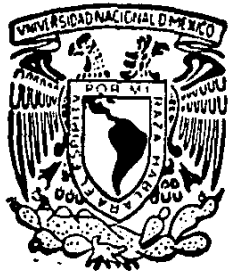


1
2 ef.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ANALISIS GEOLOGICO DE LA ZONA CONDESA,
MINA EL POTOSI, DISTRITO MINERO DE SANTA
EULALIA, ESTADO DE CHIHUAHUA.

FALLA DE ORIGEN

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO GEOLOGO

P R E S E N T A I

JUAN ADAME LOPEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONTENIDO:

CAPITULO I

I. INTRODUCCION

- I.1. Esbozo del trabajo.
- I.2. Historia de la mina.
 - I.2.1. Antecedentes generales.
 - I.2.2. Etapas históricas y de productividad.
- I.3. Objetivo del trabajo.
- I.4. Método del trabajo.

CAPITULO II

II. GEOGRAFIA

- II.1. Localización y Comunicación.
- II.2. Fisiografía.
 - II.2.1. Orografía.
 - II.2.2. Hidrografía.

CAPITULO III

III. GEOLOGIA

- III.1. Introducción.
- III.2. Estratigrafía.
 - III.2.1. Mesozoico.
 - III.2.1.1. Formación Cuchillo.
 - III.2.1.2. Formación Aurora.
 - III.2.2. Cenozoico.
 - III.2.2.1. Rocas Intrusivas.
 - III.2.2.2. Cubierta Vulcano-Sedimentaria.
- III.3. Historia Geológica.

CAPITULO IV

IV. TECTONICA

- IV.1. Introducción.
- IV.2. Geología Estructural del Distrito.
- IV.3. Geología Estructural de La Zona Condesa.

CAPITULO V

V. YACIMIENTOS MINERALES

- V.1. Introducción.
- V.2. Descripción del Yacimiento.
 - V.2.2. Cuerpos de Sulfuros.
 - V.2.3. Minerales de Oxidación.
 - V.2.4. Cuerpos de Brechas.
- V.3. Descripción de La Zona Condesa.
 - V.3.1. Forma del Yacimiento.
 - V.3.2. Mineralogía.
 - V.3.3. Relación Brecha-Roca Encajonante.
- V.4. Discusión Genética.
- V.5. Métodos de Exploración.

CAPITULO VI

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- VI.1 Conclusiones.
- VI.2 Recomendaciones.

BIBLIOGRAFIA

MAPAS E ILUSTRACIONES

CAPITULO I

I.1. INTRODUCCION

I.1. Esbozo del trabajo.

Una de las regiones mineras con mayor historia en la nación es seguramente la de Santa Eulalia en el Estado de Chihuahua. A esta región se le debe, sin lugar a duda, la fundación de la ciudad de Chihuahua además de la enorme riqueza que ha producido a través de los siglos.

El presente trabajo se realizó con el propósito de poder determinar algunos parámetros de tipo geológico, que propiciaron la acumulación de minerales metálicos. Además, con la interpretación de los datos se trató de establecer los diferentes rasgos geológicos, guías para exploraciones futuras.

Es notable, observar la abundancia de artículos escritos de La Mina El Potosí, ubicada en Santa Eulalia, entre los que destacan autores tales como: Spurr (1912), Horcasitas (1956), Kirschner (1963), Hewitt (1968), De La Fuente (1969), Maldonado y Megaw (1983), Miranda y Megaw (1986) y Megaw, Miranda y Padilla (1989), de los cuales se consultaron algunos datos, con el fin de no duplicar esfuerzos y sirvieran para efectuar la interpretación de los rasgos de la mineralización.

Actualmente, la mina se encuentra produciendo principalmente, minerales sulfurosos de plata, plomo y zinc. La mineralización se encuentra emplazada en estructuras formadas anteriormente, las cuales son el principal motivo del presente estudio. Así también, se encuentran en esta mina cristales muy hermosos de hemimorfita, yeso, pirrotina, rodocrosita, rodonita, ilvaita, etc., y grutas en caliza de inigualable belleza.

Con el presente trabajo, se plantean algunas alternativas que coadyudaran a incrementar la productividad de la mina en lo que se

refiere a la precisión, que permita localizar nuevos cuerpos mineralizados.

I.2. Historia de la Mina.

I.2.1. Antecedentes Generales.

A esta región se le denominó "La Primera Veta en Tierra Virgen" y fué solicitada y concedida al Capitán Diego del Castillo el 26 de marzo de 1652. A la muerte de este señor, pocos meses después, su hermano Don Pedro volvió a denunciar, pero los enfrentamientos con los indios ocasionaron el abandono de los trabajos preliminares y no fué sino hasta el 14 de febrero de 1717 que los señores Nicolás de Cortéz, Juan Olguín y Eugenio Ramírez Calderón obtuvieron las propiedades; ellos y otros más continuaron trabajando haciendo prosperar a la región, que culminó con la fundación del Real de Minas de San Francisco de Cuellar, hoy Ciudad de Chihuahua.

De acuerdo a datos estadísticos se tiene conocimiento de que hasta el siglo XVIII se habían producido más de 100 millones de dólares en plata. la producción para el siglo XIX se estima en cifra menor, debido a diferentes guerras que asolaron a la nación. Con el advenimiento de métodos modernos de transporte, explotación y beneficio, el valor de la producción en lo que va del siglo XX es muchas veces mayor a los periodos anteriores, lo cual da una idea de la potencialidad económica de los depósitos, pues no se trabajaron tan solo por plata sino también por plomo y zinc. Se supone que los depósitos de mineral tienen más de tres siglos de ser explotados.

I.2.2. Etapas Históricas y de productividad.

De La Fuente (1969) describe ampliamente la historia del Distrito de Santa Eulalia y la separa en los siguientes periodos :

El descubrimiento y auge inicial (1707-1790).

Según el historiador local Francisco R. Almada, en 1707 se advirtió por primera vez la existencia de criaderos minerales en La Sierra de Santa Eulalia. La mina situada en el lugar del hallazgo tuvo el nombre de Nuestra Señora de La Soledad, mejor conocida como de "La Descubridora", en la confluencia de los arroyos Las Animas y Dolores.

Ante la abundancia de mineral acudieron buscadores de fortuna, al poco tiempo creció el poblado y se llamó Santa Eulalia de Mérida. En el año 1709 se celebró un acuerdo sobre la fundación del Real y Cabecera de Minas.

Las numerosas incursiones de los apaches hicieron peligrar la estabilidad del centro minero en diferentes años, no solo por los ataques a los operarios sino por los constantes robos de caballos y mulas. Por el año de 1709 se instalaron en las riveras del Río Chuvíscar y en Santa Eulalia, 63 haciendas con 188 hornos cerrados, 65 vasos de afinación y 47 cendradas de galemar para desgretar metales.

Pocas minas fueron habilitadas con tiros de extracción y, al parecer ninguno estaba acondicionado con malacate para el manto. De ordinario se sacaba el mineral, a la boca de la mina, en la espalda de los barreteros. En la mina Bustillos existía un camino en forma de caracol, tan amplio que servía para extraer el mineral a lomo de burro.

En el periodo indicado, se registraron en la zona de Chihuahua 11 902 626 marcos de plata, equivalentes a 100 millones de dólares. La ley media era de 6 a 8 onzas por carga (1 600 g-ton de promedio), la cantidad mencionada representa el beneficio de 2 000 000 de toneladas en bruto, a razón de 70 toneladas diarias por término medio.

La Decadencia (1791-1880).

Desde 1791 se inició una etapa franca de decadencia, con periodos en que la producción disminuyó casi hasta el paro total. Los factores responsables son de dos tipos: métodos mineros

deficientes y profundos cambios acaecidos a partir de La Guerra de Independencia. En el periodo comprendido entre 1791 y 1810 se mantuvo una paz completa, la producción disminuyó sensiblemente.

La situación ya de por sí crítica, se agravó al iniciarse la larga lucha de independencia. El golpe de gracia lo dieron los apaches en el año 1831, rompieron la tregua tras una amnistía de 40 años, reanudando las hostilidades con singular violencia.

Al terminar la intervención francesa, la región atravesaba por uno de los periodos más difíciles de su existencia. Diferentes estudios fueron realizados por técnicos mexicanos, en un vano intento por atraer capitales para rehabilitar las minas; a la vez, las visitas de extranjeros comenzaron a menudear; fue en estos años que el profesor James P. Kimball realizó el primer estudio geológico del distrito.

Las deficiencias en el sistema de explotación se acentuaron al grado máximo; los nuevos propietarios trabajaron a nivel de gambusinos, dejando las minas en abandono total. La falta de medidas de seguridad tuvo sus mayores consecuencias en las "minas hondas" (las grandes chimeneas), donde los derrumbes causaron numerosas víctimas y cegaron algunos caminos principales.

Según Ernesto Honigman (1917), la producción de plata en el periodo indicado es equivalente a 20 millones de dólares.

El Resurgimiento(1880-1925).

En 1880, una poderosa empresa norteamericana hizo la oferta de invertir un millón de dólares, para restaurar las instalaciones mineras y metalúrgicas de acuerdo con los últimos adelantos de la época; tal operación requería por lo menos dos mil hombres. Ante la magnitud del proyecto, el gobierno estatal aceptó; se otorgó una concesión muy ventajosa.

John Robinson, fundador de la Santa Eulalia Mining Company, al percatarse de las posibilidades del distrito, consiguió una concesión abarcando toda la sierra de Santa Eulalia debido a su importancia económica. En 1882, se terminó el tramo del Ferrocarril Central Mexicano hasta la ciudad de Chihuahua; de inmediato

Robinson hizo tender una vía férrea todavía en uso, desde la hacienda a la mina. La compañía explotó gran cantidad de mineral; sin embargo, fué vendida a John H. Shaw y Olliver Payne, que formaron la Chihuahua Mining Company. La mayor parte de mineral se extraía de Santo Domingo y Galdeano.

Al correr el tiempo, el Gobierno Mexicano promulgó una ley que obligaba a pagar un impuesto anual por cada pertenencia del campo minero (Ley Minera de 1892). Shaw abandonó sus fundos en 1894, excepto Santo Domingo, Santa Rita y Zubiata, pensando retener la zona más rica.

Honigman cita que en 1917 cerca de 60 minas se encontraban en explotación, 20 eran las más importantes. En 1891, La Chihuahua Mining Co. adquirió los derechos de explotación en todo el distrito minero. El 7 de febrero de 1894 la compañía resolvió optar por la nueva Ley Minera.

A principios de siglo, dichas propiedades pasaron una vez más a poder de la Chihuahua Mining Co., mediante un desembolso de 250 000 dólares; comprendía a las riquísimas estructuras de la J-Norte y la Q-Denis, que permanecían sin explotar; adoptó, finalmente, la razón social de Potosí Mining Company, subsidiaria de la poderosa Howe Sound Co.

La producción del distrito en el periodo indicado se estima de 7.5 millones de toneladas de mineral en bruto, con una ley media de 500 gr de plata por tonelada, y un 12 % de plomo.

Epoca Moderna (1925-).

Con el agotamiento de los grandes criaderos de óxidos, el distrito quedó bajo control de la Potosí Mining Co. y la ASARCO. En 1920 se realizaban preparativos para beneficiar a los minerales por flotación selectiva, que había adquirido cierto grado de perfeccionamiento. La planta fue instalada en el poblado de San Guillermo, iniciando sus actividades en 1925.

Posteriormente, se intensificaron campañas de exploración directa y mixta, con resultados muy alentadores. De 1930 a 1940 la curva de producción alcanzó su punto máximo: en este periodo la

producción no bajo de medio millón de toneladas anuales, con leyes promedio de 10 % de plomo, 10 % de zinc y 7.5 onzas de plata por tonelada; los años inmediatos anteriores a la segunda guerra mundial, la mina El Potosí ocupaba, como una sola unidad, el primer lugar de la producción mundial de plomo.

En 1941, el ritmo de extracción se redujo a 500 toneladas diarias, mismo que continua en la actualidad con altibajos menores.

A finales de 1960, las minas de la Potosí Mining Co. fueron adquiridas por la empresa actual, Minerales Nacionales de México, de capital 100 % mexicano cuyo accionista mayoritario es el Sr. Mariano Valenzuela C.

I.3. Objetivo del trabajo.

Al desarrollar los cotidianos trabajos de geología, en la mina, fue de especial interés la Zona Condesa debido a la cantidad de rasgos geológicos y sobre todo la existencia de estructuras de orientaciones diferentes a las N-S, que habían sido las más exploradas y explotadas.

Al estar en dicha zona, se pensó en la posibilidad de poder conocer situaciones geológicas distintas que pudieran identificarse y, con ésto, poder sugerir nuevas guías para la prospección. Por tanto, se trataría de contribuir, al menos, con la continuación de los trabajos exploratorios. Así mismo, se podrían establecer nuevos criterios para desarrollar la minería del país.

Otro de los objetivos fue efectuar una cartografía geológica, que sirviera para poder interpretar las estructuras principales de la Zona Condesa; se plantearon objetivos tales como: determinar los diferentes tipos de rasgos, inferir su formación y proponer estrategias alternativas para su exploración.

En un principio, fue de especial interés, poder investigar sobre el origen de estructuras, tan importantes, como la gran Brecha Condesa, pues en su gran volumen contiene mineralización en la matriz y, por tanto, era importante su exploración y su

explotación.

Además, otro de los objetivos principales, fue inferir el posible origen y desplazamiento de fisuras, formación y asociación con las fracturas, así como sus relaciones con la mineralización; deteminar la dirección de los esfuerzos principales, la actitud de la estratificación del distrito, para poder conocer la forma y rasgos del pliegue de La Sierra de Santa Eulalia.

Otro objetivo fue, investigar de los yacimientos aledaños con el fin de poder asociarlos con los eventos mineralizantes de la zona de estudio, como son: skarns, brechas, chimeneas, mantos, zonas de alta permeabilidad, intrusivos y productos de alteración en zonas superiores; y así identificar condiciones favorables para captación de soluciones hidrotermales.

I.4. Método de Trabajo.

El trabajo de campo, en la zona de estudio, consistió en el reconocimiento y cartografía geológica de las obras realizadas dentro de la zona, tanto en obras de explotación (frentes, contrapozos, plazas, etc.) como de exploración (inferencia geológica y barrenación de diamante).

Dicha cartografía se efectuó en mapas de escala 1:400 en planta y, a partir de estos, se realizaron secciones con orientaciones tales que presentaran interés de tipo geológico. Lo anterior se hizo con una oerientación N 60 E, en los niveles 18,19,20 y 21, los cuales se encuentran a 50 metros de diferencia de altura y a una profundidad de aproximadamente 1 000 metros, a partir de la superficie (ver mapa 1)

Además, se colectaron algunas muestras con el fin de analizarlas y así conocer las leyes de mineral en regiones, aparentemente, significantes.

Se tomaron orientaciones de los rasgos más importantes in situ, como son estrias de planos de falla, fracturas, diques, mantos, chimeneas, etc. Lo anterior se hizo mediante una brújula Brunton. Además, se midió el espesor, con cinta, de los

principales cuerpos minerales distribuidos en el área. La exploración se hizo directamente a través de la barrenación de diamante, en sitios donde se habían inferido, geologicamente, zonas de interés.

También se efectuó, el levantamiento geológico, con cinta y brújula, de los avances de obras mineras y, después, se vaciaron los datos de dicho trabajo en los mapas topográficos, previamente elaborados por la brigada de topografía; esto se hizo tanto en planta como en perfiles, a la escala antes mencionada.

Con base en los trabajos, ya mencionados, se realizó su interpretación, con el fin hacer inferencias de tipo geológico que sirvieran para poder contar con nuevos sitios para su próxima exploración.

CAPITULO II

II. GEOGRAFIA

II.1. Localización y comunicación.

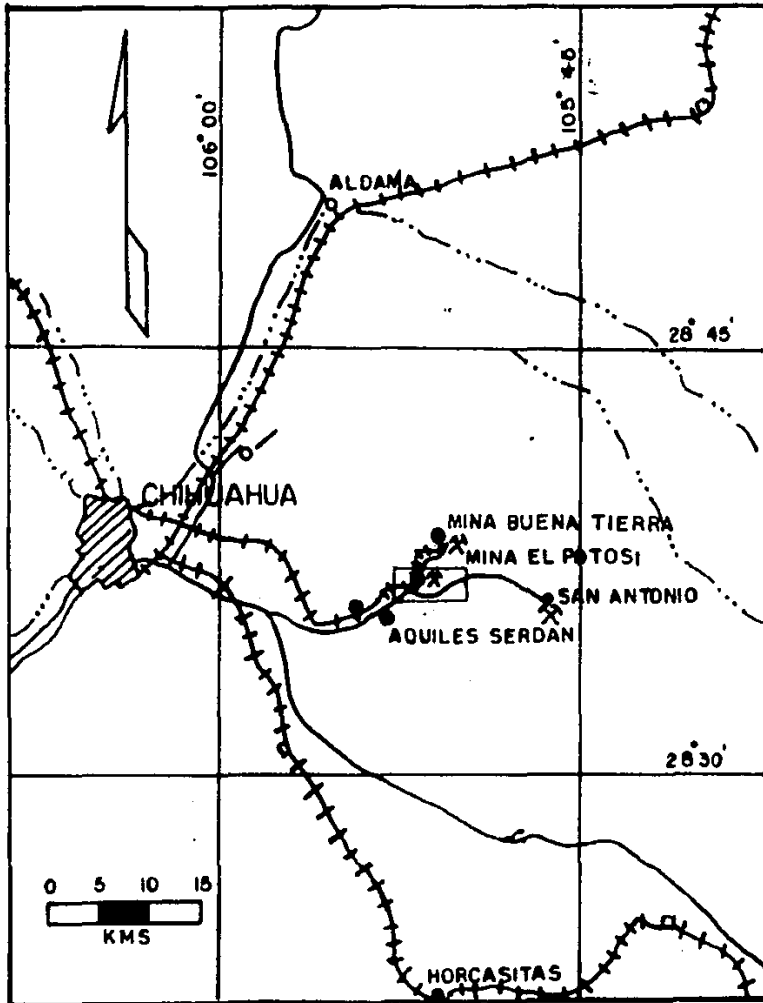
La Mina El Potosí se encuentra localizada aproximadamente entre los meridianos $105^{\circ} 45'$ y $106^{\circ} 00'$ de longitud oeste y entre los paralelos $28^{\circ} 30'$ y $28^{\circ} 45'$ de latitud norte. La Zona Condesa se ubica, específicamente, entre las coordenadas (locales de la mina) 5 700 N y 1 000 E, y a una profundidad aproximada de 1 000 metros de la superficie (ver ilustr. 1 y mapa 2).

La comunicación a la mina se efectúa por medio de la Carretera Panamericana número 25, que parte de la Ciudad de Chihuahua rumbo a Ciudad Delicias, en el Km 16, se desvía hacia la izquierda y se toma la Carretera Estatal que va hacia el poblado de Santa Eulalia (hoy Aquiles Serdán), se atraviesa dicho poblado y se continúa, por la misma carretera, hasta llegar a la población de Santo Domingo (hoy Francisco Portillo). En este lugar se localiza El Tiro 5 que es el que comunica hacia el interior de la mina hasta los niveles del 18 al 21, que se desarrollan hacia el sur cerca de las coordenadas de la mina antes mencionadas. La mina en la que se elaboró el presente trabajo es propiedad de la Compañía Minerales Nacionales de México, S. A.

II.2. Fisiografía.

La zona de estudio pertenece a la Provincia Fisiográfica de la Mesa Central del Norte (Ordoñez, 1946), posteriormente Raisz, (1959) la denominó Provincia de Cuencas Y Sierras . Limita al este con la Sierra Madre Oriental, al sur con la Mesa Central y al oeste con la Sierra Madre Occidental. Esta provincia se caracteriza por ser una gran superficie semidesértica donde

PLANO DE LOCALIZACION



ILUST. I

emergen aislados pliegues montañosos separados por amplias llanuras. Dichas características persisten en Texas, Nuevo México y Arizona en U.S.A. La mayoría de las sierras están constituidas por rocas sedimentarias de edad Cretácico y son alargadas con una orientación general N-NW, con longitudes que alcanzan los 100 Km y un ancho no mayor de 20 Km. (ver ilustr. 2).

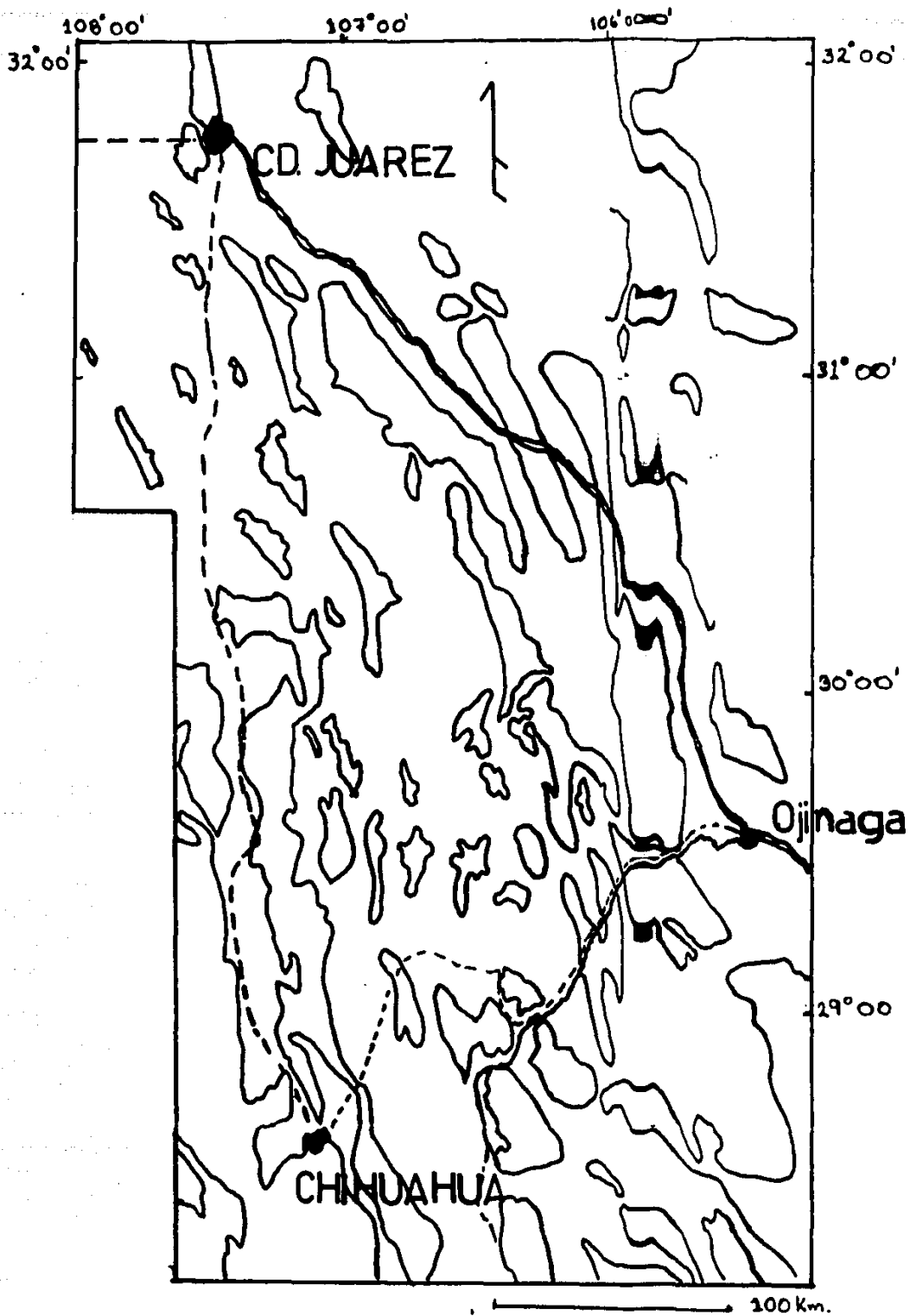
II.1.2. Orografía.

En el norte del Estado de Chihuahua existen además, zonas montañosas más antiguas como las sierras del Cuervo, Samalayuca, etc., también se encuentran amplias llanuras de drenaje endorréico a los cuales, los colonizadores llamaron Bolsones; Ordoñez (Op., Cit.) les llamó Barriales. Algunas depresiones fueron rellenadas por derrames y nubes ardientes de origen volcánico que en algunos sitios formaron cuerpos de rocas eruptivas ácidas de gran espesor, cuyo resultado es la Sierra Madre Occidental (López, Op., Cit.).

Según De La Fuente (1969), la topografía de los alrededores de la mina es muy abrupta, ya que se encuentra en las faldas del lado oeste de la Sierra de Santa Eulalia, que mide cerca de 20 Km de longitud y unos 10 Km de anchura. Dicha sierra se eleva 600 m por encima de los valles circunvecinos y tiene una altura media de 2 000 m. El alargamiento de la sierra presenta un rumbo general N-S, hacia el SW de esta se desprende la Sierra El Ojito y, en la zona de unión entre ambos cuerpos, destaca el Cerro Chihuahua el Viejo, con una altura 2 250 m. El tronco principal de la sierra está compuesto por calizas masivas, sobre el que descansan, hacia sus márgenes, rocas volcánicas y conglomerados.

II.2.2. Hidrografía.

Los agentes intemperizantes han labrado fallas y fracturas encañonados en caliza que llegan a medir cerca de 250 m de profundidad; y barrancas de márgenes amplias y un relieve escalonado en la cubierta volcánica. Los arroyos permanecen secos, salvo en raras ocasiones conducen agua y están bien definidos en



Ilust. 2

PROVINCIA DE CUENCAS Y SIERRA S.
ALINEADAS HACIA EL NORTE.

FUENTE: López Ramos (1979).

las serranias, pero pierden expresion en la planicie, lo que da por resultado vertientes que drenan hacia los valles Tabaloapa y Dolores, los cuales son captados por el Río Chubiscar, tributario a la vez del Río Conchos.

CAPITULO III

III. GEOLOGIA

III.1 Introducción.

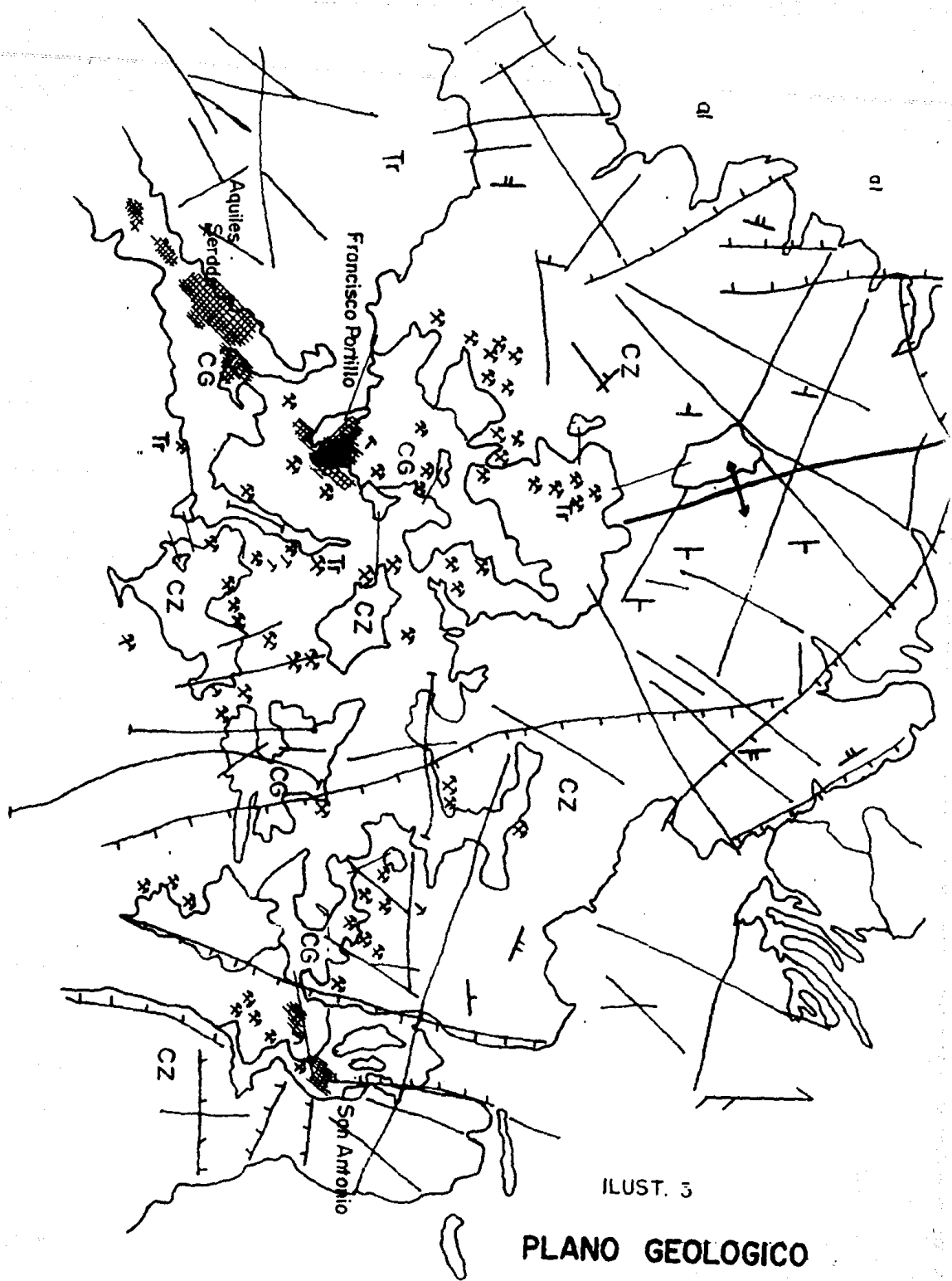
La Sierra de Santa Eulalia está constituida, principalmente, por rocas sedimentarias de un espesor aproximado de 1 300 m (Horcasitas y Snow, 1956). Estas forman un anticlinal abierto, simétrico, en donde el eje del del pliegue presenta un rumbo general de N 10 W (DETENAL) y una inclinación de las capas que no excede los 20 grados (ver ilustr. 3).

Dicho paquete de rocas es afectado por un cuerpo granítico, detectado con barrenación de diamante profunda, en la mina de la Compañía Industrial Minera México, S. A.

Dentro de las rocas sedimentarias se encuentran diques ácidos y básicos de textura generalmente porfídica. Los primeros son de color color blanco y los segundos, de dos tipos, verde fuerte y de verde oscuro a negro mate. Los más antiguos son los diabásicos (verde fuerte) le siguen los microgranitos (blancos) y son los tienen relación con la mineralización pues fueron intrusados, al parecer, paralelamente; los diques básicos (oscuros) se emplazaron después de la mineralización (ver ilustr. 4).

Sobreyace discordantemente a las rocas sedimentarias, una cubierta que esta constituida por conglomerados (continentales), derrames, tobas e ignimbritas de composición riolítica y andesítica. Dicha cubierta es cruzada por los diques postminerales y no tienen mucha relación con el mineral, ya que solo en horizontes inferiores se presentan depósitos de sulfuros. A esta cubierta Vulcano-Sedimentaria también se la dado el nombre de encabe.

En el paquete sedimentario existe gran cantidad de estructuras preminerales, en las que fue propicia la concentración

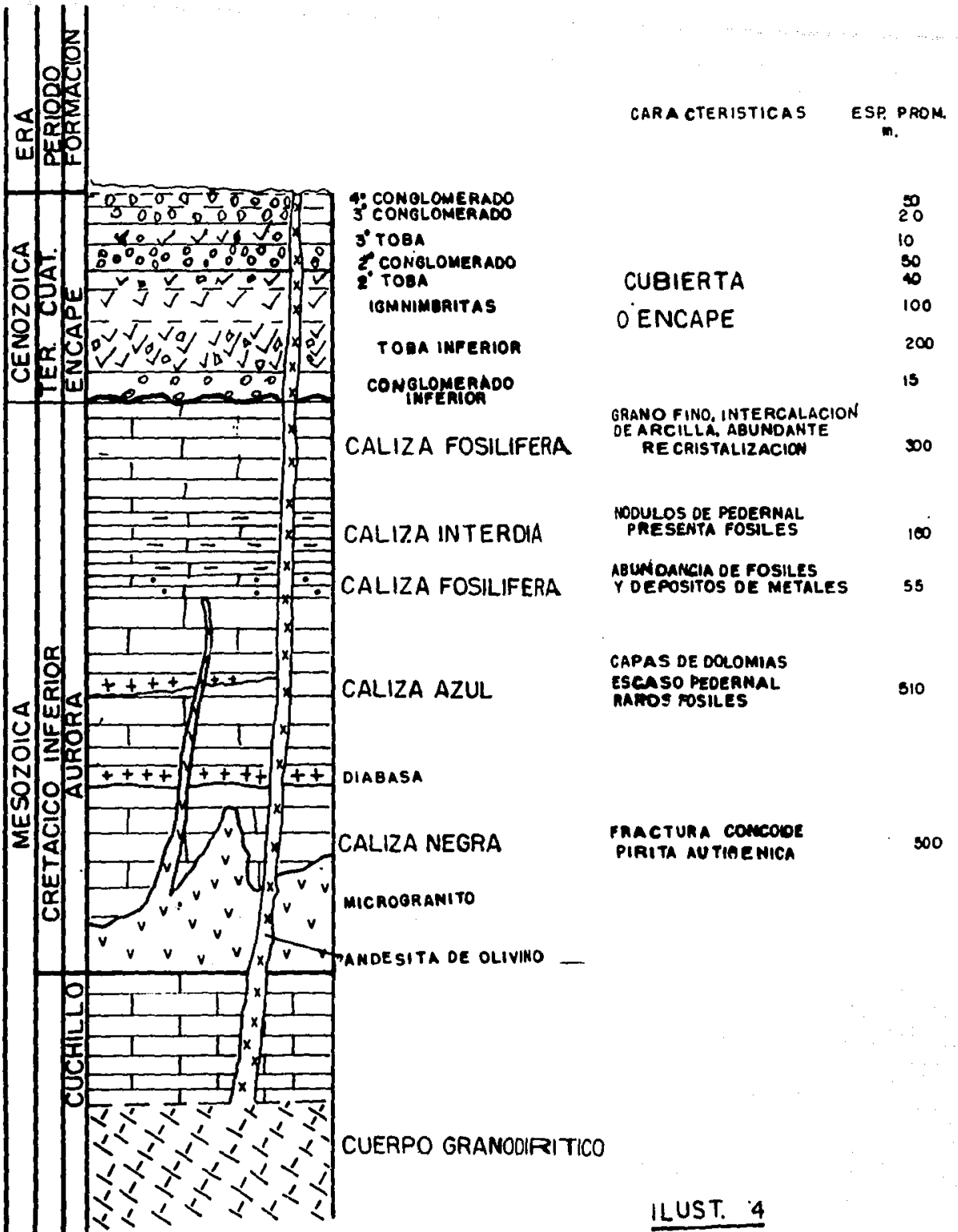


ILUST. 3

PLANO GEOLOGICO
Escala 1:50 000

Fuente: DETENAL 1979.

COLUMNA GEOLOGICA



ILUST. 4

de los iones metálicos de las soluciones hidrotermales. Entre los principales destacan: fallas (fisuras), fracturas, estratificación, diques, skarns, brechas, permeabilidad, etc.

III.2. ESTRATIGRAFIA

III.2.1. MESOZOICO (ver Tabla Estratigráfica, Ilust. 5)

III.2.1.1. Formación Cuchillo.

Definición.

Toma su nombre de la Localidad Cuchillo Parado. El nombre de formación fue asignada por Burrows (1909), a una secuencia de rocas sedimentarias existente entre las formaciones Las Vigas y Aurora; que contiene yeso, areniscas y lutitas; aflora cerca del camino que conduce a la Mina La Aurora.

Distribución.

Se encuentra ampliamente distribuida en la parte oriental del Estado de Chihuahua; comprende desde la Sierra de Juárez en donde se llama Formación Porvenir, hasta el área de Placer de Guadalupe y Sierra Chorreras (Vélez, 1973 en López, Op., Cit.). La formación se caracteriza por una morfología consistente en lomeríos largos, paralelos y angostos, de hasta 80 metros de altura y separados por una larga hondonada de 250 metros.

Litología y espesor.

Consiste de calizas amarillentas con abundantes fragmentos de conchas. Se encuentran separadas por calcilutitas laminares de color rojizo y verdosas que en la mayoría de los casos están reemplazadas por gruesas capas de yeso. Delgado (1983) informa que en la región de Las Playas existen lutitas calcáreas, calizas mudstone, wackstone, packstone, grainstone, delgados horizontes de coquinas de moluscos y en la parte inferior una unidad de

TABLA ESTATIGRAFICA DEL ESTADO DE CHIHUAHUA

SIST.	SERIES	PISO EUROPEO	M.A	TEXAS CENTRAL	SRRA.DE JUAREZ				
CRETACICO	SUPERIOR	GULFIANO	78	GPO.NAVARRO	GPO. OJINAGA				
				SENONIANO		GPO. TAYLOR			
				CAMPANIANO		GRUPO			
				SANTONIANO		AUSTIN			
		CONIACIANO							
		TURONIANO	90	GRUPO					
	INFERIOR	COMANCHEANO	ALBIANO	110	EAGLE FORD	GPO. CHIHUAHUA			
					SUPERIOR		FM. BUDA		
					MEDIO		FM. DEL RIO		
			INFERIOR		FM. GEORGETOWN				
					FM. KIAMICHI				
					EDWARDS PEAK FM. COMANCHE/FM. WALNUT				
		COAHUILLIANO	APTIANO	120	FM. COW CREEK		FM. CUCHILLO		
					GARGASIANO			FM. HAMMET	
					BEDOULIANO				
			NEOCONIANO		FM. SLIGO				
					HAUTERIVIANO			FM. HOSSTON	
					VALANGINIANO				
BERRIASIANO	135								

SRRA. SN. IGNACIO	S.BANCO EL LUCERO	SRRA. CHORRERA*	SW DE CHIHUAHUA	
OJINAGA	DEL RIO		PARRAS	
			INDIDURA	
			CUESTA DEL CURA	
GPO. CHIHUAHUA	GPO. CHIHUAHUA	FM. AURORA	AURORA	
			LOMA DE PLATA	
			BENEVIDES	
			FINLAY	
LAGRIMA				
BENIGNO	LUCERO			
PORVENIR	MOSQUETEROS	CUCHILLO		
LAS VIGAS		LAS VIGAS	PEÑA	
			NAVARRETE	CUPIDO
			TARAISES	
		LA CASITA	LA CASITA	

ILUSTRACION 5

* COLUMNA CERCANA A LA ZONA DE ESTUDIO

FUENTE: CORDOVA Y OTROS, 1970

evaporitas de un gran espesor (120 m).

De la Fuente (1969) señala: "solo unos cuantos barrenos de exploración la han cortado. El espesor conocido es de 170 a 200 m (Distrito de Santa Eulalia), esta compuesta de lutita negra alternada con anhidrita y, en menor cantidad, calizas fosilíferas".

Los espesores máximos registrados corresponden a la localidad tipo con 610 m. En la Sierra Pilares se ha considerado un espesor variable de 250 a 450 m (Haenggi, 1970). En la Sierra El Porvenir, Córdova (1969), midió una sección de 280 m; Delgado (Op., Cit.) menciona : " el mayor espesor reportado es de 1 236 m en la Sierra de San Martín El Borracho; Barradas en 1974, la describe en el flanco oriental de la Sierra del Puerto Frío con un espesor de 1 005 m ".

Relaciones Estratigráficas.

La Formación Cuchillo sobreyace a la Formación las Vigas, en forma concordante y transicional. El contacto superior es brusco pero concordante con las calizas masivas de la Formación Benigno Delgado, (Op., Cit.). Su contacto inferior en el Distrito de Santa Eulalia es un cuerpo granodiorítico o un potente pórfido riolítico de edad posterior (De La Fuente, Op., Cit.).

Edad y Correlación.

Fue Burckardt (1930), quien con base en la presencia de **Dufrenoya y Douvilleiceras** le asigna la edad perteneciente al Aptiano Superior. Al oriente de Villa Ahumada, la Formación Cuchillo es correlacionable con la secuencia metamorfoseada y silicificada de la Formación Mosqueteros (Rodríguez, 1969). Delgado (Op., Cit.) señala : "se correlaciona con las formaciones Peña, de la Cuenca de Sabinas; Bluff en La Plataforma del Diablo; Horizonte Otates y Caliza El Abra de la Cuenca Tampico Misántla y Las Uvas de Acatita-Las Delicias".

Sedimentología.

Delgado (Op., Cit.) menciona "Los sedimentos indican un

origen somero en amplia plataforma de subsidencia; en ocasiones propicia condiciones de aguas restringidas a fuertes evaporaciones, lo que originó la formación de evaporitas. Hacia la cima, los sedimentos indican la existencia de un mar abierto con buena circulación de aguas, por lo que la secuencia se considera transgresiva (Barradas, 1974). No obstante, lo anterior no explica la existencia de grainstone, el cuál es producto de la acción de corrientes (Pettijohn, 1975)**.

III.2.1.2. Formación Aurora.

Definición.

Burrows (1910) establece este término para las secciones calcáreas de la localidad de Cuchillo Parado (Sierra La Aldea para King y Adkins, 1946), en donde se encuentra localizada la mina del mismo nombre. Humprey en 1946, le da el nombre de formación, y la aplica a rocas de NE de México. Algunos autores como Ferreiro 1975, en López, Op., Cit.), todavía marcan a la Formación Aurora en la región de Chorreras.

Distribución.

López (1982) menciona "Puede decirse que estas rocas de plataforma predominan en casi todo el sur del Estado de Chihuahua y parte NE y norte. Son de gran interés comercial por contener a los más grandes depósitos de minerales de la región de Santa Eulalia, Naica, Terrazas, Minillas, etc."

Litología y Espesor.

López (Op., Cit.) las describe : "las rocas calcáreas están constituidas por wackstone, packstone y grainstone, de color gris que intemperizan a café claro. Presentan cuerpos masivos de 2 a 10 m de espesor, con abundancia de rudistas, miliólidos, oolitas, pellets, pelecípodos, radiolarios, equinodermos, dictyoconus, moluscos, caprinidos y nódulos de pedernal".

Relaciones Estratigráficas.

En la región de Chorreras el contacto inferior esta bien definido y concordante con la infrayacente Formación Cuchillo, mientras su contacto superior no aflora (López, Op., Cit.).

De la Fuente (Op., Cit.) dice : "el contacto superior de la Formación Cuchillo es gradual. La Cubierta Vulcano-Sedimentaria descanza discordantemente sobre la Formación Aurora".

Edad y Correlación.

De acuerdo a la fauna determinativa y por su posición estratigráfica se le asigna una edad de Albiano Inferior a Medio. Se correlaciona con la Formación Acatita en la Sierra La Paila y en el área de Delicias, con la Formación Glen Rose, Edwards y equivalentes del Grupo Fredericksburg del norte y oriente de Texas; también con la Formación Benigno y Finlay de la Cuenca de Chihuahua, así como con la Formación Tamaulipas Superior de la Cuenca Tampico-Misántla, de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (López, Op., Cit.).

Sedimentología.

Los sedimentos que integran a esta formación, se depositaron en un ambiente de aguas poco profundas, propicias para el desarrollo de Rudistas que son fauna característica de ambiente de plataforma.

En la región de la zona de estudio se ha subdivido a esta formación, en cuanto a su sedimentología, en cinco horizontes diferenciables, estos son: Caliza Negra, Caliza Azul, Caliza Fosilifera Inferior, Caliza Intermedia y Caliza Fosilifera Superior; los cuales se describen someramente en la ilustración 4.

III.2.2. CENOZOICO

III.2.2.1. Rocas Intrusivas.

Cuerpo Granodiorítico.

Al norte de La Mina El Potosí, en la mina de la Compañía Industrial Minera México, S. A. (antes ASARCO S. A.), el barrenos de diamante cortó a un cuerpo granodiorítico, a una elevación aproximada de 550 m-snm; el sondeo prosiguió 80 m sin lograr atravesarlo. Se ha supuesto que es anterior a los sedimentos y, por tanto, que constituye la base de la columna geológica. No se conocen sedimentos derivados de dicha roca, ni existen referencias regionales de su existencia. Nada se ha publicado de su alteración, ni sobre su efecto en la roca encajonante. La aparente falta de una aureola de metamorfismo no puede utilizarse como diagnóstico, ya que es poco manifiesto en las rocas hipabisales del distrito.

Hewitt (1968) reporta las siguientes características de la roca : "Es de color verde, holocristalina, de grano medio y al microscopio se le clasificó dentro de la familia cuarzo-monzonita. El cuerpo solo muestra cambios notables en la zona de contacto; en algunos barrenos del sur tiene de 2.1 a 2.4 m de espesor, de riolita blanca densa, que a profundidad cambia gradualmente a la composición de su masa principal. Petrográficamente la primera es aplita, pero la última varia en un solo metro desde aplita a sienita porfidica, y finalmente cuarzo-monzonita (Petrográfo; B. Stringan). En toda la roca se observa piritita diseminada. Se han encontrado cantidades menores de marmatita, galena y escasa calcopirita".

Se piensa que este cuerpo tiene alguna relación con los grandes batolitos del noroeste de la región y, por tanto, se considera que su emplazamiento tuvo efecto en la formación de las principales estructuras mineralizadas.

Diquestratos Diabásicos.

Son dos los diquestratos más importantes, están encajonados en el horizonte de la caliza azul y se separan entre sí 130 m (ver mapa 1).

El primero consiste de una masa rocosa que concuerda con la estratificación, su espesor varía de 3 a 8 m. En general es de color verde fuerte en roca sana, de grano medio, con plagioclasa. C. P. Brekey (Hewitt, 1968) las clasificó como diabasas (doleritas). Es notable su emplazamiento en la estratificación, ya que siguen la inclinación de las capas casi horizontales; es común encontrar un sinfín de diquestratos en todo el distrito y con espesores variables.

El segundo diquestrato es un gran cuerpo, con un espesor que va de 30 a 40 m, del que se desprenden ramificaciones de escasa potencia, donde algunos vuelven al tronco principal y otros desaparecen (ver mapa 1).

Diquestratos Dioríticos.

De La Fuente (Op., Cit.) clasificó a estos diques y menciona lo siguiente: "la roca es de color gris verdoso a verde oscuro, de estructura compacta y textura fanerítica. Al microscopio se le ha clasificado como diorita, es de grano medio y de textura holocristalina, hipidiomórfica; como minerales esenciales se observan plagioclasas sódico-calcicas de forma subedral, con predominio de aquellas cuya composición varía entre el 30 y 50% de anortita, si bien aparecen unas plagioclasas más básicas. Las plagioclasas están rodeadas por cristales subedrales de piroxenos del grupo de la augita; el cuarzo presenta solo en cantidades accesorias; aparecen en menor escala magnetita e ilmenita".

Sus espesores varían en gran medida, pero pueden alcanzar hasta los 40 m. Como los anteriores, siguen la estratificación y adelgaza en líneas generales en su avance hacia el norte, dividiéndose en ramas menores que en ocasiones desaparecen o se unen al tronco principal.

En la zona de estudio no se diferenciaron este tipo de diques pero se han reconocido como del mismo tipo de los microgranitos.

Microgranitos.

Por su color blanco se le ha denominado, comunmente en la mina, como felsita.

Al microscopio (De La Fuente, Op., Cit.) se le ha clasificado como granito de textura microgranular, sus minerales esenciales son ortoclasa, cuarzo, oligoclasa y, los únicos accesorios, los sulfuros antes mencionados.

Estos diques manifiestan mucho desarrollo en la mina y consisten de varias capas planas de diversos espesores; una de ellas ha sido perforada por 228 m sin ser alcanzado su borde inferior; en el mismo barrenos, la masa riolítica tiene 338 m, incluyendo dos estratos delgados de caliza negra fosilífera. Estos diques pierden su potencia hacia el norte y, la capa superior después de cruzar la diabasa, se ramifica en lengüetas y acúñamientos. Existe un fenómeno de cruzamiento que se efectúa de abajo hacia arriba con un ángulo de 40 grados y desplaza a la diabasa por 60 m verticalmente (Horcasitas y Snow, 1956).

De la Fuente(Op., Cit.) cita : "esta unidad consiste de rocas subvolcánicas de composición ácida, similares a las riolitas superficiales y de origen común; si bien no se ha precisado con rigurosidad debida, cuáles son las vías que conectan las fases ígneas. Estas rocas son de color blanco, compactas, de textura porfídica, con fenocristales de cuarzo dispersos en una matriz afanítica; presenta sulfuros diseminados en su masa (pirita, pirrotina, galena y marmatita); alojados en bandas, vetillas y fisuras angostas".

Diques Básicos.

Estos diques atraviesan parte de la Cubierta Vulcano-Sedimentaria e inclusive aflora superficialmente. Son de composición básica, de color verde oscuro a negro al intemperismo es de color negro mate, de grano fino; pero tiende a textura porfídica. Como se ha mencionado, cortan a las calizas y a la cubierta de manera casi vertical. Su espesor es variable, pero en la mayoría de los casos se acerca al metro en las zonas observadas en el interior de la mina. Se le ha clasificado, en la zona, como

diques andesíticos de olivino (Kirschnner, 1963).

III.2.2.2. Cubierta Vulcano-Sedimentaria.

Después de haberse plegado, fracturado, fallado e intrusionado la formación sedimentaria marina, fue sometida a un periodo de erosión y, posteriormente, se depositó una cubierta, principalmente, de rocas volcánicas (piroclásticas) y sedimentarias (continentales); ambas se encuentran depositadas alternadamente. Dentro de las volcánicas existen de composición riolítica y andesítica, depositadas, al parecer, en ambientes de nube ardiente pues presentan estructuras ignimbríticas. En cuanto a las sedimentarias, se encuentran solo conglomerados de estructura oligomictica y polimictica; en la base de la calizas son oligomicticos, donde solamente presentan fragmentos de éstas. Las unidades fueron descritas, ampliamente, por Spurr desde 1912.

III.3. HISTORIA GEOLOGICA

De Cserna (1970) describe los procesos evolutivos de la estratigrafía de la región norte del país.

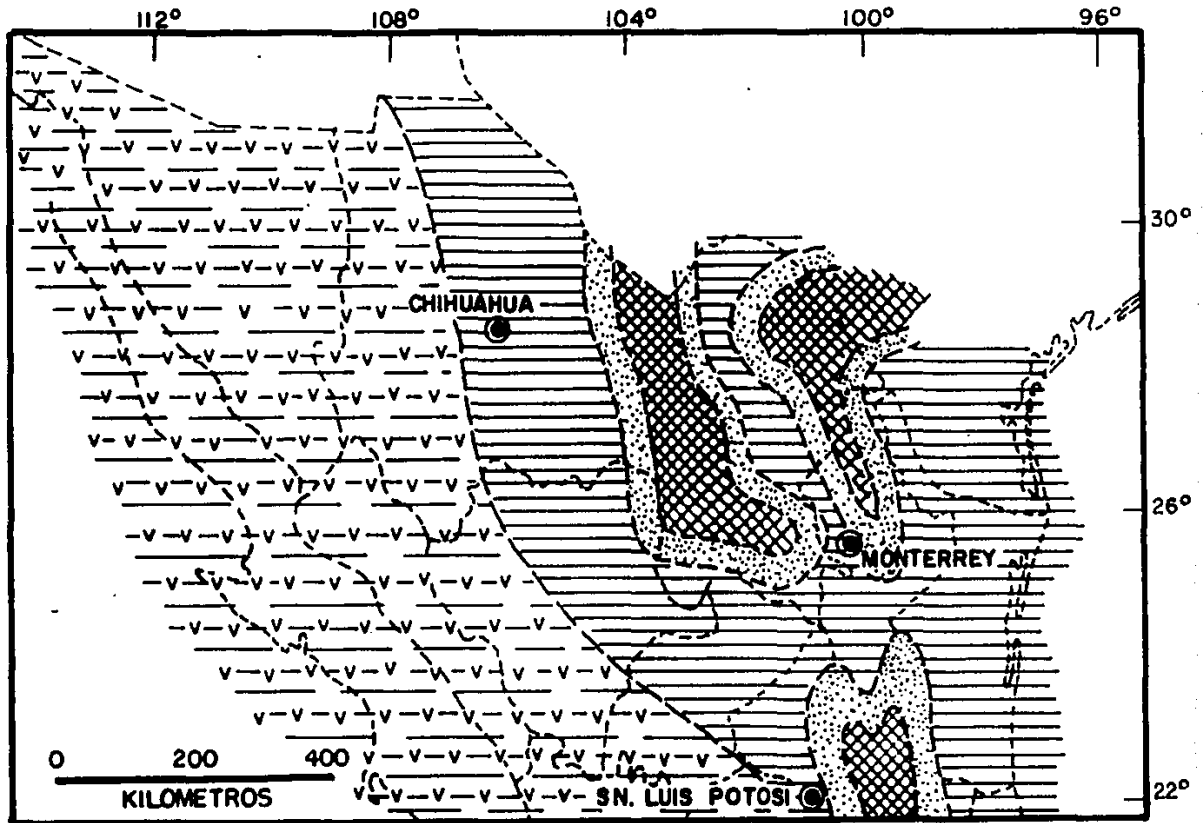
Del Jurásico Tardío al Cretácico fueron depositados, al noroeste de México (margen oeste de la Península de Coahuila), sedimentos de ambiente miogeosinclinal; en el Geosinclinal Mexicano. Burckhardt (1930) en su tratado "El Mesozoico Mexicano", expresa la idea de que en las cuencas evaporíticas existe una <inconformidad> entre las épocas Kimmerigiano y Portlandiano; que se localiza en San Pedro del Gallo, Durango, al oeste de Torreón. El patrón de la sedimentación en el comienzo del Cretácico Temprano es, en esencia, el mismo que en al época anterior , pero existen rudistas durante el Aptiano Inferior, que se extienden hacia el sur y sureste de La Península de Coahuila; está incluida la Caliza Cupido de la región de Saltillo y Monterrey (ver ilustr. 6).

En el periodo Comancheano fué ocupado, el norte y este de México, por un miogeosinclinal. El patrón en la sedimentación muestra un cambio en el Turoniano (Deformación Laramide). La base sedimentaria del Cretácico Superior es posterior a esta época (Cenomaniano- Turoniano).

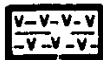
La preparación real de la Orogenia Laramide (Hidalguense) sucedió durante la época del Cretácico Tardío; no solo en el norte, sino también en el sur de México. Al comienzo de esta época los sedimentos fueron depositados, en el oeste, en un medio eugeosinclinal y, en su base, existió anatexia y metamorfismo regional.

Los procesos culminaron con el emplazamiento de grandes batolitos del noroeste de México. Los eventos magmáticos llegaron acompañados de levantamientos paulatinos, que mientras sucedía el emplazamiento pudo ocurrir, a la vez, vulcanismo. Similar situación pudo prevalecer en la gran cuenca del oeste de la península de Coahuila, en que el magma fue, preferiblemente, retenido en el cruce de los cuerpos plutónicos; donde algunos brotaron hasta la superficie en forma de piroclastos y lava.

PALEOGEOGRAFIA DEL ALBIANO TEMPRANO EN EL NORTE DE MEXICO



EUGEOSINCLINAL



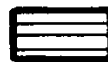
MIOGEOSINCLINAL



Laguna



Arrecife



Cuenco

ILUST. 6

CAPITULO IV

IV. TECTONICA

IV.1. Introducción.

Gries y Haenggli (1970) menciona en su trabajo, tres deformaciones importantes; distinguiendolas con respecto a la Laramide, la cuál tienen relación con la mineralización.

DEFORMACION PRELARAMIDE

Wiley (1970) observa una evidencia de deformación precámbrica en las sierras Van Horny La Blanca (área de Texas); existen datos confiables de deformación al oeste de La Plataforma del Diablo. DeFord (1969) manifiesta que la falla Rim Rock es un ejemplo de movimiento (hacia el SW) en El Lineamiento de Texas, que es factible haya sucedido en el Paleozoico Tardío. Burckhardt (1930) distingue una <inconformidad> en el Kimmerigdiano (Jurásico Superior) en la región de la línea que une San Pedro Gallo, Dgo. y Torreón, Coah.

DEFORMACION LARAMIDE

Esta deformación abarca a rocas del Cretácico Superior y Eoceno, el espesor de la secuencia, en la cual la capa evaporítica tiende a moverse y a levantarse isostáticamente, debido al peso de los sedimentos. El estrato evaporítico pudo haber servido de plano de debilidad y producir fallamiento debido a los grandes esfuerzos provenientes en una dirección de este a oeste.

Es posible además que, entre la época del Cenomaniano al Eoceno Tardío las evaporitas fuesen inclinadas ligeramente hacia el oeste, como consecuencia de los esfuerzos de compresión a que fueron sujetas, plegándose posteriormente el Grupo Chihuahua

(Formación Aurora). El fallamiento asociado al cuerpo evaporítico, imbricó los bloques con un bajo ángulo de buzamiento, por lo que rompe a este cuerpo debido al empuje del basamento. Un ejemplo de esto se observa al norte, en las fallas La Parra y El Cuervo.

En la zona de estudio esta deformación se asocia con la formación del pliegue del paquete sedimentario, fallamiento, fracturamiento y emplazamiento por diques (preminerales).

Mattauer (1976) describe que las fallas de rumbo presentan una topografía similar a la de la provincia de la región, exponiendo bloques de sierras paralelas separadas por amplios valles, también paralelos, y que este tipo de rasgos son más comunes de lo que se piensa.

DEFORMACION POSTLARAMIDE

La estructura postlaramídica es el resultado de tres tipos de tectonismo: actividad diapírica, gravedad y fallamiento. El primero fue el reactivamiento en la capa evaporítica de las estructuras formadas en la Época Laramida, provocada por la extensión y la influencia de la gravedad en fallas de dicho cuerpo. Un ejemplo de esto se encuentra al oeste de Trans-Pecos, lo cual pudo suceder durante la Era Cenozoica, probablemente en el Post-Mioceno.

En la zona de estudio estos rasgos se encuentran representados por fallamiento normal (E-W), diques andesíticos y pórfido riolíticos, expulsiones volcánicas y depósitos de conglomerados (continentales); que forman La Cúbierta Volcánica-sedimentaria.

IV.2. Geología Estructural del Distrito.

Las rocas sedimentarias que forman el pliegue de la Sierra de Santa Eulalia, al deformarse formaron las estructuras de tensión (Hills, 1972) en la cima del anticlinal abierto, que son paralelos

a las rasgos alineados de La Provincia de Cuenca y Sierras (Raisz, Op., Cit.) (ver ilusts. 2 y 7) y al eje del anticlinal que muestra la Carta Geológica Aquiles Serdán (Detenal, 1978). También, en base al análisis estructural de los datos de actitudes de la estratificación (Ragan, 1980) se obtuvo una orientación parecida del eje del Pliegue (ver ilusts. 3 y 8).

Por otro lado, de acuerdo con el análisis de fracturas (Billings, 1972) de la zona de estudio se obtuvieron las direcciones principales N-S, N 60 E, N 70 W y N 30 E (ver ilusts. 7 y 9). Con base a estas orientaciones se deduce que las estructuras N 60 E y N 70 W son derivadas del esfuerzo principal máximo (orientado E-W), responsable del pliegue (ver ilust. 10A); dicha orientación es la bisectriz del ángulo agudo formado entre las fisuras mencionadas. Cabe mencionar que la estructura N 30 E es posiblemente una falla subsidiaria a la N 60 E.

Además, al norte de la mina el Potosí se observa un gran pilar tectónico (horst), formado por dos fallas normales paralelas (ver ilust. 3), mediante las cuales es posible el levantamiento de la sierra.

En la zona de San Antonio, que se encuentra al este de la mina El Potosí (a 10 Km), existe un graben que ejerce un control fundamental para la mineralización. Dicho rasgo presenta una dirección general N-NE y tiene una longitud aproximada de 4 Km. El límite oeste es una falla de inclinación al este, y el bloque de ese mismo lado es formado por una pareja de fallas con buzamiento al oeste, por lo que se produce un acúñamiento en la parte central de la mina. El graben muestra un desplazamiento aproximado de unos 140 a 200 m. Ambas estructuras se desarrollan en calizas cretácicas y en la parte inferior de la sección volcánica del Terciario.

En las minas El Potosí y Buena Tierra, el control de la mineralización sucede en una serie de fisuras de rumbo general N-S. Se ha sugerido, repetidas veces, que dicho tren estructural está relacionado con el plegamiento de la sierra (Prescott, 1915). Sin embargo Maldonado y Megaw (Op., Cit.) relata que el emplazamiento del intrusivo se presenta en las fisuras mencionadas; otras

estructuras presentan orientaciones de rumbos N 30 E y N 70 W que localmente controlan la mineralización y emplazan a diques.

En la zona de La "U", ubicada en la parte sureste de la mina El Potosí (ver ilustr. 7), existen estructuras formadas a causa del colapso de un bloque de caliza y el segundo diquestrato, el colapso pierde su expresión hacia arriba; a profundidad no ha sido delineado (Horcasitas y Snow, 1956). De La Fuente (1969) menciona "el contenido mineralógico del skarn es constituido por tremolita, actinolita y grandes fragmentos de fluorita. Algunas zonas son de baja ley y se presentan mineralizadas en forma parecida a las chimeneas; el resto son cuerpos de sulfuros comunes de la mina. El skarn se encuentra en la parte inferior de la chimenea y la brecha esta compuesta de fragmentos angulosos de caliza y diabasa".

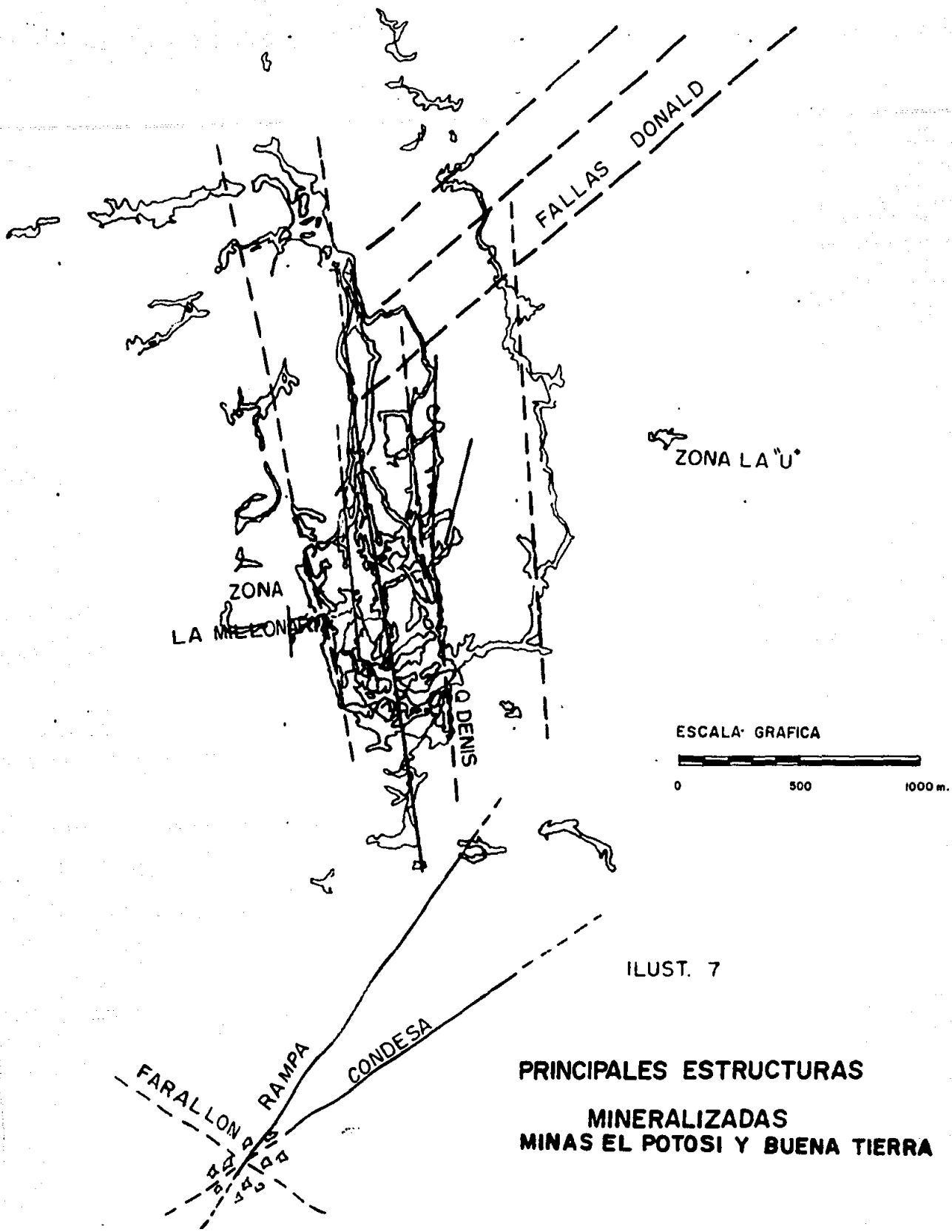
En la mina Buena Tierra existen fisuras importantes como las Donald de rumbo muy cercano N 60 E; están constituidas por tres fallas paralelas que se encuentran al norte de la mina El Potosí y distan, entre sí, unos 200 m. Otro sistema de estructuras como el de la Condesa y la Rampa se asemejan a las anteriores en cuanto al rumbo general que presentan y estos son N 60 E y N 30 E, respectivamente.

Es de cierta relevancia encontrar en este distrito skarns que han dado yacimientos de importancia, como lo son: La zona de La U, La Millonaria, etc.; esta última es de gran significado económico ya que se manifestó como una gran chimenea y como skarn (ver Ilustr. 7).

Dentro de las estructuras principales N-S, se encuentra una buena cantidad de chimeneas que han dado a la mina riqueza inigualable.

Las fallas postminerales tienen interés desde el punto de vista de la reconstrucción geológica para la inferencia de zonas económicamente viables. Estas son muy abundantes y generalmente normales formadas durante la etapa tectónica de extensión. Presentan en algunas zonas un rumbo general de E-W.

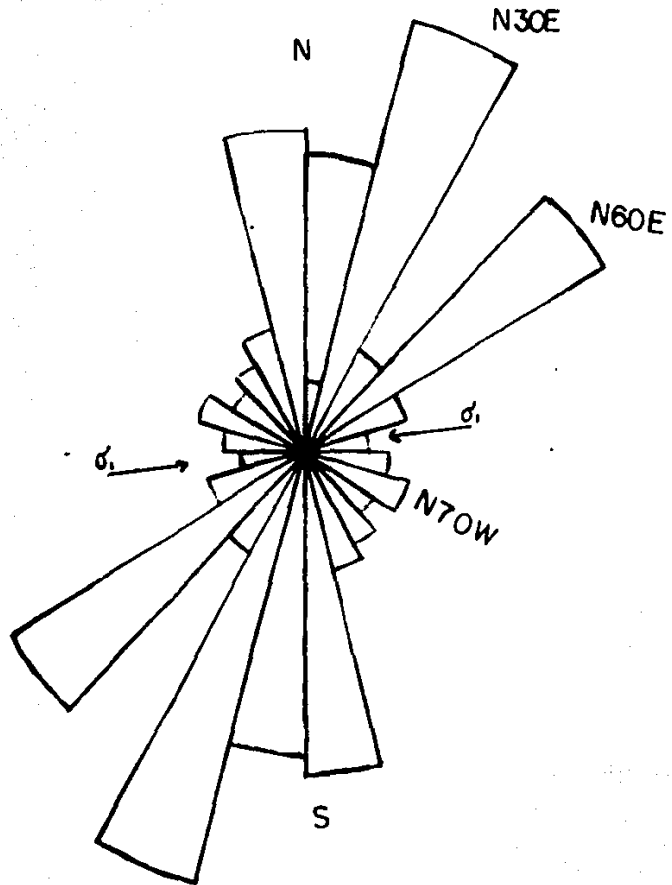
Existen, además, gran cantidad de fracturas, algunas mineralizadas parcialmente, de espesor aproximado de 3 cm y



ILUST. 7

**PRINCIPALES ESTRUCTURAS
MINERALIZADAS
MINAS EL POTOSI Y BUENA TIERRA**

ROSA DE FRACTURAS



ILUST. 9

dispuestas, paralelamente, a las estructuras principales. Dichos rasgos están rellenos de calcita, de color blanco.

IV.3. Geología Estructural de la Zona Condesa.

La Zona Condesa es de interés especial, debido a la importancia de las estructuras y de los yacimientos que presenta. puede observarse que en este lugar existe una conjunción de fallas importantes de desplazamiento oblicuo. Una falla de dirección N 10 W (Q-Denis) intersecta a la falla La Rampa de rumbo N 30 E. Además la Q-Denis intersecta a la Condesa (N 60 E) y, cerca de este punto, se observa escaso brechamiento (ver mapa 2).

En la intersección de las fisuras Rampa y Condesa, se encuentra otra menor, de dirección N 70 W y a la que se denomina Farallón; asimismo, intersecta en esta zona una falla postmineral (ver ilustr. 7).

En las inmediaciones del sitio antes descrito, existe una gran brecha con mineralización en la matriz; esta constituida por calcita. Los fragmentos son angulosos, no mayores de los 30 cm de ancho, están formados por caliza, principalmente, y por diabasa. A esta brecha se le denomina Condesa. Además, se encuentra una falla postmineral de rumbo N 75 W, denominada Del Agua; desplaza hacia este a la estructura Q-Denis y a un microgranito (ver mapa 2).

En la Zona Condesa se encuentra la fisura del mismo nombre con una orientación N 60 E y se observa en los niveles 18, 19 y 20. Esta fisura aflora una distancia de, aproximadamente, 250 m. En el nivel 21 no se ha encontrado a pesar de que se ha explorado con barrenación de diamante.

La fisura Rampa se ha localizado, únicamente, en los niveles 19 y 20. En el límite de esta falla se ha continuado su exploración con obra directa y barrenación de diamante, solo que no ha sido viable encontrar mineralización de rendimiento económico. En la margen oeste la fisura desaparece, a la altura de la brecha Condesa, en el nivel 20; pero en el nivel 21 no se ha observado. En el nivel 19 también desaparece al toparse con la

brecha. Hacia el lado oeste corta y desplaza, ligeramente hacia el SW, a la fisura Q-Denis.

Además de las estructuras anteriores destaca, en la zona el gran cuerpo de la Brecha Condesa. Existen otras brechas menores con escasa o nula mineralización, pero su estudio puede servir para la interpretación de la geología. En la margen este de la zona se encuentra un brechamiento de escasas dimensiones, mineralizado parcialmente en la matriz de calcita. Se ubica como a 60 m hacia el SE de la falla del Agua, tiene un ancho de 5 m, una longitud de 10 m y una profundidad del orden de 50 m. Su alargamiento coincide, paralelamente, con la fisura Condesa, que se encuentra a escasos 5 m. En esta brecha se emplaza un microgranito el cual es cortado y, consecuentemente brechado. En este cuerpo existen fragmentos angulosos de dique y de roca encajonante.

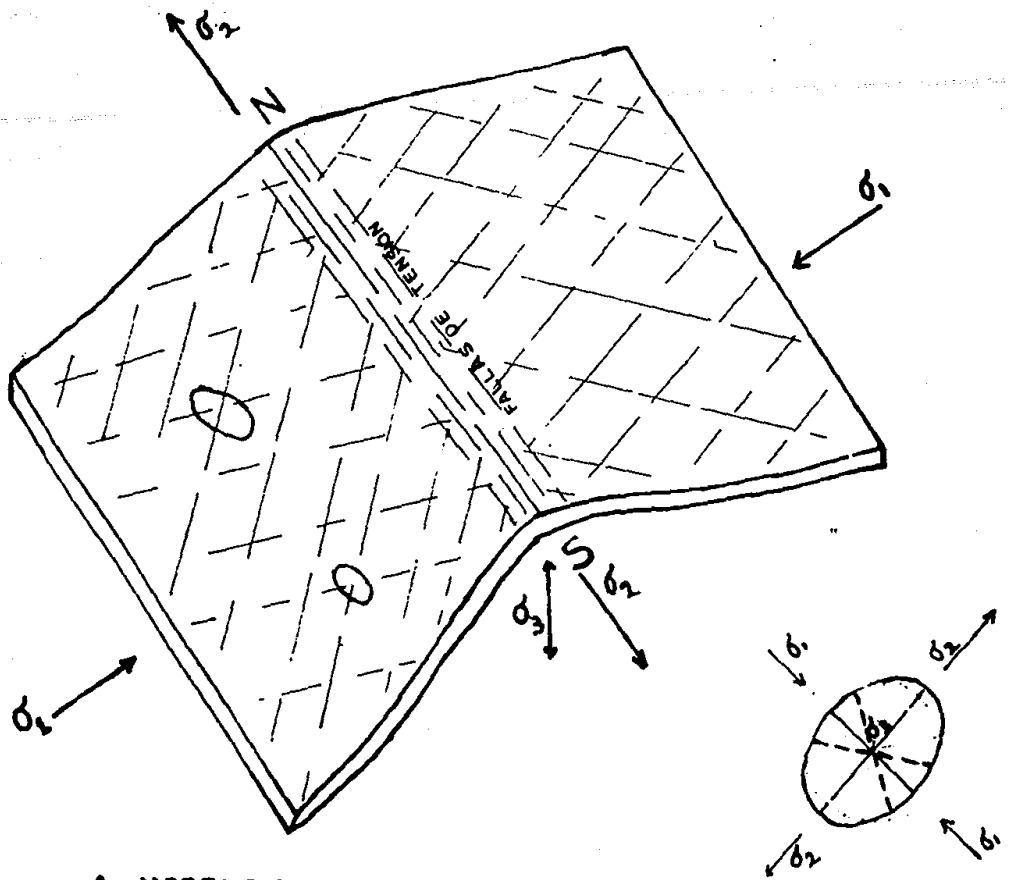
Al sur de la falla Del Agua, como a 700 m, se encuentra una pequeña brecha que es únicamente calcárea. Presenta abundante fracturamiento y zonas parcialmente metamorfoseadas (marmolizadas). También se observan minerales sulfurosos en la matriz de calcita y sus dimensiones son: 15 m de longitud, 5 m de ancho y profundidad desconocida; también muestra alineamiento, aparente, con la fisura Q-Denis (ver mapa 2).

Para la Brecha Condesa descrita por Miranda y Megaw (1986), se define lo siguiente: "tiene una longitud menor a los 100 m, un ancho de 500 m y una profundidad de 100 m." Este rasgo puede observarse en los niveles 19, 20 y 21, como a 150 m en línea recta de la falla Del Agua (ver mapas 1 y 2).

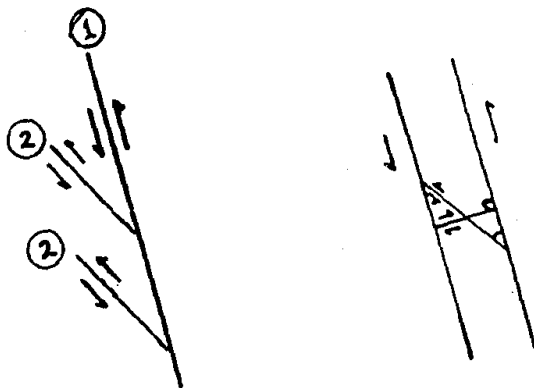
Se sugiere que la formación de la fisura La Rampa (N 30 E) es una estructura subsidiaria (de segundo orden) a la falla principal Condesa (N 60 E), ya que forma con ésta un ángulo de 30 grados. Además de las de 30 grados, pueden existir con menor posibilidad, fallas secundarias formando un ángulo de 90 grados (perpendiculares) con la falla principal (Billings, Op., Cit.) (ver ilustr., 10B).

Así también, en La Zona Condesa se observan evidencias de que las fallas son de desplazamiento oblicuo (Mattauer, Op., Cit.), ya

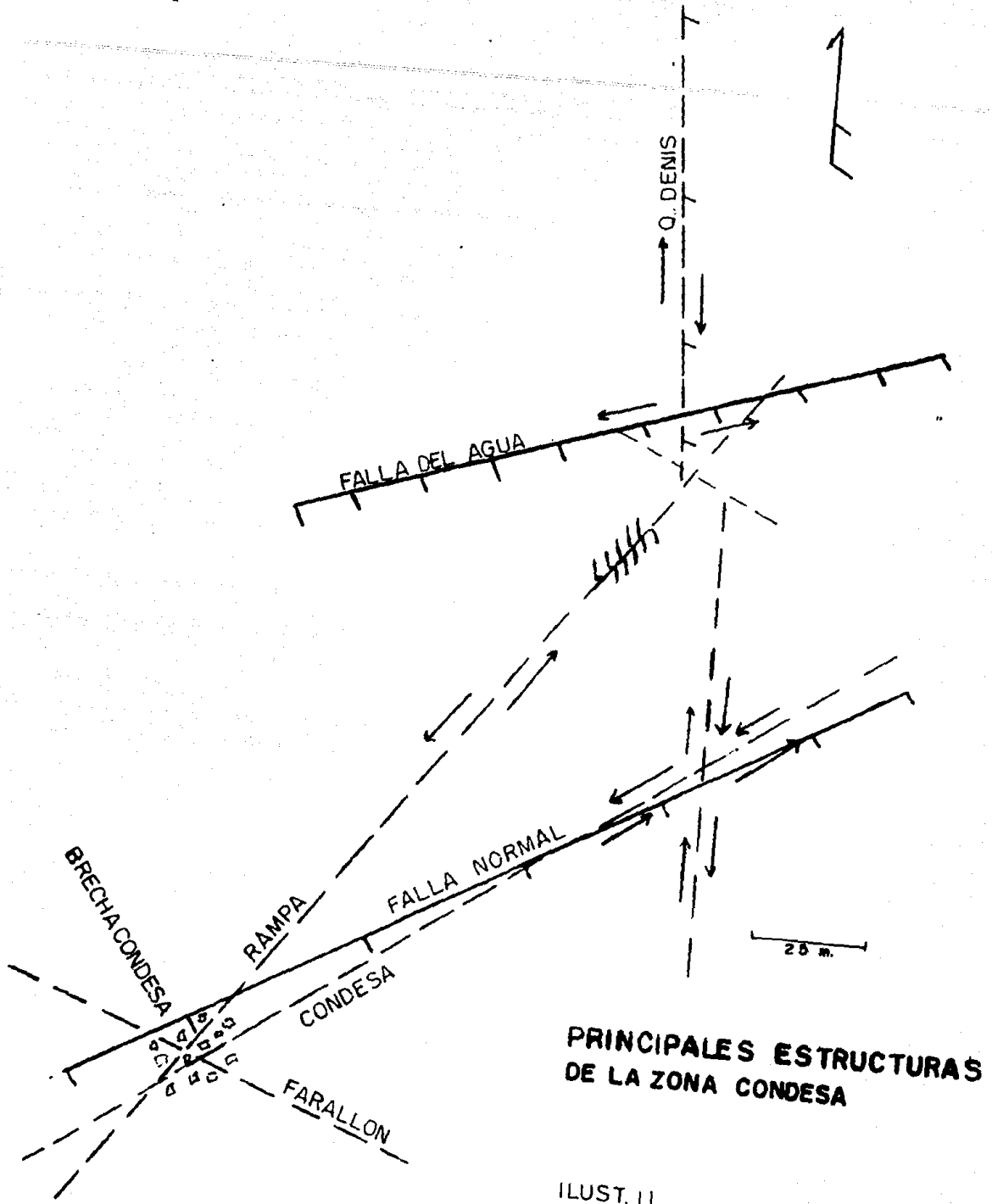
que en la fisura Q-Denis se observan estrias con un ángulo aproximado de 45 grados. Además, en la fisura Rampa se observan estructuras paralelas (verticales) N-S desplazadas alrededor de un metro sobre la falla La Rampa; por tanto es una falla sinistral viendo hacia el NE.



A. MODELO DE DEFORMACION



B. MODELO DE FALLAS SUBSIDIARIAS
ILUST. 10



PRINCIPALES ESTRUCTURAS DE LA ZONA CONDESA

ILUST. II

V. YACIMIENTOS MINERALES

V.1. Introducción.

En vista de que el distrito presenta un enorme número yacimientos, y por tanto también de génesis, constitución y relaciones mineralógicas; queda fuera de los objetivos de este estudio hacer una descripción detallada de todas las estructuras.

Es factible sin embargo, encontrar menas de sulfuros relacionados a minerales silicatados encajonados en la caliza de la Formación Aurora, así como también sulfuros asociados directamente con calizas; estos últimos los más abundantes y que han dado vida a la infinidad de obras para la explotación que en más de tres siglos se han construido.

Los cuerpos de sulfuros más comunes son los que reemplazan a calizas y a dolomias y lo hacen mejor en rocas silicatadas tales como microgranitos. También se presentan reemplazando a los diques diabásicos, pero en menor proporción.

En la mina El Potosí existen yacimientos de enriquecimiento supergénico, como son las grandes zonas de oxidación que fueron explotadas y de las que se encuentran vestigios en los niveles superiores.

Las áreas de brechas y skarns, también han dado un buen rendimiento económico por lo que es aconsejable su prospección. También es recomendable continuar con la exploración de las estructuras importantes como las fisuras formadas antes de la mineralización ya que han contribuido considerablemente, en el sostenimiento de la mina.

Además existen sitios de alta permeabilidad en los cuales son rellenados los espacios porosos por mineral finamente disseminado. Esto puede observarse en calizas del nivel 10 y en el microgranito del nivel 21.

Es común encontrar estratos de calizas reemplazadas por sulfuros y en los que su espesor es muy variable (hasta de 3 m).

Estos cuerpos siguen la estratificación y pueden persistir por cientos de metros; a estos rasgos se les denomina mantos. También se observan cuerpos, generalmente ya explotados, verticales mineralizados, que se localizan en sitios con fisuramiento vertical principalmente donde se cruzan dos fisuras. Estas estructuras han sido las más importantes en cuanto a los volúmenes explotados y se les denomina chimeneas.

V.2. Descripción del Yacimiento.

V.2.1. Cuerpos de Silicatos.

De acuerdo con De La Fuente (1969) es posible dividir a la mineralización en dos grupos, el primero constituido por cuerpos silicatados ferrocálcicos (fayalita, hedenbergita e ilvaíta, entre otros). El segundo grupo consta de cuerpos con pirita, pirrotina, marmatita y galena. Estos depósitos no fueron abundantes y están muy distantes de los intrusivos; la actitud de la mineralización es dispersa y en forma de vetillas. Este sector mineralizado se emplaza en el horizonte de la Caliza Fosilífera Inferior de la Formación Aurora. El yacimiento se ubica a unos 1 500 m-snm y consta de algunos cuerpos tabulares que en ocasiones son muy parecidos a los de reemplazamiento. La ley de plata es relativamente alta en grandes cuerpos irregulares debido básicamente al contenido de galena argentífera. La ilvaíta es el silicato más abundante (calcosilicato de hierro y manganeso), es de lustre metálico y de color negro. Al microscopio, el cuarzo es abundante, tanto cristalino como amorfo y se han reconocido también, óxidos como la hematita y magnetita (en menor cantidad) que se encuentran finamente diseminados; en estos cuerpos se produjeron hasta 600 gr de plata por tonelada.

V.2.2. Cuerpos de Sulfuros.

Constituyen la mayor parte de la mineralización primaria, con una paragénesis de pirita, pirrotina, galena argentífera y

marmatita (grupo de la esfalerita por su contenido de hierro). El reemplazamiento en la roca encajonante es completo, pues la ganga prácticamente no existe en los estratos de metasomatismo. El contacto entre los sulfuros y la roca es inadvertible, puesto que no se ven alteraciones de consideración. Entre los minerales de ganga se encuentra la arsenopirita y pirita. En este tipo de minerales se registran calcita, cuarzo y en menor grado, fluorita, dolomita y barita. La pirrotina es el mineral más abundante. debido a su contenido de hierro esta ligado al sulfuro de zinc. En su beneficio se recuperan, como subproducto, pequeñas cantidades de cadmio. Es raro encontrar argentita pura (De La Fuente, Op., Cit.).

V.2.3. Minerales de Oxidación.

Las descripciones de Spurr en 1912 son verdaderamente concisas de las zonas de oxidación que ya fueron minadas; no obstante se observan algunos vestigios en los respaldos de los cuerpos que confirman esas descripciones. Los procesos de oxidación de las mezclas de sulfuros de hierro, zinc y plomo fueron descompuestas por la acción del agua meteórica percolante. Estas, en la mayoría de los casos, presentan intercambio catiónico con las soluciones que redepositan el hierro para formar grandes zonas oxidadas con menas económicas. Después son transportadas en forma de óxidos, silicatos, carbonatos y cloruros. El plomo y el hierro parecen ser menos solubles. El zinc el más soluble es descompuesto, comunmente, fuera del cuerpo original y transportado a grandes distancias. De esta forma se tiene que los depósitos de oxidación del plomo son separados usualmente de los de zinc, ya que estos son formados ligeramente más abajo que los de plomo; y que a causa de la solubilidad el zinc, es transportado en el agua intersticial de los acuíferos. La plata retenida tiene afinidad con el plomo y permanece junto al cuerpo de carbonato de plomo.

Sin embargo, hay cierto grado de separación y concentración entre el plomo y la plata, ambos presentan diferentes

solubilidades. La galena secundaria comúnmente se encuentra en forma de terrones redondeados y existe frecuentemente en depósitos de plomo que han sido disueltos a partir de la mineralización primaria y redepositada preferentemente como sulfuros y carbonatos. La galena en forma de terrones es depositada lentamente bajo los procesos de oxidación. En la primera etapa se forma el sulfato de plomo (anglesita) y en la segunda el carbonato (cerusita). Se han observado hermosos ejemplares de la galena que son incrustados por alargados cristales de anglesita, la cual en ocasiones es envuelta por cerusita.

V.2.4. Cuerpos de Brecha.

Conforme a las descripciones de Miranda y Megaw (1986) en la mina existen zonas brechadas que se encuentran antes o de encontrar el cuerpo de la Brecha Condesa. Hay reportes y evidencias actuales de que la chimenea denominada La Millonaria fue una brecha. Las características específicas de ella se desconocen, solo se sabe que fué enormemente productiva. Este depósito se encuentra alineado con la fisura J-Norte que es un cuerpo de alta ley. Se encuentra en el extremo sur de la fisura mencionada y a 350 m. aproximadamente, al norte de la fisura Condese; además existe casi a la misma elevación de la Brecha Condese y del cuerpo de brecha de la fisura G-Denis. Hacia el sur de la Chimenea La Millonaria se observa un gran dique microgranítico asociado a brechas. La brecha contiene fragmentos equidimensionales de caliza y microgranito, soportados en una matriz de calcita y polvo de roca. Grandes masas de dique sin romper, se ven en las margenes de ésta.

La Chimenea «La Matona» se formó en la cima de la zona de La U, que se encuentra en la parte este de la mina. Se ha explotado importante concentración de mineral de diferentes características. Se ha extraído aproximadamente, un medio millón de toneladas, obtenidas a partir de las grandes chimeneas y de algunos cuerpos subsidiarios de contorno muy irregular. Algunas diferencias pueden observarse en esta zona como es el alto contenido de calcita y, por el contrario, cuarzo en menor cantidad. El principal mineral es

esfalerita ya que la relación plomo-plata es más baja; si la arsenopirita se presenta en mayor cantidad existe mayor ley de oro. Los yacimientos de La U son los únicos que presentan alteración en los contactos: ésta solo existe en los respaldos y un examen minucioso muestra que se trata de un skarn asociado a diques. En el skarn se observan minerales como cuarzo y clorita en abundancia, pirita, arsenopirita, óxidos primarios de hierro, inclusiones caolinizadas de microgranito, conteniendo epidota, granate y otros no identificados (De La Fuente, Op., cit).

V.3. Descripción de La Zona Condesa.

V.3.1. Forma del Yacimiento.

En la región de La Zona Condesa existe la conjunción de cuatro fisuras notables: La Condesa, La Rampa, La Farallón y La Q-Denis. En la intersección de las tres primeras se encuentra La Brecha Condesa (ver mapa 1).

Cada una de las fisuras contienen obras donde se han explotado mantos y en donde se intersectan dos se observan chimeneas, como es el caso de La Chimenea Condesa, que ha sido explotada verticalmente hacia arriba del nivel 19, pues se ubica en la intersección de las fisuras Rampa y Condesa. Otra estructura de este tipo se encuentra en la intersección de las fisuras Rampa y Q-Denis.

El gran cuerpo de la Brecha Condesa, se localiza en el cruce de las tres estructuras ya mencionadas, es de forma elipsoidal y a partir de datos de la mina se han calculado un tonelaje probado de 627 000 (Miranda y Megaw, op., cit.).

Existe otro sitio brechado sin mineralización, en la intersección de la fisura Q-Denis y la Condesa. No se tienen bien estudiadas sus dimensiones pero, al parecer, es un cuerpo pequeño. Presenta un alineamiento, aparente hacia la dirección N 60 E.

Sobre la fisura Q-Denis, cerca de la intersección con la falla Del Agua, se observan estrias con el mismo rumbo de la fisura y con una inclinación de aproximadamente 45 grados, hacia el sur sobre

la pared oeste. Se observaron, además, estrias en la falla Del Agua (postmineral), estas presentan el mismo rumbo de la falla y una inclinación de aproximadamente 60 grados, sobre la pared norte.

Cerca del sector, antes mencionado, se observó un corrimiento de fracturas, paralelas a la Q-Denis (N-S), sobre La Fisura Condesa. El desplazamiento es de un metro, la falla es de tipo sinistral, viendo hacia el NE. Dicho fenómeno demuestra, por el sentido de desplazamiento horizontal, que son fallas de rumbo; pero no se descarta el desplazamiento inclinado, como sucedió en la Fisura Q-Denis (ver ilustr. 11 y mapa 2).

V.3.2. Mineralogía.

La mineralización de la brecha solo esta presente en la matriz de calcita, ya que al topar con la pared de los fragmentos se detiene; su estructura no persiste en toda la matriz, sino que se manifiesta dispersamente y, en ocasiones, alrededor de los bloques; parece formar un halo alrededor de los fragmentos de caliza y diabasa, depositándose primero los minerales de hierro (pirita y pirrotina) y después lo hacen los de galena argentífera y esfalerita. En los bordes de los fragmentos se observa un color rojizo y, subsiguientemente, metálico (gris). Fuera de los bordes, en la matriz, se observa una separación, de los minerales ya señalados, en forma de lentes.

En los márgenes de la brecha se observa a la roca muy fracturada, de manera que estos rasgos se encuentran sustituidos por calcita y por sulfuros metálicos.

De manera general se ha considerado a la brecha de baja ley. La mineralogía, de los mantos y chimeneas de la mina, es de apariencia similar a la de la brecha.

V.3.3. Relación Brecha-Roca Encajonante.

El paso de la roca a la brecha es transicional, ya que primero se observa roca poco fracturada y cuanto más se acerca a la brecha se va fracturando cada vez más, hasta llegar al desplazamiento de

los bloques.

La actitud de las capas, en la zona Condesa, manifiesta una inclinación no mayor de 15 grados, buzando hacia el SW. No se observan cambios, a uno y a otro lado de la brecha, puesto que continua la misma estructura general de la roca madre. La única alteración que se nota, en la roca encajonante, es la marmolización y abundante fracturamiento.

Los diques y las calizas, al momento del fenómeno, fueron agrietados, dislocados, girados y parcialmente fundidos. Es común encontrar enormes bloques de diabása, en el nivel 19, girados y alejados de la masa principal, encontrada en las márgenes. Lo mismo sucede con los estratos de caliza, pero parece ser más competente la diabása.

Fracturas muy pequeñas, muchas veces desapercibidas a simple vista, manifiestan la penetración de soluciones sulfurosas, reemplazando a la calcita de las microfracturas.

V.4. DISCUSION GENETICA.

V.4.1. Fuente de los Metales.

Los metales se originaron a partir de fluidos provenientes de un cuerpo (cercano) de origen magmático con alta temperatura, que pudo suministrar a los conductos ya preparados para la captación de depósitos de yacimientos. Se piensa que los cuerpos hipabisales, premineralización, venían acompañados (químicamente) de soluciones complejas, quizá sin azufre, que pudieron combinarse mediante la disposición de ácido sulfúrico formado por disolución del medio posiblemente acuoso. La cámara magmática dotadora de energía es posible que sea el cuerpo granodiorítico que se encuentra relativamente cerca de los yacimientos; por el contenido de algunos metales en forma de sulfuros se considera a este cuerpo como el principal suministrador de iones metálicos, contemporáneos a los microgranitos.

No se descarta la concentración de metales en la roca huésped, en un medio marino, cerrado, con poca circulación, en ambiente reductor donde los metales se depositaron en un ambiente rico en ácido sulfúrico, resultado de la acción bacteriana de sulfatos de agua de mar. Esto pudiera corroborarse si en los estratos de calizas permeables con disseminaciones, en la zona cercana a los silicatos (nivel 10), se encuentran depósitos autigénicos. Si esto es posible se sugiere que muchos de los depósitos se formaron por removilización de los metales mediante la circulación convectiva de agua magmática y/o meteórica (González, Arnold y Acosta, 1984).

V.4.2. Transporte de los Metales.

V.4.2.1. Estructuras Premineralización.

FISURAS

Cabe señalar que las principales estructuras premineralización, hasta ahora minadas son las fisuras N-S de la mina El Potosí y Buena Tierra, que son estructuras de tensión perpendiculares a la dirección que tuvo el esfuerzo principal durante la etapa compresiva. El análisis de la elipse de deformación permite sugerir que los planos de cizallamiento de las fallas N 60 E (Condesa) y N 70 W (Farallón) son fallas conjugadas de compresión. Estas últimas son canales favorales a la circulación y depositación de yacimientos.

Se sugiere que la formación de la falla Rampa (N 30 E) es una estructura secundaria a la falla Condesa (N 60 E), pues forman un ángulo de 30 grados (ver ilustr. 10B). Además de las de 30 grados pueden existir, con menor posibilidad, fallas secundarias formando un ángulo de 90 grados (perpendiculares) con la falla principal (Billings, Op., Cit.). Este tipo de rasgos no se han explorado del todo por lo que se sugiere su exploración futura, no se descarta la posibilidad de que existan fallas subsidiarias de segundo y tercer orden, como posibles vías de transporte.

ESTRUCTURAS

Los depósitos epigenéticos (formados después de la roca encajonate) son restringidos a áreas que sufrieron cambios favorables (fisuras, fallas, brechas, etc.) de premetalización. La silicificación, dolomitización y recristalización son ejemplos típicos cambios mineralógicos favorables. La dolomitización tiende hacer quebradiza a la roca, aunado a la permeabilidad y el movimiento subsecuente que astilla y produce brechamiento permeable. La formación de skarn es otro tipo de preparación de sitios, las más comunes son de naturaleza carbonatada y silicificada, producidos por la introducción de sílice, aluminio, hierro, magnesio y calcio. Los skarns son reemplazados en el cuerpo de roca y sugieren que la silicificación permeabiliza y favorece, posteriormente, su brechamiento (Park, 1975).

Por su parte Titley señala que algunas zonas de skarn, sin brechar, son reemplazadas selectivamente por mineral". En La Zona Condesa no hay skarn, pero existen zonas importantes, a la misma profundidad, como son la zona de La U y La Millionaria.

Park (op., cit.) considera también que las estructuras y texturas primarias ejercen un gran control en la distribución de fluidos y, consiguientemente, la localización de yacimientos. Cualquier rasgo textural y estructural que tenga influencia con la porosidad y permeabilidad puede controlar la depositación; la variedad de estos es ilimitado. No obstante algunos de los más comunes son: 1) caliza y dolomía permeables, especialmente aquéllas que cubren a capas impermeables; 2) estructuras arrecifales, especialmente en calizas; 3) conglomerados bien clasificados; 4) rompimiento y escoración en el contacto de coladas de lava; 5) areniscas permeables y depósitos de playa; 6) domos volcánicos y pilas.

En el mismo orden de ideas el origen de muchas chimeneas es desconocido, pero en algunos casos se puede interpretar fácilmente. Las chimeneas se forman, comunmente, en la intersección de dos rasgos tabulares cualesquiera, como son fallas, diques, estratificación y lava fluida. Donde se encuentren estructuras como fallas, el brechamiento es factible de ser extendido en estructuras de intersección que <formen ángulos pequeños>. Locke (1926) sugirió que el taponamiento de los canales de la mineralización provocó la formación de chimeneas. La obstaculización de las soluciones en su ascenso facilita la separación de bloques rotos y desmenuzados (suelos) desde el techo, que en sectores cavernosos originan una <brecha chimenea de colapso>. Las <diatremas> y oquedades de explosión volcánica, se forman donde los gases son expandidos a gran velocidad (de explosión) propiciando un empuje violento en el techo. En este proceso, en el que interacciona el gas con las paredes, se manifiestan a la vez dos fases importantes, como son el agua y la presión (geyseres), gargantas de actividad magmática que ascienden, espumosamente, en sedimentos clásticos (porosos) saturados de agua (Williams, 1936, en Park op., cit).

GENESIS DE LA BRECHA CONDESA

McCallum (1985) opina que el origen de la <brecha-chimenea> es un t3pico de controversia y propone un modelo que incluye colapso, mineralizaci3n y persistencia de la mineralizaci3n: el colapso se relaciona con el alejamiento del magma (enfriamiento por retiro del vapor intersticial) ya que se produce una fragmentaci3n que asociada a zonas de saturaci3n y a la fluidizaci3n, que pueden producir <explosiones magm3ticas>. Dos o m3s mecanismos pueden actuar a la vez. Se considera a las <brechas angulares> como desarrollo de un sistema atribuido a un proceso de fracturamiento hidr3ulico <hidrofracturamiento> (Phillips, 1972). C3lculos hechos por Whitney (1977) y Burnham (1979), sugieren que los fluidos magm3ticos podrian ser generados a profundidades de 2 a 8 Km; concordante con la profundidad m3xima, estimada para muchas chimeneas (Maher, 1983, en McCallum, op., cit.). El confinamiento de rocas mediante el proceso de hidrofracturamiento <brechamiento hidr3ulico> y la expuls3n de vol3tiles, hacia las zonas de debilidad, provoca dicho proceso; aunado al alojamiento de yacimientos (Sillitoe, 1975). En superficies poco profundas, de aproximadamente 2 Km, (Dawson, 1971, Burnham y Ohmoto, 1980, en McCallum, op., cit.) se incrementa la fase gaseosa provocando expansi3n y consecuentes explosiones que producen <quedades>.

Asimismo Sillitoe y Sawkins (1971) exponen que el proceso de brechamiento-mineralizaci3n son eventos contempor3neos con amplia difusi3n de soluciones hidrotermales en los intersticios de chimeneas de brechas.

La brecha-chimenea con fragmentos redondeados, refleja la circulaci3n (giramiento de los bloques) que desarrolla una <textura segregacional>; son dilemas a explicar puramente, por explosi3n o por procesos subsecuentes. Estos rasgos son atribuidos a procesos de fluidizaci3n <freatomagmatismo>, hidrotermalismo, tectonismo, etc. (McCallum, op., cit.).

McCallum (op., cit) sugiere que estos procesos: la fluidizaci3n, no violenta, continua desarrollando chimeneas por agrietamiento y eleva al <n3cleo central> (heterog3neo) en donde

los fragmentos rotados son circundados por los no rotados desprendidos, adjuntamente, a la roca agrietada (Johnston y Lowell, 1961).

V.4.2.1. Diques Premineralización.

Un cuerpo granodiorítico fue cortado por un barrero que sondeó por 338 m, sin lograr atravesarlo (Horcasirtas y Snow, 1956). En toda la roca se observa pirita diseminada y, además, se han encontrado cantidades menores de marmatita, galena y escasa calcopirita (Hewitt, Op., Cit.).

En la zona de estudio en general, se encuentran diques de composición básica (doleritas) y ácida (microgranitos), preminerales. Se comportan como diquestratos y son elementos eficientes para controlar mineralización. Los más antiguos son los de composición básica, pues se observan afectados por ácidos, que son los pueden haber sido contemporáneos con la depositación de metales.

La composición y disposición de los diquestratos favoreció el reemplazamiento. Por su disposición se consideran trampas estructurales; guías para la exploración.

V.4.3. Depósito.

Conforme a Park (1975) los minerales más comunes de la zona de alta temperatura son, entre otros: galena, pirita, arsenopirita, esfalerita, pirrotina, etc. Pequeñas cantidades de fluorita, barita, magnetita, ilmenita y especularita. Muchos minerales de zonas metamórficas e ígneas contienen, minerales de ganga y productos de alteración que incluyen: turmalina, biotita, topacio, apatita, sillimanita, hedenbergita, hornblenda, etc. En los mesotermales, los productos más abundantes son cobre, plomo, zinc, molibdeno, plata y oro; comúnmente los minerales característicos son calcopirita, tenantita, esfalerita galena y

calcocita. Como minerales de ganga incluye cuarzo, pirita y a los diversos carbonatos.

La elevación del gradiente (presión-temperatura) fueron aceptables y, al haberse extendido, pudo desarrollarse el depósito de los silicatos; estos lograron expandirse hacia zonas de mayor circulación y relativamente profundas como son las brechas y los skarns. En siguientes etapas el gradiente pudo declinar y así disociar y concentrar compuestos metálicos. Cabe mencionar que los fluidos se desarrollaron en un sinnúmero de pulsaciones manifestadas a través de los diques felsíticos, <raíces> (diques brechados a profundidad) de comunicación magmática (Megaw, Miranda y Padilla, 1989).

Se considera además, que los fluidos magmáticos se pudieron acompañar, en la zona de estudio, de sitios con fluidos de aguas meteóricas, que facilitaron tanto la formación de la brecha de origen <freatomagmático> como la circulación convectiva (lenta) que se traduce en una recristalización (a 350 grados) que facilita la depositación y migración de fluidos.

En zonas de diseminación (en calizas) no se descarta una preconcentración de minerales, autigénicamente, que posteriormente fueran removilizadas por la circulación convectiva de los fluidos.

Sitios de diseminación de sulfuros metálicos en microgranitos se debe al acondicionamiento por la silicificación provocada quizá, por la skarnificación incipiente.

La lixiviación por procesos de intemperismo sobre las rocas y por circulación de aguas (procesos supergénicos), Lindgren en su clasificación señala que la temperatura de formación varía de 0-100 grados centígrados, a profundidades someras. Esta etapa se considera como la última en su formación.

V.5. Métodos de Exploración.

Todas las obras, en la mayoría de los casos, se encuentran en lo que se ha denominado guías estructurales de mineral. Están

situadas dentro del contexto de orientación de los esfuerzos y, en consecuencia, la mineralización sigue su curso por sitios, previamente preparados y acondicionados, de debilidad en donde emplaza y reemplaza a la roca encajonante.

Las estructuras más importantes son las fisuras que, debido a su escaso desplazamiento vertical, forman los canales más amplios y propicios. Esto en correspondencia con los rasgos formados, e son intrínsecamente diferenciados, con respecto a las etapas tectónicas; pues se encuentran canales estériles (fallas) de mayor magnitud. Además estructuras mencionadas, son guías las fracturas, ya que se manifiestan, comunmente, paralelas a las fisuras principales; se distinguen, de las otras épocas, por su contenido (muy disperso) de sulfuros metálicos.

Son de tomar en cuenta, a los diquestratos micrograníticos y diabásicos como estructuras importantes para la concentración de mineral, debido a que es posible su acumulación en forma de mantos, por longitudes considerables y de espesores muy variados.

Los skarns y las brechas, son de gran importancia, por el hecho de su posible asociación para la formación de chimeneas, por tanto es imprescindible su localización a través de estos rasgos en que las experiencias previas, puedan aplicarse inmediatamente en otros prospectos.

En el nivel 20, de la zona Condesa, se han explotado mantos tanto en la fisura Condesa como en la Rampa y, escasamente, en la Farallón. También en la fisura Q-Denis existió abundante mineralización que, en general, son vetas en las que al ascender verticalmente, se desplazan hacia las márgenes, continuando, en ocasiones, su curso y formar mantos (en estratos competentes). Se piensa que estos no han sido lo suficientemente explorados.

Los principales aspectos de la exploración abarcan: estudios geológicos a detalle y a semidetalle, exploración con barrenación de diamante, exploración directa (al hacer obras de infraestructura minera). Es recomendable vaciar en los planos la todos los rasgos geológicos observables, ya que de esto depende una mejor interpretación de los rasgos.

Para ubicar las bases prospectadoras, de barrenación de diamante, deben tomarse en cuenta todos los datos de la geología de detalle y, los barrenos ya efectuados deberán analizarse y proyectarse, oportunamente, para considerar cambios y no se dupliquen esfuerzos al traer, nuevamente, el equipo a estos sitios.

CAPITULO VI

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VI.1. Conclusiones.

La zona de estudio se encuentra en la sierra y distrito minero de Santa Eulalia y se enmarca en la Provincia Fisiográfica denominada Cuencas y Sierras (Raisz, Op., Cit.). La sierra esta constituida por calizas masivas de la Formación Aurora de edad Cretácico Inferior. Presenta un alargamiento N-S, concordante con las sierras de la provincia y con los principales rasgos mineralizados de la mina El Potosí.

En la Sierra de Santa Eulalia, además de las calizas, existen conglomerados continentales intercalados con depositos volcánicos (derrames, tobas e ignimbritas); hacia sus márgenes. Estas rocas se observan suprayaciendo, discordantemente, a las calizas de la Formación Aurora.

Dentro de la formación mencionada existen diques asociados a la mineralización y otros postminerales. Los primeros se encuentran en forma de diquestratos, generalmente son de composición ácida (dioríticos y micrograníticos) y básica (diabásicos). Los diques postminerales son de composición básica y cruzan a toda la secuencia litológica.

El pliegue de la sierra tiene la forma de un anticlinal abierto donde la inclinación de los estratos no excede los 20 grados. El eje del anticlinal presenta una dirección cercana a la dirección N-S y es posible que coincida con la fisura Q-Denis.

La dirección de los esfuerzos que plegaron la sierra, presenta una dirección aproximada de E-W, y constituye la bisectriz del ángulo agudo, que forman los planos de deslizamiento de las estructuras Condesa (N 60 E) y la Farallón (N 70 W). Concuerda con lo que señala Gries y Haenggi (Op., Cit.). Los rasgos N-S son

estructuras de tensión formadas por los esfuerzos principales (perpendiculares) de dirección E-W. La estructura La Rampa (N 30 E) es posible se haya formado como una falla secundaria a una principal, considerandose así a la Falla Condesea (N 60 E) (Billings, Op., Cit.).

La formación de La Brecha Condesea, objeto interesante del presente estudio, sucedió en la intersección de tres fallas importantes de la Zona Condesea y son: La Condesea (N 60 E), La Farallón (N 70 W) y La Rampa (N 30 E); propiciando una zona de debilidad para la introducción de soluciones mineralizantes. La brecha es en general de baja ley, pero existen localidades con buenas concentraciones; un barrenó llegó a cortar 12 pies de minerales de mena.

La existencia de mantos se debe a la penetración y reemplazamiento por las soluciones, cuando menos por un plano de debilidad. Su forma es de tipo horizontal.

La evidencia de chimeneas se observa en la intersección de, al menos, dos planos de debilidad (fallas), dando por resultado una estructura vertical.

En la zona se encuentran dos chimeneas importantes: una en la intersección de la fisuras Condesea y la Rampa y la otra en la parte superior de La Brecha Condesea (ver mapas 1 y 2). La última es considerada como Brecha-Chimeneas (Locke, según Park, Op., Cit.).

La formación de la Brecha Condesea es evidente en el cruce de tres fallas; formandose ángulos pequeños en la intersección (Park, Op., cit.); esto aunado a sus respectivos fracturamientos paralelos propició una gran zona de inestabilidad. A las brechas angulares se les atribuye procesos de fracturamiento hidráulico (hidrofracturamiento, Phillips, según McCallum, Op., Cit.) se evidencia más inestabilidad.

Se está de acuerdo en que la fluidización no violenta, continua desarrollando chimeneas por agrietamiento y elevando el núcleo central (heterogéneo) en donde los fragmentos rotados son rodeados por los no rotados, desprendidos cerca de la roca agrietada (Johnston y Lowell, según McCallum, Op., Cit.).

Se descarta el fenómeno explosivo debido a la inexistencia de oquedades, como lo reporta Williams (1936) según Park (Op., cit.).

McCallum (Op., Cit.) propone un modelo para la formación de la brecha-chimenea que incluye <colapso> mineralización y persistencia de la mineralización. Al colapso lo relaciona con el alejamiento del magma (enfriamiento), produciéndose fragmentación que asociadas a zonas de saturación y fluidización, pueden producir explosiones magmáticas. Asimismo, Dawson, 1971, Burnhan y Okmoto, 1980, según McCallum (Op., cit.) mencionan: el gas se pone en fase, se expande rápidamente y <explota dejando oquedades>. Se descarta este hecho, pues no se observaron oquedades y se confirma la existencia de oquedades en la explosión.

Se está de acuerdo con Sillitoe y Sawkins (Op., Cit.) en que los procesos brechamiento-mineralización sean eventos paralelos con amplia difusión de soluciones hidrotermales en brechas-chimeneas.

De acuerdo con McCallum la brecha-chimenea con fragmentos redondeados refleja la circulación (giramiento de bloques) que desarrolla una textura segregacional; son dilemas a explicar, puramente, por explosión o por procesos subsecuentes. Estos rasgos son atribuidos a procesos de fluidización, freatomagmatismo, hidrotermalismo, etc. Debido a este análisis se descarta el fenómeno de explosión.

En la Zona Condesa se observan cuerpos de sulfuros parecidos a los más comunes (sin silicatos), por lo que se considera su origen de mediana temperatura. La brecha Condesa se consideran de alta temperatura debido al contenido de silicatos y a la evaluación de isótopos de azufre (Megaw, Miranda y Padilla, op., cit.).

VI.2. Recomendaciones.

- 1) Se sugiere efectuar estudios de análisis estructural de la estratificación y rasgos estructurales con el fin de conocer la dirección de los esfuerzos que originen los rasgos mas importantes (fallas, fracturas, estrias, etc.) y, así también, la forma de los pliegues, dirección del eje, etc.
- 2) Lo anterior facilitará conocer las estructuras a explorar y, consecuentemente, sus direcciones serán guías para continuar la producción de mena.
- 3) Con base en los rasgos estudiados en la Zona Condesa se recomienda explorar estructuras que no han sido lo suficientemente prospectadas como pueden ser: las N 70 W y N 60 E, principalmente. Como secundarias a estas pueden existir otras como la N 30 E, que formen un ángulo de 30 grados con las fallas principales ya mencionadas y no descartar la posibilidad de encontrar estructuras también secundarias que formen un ángulo de 90 grados.
- 4) Además, debe existir la posibilidad de que se formen fallas de tercer orden, con los mismos ángulos ya señalados, en las de segundo orden (secundarias).
- 5) También, cabe la necesidad de sugerir, prospectar las zonas con diquestratos; ya que no tan solo se podran encontrar yacimientos con un solo barreno, sino que es recomendable explorarlos longitudinalmente.
- 6) Asimismo, se sugiere explorar en las intersecciones de fallas, con el fin de poder localizar, ya sean, chimeneas, brechas, skarns etc.

BIBLIOGRAFIA:

BILLINGS M, P. 1972. Structural Geology. Prentice Hall, Ed. New York, Usa.

BURCKARDT, C. 1930. "Etude Synthtique Sur le Mesozoique Mexican". Soc. Paleont. Suisse. Me., p 1-280.

BURNHAN, C. W. 1985. "Energy in subvolcanic environments: Implication for breccia Formation"; Econ. Geol. Vol. 80(6), p 1515-1522.

BURROWS, R. H. 1910. "Geology of Northern". Bull. Soc.Geol. Méx., (parte 7): p 85-103.

CORDOVA, A. D., RODRIGUEZ T., R. AND GUERRERO G., 1970. "Mesozoic Stratigraphy of the Northern Portion of the Chihuahua Trough". Symposium in honor of Profesor Ronald K. DeFord. Pubilshed by Geological Society Texas West. p 83-97. U.S.A.

CORDOVA, D. A. 1969. "Mesozoic stratigraphy of Northern Chihuahua, Mex.". New. Mexico. Geol. soc. 20th. Field Conference. The border Region. U.S.A.

DEFORD, R. K. 1958. "Cretaceous plataform and geosincline, culberson and Hudspeth Counties, Trans-Pecos, Texasin Guidebook, 1958 Field Trip": Soc. Econ. Paleont. and Mineralogists, Permian Sevtion. U.S.A.

- DE LA FUENTE. 1969. "Geología de la Mina El Potosí, distrito Minero de Santa Eulalia, Chihuahua". Tesis Profesional. U.N.A.M. Méx.
- DE CSERNA, Z. 1970. Mesozoic Sedimentation Magmatic Activity and deformation in Northern Mexico. P 99-117. Symposium in Honor Profesor Ronal K. DeFord. Geol. Soc. Texas West. USA.
- GONZALEZ P. E., ARNOLD, M. Y ACOSTA, E. 1984. Análisis Metalogenético Preliminar del Distrito Minero de Fresnillo, Zacatecas, sobre la base de 50 medidas isotópicas de azufre. Revista GEOMIMET, May-Jun. Num. 129. México.
- DELGADO, G. H. 1983. "Estudio geológico-minero de la zona Las Playas, Chih." Tesis Profesional. U.N.A.M. Méx.
- GRIES, J. C. AND HAENGGI. 1970. "Structural evolution of the eastern Chihuahua Tectonic Belt". Symposium in honor profesor Ronal K. DeFord. Geol. Soc. Texas West. p 119-137. U.S.A.
- HEWITT, W. P. 1968. "Geology and mineralization of the main mineral Zone of the Santa Eulalia District, Chihuahua". Soc. Geol. Mex..
- HILLS, E. S. 1972. Elementos de Geología Estructural. Traducción 1977 castellana. Ariel, S. A. Barcelona, Esp.
- HORCASITAS, A. S. Y SNOW, W. E. 1956. "Resumen Geológico del Distrito de Santa Eulalia, Chihuahua". XX Congreso Geol. Int.: Excursion A-2 y A-5; p 51-61. Méx.
- HUMPHREY, W. E. 1962. "In Geology of Mina Plomosas, Placer de Guadalupe, Area Chihuahua". West Texas Soc. Geol. 1967, Field Trip Guidebook. U.S.A.

JHONSTON, W. P., AND LOWELL, J. D. 1961. "Geology and origin of mineralized Breccia Pipes in Copper Basin, Arizona"; Econ. Geol. V. 56, p 916-940.

KING, R. E., AND ADKINS, S. W. 1946. "Geology of a part of the lower Conchos Valley, Chihuahua, Mexico". Geol. Soc. Amer. Bull. V. 57, p 275-294.

KIRSHCHNER, E. 1963. "Geología de La Mina El Potosí, Santa Eulalia, Chihuahua". Informe Técnico de la Compañía Minerales Nacionales de México. S.A. Méx.

LOCKE, A. 1926. "The formation of Certain Ore Bodies by mineralization stoping". Econ. Geol. 21. p 431-453.

LOPEZ, E. R. 1979. "Geología de México". Editada por la S.E.P. Reg. 91407, 1a ed. 2a Ed., reg, en trámite. México.

MALDONADO E., D. AND MEGAW K. P.M. 1983. Geology of the Santa Eulalia Mining District, Chihuahua, México:El Paso Geol. Soc., Guidebook for 1983, p 367-376.

MATTAUER, M. 1976. La Deformación de los Materiales de La Corteza Terrestre. Ediciones Omega, Barcelona, Esp.

MEGAW K., M. P., MIRANDA A., M. A. Y PADILLA G., R. A. 1989. Breccia Ores of the Potosi Mine, Santa Eulalia Mining District, Chihuahua. Memorias Técnicas XVIII Convención Nacional AIMMGMAC. Oct. 16-20. p 100-108.

MCCALLUM, M. E. 1985. "Experimental Evidence for Fluidization Processes in Breccia Pipe Formation". Econ. Geol. Vol. 80(6); p 1523-1543. U.S.A.

MIRANDA, M. A. G., AND MEGAW, P. M. 1986. "Magmatic Hidrotermal Breccias and Certain Ag, Pb-Zn, Chimneys of the Potosí Mine, Santa Eulalia, Chihuahua". In Carbonate hosted Ag, Pb, Zn, Deposits of northern Mexico. Soc. Econ. Geol. Guidebook for fields excursions. U.S.A.

ORDONES, E. 1946. "Principales Provincias Geográficas y Geológicas de la República Mexicana". Sobretiro Guía del Explorador Minero; Com. Direct. Invest. Rec. Min. p 103-142. México.

PARK, CH. F. Jr. AND McDIARMID, R. A. 1975. Ore Deposits. Copyright by W. H. 1972. Freeman and Company. U.S.A.

PHILLIPS, W. G. 1972. "Hydraulic fracturing and mineralization". Geol. Soc. London Jour., Vol. 128, p 427-433. England.

PRESCOTT, B. 1976. "The main mineral zone of the Santa Eulalia District". AIME trans. 51, p 57-99.

RAGAN, D. M. 1980. "Geología Estructural". Ed. Omega S. A. Barcelona, España.

RAISZ, ERWIN. 1959. Lands Forms of Mexico, the Geography Branch of the Office Naval Research, Cambridge, Mass. USA.

SILLITOE, R. H. AND SAWKINS, F. J. 1971. "Geologic mineralogic and fluid inclusion studies relating to the origin of Copper-Bearing Toumarline Breccia Pipes, Chile". Econ. Geol. Vol. 66, p 1028-1041.

SPURR, J. E. 1961. "Geology of the main mineral belt of Santa Eulalia, District. Informe Técnico Propiedad de la Mina el Potosí. Santa Eulalia, Chihuahua, Méx. District". AIME. trans. 51, p 57-99.

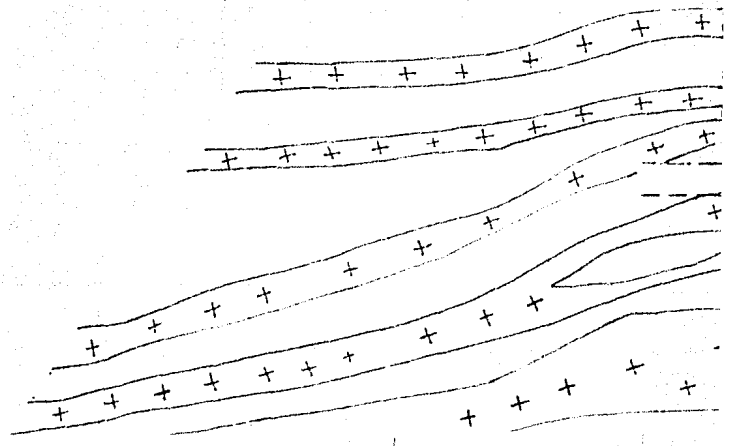
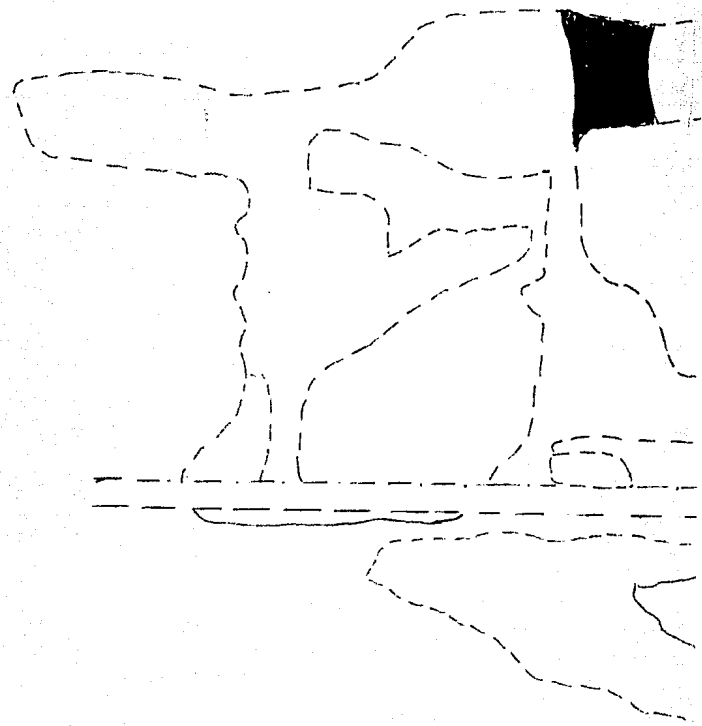
TITLEY, S. R. 1961. "Genesis and control of the Linchburg Orebody, Socorro Country, New Mexico". Econ. Geol. 695-722. U.S.A.

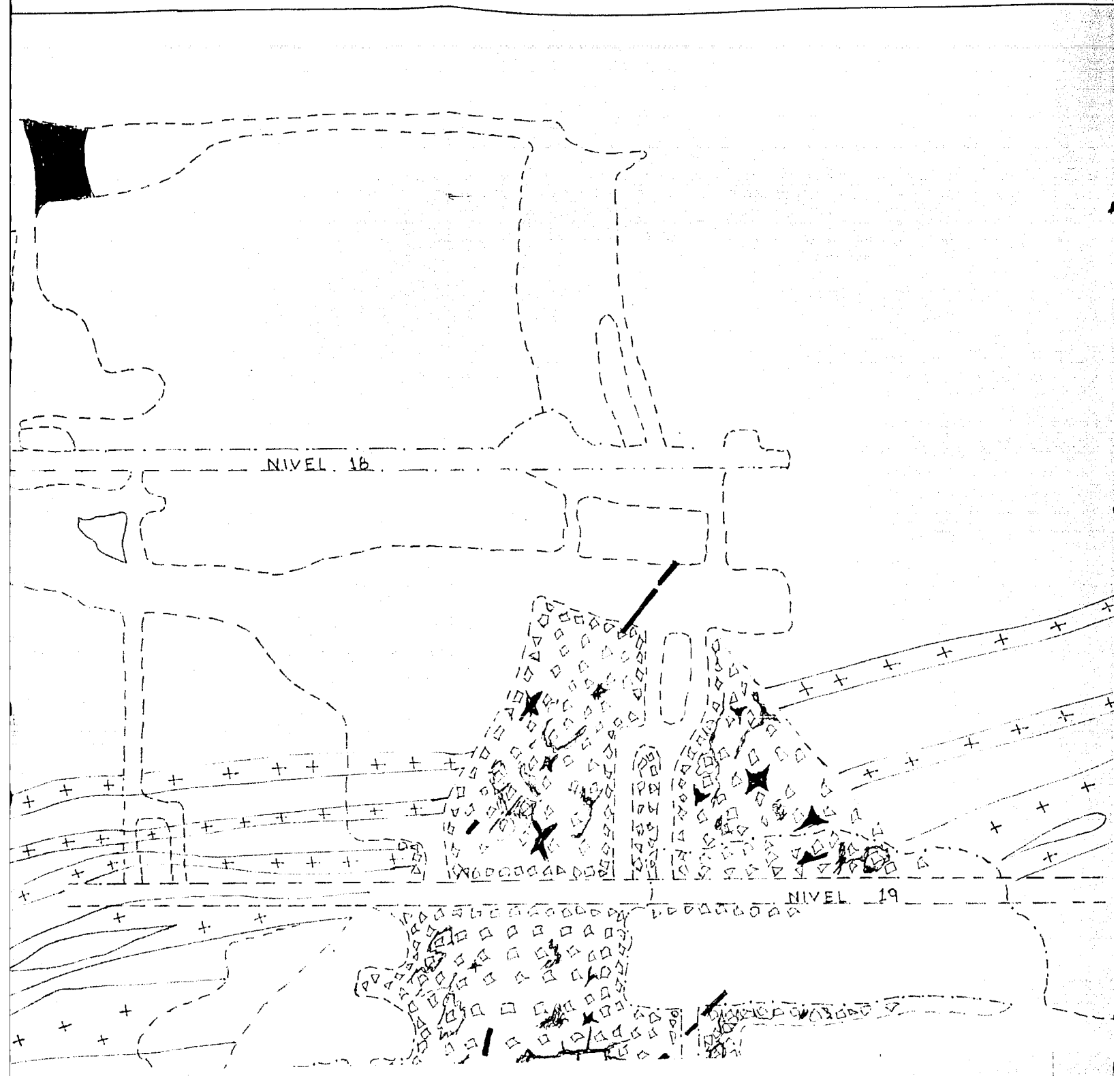
TOVAR, R. J., VAZQUEZ, R. H. Y LOZANO, A. S. 1976. "Interpretación integrada Geológica-Geofísica de la porción Norte de Chihuahua". III Simposium de Geología del subsuelo, Reynosa, Tamps., Méx.

WHITNEY, J. A. 1977. "A Synthetic Model for vapor generation in tonalite magmas and its economic ramifications". Econ. Geol. Vol. 72, p 686-690. Texas. U.S.A.

WILEY, M. A. 1970. "Correlation of Geology with gravity and magnetic anomalies, Van Horn-Sierra Blanca Region, Trans-Pecos, Texas". Univ. Texas. Ph D., Dissertation, 330p., 26 figs., 14 Tables. U.S. A.

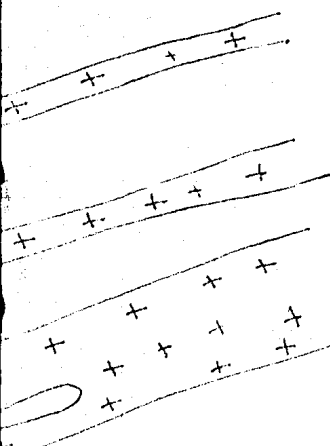
WILLIAMS, H. 1936. "Pliocene Volcanoes of the Navajo-Hopi Country" Geol. Soc. Amer. Bull. 47; p 111-171. U.S.A.

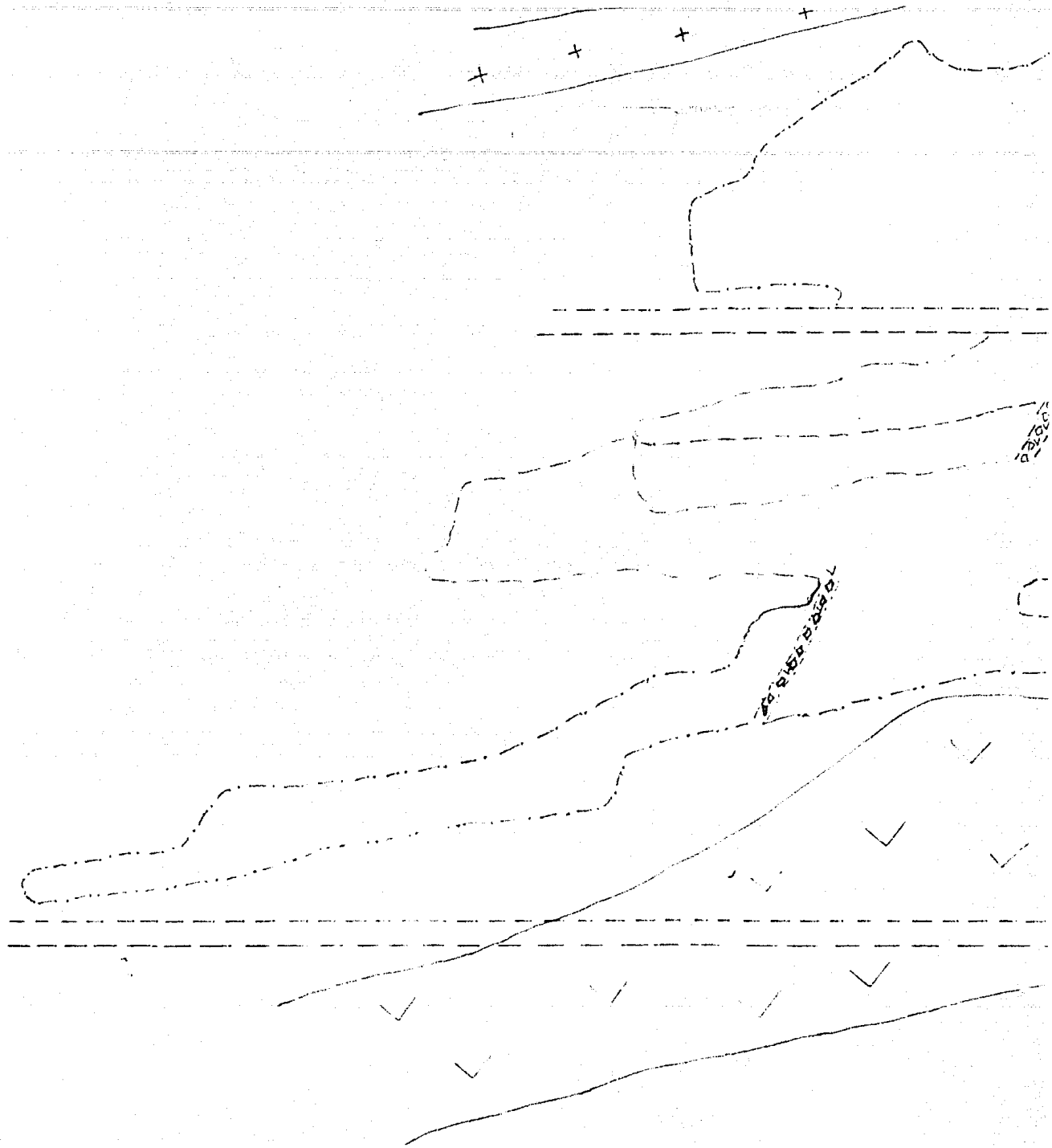


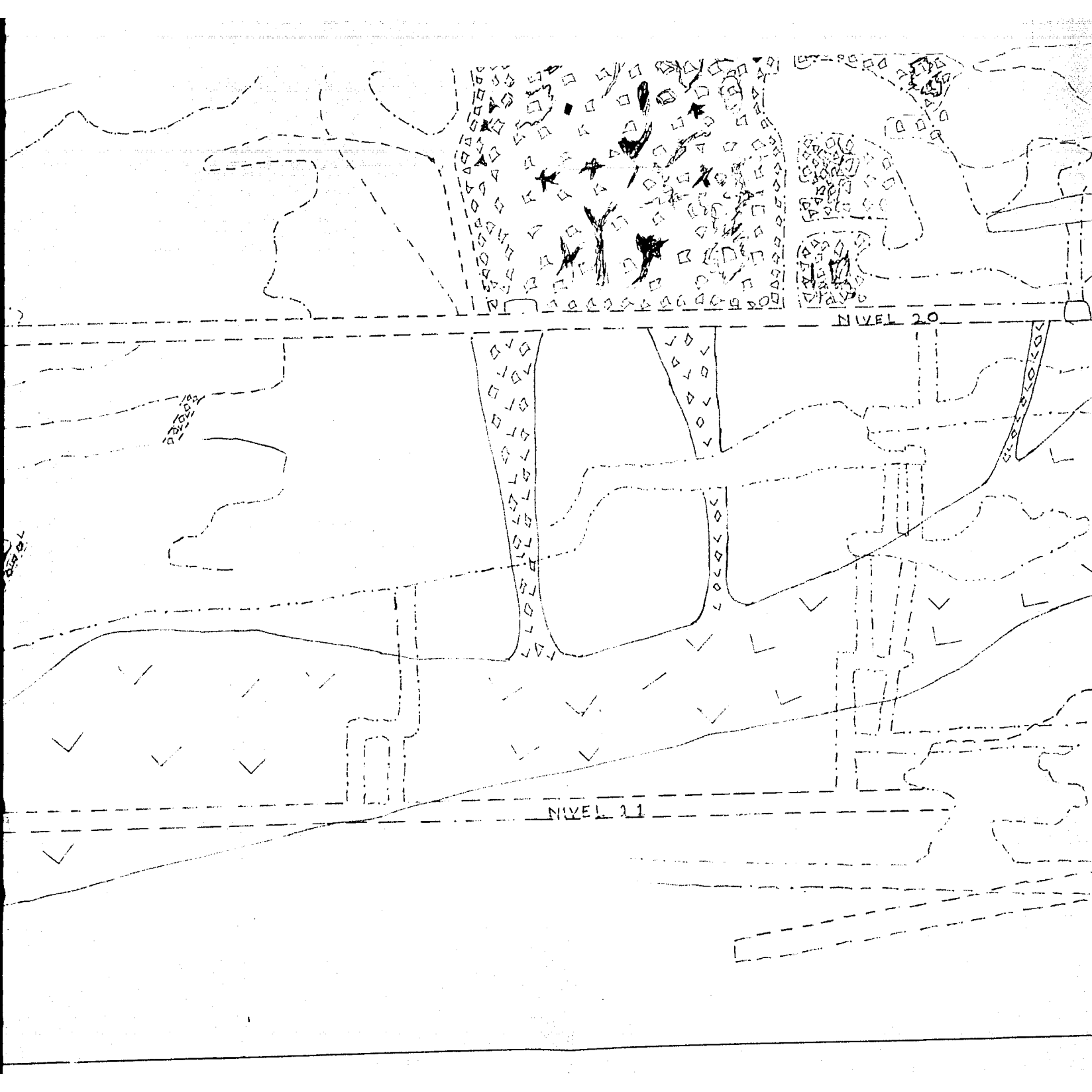


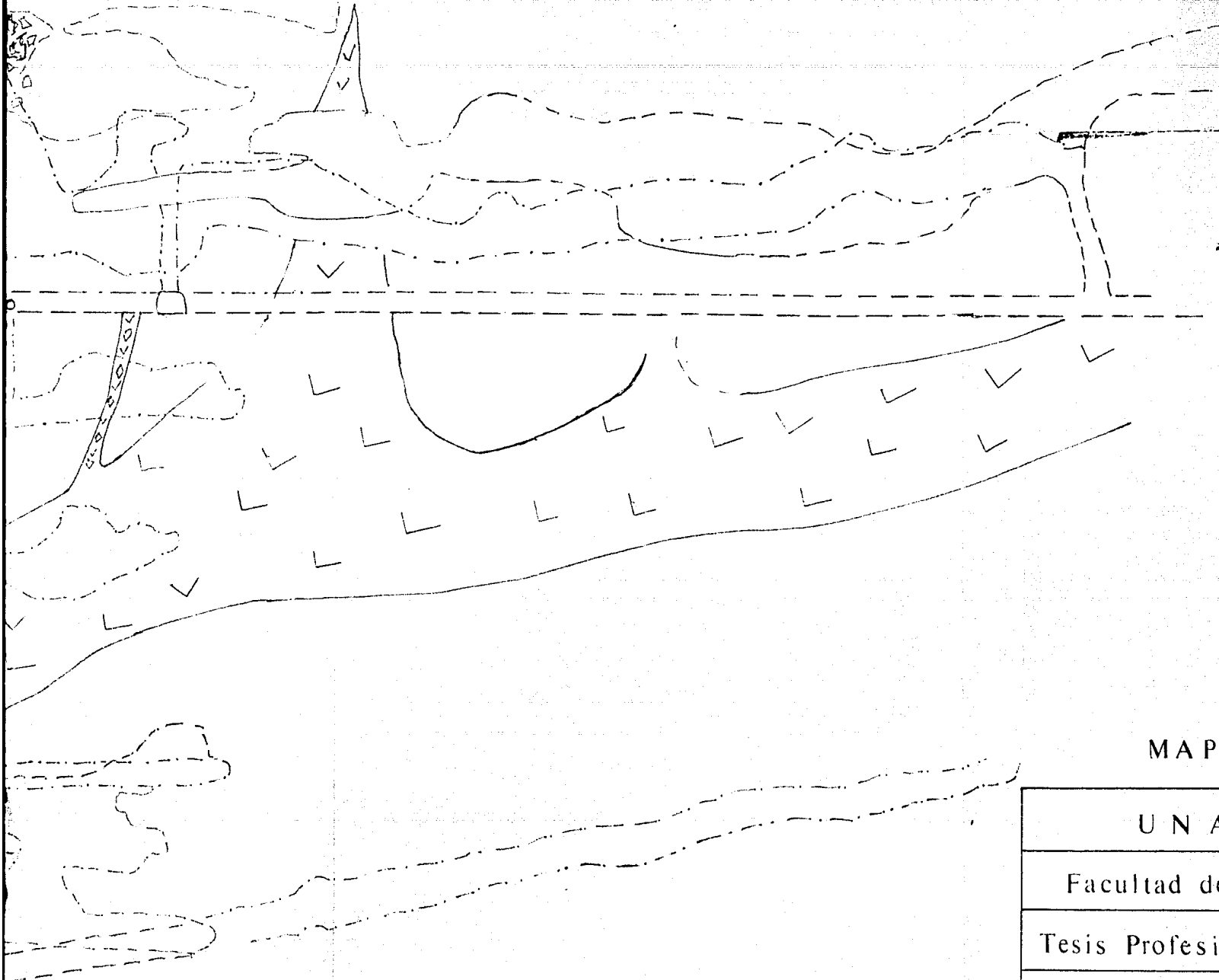
SIMBOLOGIA

- | | |
|---|------------------------|
|  | ROCA HUESPED |
|  | DIQUES COLERITICOS |
|  | PORFIDO RIOLITICO |
|  | BRECHA CONDESA |
|  | ZONAS MINADAS |
|  | MENAS PROSPECTADAS |
|  | RAICES DE COMUNICACION |









MAP

U N A

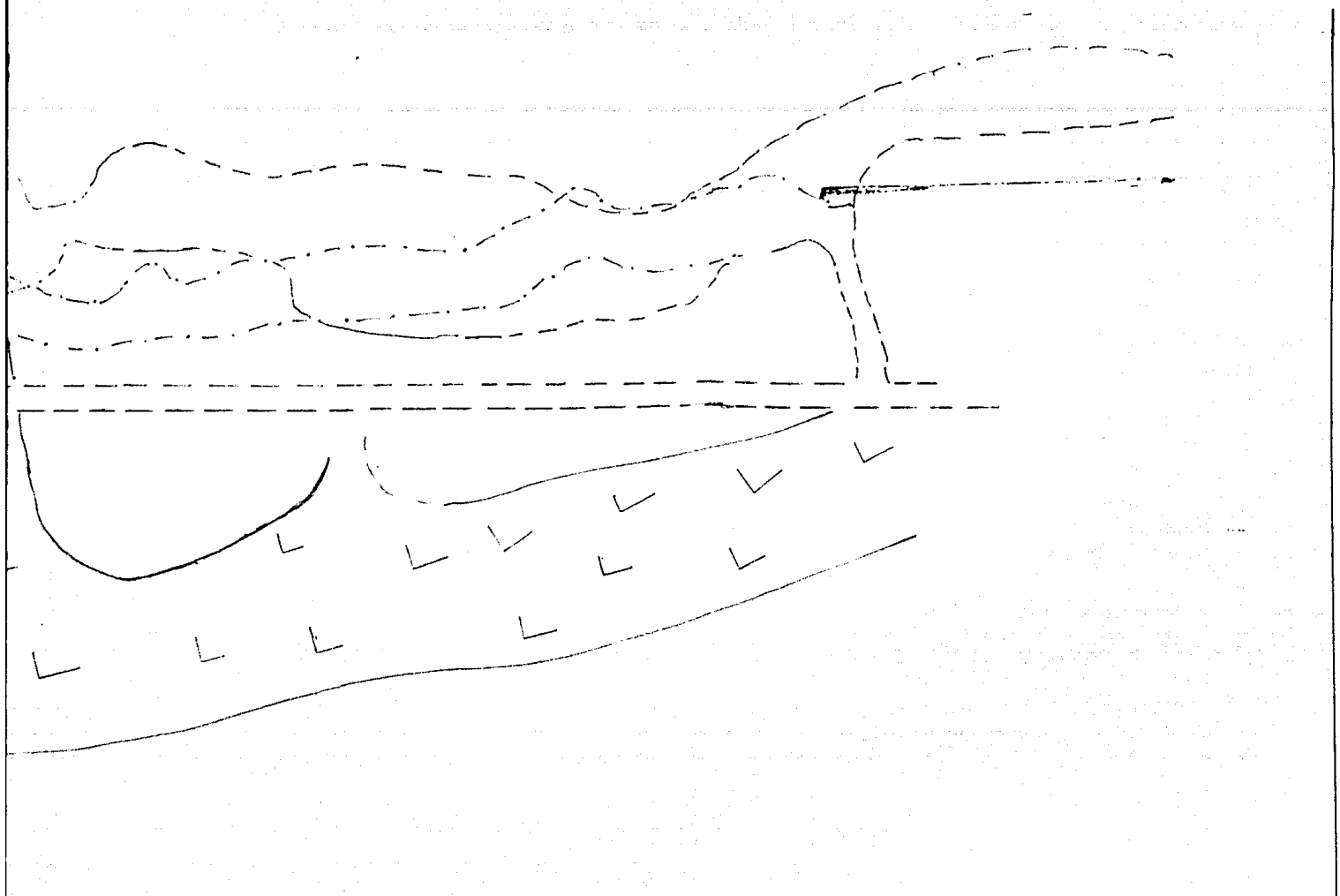
Facultad de

Tesis Profesi

Sección N60

Escala

1:400



MAPA I

U N A M

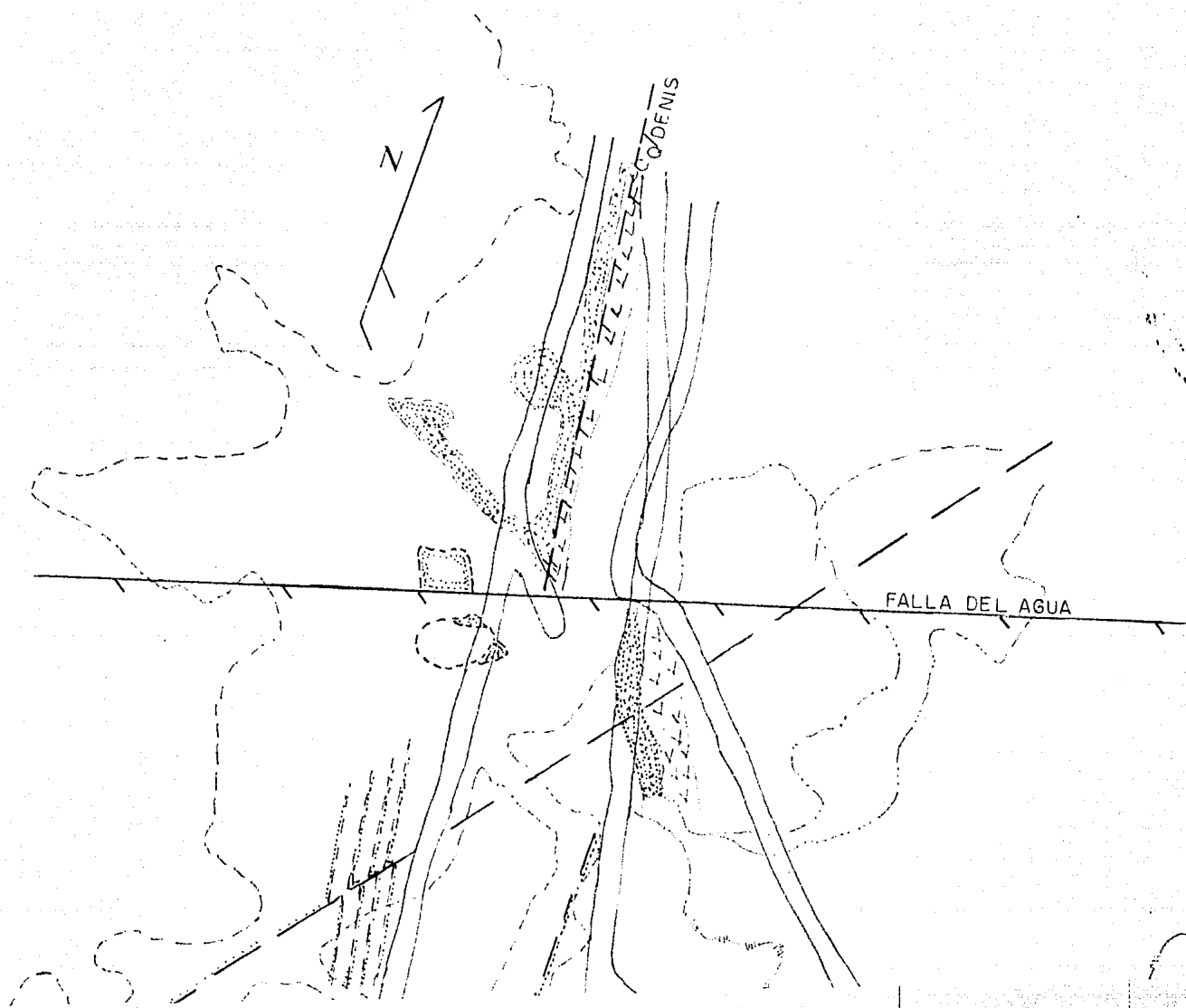
Facultad de Ingeniería

Tesis Profesional Ing Geólogo

Sección N60E Zona Condesa

Escala
1:400

Fecha
Sep 1990



C'DENIS

FALLA DEL AGUA

SIMBOLOGIA



BRECHAS



ROCA HUESPED



DIQUE PORFIDO RIOLITICO



FISURAS Y FRACTURAS



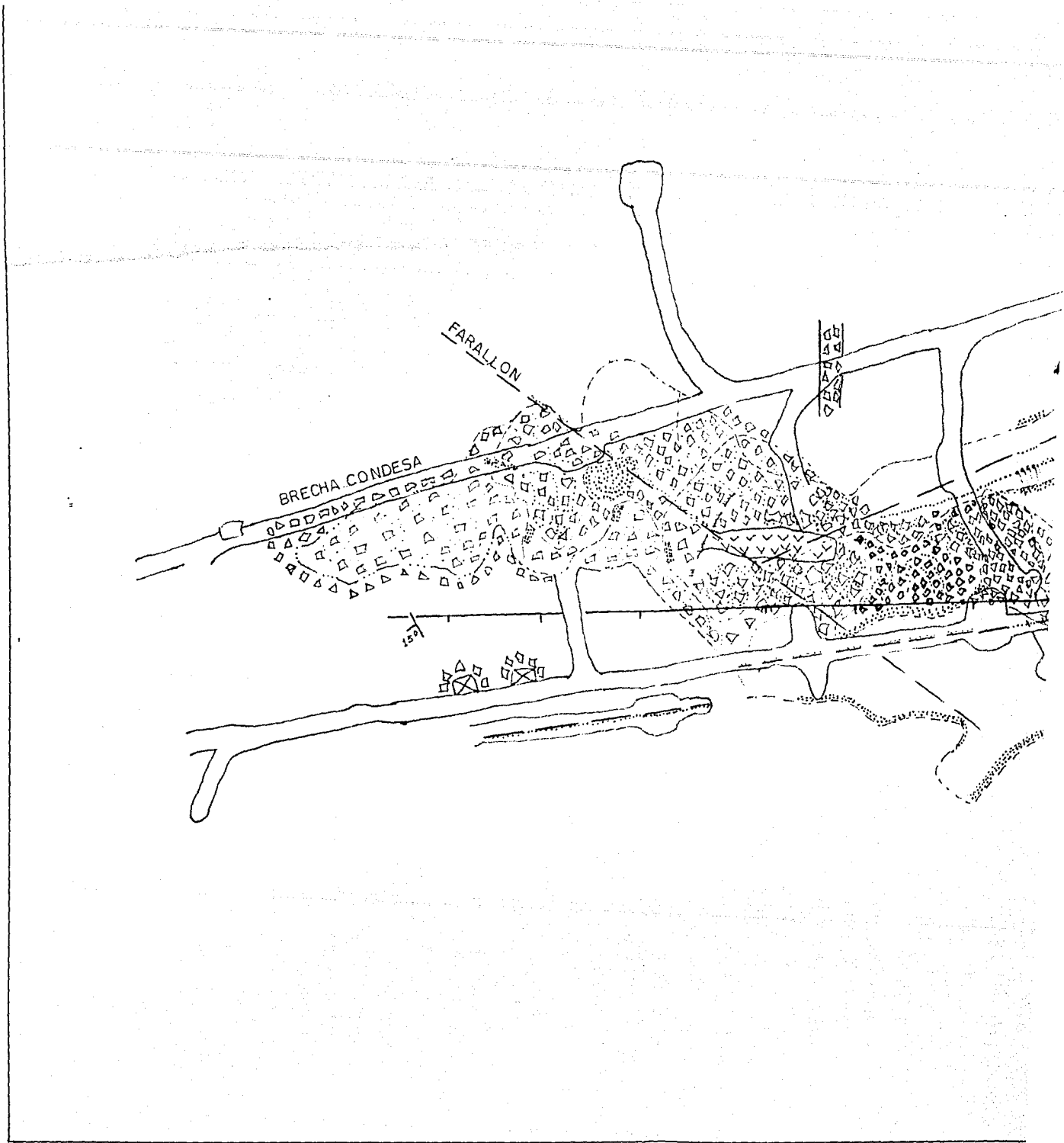
FALLAS POSTMINERAL



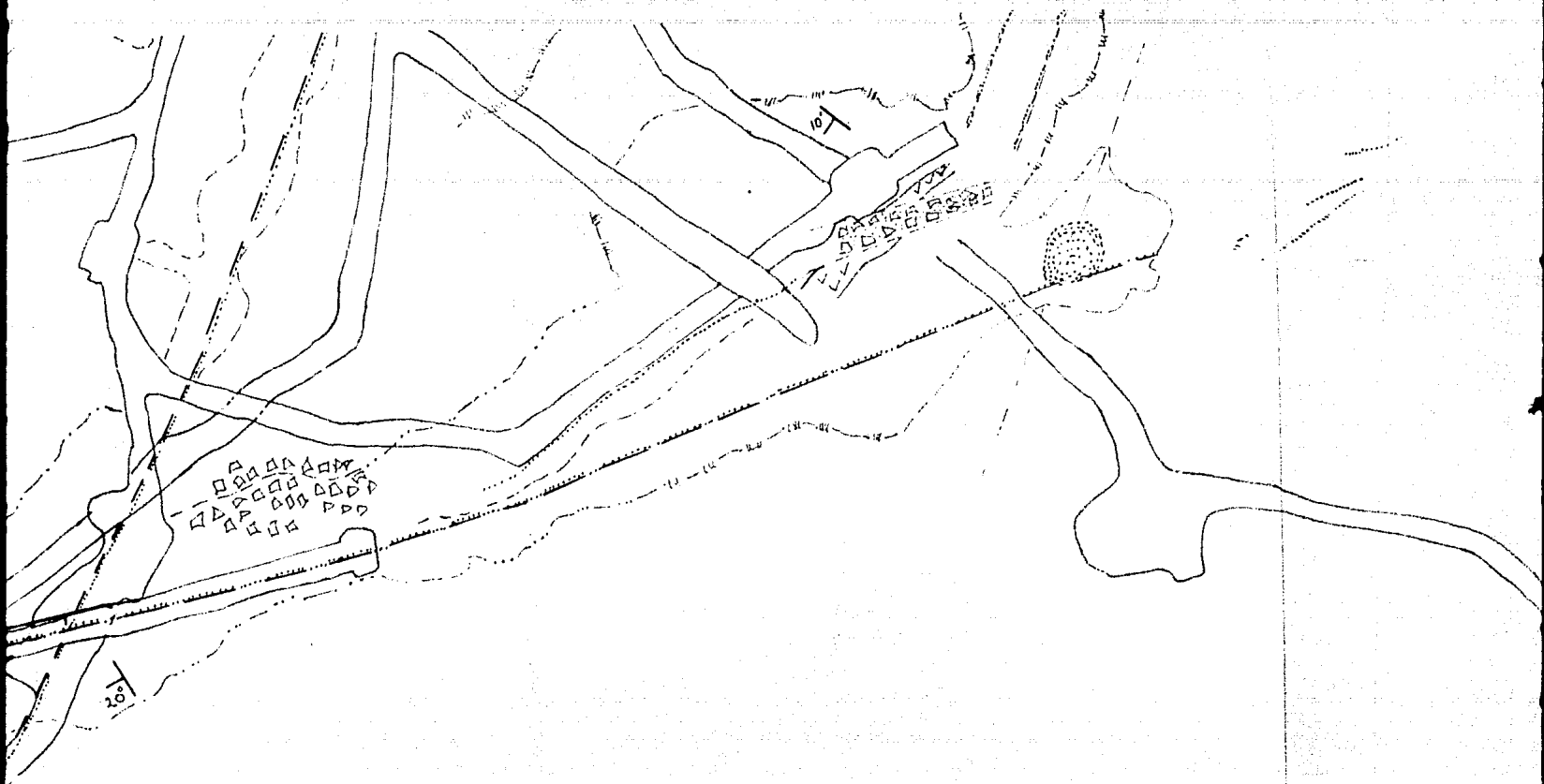
MENA



ACTITUD DE LAS CAPAS

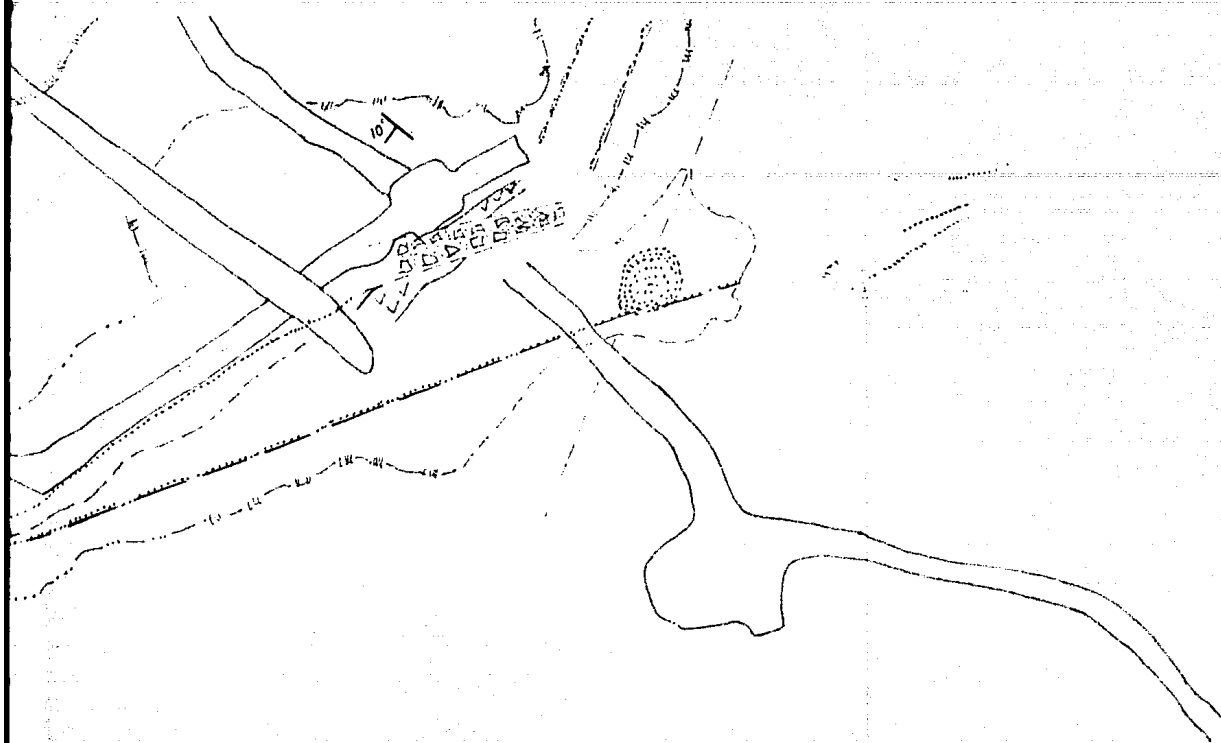






MA

Faculta
Tesis Pr
Planta
Escala 1:40



MAPA 2

U N A M	
Facultad de Ingeniería	
Tesis Profesional Ing Geólogo	
Planta Zona Condesa	
Escala 1:400	Fecha Sep 1990.