfocado sus estudios principalmente a las características petrológicas y estructurales de las diferentes unidades litológicas que conforman la Sierra Madre Occidental.

Desde un punto de vista regional, el área de estudio se encuentra constituida por grandes espesores de rocas ígneas extrusivas de composición calcoalcalina y de extensión conjunta en los Estados de Sinaloa, centro-oeste de Durango, SW de Chihuahua y SE de Sonora (McDowell y Clabaugh, 1979; y Arias, 1986). Esta acumulación de rocas ígneas, sobreyace discordantemente a un basamento mesozóico constituido por rocas sedimentarias detríticas y carbonatadas y a rocas intrusivas de composición granodiorítica.

El basamento prevolcánico, no está expuesto en el área de Basis, sin embargo, a 18 km. al oeste, aguas abajo del río de Los Remedios, aflora una secuencia detrítica constituida por intercalaciones de areniscas café oscuro de grano medio y lutitas negras muy fisiles. Otros afloramientos del basamento prevolcánico, han sido reconocidos en San Miguel del Cantil, Dgo., por Sandoval, 1975 (en Carrasco, 1980), y consisten en pequeños lentes de carbón (correlacionable con el Geo. Barranca del Estado de Sonora); en la parte norte-noreste de Tayoltita, asignándole una posible edad Cretácico (Carrasco, 1980); en la parte oeste de Tayoltita, se ha detectado un conjunto más variado de rocas, compuestas por mármoles, esquistos y gneisses (Fredrikson, 1974;

y Henry, 1975; en Enriquez, 1985): en los poblados de Chirimell y Cocoyole, Dgo., se han observado calizas masivas sin fósiles de posible edad Cretácico ya que se encuentran sobre rocas de posible edad Jurásico y bajo la Serie Volcánica Inferior (Pineda y otros, 1970; en Carrasco, 1980).

La secuencia denominada Serie Volcánica Inferior (S.V.I.) es un gran paquete de rocas ígneas extrusivas. Las rocas de esta serie, se componen de intercalaciones de tobas, flujos, aglomerados y brechas volcánicas de composición predominantemente riolítica hacia la base y andesítica hacia la cima. Esta serie es muy importante desde el punto de vista metalogenético, pues es la principal roca huésped para los depósitos de Ag y Au en vetas. El espesor de esta secuencia, varía entre 1500 y 2400 mt. (Carrasco 1980).

Una notable discordancia ocurre entre la S.V.I. y la S.V.S. de la Sierra Madre Occidental, la cual es marcada notablemente por un cambio morfológico de los cerros. En algunas partes, tal discordancia está representada por capas delgadas de andesitas, andesitas tobáceas, conglomerados, gravacas y lutitas, todas ellas de origen continental y forman una capa irregular (Capas rojas) sobre la andesita productiva y esta cubierta discordantemente por la S.V.S. (Carrasco, 1980). La edad de estas capas, Carrasco en 1980, las considera como del Oligoceno Temprano.

La Serie Volcánica Superior (S.V.S.), es una secuencia muy extensa, expuesta claramente en algunos cortes de la carretera Durango-Mazatlán, localizándose en las partes topográficas y estratigráficas más altas de la sierra. Ha sido objeto de pocos estudios debido a su escaso contenido de minerales explotables.

Esta secuencia consiste predominantemente de ignimbritas, riolitas, riolacitas, latitas y andesitas, depositadas en capas subhorizontales. Las capas de composición intermedia, son más comunes hacia la base y hacia la cima las de composición félsica. El espesor en su conjunto varía de 600 a 1000 mt. en las diferentes localidades y se presenta generalmente inalterada (McDowell y Clabaugh, 1979).

Las rocas intrusivas que se han observado en Basis, consisten principalmente en diques riolíticos y andesíticos; sin embargo, aguas abajo del río Los Remedios, se han detectado afloramientos de intrusivos con dimensiones batolíticas de composición principalmente granodiorítica y corta a secuencias mesozóicas y a la S.V.I.. Otros afloramientos de intrusivos batolíticos, plutones, stocks e intrusivos hipabisales, se han detectado en las regiones de Tavoltita, Topia, Tamazula y principalmente, en Sinaloa. La composición de estas intrusiones, es predominantemente granodiorítica, en menor proporción cuarzodiorítica, cuarzomonzonítica y raramente granítica (Carrasco, 1980). Algunas fechas realizadas por el método K-Ar en plutones cuarcíferos de varias localidades, sugieren una edad del Eoceno Temprano a Oligoceno Medio para este tipo de rocas (De Pablo, 1963; en Carrasco, 1980). Según la información isotópica de varias fechas en algunos batolitos en el sur de Sinaloa, se determinó virtualmente un período magmático continuo en el rango de 30 a 45 m.a. (Henry, 1975; y McDowell y Clabaugh, 1977; en Carrasco, 1980).



EL SABER DE NUESTROS
NUESTRA MAGNIFICENCIA
Escuela de Ingeniería
Div. Geología
BIBLIOTECA

ESTRATIGRAFIA

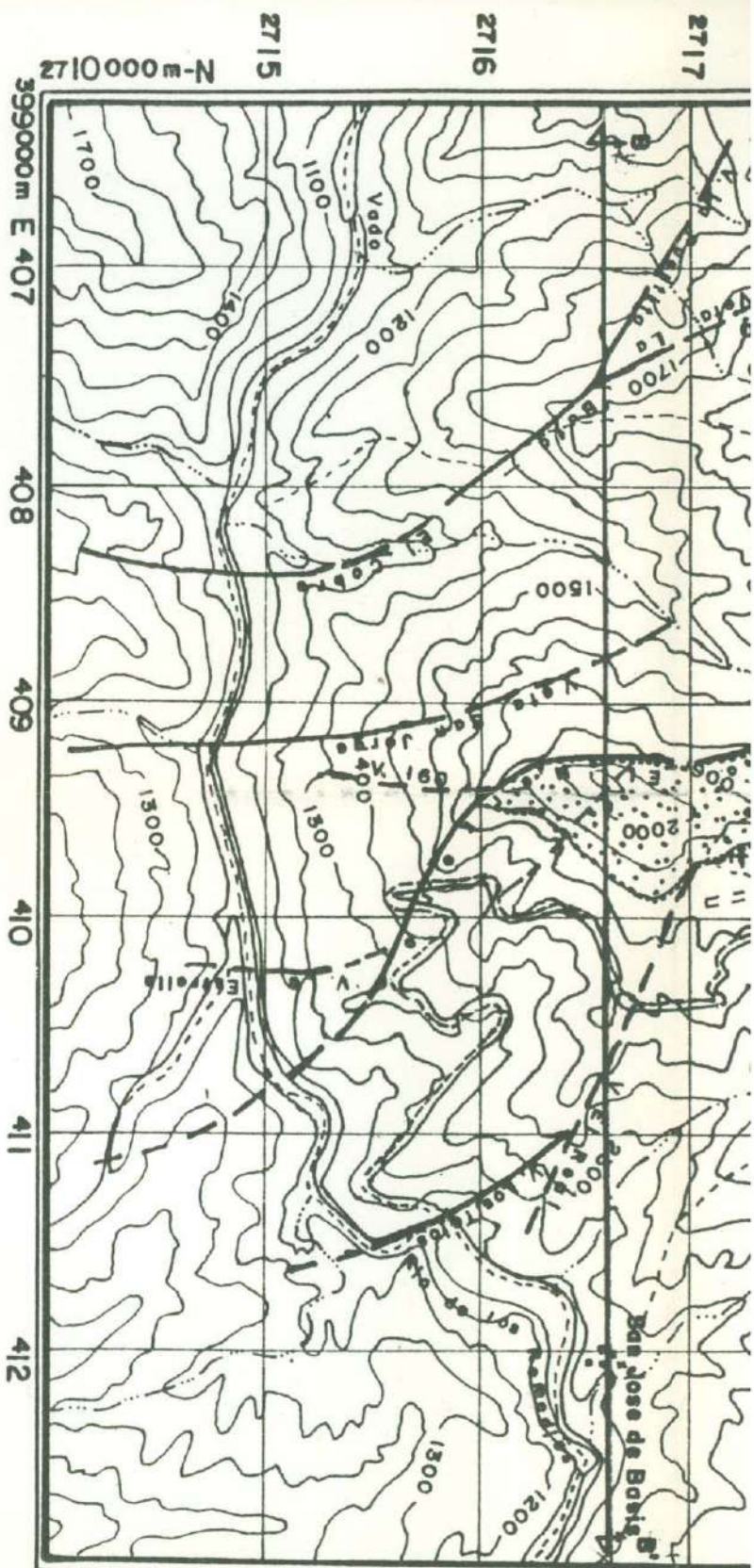
Las rocas que afloran en el Distrito Basis, lo hacen de una manera homogénea, pudiéndose reconocer en cualquier lugar dentro del distrito. Estas rocas descritas y analizadas desde 1897 por varios geólogos extranjeros y del país, han sido agrupadas localmente en Tayoltita y Toluca Dgo., en tres categorías: Serie Volcánica Inferior, Serie Volcánica Superior y rocas intrusivas, sin embargo, el presente trabajo considera a las rocas intrusivas integradas a la Serie Volcánica Inferior (fig. 3).

Serie Volcánica Inferior

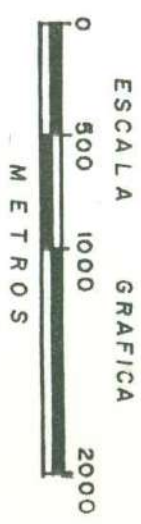
Las rocas de esta serie volcánica, fueron divididas por Hershey, 1932 (en Rodríguez, 1990), en cuatro grandes unidades, las cuales de la más antigua a la más joven son: Riolita Socavón, Andesita Bandeada Buelna, Riolita Portal y Andesita Productiva. De las cuatro unidades cartografiadas en otros lugares, sólo la Andesita Productiva en conjunto con diques félsicos e intermedios, se reconoció en la región de estudio.

Andesita Productiva.

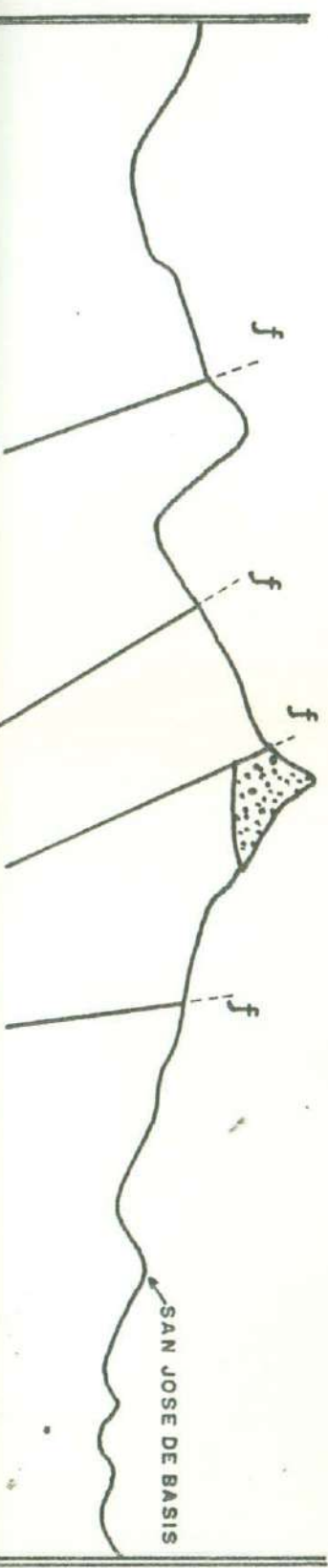
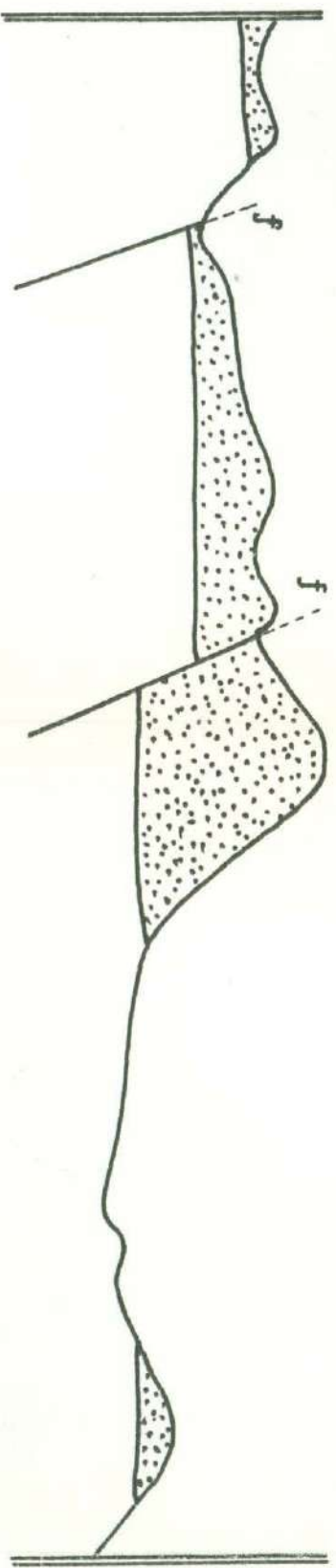
Con excepción de las areniscas y lutitas de posible edad Cretácico que afloran a 18 km. al oeste de Basis, la Andesita Productiva es la unidad más antigua que aflora en el distrito. Se presenta como una serie de cenizas, derrames, brechas, aglomerados y tobas de composición riolítica y principalmente andesítica intercalados, que se interpretan como una sola unidad. Su nombre es tomado por su composición mineralógica y su relación estrecha con las vetas (principal roca huésped de la mineralización) de los



- RIOS Y ARROYOS
- CURVAS DE NIVEL
- POBLADO
- PISTA DE ATERRIZAJE
- SECCION GEOLOGICA
- TERRACERIA O BRECHA
- CAMINO DE HERRADURA



SECCION A-A'

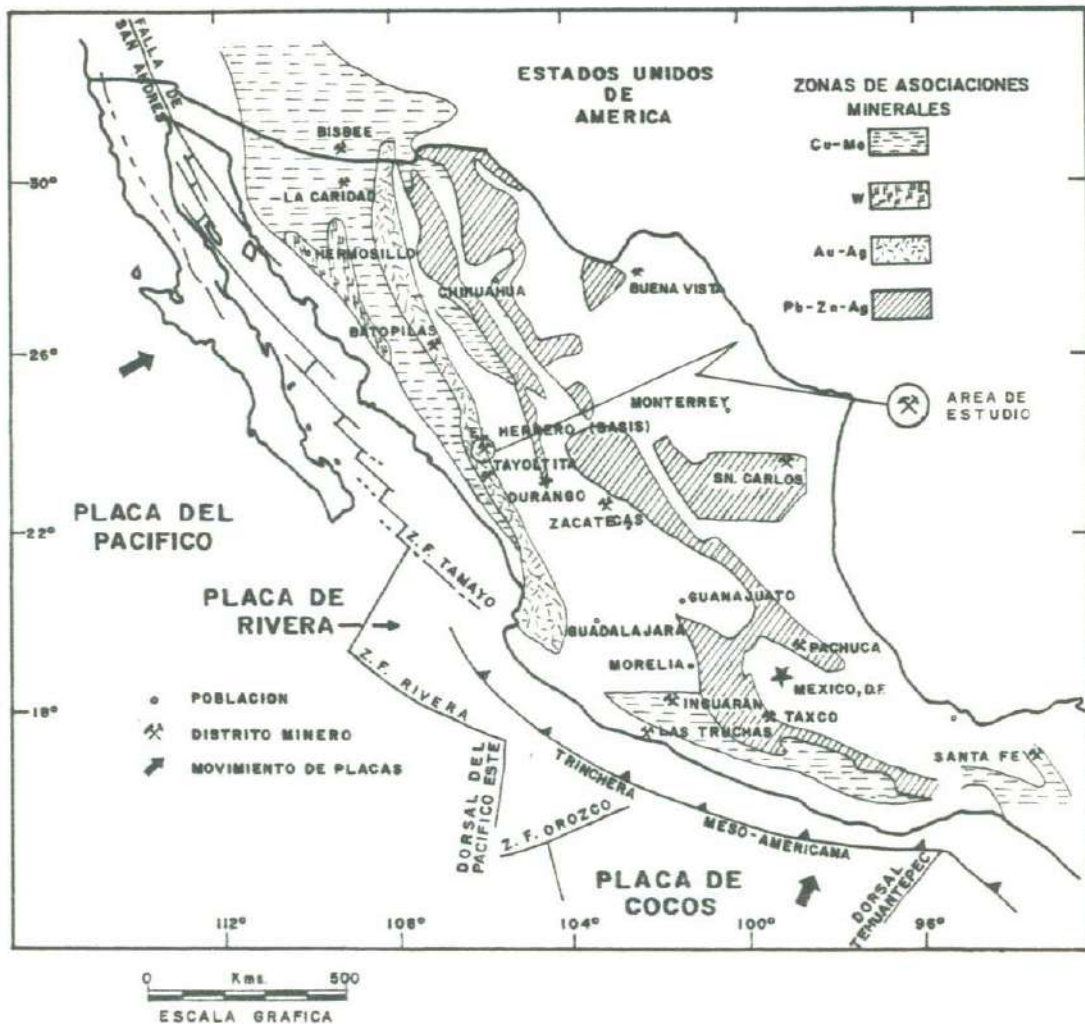


UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
TESIS PROFESIONAL

FIG. 3
GEOLOGIA GENERALIZADA
DEL AREA BASIS

distritos de Tayoltita, Topia y otros, Randall, 1970. Su color varía entre gris verdoso y gris rojizo. La textura varía rápidamente tanto en sentido vertical como horizontal, sugiriendo estar asociados a actividad explosiva, derrames y erupciones de fisura alternadamente. Mineralógicamente los derrames presentan cristales de augita y plagioclasas (oligoclasa a andesina) de 0.5 a 0.2 mm. de longitud fuertemente sericitizados, clinopiroxenos, hornblendas, biotita, epidota, clorita y escasos cristales de apatita. El tono verdoso que presenta es debido a la extensiva epidotización de plagioclasas y la alteración de clinopiroxenos a clorita y hornblendas. La matriz aparentemente alterada, está compuesta por una masa de grano fino con plagioclasas, clorita y minerales arcillosos, acompañados por disseminación de magnetita y hematita que al alterarse dan una coloración rojiza a la roca.

Esta unidad descansa sobre el basamento de posible edad Cretácico en contacto discordante y por falla. La podemos observar aflorando en las partes bajas y a lo largo de las Barrancas de Basis con un espesor de más de 800 mt. y está cubierta en forma discordante por la Serie Volcánica Superior. Las asociaciones metálicas del norte de México, sugieren por su edad y posición geográfica estar asociadas a la migración del evento magmático del Cretácico al Paleógeno y relacionadas con fases magmáticas paralelas a la antigua zona de subducción definiendo provincias metalogenéticas (Damon, et al, 1981) (fig. 4). Dentro de la Sierra Madre Occidental y a la vez dentro de la S.V.I.. Se identifican de poniente a oriente las siguientes asociaciones mineralógicas: W - Cu - Mo, Ag - Au y Pb - Zn - Ag - Au principalmente, destacando por su gran concentración las asociaciones Ag - Au y Pb - Zn - Ag - Au, las cuales típicamente se



FUENTE: DAMON et al 1981

UNIVERSIDAD DE SONORA	
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA	
TESIS PROFESIONAL	
FIG. 4	PROVINCIAS METALOGENETICAS
POR:	RANDOLFO LOPEZ SOTO
	1993

presentan en vetas de fisura. Estas dos subprovincias minerales se encuentran trasladadas a distancias que varían de 350 a 650 km. de la paleotrinchera y son tratados por sus características como un grupo único de depósitos, emplazados en el rango de 49 a 28 m.a. (Clark, et al, 1981; en Damon, et al, 1981).

Diques Félsicos.

Son diques de grano fino a medio, constituidos por minerales esenciales tales como cuarzo, plagioclasas, feldespatos potásicos y minerales opacos y apatito como minerales accesorios. Se encuentran intrusionando a todo el espesor de la Andesita Productiva, pero cubiertos por la Serie Volcánica Superior. Son preminerales, ya que se observan muy afectados por alteración hidrotermal tal como silicificación, cloritización y epidotización. Por los efectos de la alteración hidrotermal, es muy difícil definir su composición química, la cual podría ser entre dacita y latita. Si esta composición fuera verdadera, se podría correlacionar con los diques pórfidos feldespáticos producto de las últimas fases magmáticas de la intrusión granodiorítica antes de la mineralización, en la región de Tayoltita, Dgo. (Descritos por Smith, 1982; Enríquez, 1985; Arias, 1986 y Rodríguez, 1990). En Basis, estos diques están directamente relacionados con las vetas, principalmente con la veta El Herrero, ya que se observan afloramientos en donde la veta está englobando y/o reemplazando al dique y en otras partes se presenta alineada sobre todo el alto del dique (Lam. 1). Estas características también se presentan en interior mina.

Diques Intermedios.

Estos diques son de un color verde olivo a un gris oscuro, de grano fino. Su mineralogía en muestra de mano es plagioclasas, anfíboles, hornblendas, biotita y piroxenos, dando con esto una composición de carácter intermedio a máfico (muy posiblemente andesítico). Estos no son muy comunes en el área, ya que se observan afloramientos muy esporádicos, cortando a la andesita productiva. No se observa una relación muy clara entre estos y las vetas, pero en los lugares donde afloran, se pueden apreciar totalmente sanos (sin alteración hidrotermal) y cortando claramente a las zonas con alteración hidrotermal de la Andesita Productiva. Se puede decir que estos diques son post-minerales ya que su relación de campo así lo indica.

Por sus características físicas y químicas, estos diques se pueden correlacionar con unos diques de composición andesítica, llamados San Luis, que cortan tanto a la S.V.I. como a la S.V.S. en la región de Tayoltita (Smith, 1982), a los cuales Nemeth, 1976 (En Smith, 1982) los fechó como Terciario Medio después de los eventos mineralizantes.

Serie Volcánica Superior.

La Serie Volcánica Superior es el paquete de rocas más joven que forman las grandes rocas de esta serie, son volcánicas - sedimentarias en su parte inferior y piroclásticas en su parte superior (Rodríguez, 1990). Según McDowell y Clabaugh, 1972 (en Rodríguez, 1990), la edad de esta serie varía desde 21 a 30 m.d., en muestras tomadas al SW de Tayoltita y analizadas por el método radiométrico K-Ar.

Las diversas generaciones de geólogos que han estudiado

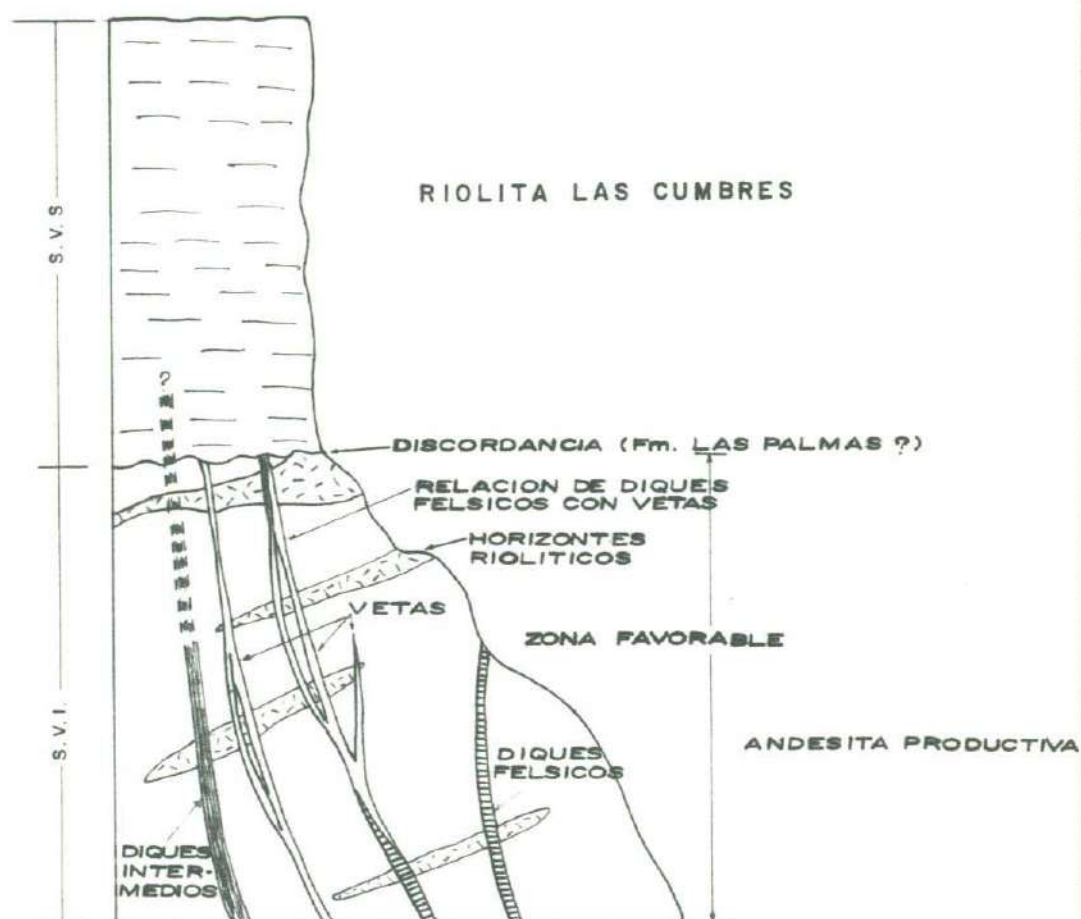
estas rocas en la región de Tayoltita y Topia, Dgo., las han dividido en dos formaciones bien diferenciables y cartografiables, a las cuales se les denominó como Formación Las Palmas y Riolita Las Cumbres, presentando un espesor mayor a 1500 mt. (Enriquez, 1985). La Fm. Las Palmas es representativa de un período de quietud magmática que marca una discontinuidad notable que define con claridad los límites de las dos series volcánicas en la secuencia estratigráfica regional. Los afloramientos de esta formación son muy irregulares, pues no se presentan en todos los lugares en donde podemos ver la discordancia entre las dos series.

En Basis, la Fm. Las Palmas que en Tayoltita ha sido definida como una secuencia volcanosedimentaria de conglomerados, areniscas arcósicas y lutitas con estratificación cruzada, no ha sido cartografiada ya que no aflora en ninguna parte del área.

Riolita Las Cumbres (CAPPING).

La Riolita Las Cumbres, representa el final de la actividad ígnea y es una unidad de escasa importancia desde el punto de vista metalogenético. Se presenta aflorando como corona en las cimas de los cerros aledaños a la mina El Herrero. Está constituida por ignimbritas con fragmentos de pómez alargados, intercaladas con tobas andesíticas dacíticas y latitas cuyo espesor excede los 600 mt.

Rocas de este tipo, en la región de Tayoltita, indican edades radiométricas en el rango de 23 a 34 m.a., por el método K-Ar (McDowell and Clabough, 1979; McDowell and Keizer, 1977). En el área de Basis, una muestra de esta unidad, analizada por el mismo método, indica una edad de 27.9 ± 0.6 m.a. (Carrasco, 1980). En general, la S.V.S. en los estados de Durango, Sinaloa y



FUENTE: R. LOPEZ, 1992



BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

TESIS PROFESIONAL

FIG. 5
COLUMNA GEOLOGICA
DE LA
MINA EL HERRERO

POR: RANDOLFO LOPEZ SOTO

1993

Chihuahua, cae dentro del intervalo de 34 a 21 m.a. (McDowell y otros, 1975, 1976; en Carrasco, 1980).



BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES

EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA

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

Las vetas de minerales preciosos abundan en el mundo, localizándose en las porciones volcánicas superiores de los principales arcos magmáticos y dentro de porciones superiores de batolitos y stocks (Sawkins, 1984; en Arias, 1986). El Distrito de Basis, se puede decir que cumple estas características, ya que la mineralización tiene como roca huésped al vulcanismo del Terciario inferior, el cual descansa discordantemente sobre un basamento sedimentario Mesozoico e intrusionado por batolitos del Cretácico superior - Terciario inferior.

Las unidades litológicas que afloran en el área de estudio, muestran evidencias de haber sido afectadas por dos (o varios) eventos tectónicos, los cuales han producido dos sistemas principales de fallas que pueden ser diferenciadas cronológicamente debido a las secuencias volcánicas a que afectan. Un sistema: el más antiguo, afecta a la S.V.I., el otro, más joven, se presenta afectando a las dos secuencias volcánicas. La primera etapa de fallamiento se puede asociar a intrusiones batolíticas al momento de ejercer presión a la parte basal de la S.V.I., provocando fallas de tensión de rumbos variables, pero predominando los sistemas N - S. Estas fallas muestran poco desplazamiento generalmente del orden de metros y fueron los espacios abiertos al momento de la depositación de los diques y de las vetas de cuarzo con valores económicos. La edad del fallamiento, se puede considerar como la del emplazamiento batolítico (45 m.a.). Esta edad es válida en el caso de que el control estructural no haya existido antes de la intrusión batolítica.

La segunda etapa es reflejo de un comportamiento estructural

más regional, que se representa como un sistema distensivo con fallas de rumbo preferentemente NW y en menor escala de rumbo E - NE, dividiendo a la Sierra Madre Occidental en una serie de bloques del tipo cuencas y cordilleras o fosas y pilares. Este sistema se representa en la Mina El Herrero preferentemente como fallas de rumbo NW a NE, exhibiendo un desplazamiento en sentido vertical de por lo menos 200 mt., provocando con ello el contacto estructural de rocas recientes con rocas antiguas. Estas fallas no presentan mineralización y se pueden situar cronológicamente menores al rango 22 a 32 m.a., que es la edad de la S.V.S.

G E O L O G I A H I S T O R I C A

La evolución geológica del Área Basís se refleja por una serie de distintos rasgos morfológicos y estructurales que se han desarrollado desde el Mesozoico hasta el Cuaternario. Estos acontecimientos se iniciaron sobre un basamento sedimentario Jr-Kr (?).

Durante el Cretácico superior - Terciario inferior la Orogenia Laramide puso fin al régimen marino en el noroeste de México. Esta orogenia plegó y falló los estratos pre-cenozoicos en respuesta a sus esfuerzos compresivos y al finalizar se acompañó por una intensa actividad ígnea extrusiva e intrusiva, dando origen a la Serie Volcánica Inferior, intrusivos y diques félsicos. Esta explosión volcánica arrojó sobre los sedimentos pre-cenozoicos deformados y erosionados considerables volúmenes periódicos de riolita y andesitas, que posteriormente fueron intrusionados por batolitos y stocks granodioríticos y cuarzomonzoníticos y diques de carácter félsico. Poco antes de terminar este evento magmático es cuando se originaron al menos dos actividades de hidrotermalismo fisural, asociados con mineralización de metales base, plata y oro.

Más tarde, se inicia un período de quietud, en el cual las rocas preexistentes se empiezan a erosionar, posiblemente asociado con mínima actividad volcánica, dando origen a una secuencia vulcano - sedimentaria continental, compuesta por capas de lutitas, areniscas, conglomerados, andesitas y andesitas tobáceas, depositadas en lagos aislados de aguas someras y de baja energía. A esta secuencia se le denomina como Capas Rojas Las Palmas (Davidson, 1932; en Carrasco, 1980) y se le asignó una edad del

Oligoceno Temprano (Carrasco, 1980).

Posteriormente se reinicia una gran actividad volcánica, la cual produjo considerables volúmenes periódicos de ignimbritas, andesitas, dacitas y latitas intercaladas que sobreyacen discordantemente a las rocas de la S.V.I. Este vulcanismo, forma las grandes mesetas de la Sierra Madre Occidental y se le asigna una edad del Eoceno - Mioceno (Clark y Ponce, 1986: en López, 1986).

Ya en el Terciario medio - tardío disminuye el vulcanismo y se incrementan al máximo los esfuerzos distensivos, provocando la actual configuración estructural de la Sierra Madre Occidental.

En seguida sobreviene un intenso periodo de erosión, posiblemente acompañado con una mínima actividad ígnea intrusiva, dando origen a los diques máficos y a la configuración actual de la subprovincia de Barrancas.

Finalmente, durante el Cuaternario y hasta el presente continúa la erosión de todas las unidades litológicas expuestas, provocando el desarrollo de depósitos aluviales no consolidados sobre las laderas de los cerros y en las márgenes de los ríos y arroyos.

A) Antecedentes.

La ocurrencia y características de los yacimientos en vetas, ha sido conceptuada a partir del presente siglo, cuando la exploración, desarrollo e investigación de algunos yacimientos permitió sentar las bases de la Geología Económica Moderna. Lindgren (1933), propuso el término epitermal para denominar a los yacimientos formados por soluciones ascendentes a bajas temperaturas y profundidades someras; mostrando que tales depósitos guardaban una estrecha relación con actividad fumarólica de lavas y rocas que variaban de andesíticas a riolíticas de edad Terciaria.

Numerosos yacimientos en vetas ocurren a lo largo del sistema de arcos del Circum - Pacífico (Lindgren, 1933; Sawkins, 1984; en Arias 1986). Ejemplo de este tipo de mineralización ocurre en Chile, Perú, Ecuador, Colombia, América Central, México, California y Oeste de Canadá. Los principales sistemas de arcos del Pacífico Oeste e Indonesia, muestran también este tipo de depósitos en Japón, Archipiélago de Filipinas y parte sur de la recientemente desaparecida URSS. Estos depósitos epitermales en veta, especialmente los de metales preciosos ocurren predominantemente en rocas volcánicas, particularmente de composición andesítica; mientras que las vetas de metales básicos ocurren dentro o adyacentemente a rocas plutónicas calico-alcalinas intermedias a félsicas (Sawkins, 1984; en Arias, 1986).

Los geólogos que han contribuido en la revolución conceptual de los modelos genéticos, se pueden catalogar como de dos

generaciones. La primera contribuyó para el desarrollo de las bases de la geología económica moderna; la segunda generación han desarrollado los conceptos genéticos y de exploración apoyados en estudios experimentales de mena, ganga y minerales de alteración hidrotermal y han desarrollado técnicas y nueva metodología en los estudios de inclusiones fluidas e isótopos estables de oxígeno, azufre y carbono entre muchos otros.

B) Características Generales.

En base a numerosos estudios realizados sobre depósitos epitermales a nivel mundial, se obtenido características generales asociadas a estos, tales como:

- 1.- Asociación con coladas andesíticas y riolíticas, tobas y aglomerados de los cinturones orogénicos.
- 2.- Edad del Terciario medio a tardío.
- 3.- Formados por soluciones ascendentes.
- 4.- Abundante alteración de la roca encajonante: Propilitización, Sericitización, Albitización, Silicificación y Argilitización.
- 5.- Ambiente geológico de baja temperatura y cercanos a la superficie actual del terreno.
- 6.- Variación en los procesos físico-químicos tales como:
 - Reacción de las salmueras con la roca encajonante y migración de éstas lejos de su fuente, implicando cambios isotópicos.
 - Variación en temperatura, presión, PH, composición química del fluido, etc. implicando desequilibrio en las constantes de solubilidad de los iones complejos produciendo la precipitación de minerales.
 - Ebullición debida a la disminución de presión cerca de la



superficie, ocasionando que la fase fluida sea dominada por la fase gaseosa, las cuales suben, se condensan y forman aguas ácidas, produciendo cúpulas de alteración argílica y sintera.

- Distribución irregular o zoneamiento de los valores de plata y oro, debido a lo complejo de los sistemas de fracturamiento y los bajos contenidos de los metales preciosos en las salmueras.

C) Sistema de Vetas en la Mina El Herrero

Los depósitos epigenéticos vetiformes o de fisura, son los más obvios y comunes en el Noroeste de México y particularmente en el Estado de Durango, siendo por tal motivo los cuerpos minerales que se explotaron con mayor preferencia en el pasado por gambusinos, pequeños mineros, compañías españolas e inglesas.

En lo que respecta a la mina El Herrero, fue trabajada por la compañía Inglesa "The Basis Gold and Silver Mines Ltd" con sede en Londres, Inglaterra, desde 1890 hasta 1935, fecha en que pasó a manos del sindicato de mineros. La compañía realizó en ese tiempo el desarrollo de los primeros 13 niveles, llamándolos El Infierno (1), 2, 3, 4, 5, Puenteillas (6), San Nicolas (7), San Pedro (8), El Herrero (9), Texdalama (10), El Orito (11), Oro (12) y Porvenir (13), con intervalos de 100 pies. Según parece, por la forma de los labrados, explotaron una gran zona cuya mineralización debe haber sido bastante uniforme, pues con la extracción solo dejaron pilares de protección y patillas para el tránsito en los cañones. El nivel general de extracción era el nivel Oro y de ahí partía una vía cable 500 mts. más abajo, hasta el fondo del río, donde estaba el molino que operaba por medio de mazos: siendo el

beneficio por cianuración; la fuerza para mover la planta, la proporcionaba una turbina hidráulica que en tiempos de estiaje se complementaba con un motor de gas pobre.

El sistema de minado que se siguió, fué el de rebajes abiertos, dado lo macizo de los respaldos y lo parado de las vetas; los pilares que dejaron, desde luego fueron los de más baja ley. Según informes del estado financiero de la compañía presentado a los directores de Londres en el año de 1900, se molieron 12,000 ton. de mineral con ley de 4.65 y 715 gr./ton. de Au y Ag respectivamente.

Durante la época que trabajó el sindicato, sólo se extrajeron pilares y patillas, dejando inaccesible el camino de muchos de los cañones. Al cabo de poco tiempo, dejaron caducar los fondos y la planta fue desmontada, quedando totalmente paralizadas las labores mineras.

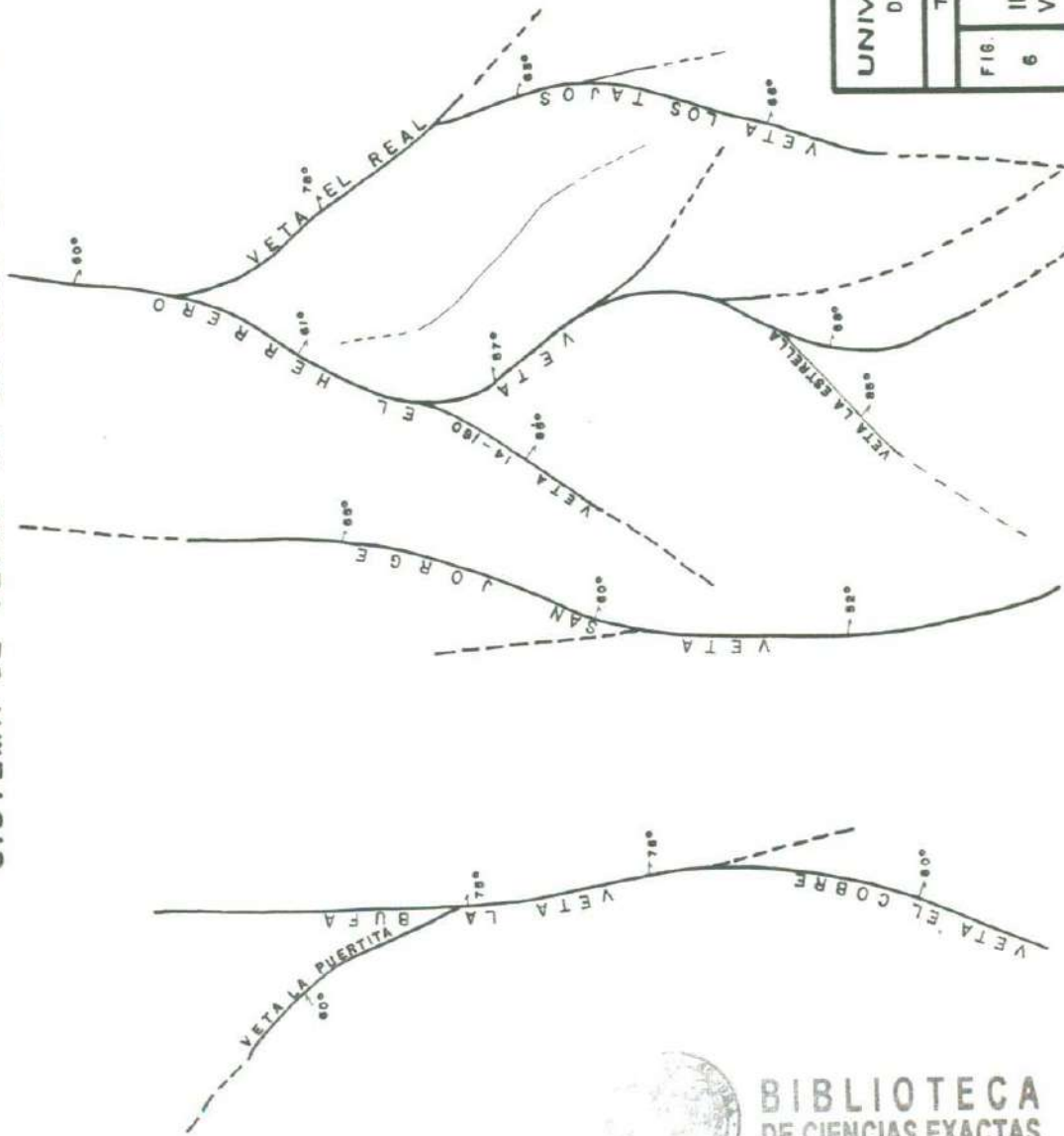
La mina duró prácticamente 26 años inactiva, hasta que el Sr. Emilio Gutiérrez la tomó en su poder y la fue rehabilitando poco a poco. Para 1967, entraba de nuevo en operación a razón de 20 ton. diarias, mismas que se seguían extrayendo de los bordos y pilares antiguos dejados por la Compañía Inglesa, sin tener que hacer obras nuevas de desarrollo dada la escala a que se trabajaba. El tumbé se hacía por medio de perforadoras neumáticas, accionadas por un compresor instalado en la bocamina del nivel Oro, mismo socavón que servía como nivel general de acarreo por medio de vía y carros de mina. El mineral se sacaba y se vaciaba a una tolva instalada en las afueras del nivel de acarreo, desde donde se transportaba a la planta de beneficio a través de un camión de volteo, el cual tenía que hacer un recorrido de 2.5 km. por un camino construido en la ladera de la montaña. El mineral se

beneficiaba por cianuración en un molino con capacidad de 20 ton. diarias, instalada en el poblado de Los Cardos. La recuperación no pasaba del 85% de los valores y su ley media de cabeza era entre 400 y 450 grs. de Ag con 3.5 grs. de Au por tonelada. Para mover todas estas instalaciones, los propietarios instalaron una pequeña planta hidroeléctrica en uno de los afluentes del arroyo La Sidra, cerca de el Puerto El Frunce. La planta consistía en una rueda pelton, un generador, su transformador y su línea de transmisión de mas de 6 km. hasta la planta de beneficio. La caída aprovechada era de 150 mts. y el gasto hidráulico mínimo que pasaba por la rueda en tiempos de estiaje era de 60 lt./seg., osea que la planta podía desarrollar una potencia de 60 HP que con la pérdida en las líneas de transmisión apenas alcanzaba a cubrir las necesidades del molino que entre motores y alumbrado del poblado consumía cerca de 55 HP.

En 1967 se le solicitó a la Comisión de Fomento Minero una estimación de reservas en la mina El Herrero, trabajo que se le comisionó al Ing. Mario Veytia. Los resultados de éste, arrojaron un total de 120,000 ton. con 2.0 gr. de Au y 215 gr. de Ag por tonelada. De acuerdo con estos resultados se llegó a la conclusión de que las reservas no eran las adecuadas para servir de base a proyectos de explotación a gran escala. Pero a pesar de todo, el Ing. Veytia sugirió que en la mina había muy buenas posibilidades de encontrar mineral de más alta ley a rumbo de veta (al norte), como a profundidad.

La actual administración de la Compañía Minas de Bacis, S.A de C.V., integrada por el Sr. Guadalupe Gutiérrez y familia, pasados en la sugerencia del Ing. Veytia y un barrenado a diamante que conto mineral de buena ley a 300 mts. al norte de lo que era el tope del

SISTEMA DE VETAS DE LA MINA EL HERRERO



SIN ESCALA

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

TESIS PROFESIONAL

PLANTA ESQUEMATICA
IDEALIZADA DEL SISTEMA DE
VETAS DE LA MINA EL HERRERO

FIG. 6
POR: RANDOLFO LOPEZ SOTO
1993



BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES

LIBRERIA DE MIS HIJOS
POR MI GRANDEZA

FUENTE: R. LOPEZ, 1992

nivel 13 y 30 mts. abajo de la elevación de éste, optaron por desarrollar el nivel 14, obra que les abrió las puertas para encontrar mineral suficiente y de buena calidad como para ir ampliando su capacidad de molienda desde 20 ton. en 1967 hasta 650 ton. por día en la actualidad, y con vías de ampliarse a 1.200 ton. por día en un futuro no muy lejano.

En el área de Basis, se han reconocido 12 vetas, de las cuales 5 de ellas se tienen actualmente en operación y el resto se tienen como prospectos para una futura exploración. Las que se tienen en operación son El Herrero, 14-160, 14-180, 9-110 y Madona. El resto en orden de importancia son El Real, Los Tajos, San Jorge, La Bufa, La Puertita, El Cobre y La Estrella.

Este sistema de vetas, configuran lazos simoides con extensiones métricas hasta kilométricas. Los ejes principales de estos sistemas simoidales son la Veta El Herrero, San Jorge y La Bufa - El Cobre, de las cuales se tienen desprendimientos tanto al alto como al bajo, tal es el caso por ejemplo del eje principal que es la veta El Herrero, de la cual se desprenden al bajo la veta 14-160, 14-180, 9-110 y La Estrella, y al alto se desprenden las vetas Madona y El Real - Los Tajos (fig. 6).

El Herrero, San Jorge y La Bufa - El Cobre.- Son Vetas - falla curvilíneas con cuarzo que presentan un brechamiento múltiple con rumbo general de NW 30° a NE 30° y buzamientos que van de 65° a 70° al NE y SE, con espesores que varían en El Herrero entre 3 y 15 metros con promedio de 4.0 mt. y en las otras dos, varía entre 1 y 10 mt. con promedio general de 2.0 mt.

14-160 y La Estrella.- Estas vetas se presentan como una

estructura de relleno de fisura, con rumbos de NE 45° SW, con buzamientos que varían entre 70 y 80° al SE. estas estructuras forman una cuña en la intersección con la veta El Herrero y son vetas de unión o subsidiarias entre El Herrero y San Jorge.

El Real - Los Tajos.- Estas estructuras se presentan como una falla con relleno de cuarzo, con rumbo NW 60° SE y echado entre 75° a 80° al NE en la veta El Real y con rumbo N-S con echados de 60° a 70° al E en la veta Los Tajos. Sus espesores varían entre 0.5 a 3.0 mt. La veta el Real es un desprendimiento al alto del Herrero y Los Tajos es la continuidad hacia el sur de El Real para completar el lazo simoide con extensión longitudinal de aproximadamente 3.0 km.

14-180.- Es una estructura tipo lazo simoide de forma oval al bajo de la veta El Herrero, con un rumbo general N-S y echado de 70° al E. Se presenta como una brecha con fragmentos de andesita, cementados por cuarzo gris y lechoso y la presencia de pirita, galena, esfalerita, argentita asociados a clorita y arcillas en la matriz. Sus dimensiones son de 13.0 mt. de ancho contra 200 mt. de largo y en sentido vertical, alcanza más de 180 mt. Esta estructura no aflora.

9-110.- Es un desprendimiento al bajo de la veta El Herrero y se comporta como un lazo simoide con aspecto brechoide semiparalelo en rumbo e inclinación al Herrero. Sus dimensiones son de 6.0 mt. de ancho contra 50 mt. de largo y por lo menos 100 mt. en sentido vertical. Esta estructura no aflora.

El término zona favorable, ha sido ampliamente aplicado por geólogos de Tayoltita, durante varias décadas, dándoles muy buenos resultados en sus exploraciones. Por tal motivo, se optó por aplicarla en la Mina El Herrero, dando también resultados satisfactorios.

La zona favorable es una franja u horizonte en donde las condiciones físico-químicas fueron las ideales para la

Madona.- Es una veta de cuarzo gris y lechozo, que se desprende al alto de la veta El Herrero y sigue un rumbo N-S con echado de 80° W, con espesores que varían entre 0.4 y 2.0 mt. Esta estructura tiene una extensión vertical desde el nivel 14 hasta lo que puede ser el nivel 17 (170 mt. aproximadamente).

La Puertita.- Es una veta de cuarzo gris y lechozo, que se desprende al bajo de la veta La Bufa y sigue un rumbo de SE 45° NW y con un echado de 60° al NE y espesores que varían entre 0.5 y 2.5 mt.

En las estructuras que se tienen en operación (El Herrero, 14-160, 14-180, 9-110 y Madona) los minerales de mena son argentita, electrum, oro libre, plata nativa, freibergita, además disseminaciones de pirita, calcopirita, galena y esfalerita, conteniendo inclusiones de los minerales primeramente mencionados. Los minerales de ganga son en mayor proporción cuarzo de las tres etapas de mineralización, calcita, óxidos de manganeso, clorita, pirita, calcopirita y arcillas como montmorillonita e illita. Los minerales guía son la fluorita, la rodonita y en ocasiones la clorita.

D) Concepto de Zona Favorable.

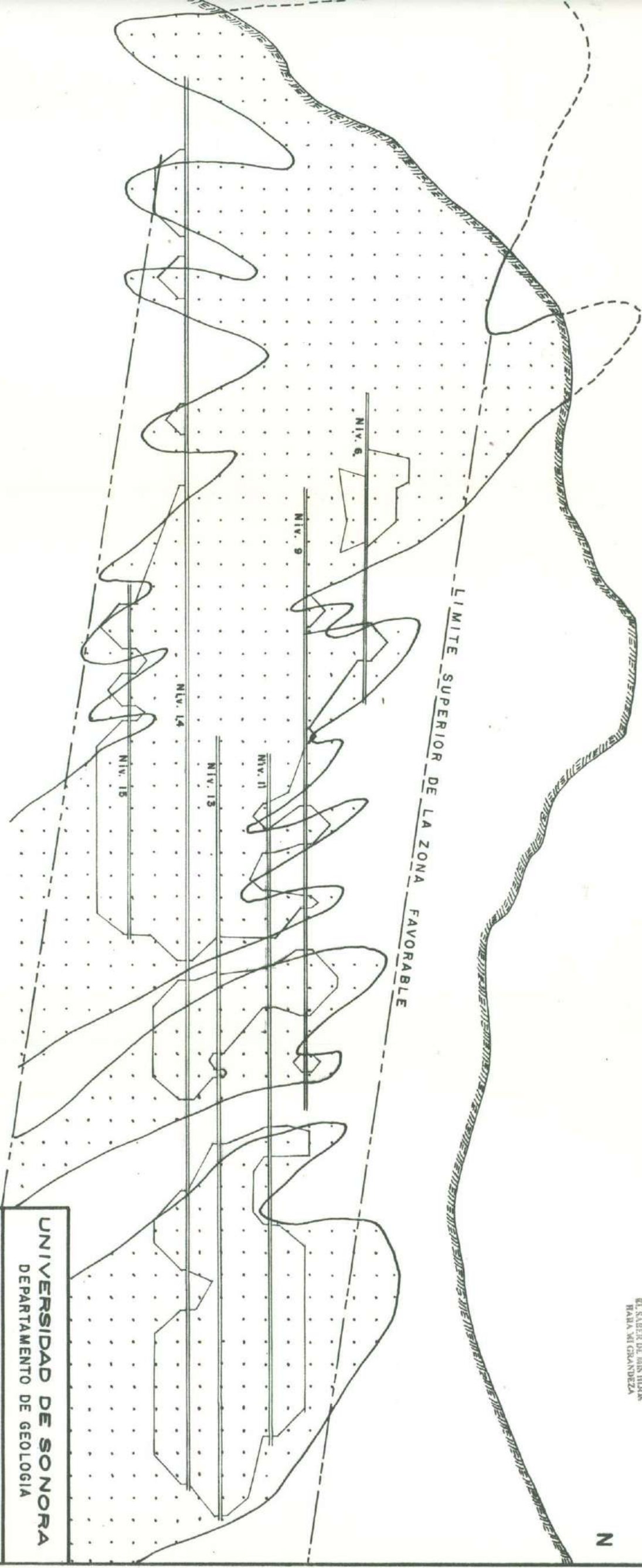
El término Zona Favorable, ha sido ampliamente aplicado por geólogos de Tayoltita, durante varias décadas, dándoles muy buenos resultados en sus exploraciones. Por tal motivo, se optó por aplicarla en la Mina El Herrero, dando también resultados satisfactorios.

La zona favorable es una franja u horizonte en donde las condiciones físico-químicas fueron las ideales para la

SECCION LONGITUDINAL VETA "EL HERRERO"

BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES

EL SABER DE MIS NIÑOS
HA BA EN GRANDEZA



 BLOCK DE MINERAL
 DISTRIBUCION DE CUERPOS MINERALIZADOS

ESCALA GRAFICA
 0 50 100 200 300 Mts.

UNIVERSIDAD DE SONORA		
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA		
TESIS PROFESIONAL		
FIG. 7	DISTRIBUCION DE CUERPOS MINERALIZADOS DENTRO DEL HORIZONTE FAVORABLE EN LA VETA EL HERRERO	
POR: RANDOLFO LOPEZ SOTO	1993	

precipitación de grandes concentraciones de Ag y Au. Debemos entender que al hablar de una zona favorable, no se habla de una línea recta en sus límites, sino de una línea sinuosa, pero para una mayor comprensión, en ocasiones se utilizan líneas rectas. Con esto no queremos decir que toda la franja esté mineralizada, sino que tenemos más probabilidades de que nuestros clavos mineralizados ocurran dentro de la misma.

En la Mina El Herrero, la Zona Favorable, ocurre dentro de la Andesita Productiva con un espesor que varía de 400 a 600 mt. en sección vertical y tiene una inclinación o buzamiento de 8 a 12° hacia el Norte. Dado que no se ha podido situar con claridad la paleosuperficie de la veta El Herrero, no podemos determinar la profundidad de ocurrencia de la Zona Favorable respecto a su paleorelieve, pero se estima que pueden ser aproximadamente 400 mt. En la porción sur, la rápida erosión ha removido parte de esta franja ya que gran parte de los cuerpos mineralizados han sido erosionados (fig. 7) Por otro lado, los controles estructurales jugaron un papel muy importante para la depositación de mena metálica dentro de esta franja.

E) Alteración Hidrotermal.

A través de toda el área de estudio, la Andesita Productiva es la que presenta alteración hidrotermal del tipo clorítica y las plagioclases presentan un reemplazamiento por sericita, epidota, clorita y calcita.

A los lados de las vetas, la roca encajonante presenta silicificación hasta una profundidad aproximada de 0.60 mt., con inclusiones de clorita y epidota conforme nos alejamos más.

En la veta podemos observar que los feldespatos están

reemplazados por sericita, clorita y arcillas (posiblemente montmorillonita). También encontramos pirita granular y masiva. En las zonas de alta permeabilidad cercanas a las vetas, se presenta una asociación de arcillas, sericita, pirita granular y masiva en ocasiones clorita y en menor proporción calcita.

Se ha podido detectar tanto en veta como en zonas de alta permeabilidad que donde tenemos la presencia de arcillas, clorita y/o pirita masiva, es seguro que se obtienen muy buenos valores en oro y bajos en plata.

F) Mineralogía y Paragénesis.

En un estudio de caracterización mineralógica de la veta El Herrero, realizado por la Comisión de Fomento Minero en 1986, se logró determinar la presencia de minerales tales como cuarzo, feldespatos, sericita, clorita, calcita, fluorita, pirita, hematita, esfalerita, galena, calcopirita, montmorillonita, oro, electrum, plata nativa, argentita, estromeyerita y freibergita. El oro y su variedad electrum se encuentran incluidos en esfalerita, calcopirita, galena, pirita, cuarzo, hematita y en argentita. La argentita se encuentra intercrecida con los demás sulfuros antes mencionados y rellenando huecos en cuarzo. Por otro lado la plata nativa se encuentra rodeando a galena y a argentita. También se logró determinar la presencia de estromeyerita y freibergita, la primera rodeando a pirita y la segunda rellenando huecos en la pirita.

En ejemplares de mano, se pueden observar por lo menos tres etapas de mineralización en la veta El Herrero (figs. 8A y 8B). Esta mineralización, ocurre tanto en bandas rítmicas orbiculares y

ASOCIACIONES MINERALES DE LA VETA EL HERRERO



TIEMPO



EL SABER DE NUESTROS DIAS
PARA UNA GRANDEZA

ETAPA I

- CUARZO LECHOSO
- PIRITA
- GALENA
- ESFALERITA
- CALCOPIRITA
- PLATA NATIVA
- ORO LIBRE
- FELDESPATOS
- ARGENTITA

ETAPA II

- CUARZO GRIS
- CLORITA
- CALCITA
- PIRITA AMORFA
- ESFALERITA
- GALENA
- POLIBASITA
- ARGENTITA
- PLATA NATIVA
- ELECTRUM
- ORO LIBRE
- ESTROMEYERITA
- FREIBERGITA
- SERICITA
- HEMATITA
- CALCOPIRITA
- MONTMORILLONITA
- RODONITA

ETAPA III

- CUARZO CRISTALINO
- CUARZO AMATISTA
- CALCITA
- FLOURITA
- PLATA NATIVA

FUENTE: R. LOPEZ, 1992

UNIVERSIDAD DE SONORA	
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA	
TESIS PROFESIONAL	
FIG. 8-A	ASOCIACIONES MINERALES DESARROLLADOS EN LAS ETAPAS DE MINERALIZACION EN LA VETA EL HERRERO
POR:	
RANDOLFO LOPEZ SOTO	1993

PARAGENESIS DE LA VETA EL HERRERO



BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES

EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA



TIEMPO



MINERAL	ETAPA I	ETAPA II	ETAPA III
CUARZO	- - - - -	= = = = =	= = = = =
FELDSPATOS	- - - - -		
SERICITA		- - - - -	
CLORITA		- - - - -	
CALCITA		- - - - -	= = = = =
FLOURITA			- - - - -
PIRITA	- - - - -	- - - - -	
HEMATITA		- - - - -	
ESFALERITA	- - - - -	- - - - -	
SALENA	- - - - -	- - - - -	
CALCOPIRITA	- - - - -	- - - - -	
MONTMORILLONITA		- - - - -	
ORO	- - - - -	- - - - -	
ELECTRUM		- - - - -	
PLATA NATIVA	- - - - -	- - - - -	- - - - -
ARGENTITA	- - - - -	- - - - -	
ESTROMAYERITA		- - - - -	
FREIBERGITA		- - - - -	
POLIBASITA		- - - - -	
RODONITA		- - - - -	

FUENTE: R. LOPEZ, 1992

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

TESIS PROFESIONAL

FIG.
8-8

PARAGENESIS MINERALOGICA DE LA
VETA EL HERRERO

POR:

RANDOLFO LOPEZ SOTO

1993

lineales como también rellenando cavidades producto de reacomodo o reactivación de fallas, o bien, por brechamiento hidrotermal; probablemente involucrando variaciones en el grado de reemplazamiento de la roca huésped. La primera etapa consistió en un cuarzo blanco lechoso de grano medio a grueso, acompañado por feldespatos, pirita, galena, esfalerita, calcopirita y raras veces por argentita, plata nativa y oro libre. Posteriormente se desarrolla una segunda fase de mineralización, la cual provee de cantidades económicas de Ag y Au a la veta El Herrero, dentro de la zona favorable y en general consiste en cuarzo gris de grano fino acompañado por calcita, rodonita, y sulfuros entre ellos pirita, esfalerita calcopirita y galena, seguidos y reemplazados en ocasiones por polibasita, argentita, plata nativa, electrum, oro y en menor proporción estromeyerita y freibergita. Aquí se determinó también la presencia de la alteración de los minerales preexistentes a clorita, sericita y montmorillonita. Por último ocurre una tercera etapa, la cual representa la actividad final de la fase hidrotermal en la veta El Herrero y se manifiesta por una gran depositación de cuarzo cristalino y localmente variedad amatista, acompañado por calcita, fluorita y raramente por plata nativa. Esta etapa, ocasiona una dilución bastante considerable de las altas concentraciones minerales formadas durante la segunda etapa.

Actualmente el Departamento de Geología de la Mina El Herrero está realizando un estudio más detallado de la paragénesis de la veta El Herrero, el cual en resultados preliminares indica un mínimo de cinco etapas de mineralización, así como una marcada tendencia en aumento de minerales de alta temperatura (esfalerita, galena, calcopirita, etc.) de sur a norte y de arriba hacia abajo.

Así como la presencia de alteración fílica, lo cual nos indica que aún no estamos en las raíces del sistema.

G) Mineralización Secundaria.

En la mina El Herrero, los minerales típicos de las zonas de oxidación y en consecuencia de los de enriquecimiento secundario son insignificantes ya que la erosión en las abruptas faldas de los cerros de la región ha sido tan rápida que si ha tenido oportunidad de formarse, éstas han desaparecido: por tal razón, los procesos supergénicos no hicieron contribuciones apreciables a la mineralización de rendimiento económico del depósito. Pequeñas cantidades de óxidos de Fe, Mn y Cu se han podido observar al alto y en zonas de mayor permeabilidad (zonas de mayor curvamiento y formación de lazos simoides de la estructura) de la veta El Herrero. Esta presencia menor de minerales de oxidación y de enriquecimiento supergénico en la veta, nos indica altos índices de permeabilidad secundaria, producto de movimientos estructurales Post - minerales.

H) Edad de la Mineralización.

Según Clarck (1981), la mineralización de la Mina El Herrero, tiene una edad de 27.9 ± 0.6 m.a. y está emplazada en la Andesita Productiva de la S.V.I. y en la base de la S.V.S. Tal edad está dudosa ya que Carrasco (1980) reporta que en Basis un fechamiento geocronométrico de una toba riolítica (de la S.V.S.), por el método K-Ar, da una edad de 27.9 ± 0.6 m.a. y por otro lado el autor del presente ha observado que las vetas se emplazaron en la Andesita Productiva, pero como después de la mineralización y después de la depositación de la S.V.S. ocurrió un evento

estructural distensivo el cual produjo reactivación de fallas ya mineralizadas (caso especial es la veta El Herrero), produciéndole desplazamientos en sentido vertical de por lo menos 200 mt., poniendo en contacto parte de la S.V.S. con la S.V.I., efecto que produjo arrastre de veta dando la apariencia de que la mineralización se emplazó también en la base de la S.V.S. Por tal motivo la edad de la mineralización solo puede darse en base a criterios correlativos y relaciones de campo obtenidas de las relaciones estructurales entre la mineralización y las rocas encajonantes. Evidencias de campo, sugieren que la mineralización de Basis, tuvo lugar entre la depositación de la S.V.I. (100 a 45 m.a.; Henry, 1975; en Arias, 1986) y la Fm. Las Palmas (36.5 a 30.0 m.a.; Carrasco, 1980), correspondiéndole un rango de edad que va desde 45 a 36.5 m.a. por lo cual puede ser contemporánea a la mineralización del Distrito de Tayoltita para la cual, se determinó una edad de 40.0 ± 0.4 m.a. en adularia de la etapa II por el método K - Ar (Henry, 1975; en Enríquez, 1985).

Conceptos Teóricos del Zoneamiento de Cocientes Metálicos.

El graficar valores elementales en proyecciones de cuerpos mineralizados es una técnica conocida para el discernimiento del patrón de zoneamiento. sin embargo, esta es mas indicativa de la distribución de clastos de mineral que de cambios químicos en los procesos de génesis. La distribución de clastos de mineral frecuentemente se correlaciona con características estructurales como inflexiones, ensanchamientos, etc. Por su parte, el uso de cocientes metálicos puede dar una mejor caracterización cuantitativa del zoneamiento ya que puede indicar cambios en las características químicas del material que fue depositado por las soluciones mineralizantes.

Esta técnica consiste en calcular los cocientes de diferentes pares de elementos, de cuyo ensayo se tienen datos, pasarlos a una sección longitudinal y dibujar los contornos de isovalores. La forma de estas curvas indica frecuentemente la dirección del movimiento de las soluciones mineralizantes.

Para llevar a cabo estos estudios, es necesario considerar varios factores entre los cuales uno de los más importantes es la mineralogía pues de esa manera se podrán seleccionar los minerales que sean comunes en todas las vetas y también para discriminar entre mineralización hipogénica, supergénica y de oxidación.

El otro factor importante a determinar es la paragénesis para darle preferencia a los elementos que corresponden a la misma etapa de mineralización, de otra manera habría traslape de concentraciones elementales y se dificultaría grandemente la interpretación.

Las relaciones espaciales que existen entre las leyes de Ag y Au y sus cocientes se deben principalmente a las variaciones químicas de los fluidos mineralizantes así como al ancho de los espacios abiertos por donde circulan dichos fluidos.

Los fluidos hidrotermales al circular por las fallas y las fracturas pueden sufrir cambios químicos y físicos tales como: reacción con la roca encajonante, ebullición debido a los cambios de presión durante su circulación, cambio en las temperaturas de las soluciones debido a su interacción con la roca encajonante y mezcla de aguas meteóricas con magmáticas principalmente. Algunos de estos procesos pueden originar que una solución inicialmente no saturada, se vuelva saturada con uno o varios iones metálicos los cuales bajo condiciones de ebullición, PH, etc. depositan su carga en los espacios abiertos conforme la solución circula por ellos. Sin embargo la saturación y precipitación de minerales pueden ser favorables debido a un incremento de PH pero no necesariamente suficientes para la depositación de minerales económicos (Drummond y Ohmoto, 1985; en Enriquez, 1985). Mientras que la solución fluye a lo largo de una falla o fractura, si el fluido se encuentra saturado en iones metálicos, al principio se deposita poco mineral posteriormente, se precipita el mineral de más alta ley y finalmente el mineral de más baja ley ocasionando un zoneamiento de elementos tanto en sentido vertical como lateral.

Durante el recorrido de los fluidos a lo largo de fallas y fracturas, existen elementos tales como Ag, Au, Pb, Zn, Cu, etc. que por su afinidad se depositan en forma mineral. El efectuar la relación entre dichos elementos, es posible observar variaciones espaciales que representan el registro en la evolución química de las soluciones.

Los cocientes metálicos son independientes de las proporciones de los minerales de ganga y de los fragmentos de roca incluidos en las muestras para ensayos, de tal suerte que su comportamiento es de gran utilidad para situar los rangos verticales y horizontales como un horizonte donde se llevó a cabo la mineralización de rendimiento económico.

La utilidad de los espesores de veta es de gran importancia dentro de este tipo de estudios ya que el zoneamiento de la mineralización depende en gran parte de las variaciones de permeabilidad en fallas o fracturas. Si asumimos que los fluidos al circular por los espacios abiertos experimentan una resistencia relativa a su viscosidad entonces el flujo de los fluidos se distribuirá por los espacios de menor resistencia y la velocidad y cantidad de flujo serán mayores en zonas de mayor permeabilidad.

Interpretación de Cocientes de Ag / Au

Bajo el concepto de que los cocientes de Ag / Au, disminuyen (aumento en oro) conforme se está más cerca de la fuente y viceversa, es indicativa de que las soluciones mineralizantes viajaron largas distancias a través de las fracturas o fallas precipitando los minerales de mena con proporciones distintas de elementos Ag / Au. Esto viene a ser consecuencia del empobrecimiento de los fluidos mineralizantes, conforme se alejan de la fuente térmica.

El problema más fuerte para la interpretación de la variación de los cocientes metálicos de Ag / Au, es la superposición de diferentes etapas de mineralización, suceso que en la veta El Herrero es palpable, sin embargo no ha sido obstáculo para el desarrollo de este trabajo, ya que de las tres etapas de

mineralización existentes en la veta, la II es la más importante, ya que la I y III fueron casi estériles en minerales de rendimiento económico (fig. 8A).

El zoneamiento de cocientes metálicos en la veta El Herrero, da como resultado curvas o áreas que nos indican la posición aproximada de la zona favorable, así como su tendencia o buzamiento. La extensión lateral del zoneamiento es desconocido ya que hacia la porción sur de la veta, parte de los clavos mineralizados se han erosionado y hacia la porción norte tenemos los topos de nuestros niveles de exploración teniéndose conocido a la fecha una extensión longitudinal de 2000 mt. aproximadamente, con tendencias a extenderse más.

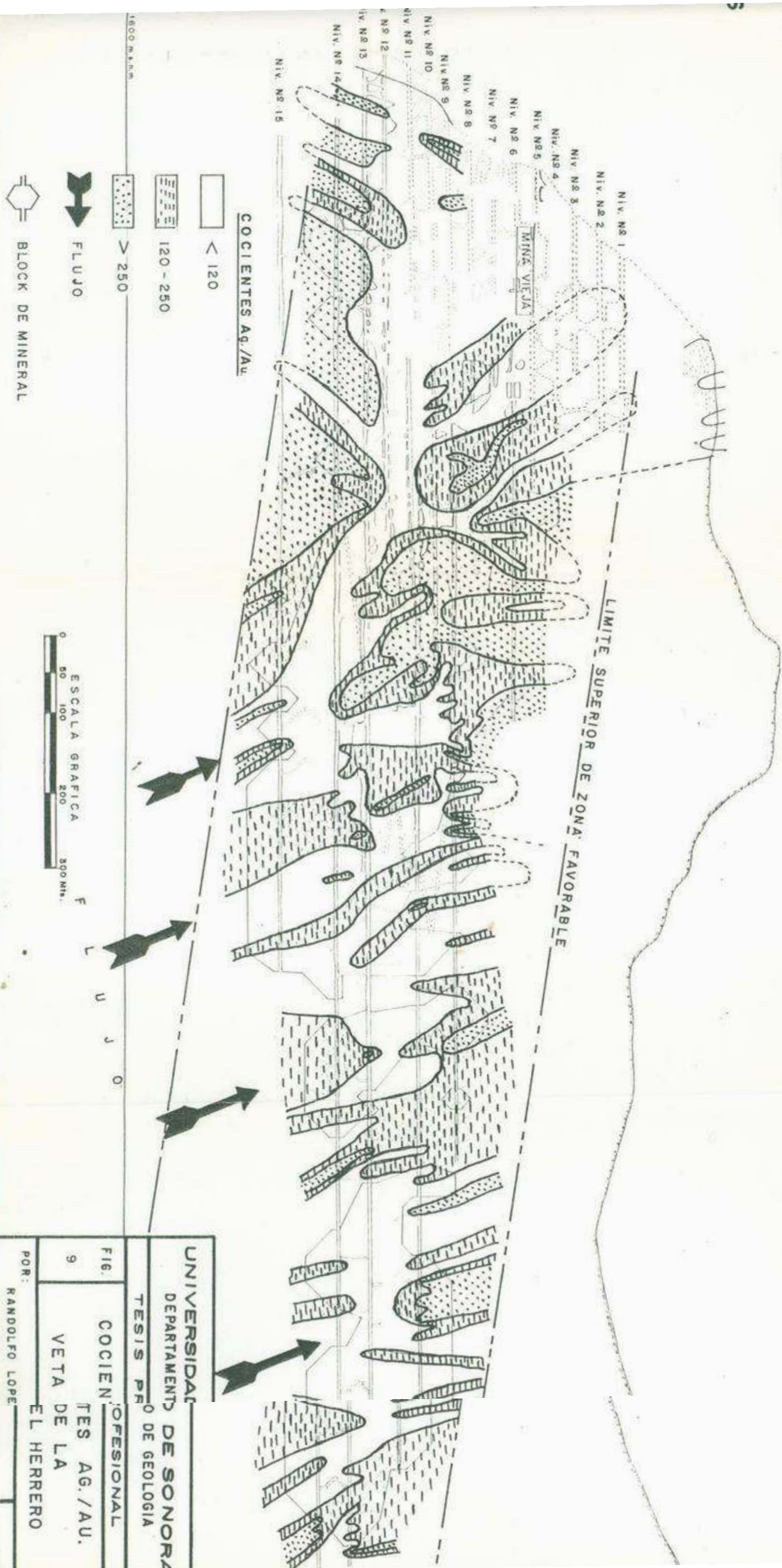
El zoneamiento de los cocientes de Ag / Au puede ser interpretado de la siguiente manera: a) Movimiento de los fluidos hidrotermales, pasando de un fluido rico o cargado a un fluido gastado; debido a la depositación de su carga. b) Los cocientes más bajos son consecuencia de las condiciones físico-químicas de depositación. Estas relaciones bajas se presentan en la porción central del horizonte mineralizado y son producto de condiciones más favorables de depósito.

La veta El Herrero, presenta franjas irregulares de cocientes bajos hacia el centro de la zona favorable, con un consecuente aumento en sentido vertical. Según los contornos de los cocientes, el flujo de los fluidos hidrotermales fue semivertical, mostrándonos que el flujo de soluciones mineralizantes, viajó de norte a sur tal como lo muestran las concavidades hacia arriba de las curvas de cocientes (fig. 9).

Dado que el contorno de nuestros cocientes, nos dan varios posibles canales de flujo, en una extensión de por lo menos 1000



SECCION LONGITUDINAL VETA "EL HERRERO"



UNIVERSIDAD	
DEPARTAMENTO DE SONORA	
TESIS PROFESIONAL	
FIG. 9	COCIENTES AG./AU.
VETA DE LA EL HERRERO	
POR: RANDOLFO LOPEZ SOTO	

mt., indicándonos que nuestra fuente térmica se localiza a profundidad y hacia el norte, esto deja un amplio margen para la exploración hacia esa zona (fig. 9).

La roca encajonante de la mineralización del área no presenta basculamiento considerable, por lo cual se puede considerar que la zona favorable no ha sufrido grandes movimientos que puedan afectar en forma general a la posición y dirección de nuestros canales de flujo de las soluciones mineralizantes.

Los isovalores de Ag se encuentran distribuidos en bandas de forma irregular donde los valores más altos se detectan en la región central de la zona favorable, con brazos que nos indican extensión lateral de los cuerpos mineralizados. Las franjas de isovalores de Ag, quedan abiertas tanto hacia el fondo como hacia la parte superior, indicándonos continuidad vertical de los clavos mineralizados (fig. 10).

Los contornos de las franjas de isovalores de Au, muestran una similitud muy grande respecto a los isovalores de Ag. Las franjas también nos indican extensión lateral de los cuerpos quedando también abiertas hacia el fondo y parte superior, indicándonos continuidad vertical de los valores (fig. 11).

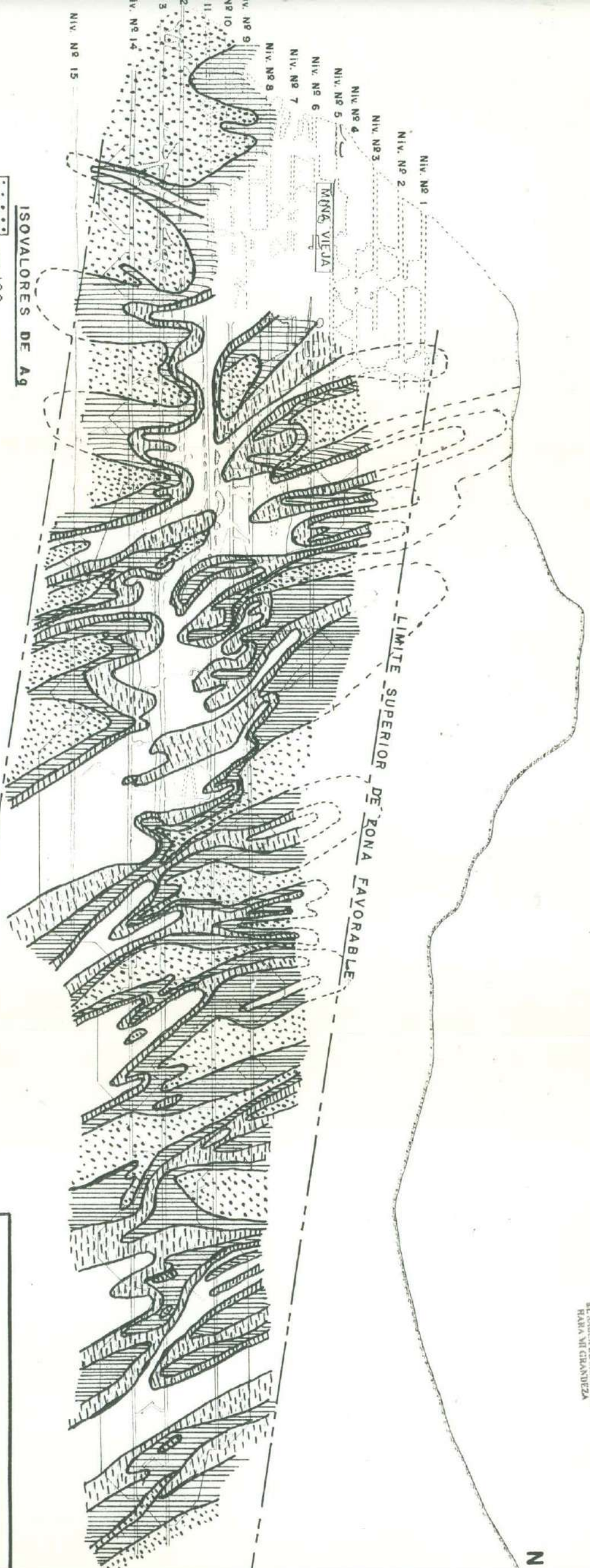
El contorno de las isopacas de veta, nos indica el papel tan importante que tuvieron los controles estructurales, ya que los fluidos se canalizaron por las zonas de mayor permeabilidad y por consiguiente mayor espesor de veta mineralizada (fig. 12). Según las isopacas de veta, en la parte sur es donde tenemos anchos de veta mucho mayor que en la parte norte. Esto se debe a que en la parte sur la veta presenta curvas y lazos simoides (zonas de alta permeabilidad), y hacia el norte tiende a comportarse como una línea recta (zonas de baja permeabilidad).

SECCION LONGITUDINAL VETA "EL HERRERO"

BIBLIOTECA DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

EL SABER DE MIS DIOS PARA MI GRANDEZA

N



ISOVALORES DE AG

< 120

120-300

301-500

> 500

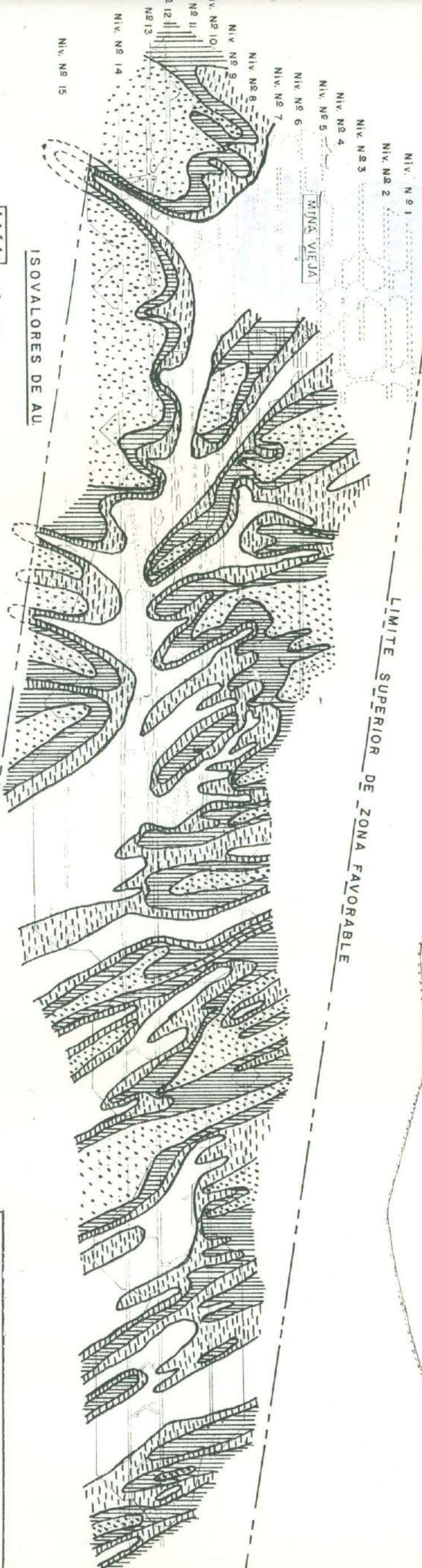
BLOCK DE MINERAL

ESCALA GRAFICA
0 50 100 200 300 Mts.

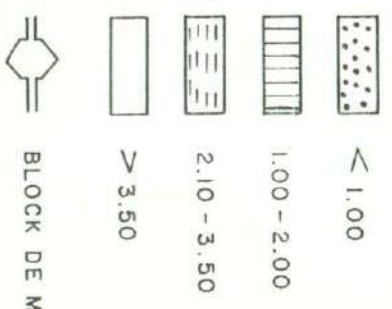
UNIVERSIDAD DE SONORA		
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA		
TESIS PROFESIONAL		
FIG. 10	ISOVALORES DE AG. DE LA VETA EL HERRERO	
POR: RANDOLFO LOPEZ SOTO		1993

SECCION LONGITUDINAL VETA "EL HERRERO"

N



ISOVALORES DE AU.



EL SABER DE NUESTROS DIAS
HABRA MAYOR GRANDEZA

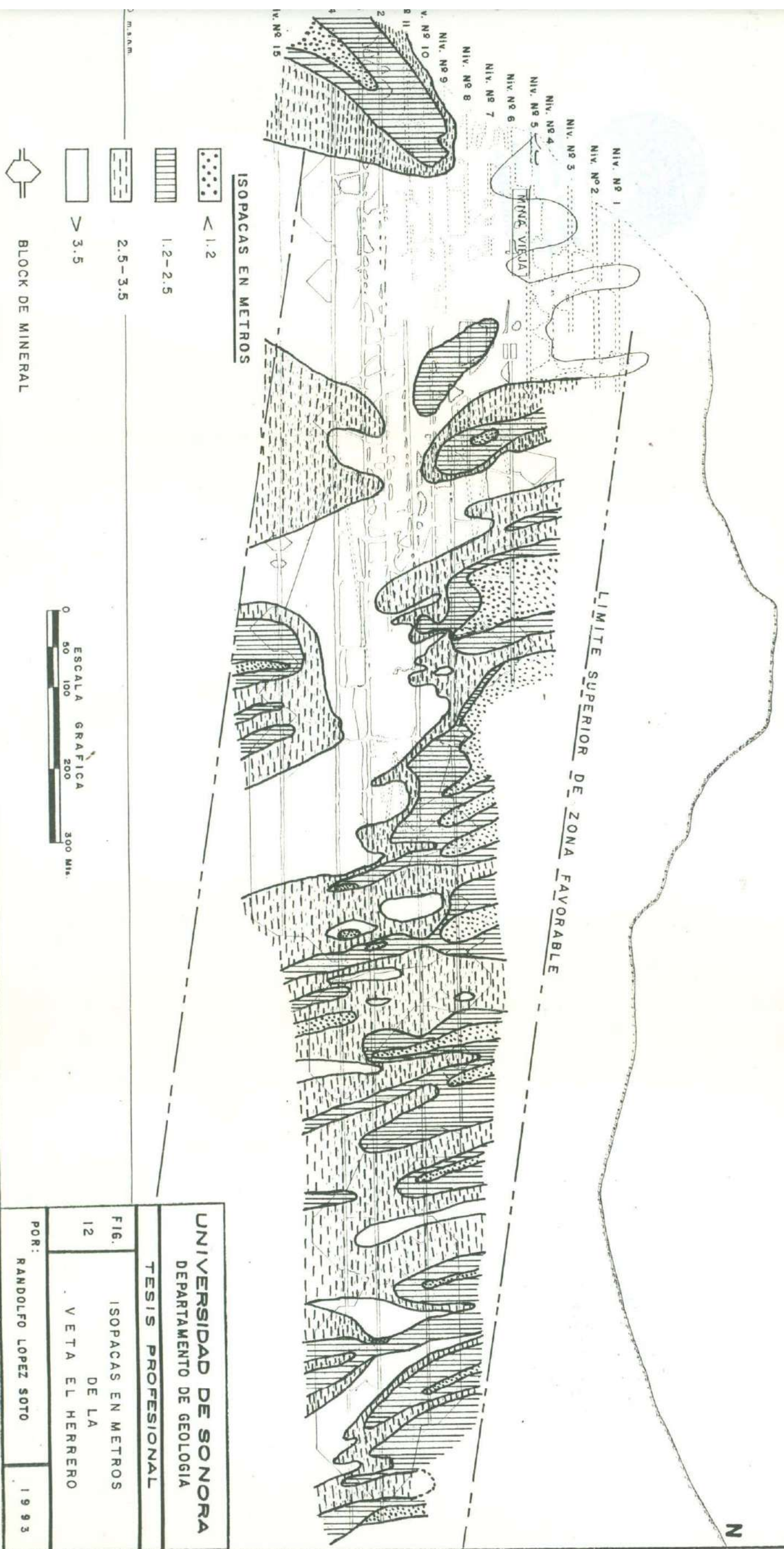
BIBLIOTECA DE LA
DE CIENCIAS EXACTAS Y TA EL HERRERO

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
TESIS PROFESIONAL

FIG. 1 ISOVALORES DE AU.
TITULARES
RANDOLFO LOPEZ SOTO

1993

SECCION LONGITUDINAL VETA "EL "HERRERO"



UNIVERSIDAD DE SONORA		
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA		
TESIS PROFESIONAL		
FIG. 12	ISOPACAS EN METROS DE LA VETA EL HERRERO	
POR: RANDOLFO LOPEZ SOTO	1993	

SISTEMAS GEOTERMALES ACTIVOS

La analogía entre los yacimientos epitermales de rendimiento económico, encajonados por rocas volcánicas es que fueron formados en sistemas geotermiales de condiciones químicas y físicas similares a los que se encuentran activos. Estos sistemas de aguas calientes, han sido estudiados en algunos lugares del mundo tales como los de Steamboat Springs, Nevada y los de Broadland, Nueva Zelanda. Los barrenos a diamante en Steamboat Springs, han intersectado vetas con concentraciones significativas de Plata, Oro, Mercurio, Antimonio, Arsénico, Talio y Boro. Todos estos elementos se encuentran en fuertes concentraciones cerca de la superficie de depósito, este grupo de elementos son informalmente denominados los elementos epitermales. La mayoría de los campos geotermiales están asociados con estructuras determinadas por actividad tectónica tal como fallamiento en bloques, formación de grabens o calderas. El estudio de campos geotermiales activos, ha revelado que un evento hidrotermal presenta un rango de vida entre 100 000 y 5 000 000 años (Elder, 1966; en Arias, 1986), lo que nos deja abiertas las posibilidades para que uno o varios eventos se hayan manifestado en la región de Basis.



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA

BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES

EXPLOTACION Y BENEFICIO

Ritmo de Explotación.

Actualmente se extraen de vetas y brechas 19.500 toneladas por mes con ley promedio de 450 y 2.5 gr/ton de Ag y Au respectivamente. Las reservas de mineral quebrado, probado y probable de la mina son las suficientes como para mantener 10.63 años la operación de la planta de beneficio al ritmo actual de explotación.

Por otro lado, se tiene en mente realizar un estudio de viabilidad con el fin de ampliar la capacidad de molienda de la planta de beneficio al 100 %.

Métodos de Tumbes.

Tanto en las vetas como en las brechas, los métodos de tumbe que se utilizan son el tumbes sobre carga y el corte y relleno con tepetate. El primero de ellos es el que más se utiliza por sus bajos costos, pero no se tiene disponibilidad inmediata del mineral. Con el segundo método, se tiene una mayor disponibilidad del mineral tumbado, pero se utiliza menos ya que sus costos se elevan mucho, dado que no se cuenta con tepetateras disponibles. Para un futuro, se piensa llevar a cabo el tumbes por subniveles y barrenación larga, método de bajo costo y elevado tonelaje.

Método de Muestreo.

Se realiza un muestreo sistemático de canal separados cada tres metros, en frentes, contrabozos y rebales. En cada canal se separa la veta o estructura principal del alto y bajo, cubriendo el ancho de la obra. También se realiza un muestreo de resacas en

los chorros de extracción con el fin de llevar un mejor control de ley del mineral que se manda a la planta de beneficio.

Planta de Beneficio.

En la mina El Herrero, se cuenta con una planta de beneficio que utiliza el método de flotación y tiene una capacidad de 750 toneladas diarias, trabajando las 24 horas. Estas instalaciones se dividen en cuatro secciones, Trituración, Molienda, Flotación y Espesamiento y filtrado.

El mineral es acarreado por camiones de 14 y 10 toneladas de capacidad, desde el nivel 15 hasta la tolva de gruesos, haciendo un recorrido aproximado de 800 mt. Una vez depositado el mineral en las tolvas, pasa a las quebradoras de quijada (2 de 20" X 36") y a las quebradoras cónicas (una 4 1/4" SYMONS y la otra de 3 ft. 6D) para triturarlo, y de ahí pasarlo a los molinos de bola para su molienda correspondiente; posteriormente, se manda a las celdas híbridas y de flotación para la recuperación de la plata y el oro en un concentrado denominado tipo Bulk piritoso, y por último éste se manda al tanque espesador para eliminarle la mayor cantidad posible de humedad.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La mina El Herrero se localiza dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, particularmente en la Subprovincia de Barrancas.

En la región se cartografió una secuencia bastante potente de rocas volcánicas de félsicas a intermedias, las cuales basado en estudios realizados en otras localidades del Estado, se agruparon en dos series: 1) Serie Volcánica Superior y 2) Serie Volcánica Inferior.

La mineralización ocurrió en la andesita productiva de la S.V.1.

Relaciones de campo indican que el emplazamiento de la mineralización fue más antiguo que la depositación de la S.V.5.

Se reconocen dos etapas de fallamiento: uno de tensión pre-mineral y otro distensivo post-mineral. El fallamiento post-mineral, logró reactivar fallas mineralizadas como la de El Herrero.

Para la veta El Herrero en ejemplares de mano, se logró identificar la ocurrencia paragenética de tres etapas de mineralización hipogénica, de las cuales la segunda es la más importante desde el punto de vista económico.

La mineralización de enriquecimiento supergénico es insignificante, ya que no forma concentraciones de rendimiento económico, dado la rápida erosión que actúa en la Sierra.

El contorno de los cocientes metálicos de Ag/Au , presenta un coneamiento tanto vertical como lateral, indicándonos la evolución química de los fluidos mineralizantes y consecuentemente los posibles caminos del flujo que siguieron dichos fluidos.

Las zonas de cocientes bajos quedan abiertas hacia el norte y principalmente hacia el fondo de los cuerpos de mineral bloqueados, indicando que los valores se extienden tanto lateral como verticalmente hacia el norte y a profundidad (fig. 9).

No se ha detectado ningún cuerpo intrusivo que sea interpretado como posible fuente térmica: sin embargo es posible que dicho cuerpo, si es que existe, sea localizado hacia la porción norte y a profundidad de la veta El Herrero.

La zona favorable presenta un espesor de 400 a 600 mt. con inclinación o buzamiento entre 8 y 12° hacia el norte, y se comporta como una franja sinuosa, dentro de la cual ocurren los clavos de mineral económico.

Dado todo lo anterior, se estima que la Mina El Herrero encontrará más mineral y de buena ley explorando la veta El Herrero hacia su porción norte y a profundidad.

Se recomienda seguir la exploración tanto con barrenación a diamante como con obra directa en la zona norte y abajo de la proyección de bloques de mineral de los niveles 14 y 15, con el fin de verificar la continuidad vertical de la mineralización y probar nuevo mineral que ayudará a alargar la vida de la mina.

Desde el punto de vista geológico y con el fin de tener una visión más amplia del modelo genético del yacimiento, se recomienda seguir realizando estudios de investigación tales como inclusiones fluidas, microtermometría, isótopos de O-C-S y otros. Por otro lado, se recomienda concluir el trabajo de paragénesis de la veta El Herrero.

Por último, la veta El Herrero reúne todas las características físicas y químicas como para realizar estudios de diferentes índoles.

B I B L I O G R A F I A

AMAYA M., R., 1970. Exploración Geológico Minera en el Proyecto El Alacrán. Tesis profesional. Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.

ARIAS M., J.A., 1986. Modelo Evolutivo del Ciclo Hidrotermal de la Mina Tayoltita. Durango en base a datos isotópicos, microtermométricos y cocientes metálicos. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México: México, D. F.

ATKINSON, W.W., Jr., 1990. Seminario: Geoquímica de los Depósitos Hidrotermales de Oro - Evidencias Geológicas para modos de transporte Hidrotermal. Depósito del Oro y su aplicación a la Exploración. Memorias no publicadas. Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.

CARRASCO C., M.L., 1980. Carta y Provincias Metalogenéticas del Estado de Durango, México. Minero-Noticias del Consejo de Recursos Minerales.

COMISION DE FOMENTO MINERO, 1967. Estimación de Reservas en la Mina El Herrero, Basis, Durango, México. Reporte interno. Minas de Basis, S.A. de C.V.

COMISION DE FOMENTO MINERO, 1989. Estudio de Caracterización Química - Mineralógica - Petrográfica de la Mina El Herrero, Basis, Durango, México. Reporte interno. Minas de Basis, S.A. de C.V.

DAMON, P.E.; SHAFIQUILLAH, M.; CLARK, K.F., 1981. Evolución de los Arcos Magmáticos en México y su relación con la Metalogénesis. Instituto de Geología de la UNAM, Vol. 5, pp. 223 - 238.

ENRIQUEZ M., E., 1985. Estudio de Cocientes Metálicos de la Veta Cedral, Mina Tayoltita, Distrito de San Dimas, Durango, México. Tesis profesional. Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.

HENRY, C.D. AND FREDRIKSON, G., 1987. Geology of Part of Southern Sinaloa, Mexico Adjacent to the Gulf of California. Geological Society of America.

LINDGREN, E., 1933. Mineral Deposit, 4 th. Ed McGraw Hill, Book Co., N.Y.

LOPEZ R., J.E., 1986. Estudio Geológico Minero Preliminar en el Noroeste de Chihuahua. Tesis Profesional. Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.

LOPEZ S., R., 1991. Zonas de Oxidos - Sulfuros y Comportamiento de Isopacas en Relación a la Geología Estructural de la Veta El Herrero, Mina El Herrero, Basis, Durango. Reporte interno. Minas de Basis, S.A. de C.V.

LOPEZ S., R., 1991. Zoneamiento de Oro y Plata en la veta El Herrero, Mina El Herrero, Basis, Durango. Reporte interno. Minas de Basis, S.A. de C.V.



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA

BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES

70 mt. de Altura, por el Sistema de Tumba Sobre Carga y por el Sistema de Corte y Relleno con Tebetate, en la Unidad El Herrero, de Minas de Basis, S.A. de C.V.. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zac.

PETERSEN, U., 1972. Métodos Modernos Aplicados a la Investigación de Yacimientos Peruanos. Boletín de la Sociedad Geológica del

LOPEZ S., R., 1991. Zonas con Arcillas, Sulfuros y Elementos Nativos en la veta El Herrero, Mina El Herrero, Basis, Dgo. Reporte interno. Minas de Bacis S.A. de C.V.

LOPEZ S., R., 1992. Estudio Geotécnico del Área Tia Chica, Basis, Durango. Reporte interno. Minas de Bacis, S.A. de C.V.

MARTINEZ B., J.A., 1992. Evaluación Geológica de Mina Vieja en la Veta El Herrero, Mina El Herrero, Basis, Durango. Reporte interno. Minas de Bacis. S.A. de C.V.

MC DOWELL, F.W. and CLABAUGH, S.E., 1979. Ignimbrite of the Sierra Madre Occidental and Their Relation to the Tectonics History of Western Mexico. Geological Society of America.

MC DOWEL, F.W. AND KEISER, R.P., 1977. Timing of Mid Tertiary Volcanism in the Sierra Madre Occidental Between Durango City and Mazatlan, Mexico. Geological Society of America Bulletin, V.88, pp 1479 - 1487.

MORENO B., J.A., 1992. Análisis Comparativo Entre Dos Alternativas de Preparación y Explotación de un Rebaje de 120 mt. de Longitud y 70 mt. de Altura, por el Sistema de Tumbe Sobre Carga y por el Sistema de Corte y Relleno con Tepetate, en la Unidad El Herrero, de Minas de Bacis, S.A. de C.V.. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zac.

PETERSEN, U., 1972. Métodos Modernos Aplicados a la Investigación de Yacimientos Peruanos. Boletín de la Sociedad Geológica del

Perú, tomo 42, pp 23-35. Lima, Perú.

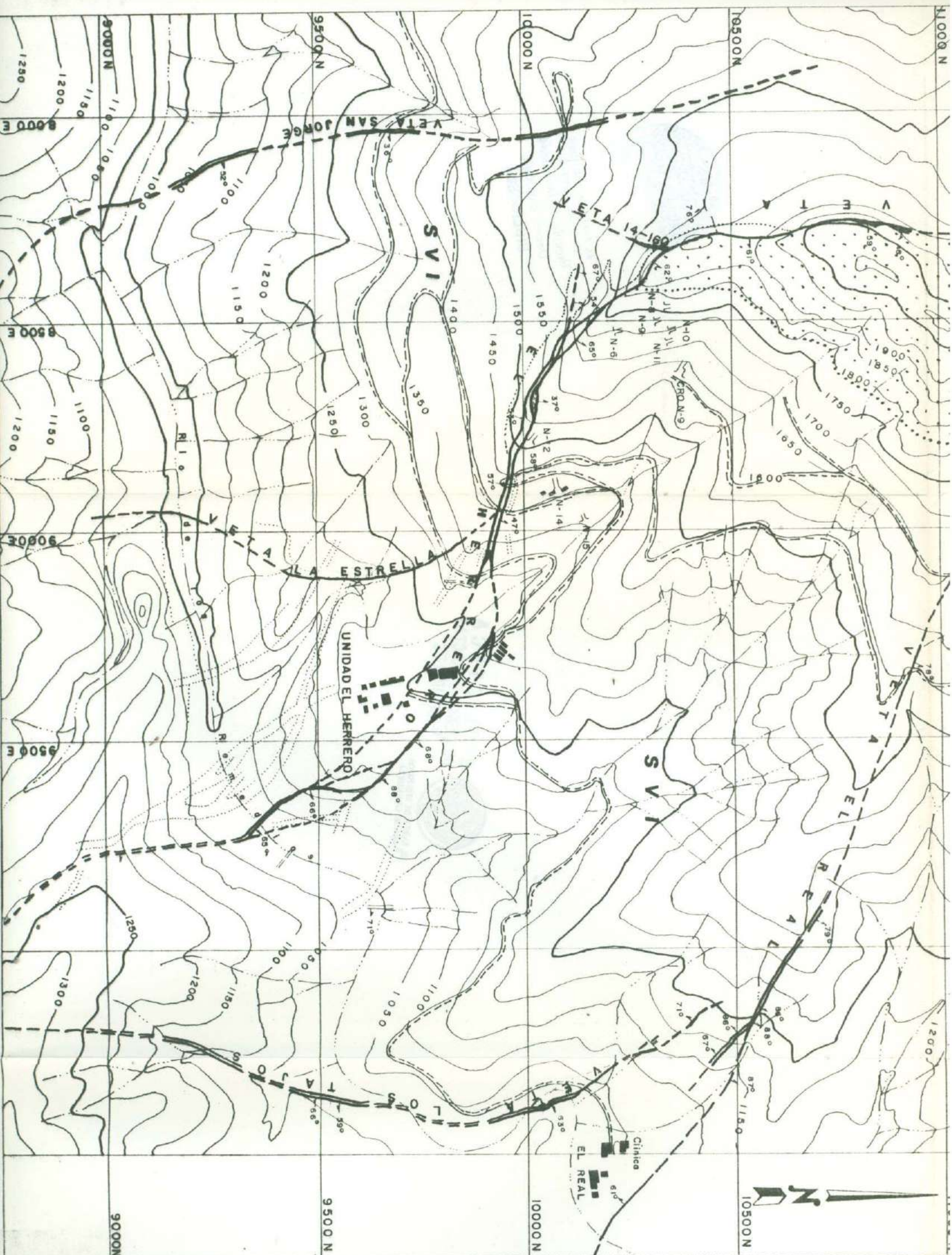
RANDALL, J.A., 1970. Red Estructural de las Rocas Volcánicas de la Región de Tayoltita, Durango, México. Convención Nacional, Oaxaca, Oax.

RODRIGUEZ M.,J.L., 1990. Evaluación Geológica y Potencial en la Veta Culebra, Mina Tayoltita, Durango, México. Tesis profesional. Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.

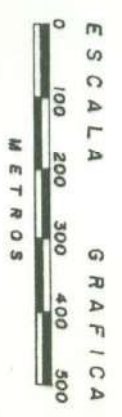
SMITH B., L.J., 1982. Cocientes Metálicos en la Mina Santa Rita, Tayoltita, Durango, México. Tesis profesional, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.

SOLANO R.,B.,1987. Apuntes de Estadística Aplicada a la Geoquímica de Exploración. Reporte interno, S.I.P.S.A. de C.V., Guadalajara, Jalisco, México.

SOTO M.,M., 1987. Relaciones en Espacio y Tiempo Entre Chimeneas y Vetas del Distrito Minero de La Colorada, Zacatecas. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.



- [S.V.S.] SERIE VOLCANICA SUPERIOR
- [SVI] SERIE VOLCANICA INFERIOR
- [---] CONTACTO GEOLOGICO
- [---] VETA MOSTRANDO SU ECHADO
- [---] DIQUE FELSICO
- [---] DIQUE INTERMEDIO
- [---] CURVA DE NIVEL
- [---] RIO Y ARROYOS
- [---] TERRACERIA O BRECHA
- [---] POBLADO
- [---] BOCAMINA
- [+ + +] COORDENADAS Y/O PARALELOS



ESCALA 1:19000

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
TESIS PROFESIONAL

LAM.
1
GEOLOGIA LOCAL
UNIDAD EL HERRERO