

SISTEMA DE BIBLIOTECAS  
Instituto de Investigación de Zonas  
Desérticas, UASLP



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**

**ESCUELA DE INGENIERIA**

**ESTUDIO GEOLOGICO EN LA ZONA DE OXIDOS,  
PROYECTO GLORY - HOLE  
(UNIDAD FRESNILLO)**

**TRABAJO RECEPCIONAL**

Que para obtener el Título de :

**INGENIERO GEOLOGO**

**P r e s e n t a :**

**SERGIO ANDRES ROMERO ROJAS**

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI  
ESCUELA DE INGENIERIA  
AV. DE LOS POETAS # TELEFONO 2-11-86  
SAN LUIS POTOSI, S. L. P. - MEXICO

DIRECCION

Octavo 3, 1977

Al Pasante Sr. Sergio Andrés Romero Rojas

Presente.

En atención a su solicitud relativa a lo antes indicado a usted que el H. Consejo Técnico Consultivo de la Escuela de Ingeniería le ha designado como Asesor del Trabajo Recercional que deberá desarrollar en su Examen Profesional de Ingeniero Geólogo, al Sr. Ing. Luis García - Gutiérrez. Así como el Tema propuesto para el mismo es:

"ESTUDIO GEOLOGICO EN LA ZONA DE OXIDOS, PROYECTO GLORY-HOLE (UNIDAD FREZ VILLO)".

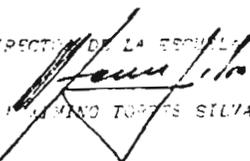
TEMARIO:

- I.- INTRODUCCION
- II.- GEOMORFOLOGIA
- III.- GEOLOGIA
- IV.- GEOLOGIA ECONOMICA
- V.- MANOS DE FORTUNA
- VI.- ESTUDIO GEOLOGICO EN LA ZONA DE OXIDOS
- VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- VIII.- BIBLIOGRAFIA

Puego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones debe prestar Servicio Social - durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar su Examen Profesional.

Atentamente.

MUNDOS ET CUMSTRARIUM PERIUM MENSUPAS AUDEBO"

EL DIRECTOR DE LA ESCUELA  
  
ING. LUCIANO TORRES SILVA

Agradezco sinceramente a los Ingenieros:

Luis García Gutiérrez  
Asesor de este trabajo

A todos los maestros por las valiosas orientaciones para su realización y - consejos en el transcurso de mi carrera.

A la:

Compañía Fresnillo, S. A.

Por las facilidades para realizar el presente trabajo.

A mis padres:

Cipriano Romero Proa  
Ma. Auxilio Rojas de Romero

Como muestra de gratitud por el afán  
de superación a mi persona.

A mis hermanos:

Paty, José Luis, Blanca, Porfirio  
e Imelda en especial.

A mi hermana, cuñado y sobrino:

Laura, Meme y Edgardo.

# I N D I C E

		Página
I	INTRODUCCION	1
	1.- Objeto	1
	2.- Método de Trabajo	2
	3.- Localización Geográfica	2
	4.- Vías de Comunicación	3
	5.- Clima y Vegetación	3
	6.- Hidrografía	4
	7.- Población	5
	8.- Historia Minera y Producción	6
II	GEOMORFOLOGIA	11
III	GEOLOGIA	14
	1.- Geología Regional	14
	2.- Estratigrafía	14
	3.- Rocas Igneas	16
	4.- Tectónica Regional	16
	5.- Historia Geológica	17
	6.- Geología Local	21
	7.- Estratigrafía y Petrografía	24
	8.- Rocas Igneas Hipabisales del Terciario	44
IV	GEOLOGIA ECONOMICA	48
	1.- Tipos de Yacimientos	48
	2.- Vetas de Fisura	48
	3.- Ramaleos	50
	4.- Cuerpos de Reemplazamiento	51
	5.- Mineralogía	54
	6.- Elementos Nativos	55
	7.- Sulfuros	55
	8.- Sulfosales	57
	9.- Oxidos	59

		Página
	10.- Carbonatos	60
	11.- Fluoruros	60
	12.- Silicatos	60
	13.- Zoneamiento	62
V	MANTOS FORTUNA	63
	1.- Generalidades	63
	2.- Yacimientos	64
	3.- Origen de los Yacimientos	70
	4.- Métodos de Exploración	72
	5.- Métodos de Explotación	73
	6.- Rebajes de Piso	73
	7.- Tumba sobre carga	74
	8.- Rebaje de Corte y Relleno	74
VI	ESTUDIO GEOLOGICO EN LA ZONA DE OXIDOS	76
	1.- Levantamiento Geológico (en superficie e interior de la mina) Zona de Oxidos.	76
	2.- Barrenación de Percusión	79
	3.- Barrenación de Diamante	81
	4.- Muestreo de Canal	82
VII	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
VIII	BIBLIOGRAFIA	88

CAPITULO PRIMERO

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

El objeto de la realización de este trabajo, es presen  
tarlo como trabajo recepcional para obtener el título-  
de Ingeniero Geólogo. El estudio comprende la distri-  
bución, apariencia y origen de la zona de óxidos en el  
distrito minero de Fresnillo, así como la elaboración-  
de un plano geológico que permita entender un poco me-  
jor el comportamiento de las vetas oxidadas que llegan  
a aflorar en la superficie.

### METODO DE TRABAJO

Los métodos utilizados para la elaboración del plano geológico superficial fueron los siguientes: en el campo se utilizó un plano fotogramétrico, con escala aproximada de 1:500, usándose plancheta para localizar los rasgos geológicos más importantes de las estructuras aflorantes (la medida de rumbos, echados y espesores se hizo por medio de la brújula Brunton y cinta).- Posteriormente, en el gabinete se volcó la información obtenida sobre un plano base, de escala aproximada --- 1:1000.

En la elaboración de los planos geológicos del interior de la mina, se utilizaron levantamientos topográficos como base para vaciar en ellos la información geológica obtenida, ya sea por medio de barrenos de diamante o por levantamientos geológicos hechos con brújula y cinta en las frentes, cruceros, contrapozos y rebajes del área estudiada (la geología se proyecta a 1 m de la altura del nivel).

### LOCALIZACION GEOGRAFICA

El Distrito Minero de Fresnillo se encuentra situado en la parte central del Estado de Zacatecas, con elevación media sobre el nivel del mar de 2,100 m, siendo sus coordenadas geográficas de 23° 10' 29" latitud norte y 102° 52' 39" longitud oeste del Meridiano de Greenwich.



### VIAS DE COMUNICACION

Las comunicaciones con que cuenta el distrito minero - de Fresnillo son buenas y apropiadas para un gran centro minero, pues se tiene el paso del ferrocarril que une a la ciudad de México con Ciudad Juárez, Chih., -- puerto fronterizo con los Estados Unidos de Norteamerica.

La carretera panamericana que une a Cd. Juárez, Chih., con Cd. Cuauhtémoc, Chis., pasando por las principales ciudades de la faja central del país toca a la ciudad de Fresnillo, Zac., en el kilómetro 810.

Cuenta con una carretera pavimentada que une a Fresnillo con el pueblo de Plateros.

Aproximadamente a unos 3 km al oriente de la ciudad de Fresnillo existe un aeropuerto pequeño.

Los servicios telefónicos y telegráficos están atendidos por las compañías de Teléfonos de México, S. A. y Telégrafos Nacionales, respectivamente; a la vez, cuenta con oficinas de correos y express nacional e internacional.

### CLIMA Y VEGETACION

En estudios realizados por la dirección de geohidrolo-

gía y zonas áridas en el estado de Zacatecas, se clasifica al clima como seco, templado; la precipitación media anual es de 350 mm, siendo el período de lluvias comprendido entre los meses de junio a septiembre.

Su temperatura media anual es de 17.6° C, pudiendo decirse en general que su clima es templado, con invierno benigno.

Los vientos dominantes son al SE, con velocidad media de 12 m por segundo.

La vegetación del distrito minero está caracterizada por la abundancia de ciertas variedades de cactáceas, como el nopal (*Opuntia-Tuna*) y la biznaga (*Echinocactus sp.*). Así como la gran variedad de arbustos espinosos y mezquites, el pirul (*Schinus molle*), encino (*Quercus barbinervis*), eucalipto (*Eucalyptus Sp.*), madroño (*Arbutus zalapensis*), álamo blanco y fresno, son comunes en Fresnillo. El maguey (*Agave atrovirens*), es cultivado en rancherías cercanas a esta población.

#### H I D R O G R A F I A

Como consecuencia directa del relieve, existen sólo pequeñas corrientes intermitentes, que llevan agua únicamente en la estación de lluvias (con la excepción

del arroyo de Rivera), que son de carácter torrencial, formando dos redes hidrográficas principales.

La primera red fluye al NE y tiene origen en el flanco sudoriental de la Sierra de Valdecañas, recorriendo la planicie que bordea a la sierra y va a depositar a cuencas cerradas, donde forma lagunas pequeñas como la de Santa Anita, a unos 15 km al NE de Fresnillo.

La segunda red, delimitada de la anterior por el cerro del Xoconostle y el cerro de La Fortuna, fluye hacia el NW y tiene su origen en los flancos SW y NW de dichos cerros y en la prolongación al NW de la Sierra de Valdecañas. Esta red hidrográfica, formada por numerosos arroyos intermitentes, desemboca a unos 30 km al NW de Fresnillo en el río de San Francisco, principal tributario del río Aguanaval.

#### P O B L A C I O N

La Ciudad de Fresnillo es una de las más importantes del Estado de Zacatecas, no sólo por el número de habitantes, que actualmente es más o menos 50,000, sino también por su industria minera, base fundamental de la economía del estado.

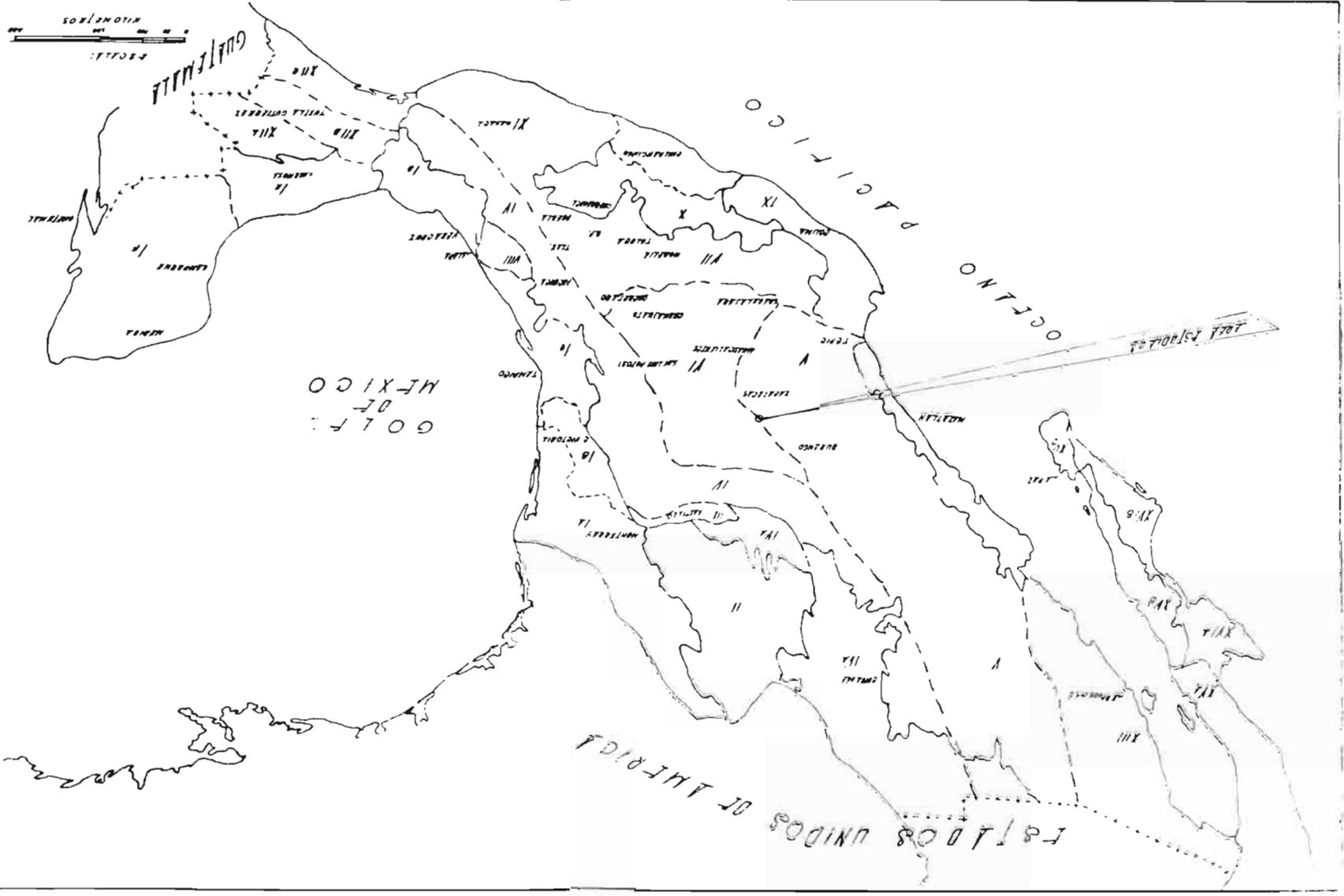
En la actualidad esta industria ocupa 1,000 hombres, sin tomar en cuenta el número de gambusinos que traba

PLANO No 2 1977 SERGIO ANDRÉS ROMERO ROLDS

TRABAJO RECEPTIVO  
 POR EL ING. MANUEL ALVAREZ JR.  
 DE LA REPUBLICA MEXICANA  
 PROVINCIAS FISIOGRAFICAS  
 ESCUELA DE INGENIERIA - GEOLOGIA  
 UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

- 1.- Llanura costera del Golfo de México  
 2.- Zona del Rio Purificación  
 3.- Zona de Pánuco-Turpan  
 4.- Zona de Veracruz  
 5.- Zona panzona de Tlaxco  
 6.- Península de Yucatán  
 7.- Región montañosa de Guadalupe  
 8.- Quebradas de Parí  
 9.- Sierra Madre Oriental  
 10.- Antigua zona lacustre  
 11.- Sierra Madre Occidental  
 12.- Zona de fosforitos  
 13.- Zona de Chicomilco  
 14.- Montañas de la Costa del Sur  
 15.- Zona del Valle de Cuernavaca  
 16.- Zona montañosa de Cuernavaca-Daxca  
 17.- Sierra de Guadalupe  
 18.- Sierra de Guadalupe  
 19.- Sierra de Guadalupe  
 20.- Sierra de Guadalupe  
 21.- Sierra de Guadalupe  
 22.- Sierra de Guadalupe  
 23.- Sierra de Guadalupe  
 24.- Sierra de Guadalupe  
 25.- Sierra de Guadalupe  
 26.- Sierra de Guadalupe  
 27.- Sierra de Guadalupe  
 28.- Sierra de Guadalupe  
 29.- Sierra de Guadalupe  
 30.- Sierra de Guadalupe  
 31.- Sierra de Guadalupe  
 32.- Sierra de Guadalupe  
 33.- Sierra de Guadalupe  
 34.- Sierra de Guadalupe  
 35.- Sierra de Guadalupe  
 36.- Sierra de Guadalupe  
 37.- Sierra de Guadalupe  
 38.- Sierra de Guadalupe  
 39.- Sierra de Guadalupe  
 40.- Sierra de Guadalupe  
 41.- Sierra de Guadalupe  
 42.- Sierra de Guadalupe  
 43.- Sierra de Guadalupe  
 44.- Sierra de Guadalupe  
 45.- Sierra de Guadalupe  
 46.- Sierra de Guadalupe  
 47.- Sierra de Guadalupe  
 48.- Sierra de Guadalupe  
 49.- Sierra de Guadalupe  
 50.- Sierra de Guadalupe

LETONA



jan en las labores abandonadas de la mina. La agricultura y la ganadería se desarrollan en mucho menor escala. El comercio es próspero y en la actualidad cuenta con industrias pequeñas, como empacadora de carnes, embotelladora de refrescos, etc.

## HISTORIA MINERA Y PRODUCCION

### HISTORIA MINERA

El pasado histórico de la industria minera en el Estado de Zacatecas, se inició el 8 de septiembre de 1546, cuando Juan de Tolosa llegó al pie del cerro de la Bufa; dos años más tarde, el 11 de junio de 1548, día de San Bernabé, se empezaron las obras de lo que se sabe que fue la primera y más antigua mina del estado de Zacatecas; alentados los españoles por este descubrimiento, se dedicaron, guiados por los indios zacatecanos, a recorrer las serranías de Nueva Galicia, con la esperanza de encontrar nuevos yacimientos; y fue así como, en el año de 1554, se descubrió lo que es actualmente el distrito minero de Fresnillo. Pocos años después fue establecido en el lugar un fuerte para proteger a los viajeros en el camino existente entre Zacatecas y Sombrerete.

Poco se sabe con certeza de las primeras operaciones desarrolladas en la mina de Fresnillo, pero se presume que éstas comenzaron muy poco después del descubri

miento de los yacimientos. Juntando varias relaciones, parece poder asegurarse que las minas estaban -- trabajando normalmente en el año de 1717 y que su actividad fue notable en el año de 1751, bajo el mandato de un administrador español de apellido Murguía, --- quien dejó notas detalladas de su descripción.

En 1557, sin embargo, las minas fueron paradas por di dificultades económicas y sin duda también a causa de -- los crecientes problemas del desagüe, permaneciendo -- abandonadas hasta el año de 1830. En este año las mi nas pasaron a ser propiedad del Estado de Zacatecas, -- por el interés que tomó el entonces gobernador, de -- apellido García, según las notas dejadas por Murguía. -- Bajo el entusiasta impulso de García, las minas vol-- vieron a trabajar y la producción de plata se reanudó en 1832, a pesar de serias dificultades.

En 1835 se admitió capital inglés para hacer la insta lación de las bombas Cornish movidas por vapor, que -- fueron colocadas en los dos tiros principales. El ca pital sirvió, a la vez, para construir la gran hacien da de beneficio, hoy hacienda de Proaño. La compañía formada entonces (Cía. Zacatecana Mexicana) trabajó -- con éxito hasta 1872, no pudiendo seguir adelante de-- bido a trastornos económicos y políticos.

De 1878 a 1903 la explotación se llevó a cabo sólo en los lugares que quedaron arriba del nivel del agua, -- explotándose también durante este tiempo los terreros antiguos.

En 1903 una compañía americana (The Fresnillo Mining-Co.), construyó una planta de lixiviación para el tratamiento de las colas del proceso de patio y, en 1911, compró las minas y construyó una planta de cianuración para el beneficio de 500 toneladas diarias, con objeto de tratar la gran cantidad de óxidos y mineral parcialmente oxidado, que era alto en ley de plata. - De 1913 a 1919 las minas de plata permanecieron inactivas por completo, debido a la Revolución Mexicana.

En 1919 The Fresnillo Mining Co., arrendó sus propiedades a una compañía inglesa (The Mexican Corporation) la cual erigió una planta de cianuración para 2,200 toneladas y cuya capacidad se aumentó posteriormente a 3,000 toneladas diarias, empezando la explotación intensa de los minerales de plata oxidados en 1921. - En el año de 1929, se formó la compañía de The Fresnillo Co., mediante la fusión de The Fresnillo Mining Co. y The Mexican Corporation.

En el año de 1925 se descubrieron los sulfuros primarios de plomo, cobre, plata y zinc, por lo que se instaló la primera unidad de flotación, encontrándose -- después, por el desarrollo de la mina, que los primeros operadores habían descubierto ya los sulfuros primarios, pero los habían abandonado por rebeldes a la amalgamación. La veta que se descubrió en esa fecha fue la Cueva Santa, en el nivel 105 m de profundidad; el mineral encontrado justificó la instalación de una buena planta, cuya capacidad fue aumentando por eta--

pas hasta la actual de 2,500 toneladas diarias.

Conforme a lo estipulado por la nueva ley minera, The Fresnillo Co. se mexicanizó y trabaja hoy bajo la razón social de Compañía Fresnillo, S. A.

En la actualidad la producción de la mina proviene -- principalmente de los mantos de reemplazamiento, con sulfuros pesados de plomo, cobre y zinc. Contienen - porcentaje bajo de plata y hay vetas con sulfuros ligeros, principalmente de plata.

#### PRODUCCION DE LA MINA

Antes del año de 1832 no se tiene ninguna clase de da tos acerca del mineral extraído, pero ésto no pudo ha ber sido mucho, comparado con lo que se produce ac--- tualmente; de 1832 a 1919 los datos de la producción de la mina se conoce de manera somera, ya que los registros detallados se perdieron casi en su totalidad y sólo se conoce una relación que hizo Church en el - año de 1906, antes de que se perdieran dichos regis- tros. El cálculo de la producción y los valores da- dos por él son los siguientes:

1832 - 1835 US	\$ 6,454,697
1835 - 1872 US	\$41,341,851
1879 - 1903 US	\$ 4,784,030
T O T A L : US	\$52,580,578

El total puede considerarse como el equivalente de -  
43,000,000 onzas de plata (1,291,000 kg).

Del período comprendido entre los años de 1903 a 1913  
no se cuenta con datos de la cantidad de oro y plata-  
recuperados.

## CAPITULO SEGUNDO

### G E O M O R F O L O G I A

Casi en el borde meridional de la provincia fisiográfica llamada Mesa Central, colindando con la provincia de la Sierra Madre Oriental, se encuentra localizado el distrito minero de Fresnillo.

Debido a que el distrito se encuentra en el límite entre estas dos provincias fisiográficas, presenta similitudes geomorfológicas características de ambas. El Ing. Manuel Alvarez, en sus apuntes sobre geología, - paleogeografía y tectónica de México, describe estas dos provincias como sigue:

La provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental está caracterizada por rocas eruptivas, principalmente del Mioceno, que cubren y sepultan rocas intrusivas probablemente en buena parte del Eoceno, y que contienen gran riqueza mineral en forma de verdaderas vetas de fisura, vetas de falla o cuerpos de contacto.

La provincia de la Mesa Central se encuentra a unos 2,000 m sobre el nivel del mar, entre las dos grandes sierras de México, la Oriental y la Occidental, a las que tectónicamente pertenece, la mitad norte a la primera y la mitad sur a la última. De San Luis Potosí al norte está constituida por sierras calizas del Me-

sozoico, que se elevan en los extensos valles aluviales, en tanto que la parte sur es moderadamente montañosa y predominan en ella las riolitas, que cubren an desitas y algunas otras rocas ígneas.

La ciudad de Fresnillo se encuentra enclavada sobre una planicie semiárida, circundada por lomeríos de pendientes suaves y serranías escarpadas; una de las prominencias más importantes, el Cerro de Proaño, se eleva a la altura aproximada de 2,100 m sobre el nivel del mar; sus flancos, de suaves pendientes, presentan superficies topográficas de erosión antigua en estado de madurez, cubiertas en su flanco norte por una gruesa sección de conglomerado y tobas líticas más recientes, pero intensamente erosionadas.

La ciudad de Fresnillo se encuentra localizada en una planicie semiárida, ligeramente inclinada hacia el NE y cubierta por una gruesa capa de material detrítico, que es producto de la denudación intensa de las sierras que lo limitan. En partes no consolidada, y en partes firmemente cementada por caliche, esta capa se encuentra bisecada por numerosos arroyos intermitentes, que bajan de las sierras escarpadas y en épocas de lluvias arrastran gran cantidad de material detrítico. Limitada al norte por el cerro del Xoconostle, al oeste por la mesa de San Albino y al sureste por la sierra de Valdecañas, que corre con un rumbo SE-NW, la planicie se extiende hacia el oriente, hasta chocar con la prolongación de la sierra de Zacatecas.

Los cerros y sierras que limitan esta planicie se encuentran actualmente en muy activo proceso de erosión, a consecuencia del clima y de las grandes pendientes de su relieve; pueden observarse los efectos de este proceso en los gruesos y marcados taludes de material detrítico formados al pie de las escarpas; en general, el área estudiada presenta dos clases principales de superficies topográficas, que son:

a).- Una superficie erosionada hasta la etapa de madurez, que en su tiempo estuvo cubierta y que se extiende actualmente sobre el cerro de Proaño y lomeríos -- circundantes.

b).- Pendientes erosionadas juvenilmente, a lo largo de los flancos de los cerros y sierras que limitan la planicie y que por lo general no muestran un ciclo avanzado de erosión.

CAPITULO TERCERO

" G E O L O G I A "

GEOLOGIA REGIONAL

ESTRATIGRAFIA

Las rocas más antiguas que afloran en la región, se localizan en el arroyo de La Pimienta, al poniente de la ciudad de Zacatecas; son principalmente filitas abigarradas muy potentes e intensamente plegadas, sobre las cuales descansa discordantemente el Triásico-Marino (pizarras y filitas interestratificadas con cuarcitas). En Fresnillo el Triásico Superior está representado por la Formación Proaño, cuyos principales afloramientos se localizan:

En la ladera sur del cerro de Proaño, en la ladera oriental del cerro del Xoconostle y en las márgenes y lecho del arroyo de Chilitos, su litología consiste principalmente de argilitas con horizontes calcáreos y carbonosos, interestratificados con grauvaca.

El Jurásico Superior está expuesto ampliamente en la sección que aflora en el flanco occidental y meridional de la sierra de La Caja, en el distrito de Concepción del Oro, Zac. La base de esta sección está constituida por calizas de la Formación Zuloaga, sobre --

LA TABLA DE CORRELACION STRATIGRAFICA.

ERA	SISTEMA	SERIE	EDAD ( 1 )	DISTRITO CONCEPCION DEL ORO ( 2 )	DISTRITO DE FRESNILLO ( 3 )	SERIE DE FRESNILLO ( 4 )		
	CUATERNARIO	RECIENTE 0 PLEISTOCENICA	1	Depósitos Continetales Grava Peribáñez	Depósitos Continetales	Depósitos Continetales		
	TERCIARIO	PLIOGENO	13					
		MIOGENO	25					
		OLIGOCENO	36					
		LOCENO	58					
		PALEOCENO	63					
CENOZOICO	CRETACICO	Superior	MASTRICHTIANO	72				
			CAMPANIANO					
			SANTONIANO	84	Estas. Parras			
			CONIACIANO		Fm. Caracol	Fm. Plateros	Fm. Caracol	
			TURONIANO	90	Fm. Indidura	Clz. Cerro Gordo	Fm. Indidura	
			CENOMANIANO	110				
	Inferior	Albano	SUPERIOR		Fm. Cuesta del Cura		Fm. Cuesta del Cura	
			MEDIO			Fm. Proaño		
			INFERIOR	120	Clz. Aurora			
		Neocomiano	GARGOSIANO			Fm. La Peña		
			BEDULIANO					
			BARREMIANO			Fm. Cupido		
			HAUTERIVIANO			Fm. Taraises	Fm. Valdecañas	Fm. Taraises
			VALANGINIANO					
	BERRIASIANO	135						
JURASICO	Superior	TITHONIANO						
		PORTLANDIANO						
		KIMMERIDGIANO		Fm. La Caja				
		MARGOVIANO						
	Medio	DIVESIANO			Fm. Zuloaga			
		BATHONIANO	166					
		BAJOCIANO						
		TOARCIANO						
Inferior	PLIENSBAQUIANO							
	SINEMURIANO							
	HETTANGIANO	181						
TRIASICO	RETICO	200						
	NAVIANO				Fm. Chilitos			
	CARNIANO	230						
PALEOZOICO	PERMICO	280						
	PENNSYLVANICO	320						
	MISISIPICO							
	DEVONICO							
	SILURICO	475						
	ORDOVICICO							
CAMBRICO	550							
PRECAMBRIICO								

Nota: (1) Millones de años según la escala geocronológica de Kulp (1961), (2) Rogers (3) Zoltan de Cserna y Donald C. Harris 1971, (4) Zoltan de Cserna 1973.

 No aflora

 No depósito

TABLA No. 1

Trabajo Recepcional

SERGIO ANDRES ROMERO ROJAS.

las cuales descansan las limolitas con concreciones de caliza y bandas de pedernal de la Formación la Caja. En la ladera norte del cerro de La Pimienta, en Zacatexas, afloran horizontes de caliza muy erosionados, a los cuales se les ha asignado dentro del Jurásico.

Las rocas cretácicas están ampliamente distribuidas en el distrito de Concepción del Oro, aflorando también en Sombrerete y en la sierra de Chapultepec. La sección cretácica que aflora en Concepción del Oro, abarca las siguientes formaciones: Taraises (caliza con alternancias de limolita); Cupido (calizas en estratos de medianos a gruesos, con nódulos y lentes de pedernal; la pirita es común a todos los horizontes); La Peña (caliza arcillosa en estratos delgados, con interestratificación de margas, se caracteriza por -- contener pedernal gris a negro, en estratos entre la caliza); Cuesta del Cura (caliza con estratificación ondulante y vetillas de pedernal en forma de lentes y capas delgadas); Indidura, (limolitas, con interestratificación de lutitas y calizas en estratos laminares) Caracol, (areniscas y lutitas interestratificadas con capas aisladas de caliza); y Parras (lutitas calcáreas muy físisiles).

Formaciones continentales del Terciario, principalmente conglomerado y brechas, afloran en: Concepción -- del Oro (Mazapil), Zacatecas y Fresnillo.

## ROCAS IGNEAS

Rocas intrusivas del Terciario, de caracter f&eacute;lsico a intermedio, se conocen en toda la regi&oacute;n; troncos de granito y granodiorita afloran en Ojo Caliente, Sombrerete, Concepci&oacute;n del Oro y en Hacienda del Ba&oacute;n, al NE de la Sierra de Zacatecas. Diques y chimoneas-cuarzomonzon&iacute;ticas se conocen en Fresnillo; diques de andesita, riolita y dacita, en casi todas las localidades. Los correspondientes efusivos de estas rocas cubren grandes zonas de la regi&oacute;n, principalmente en su parte occidental.

## TECTONICA REGIONAL

Estructuralmente la regi&oacute;n pertenece a la provincia morfotect&oacute;nica de la Sierra Madre Oriental, pues las rocas y estructuras que se presentan son parcialmente similares a &eacute;sta, con la &uacute;nica diferencia de que se encuentran sepultadas y cubiertas por una gruesa capa de aluvi&oacute;n.

Durante la Orogenia Laram&iacute;dica el Geosinclinal Mexicano no qued&oacute; comprimido por fuerzas que actuaron del sur y del poniente, en direcci&oacute;n m&eacute;s o menos perpendicular al margen de la Pen&iacute;nsula de Coahuila, que actu&oacute; como contrafuerte. Los sedimentos adoptaron la forma de plegamientos angostos y alargados paralelamente a los m&eacute;rgenes de las antiguas masas terrestres; al dis

minuir los esfuerzos de la fase de compresión, esfuerzos de tensión produjeron al principio numerosas fallas transversales relativamente pequeñas, y durante las últimas etapas produjeron fallamientos en bloques y fosas tectónicas.

Por otro lado, en una excelente relación del marco estructural de la República Mexicana, el Ing. Manuel Alvarez nos dice: "la República Mexicana está constituida por un enorme orógeno y una región transísmica, cuya estructura no deja de tener cierta semejanza con el orógeno".

En el orógeno mexicano se distinguen tres provincias, características de todo orógeno: la de los Intéridos que, constituye el traspaís; la Central, o de los Metamórfidos; y la de los Extéridos o de los pliegues frontales; además, el antepaís, constituido por plataformas, cuencas y macizos.

La región se encuentra en la provincia de los Metamórfidos, sobre el eje llamado de las Piedras Verdes u Ofiolitas (en esta provincia se encuentran generalmente los más importantes distritos mineros del país).

#### HISTORIA GEOLOGICA

Las rocas más antiguas en el área planificada son las correlacionables con la Formación Taraises; en el Cre

tácico Inferior, la región estaba cubierta por el mar y se depositaron en ambiente nerítico sedimentos clás ticos y clasticocalcáreos, alternativamente, demostra lo por la presencia de grauvacas, margas, calizas y - lutitas de espesores delgados a medianos; a pesar de - que los fósiles encontrados hasta ahora son escasos, - principalmente amonitas, demuestran que se desarrolló fauna y las condiciones fueron favorables, al menos - en cierta época. Al poniente, en el traspais, se es - taban erosionando las rocas ígneas que dieron lugar - a las grauvacas; es posible que, a medida que los se - dimentos estaban hundiéndose lentamente, se haya pro - ducido cierta actividad volcánica submarina, que ac - tualmente tan solo se manifiesta por afloramientos es casos de andesita acojinada (pillow-lava), que pueden representar "rocas verdes" no albitizadas, pero con - abundantes venillas de carbonato de calcio.

Aunque no se han identificado sedimentos del Neocomia no Superior y Aptiano, que sean correlacionables con - las Formaciones Cupido y La Peña, es factible suponer que el depósito fue continuo. En el Albiano y Cenoma niano se acumularon gruesos espesores de caliza, cali za arcillosa y limolita calcárea a profundidades mayo res, como queda constatado por los radiolarios que in dican una zona pelágica; simultáneamente con el incre miento de lodos calcáreos se tiene materia orgánica, - dando por resultado la presencia de biomicrita con ma teria orgánica, vetillas recristalizadas de calcita y suturas microestilolíticas rellenas de piritita o mate ria arcillo-carbonosa; los radiolarios se presentan -

calcificados.

Con la Formación Indidura se incrementa la aportación de sedimentos clásticos que señala el principio del flysch en el Cenomaniano Superior y el cual se deposita cuando menos hasta el Senoniano. La transición es gradual, ya que dentro de estas rocas también existen calizas y, en general, sedimentos arcilloso-calcareos, así mismo de carácter bituminoso; también están presentes radiolarios calcificados; ya en el Senoniano - las rocas son francamente calcificadas y consisten de grauvacas en alternancia con lutita laminar; las areniscas indican condiciones de corrientes de turbidez.

La materia orgánica, que proporciona a las Formaciones Cuesta del Cura e Indidura su coloración oscura y su carácter bituminoso, indica la existencia de flora. Estos sedimentos se depositaron en una facies -- infranerítica, en aguas relativamente tranquilas, con alternancias de corrientes de turbidez, que se incrementan en el Senoniano para iniciar la regresión del mar y, al final del Cretácico, se tienen los movimientos orogénicos, estando la zona sujeta a esfuerzos de compresión que, hacia el norte y noreste, tuvieron apoyo en las plataformas o penínsulas de Coahuila y Tamaulipas; a la orogenia no se le ha concretado edad específica y pudo haberse prolongado hasta el Eoceno, de acuerdo con De Cserna, quien le ha asignado esta edad y la ha denominado Orogenia Hidalgoana (De Cserna, 1956; 1972).

La deformación causó el plegamiento y algunas fallas en la zona de Fresnillo; quizás también algunas cabalgaduras y el levantamiento del área; ésto fue seguido de erosión intensa, durante la cual las rocas mesozoicas aportaron el material para la formación de la brecha sedimentaria con poco transporte, que cubre discordantemente a los sedimentos anteriores; la brecha representa un depósito continental de tipo molasse. - Al fin de la orogenia se intrusieron algunos cuerpos plutónicos de tipo félsico, a los cuales siguieron erupciones de tipo intermedio, tal vez asociados a los intrusivos, pero un poco más jóvenes; al cesar completamente los esfuerzos de compresión, se formaron otras fallas, por relajación de las rocas.

Las cámaras magnéticas que ocasionaron a los batolitos, al encontrar zonas de debilidad, permitieron el escape de magma hacia la superficie dando lugar a tobas, y los derrames riolíticos se formaron durante el Mioceno.

La actividad volcánica más joven consistió en derrames basálticos a fines del Terciario o principios del Cuaternario; a través del cono volcánico del Xoconostle tuvieron salida estas lavas, que fluyeron principalmente hacia el sur, rellenando parcialmente las partes bajas.

La mineralización de plata, plomo, zinc y cobre, tuvo lugar hacia el Mioceno y es más joven que las tobas -

riolíticas, ya que los cuerpos minerales cortan a la brecha sedimentaria y a las tobas, y se prolongó el tiempo suficiente para que se depositaran minerales de diferentes características. La mineralización de mercurio y antimonio fue posterior y se asocia a procesos volcánicos.

El metamorfismo de contacto que presentan las rocas de origen marino, transformadas a hornfels y tactita y aún a pizarras, se debe a la acción de los intrusivos y rocas hipabisales, que afloran en localidades restringidas. La alternación, además, es de tipo hidrotermal, con recristalización de los sedimentos calcáreos, como en el área de Plateros, y fue intenso en la mina de Proaño, en donde abundan los hornfels de axinita y hedenbergita en las profundidades de la mina; en esta zona influyó también el intrusivo silíceo.

#### GEOLOGIA LOCAL

Las rocas que afloran en el distrito de Fresnillo -- son, por su origen, de los tres tipos conocidos: sedimentarias, ígneas y metamórficas; las primeras comprenden tanto sedimentarias marinas, depositadas durante el Mesozoico, como rocas continentales más jóvenes.

Las rocas ígneas incluyen hipabisales y eruptivas; --

Las metamórficas son de contacto y de dislocación y su presentación se halla restringida a ciertas áreas.

Las rocas identificadas como más antiguas que afloran en la zona ocurren hacia el sur de la ciudad de Fresnillo; se observan buenos afloramientos en el arroyo de Chilitos, a 2 1/2 km al sur de Proaño. En esta localidad afloran margas, grauvacas y calizas, que se han asignado al Neocomiano por los fósiles encontrados, y se correlacionan, por lo tanto, con la Formación Taraises.

Aun cuando esta sección de rocas aflora tan solo en el arroyo de Chilitos, se considera que ocupa una extensión más amplia. A estas rocas sedimentarias están asociadas andesitas acojinadas, que también afloran en el arroyo de Chilitos, a las que se les observan almohadillas de forma elipsoidal o esférica, con abundantes clorita y calcita. Las andesitas también ocurren como cuerpos de poco espesor dentro de las rocas sedimentarias, tanto en forma de diques como concordantes con ellas, como diquestratos, que por su apariencia, se confunden con las mismas rocas sedimentarias. Un cuerpo andesítico en su composición media, que casi no aflora, se extiende entre el arroyo de Chilitos y el cerro de Proaño, intrusionando sedimentos más antiguos; este cuerpo puede consistir en un enjambre de diques y diquestratos, o bien ser un lacolito o estructura similar. Debido a complicaciones de origen tectónico, tales como fallas y la erupción-

del cuerpo de andesitas, así como al hecho de que estas rocas se encuentran cubiertas por sedimentos recientes, no es posible observar la secuencia con que se depositaron las rocas del Cretácico Inferior.

En la columna geológica del área se han identificado sedimentos que, por su contenido faunístico y semejanza litológica, se han asignado al Albiano-Cenomaniano y son correlacionables con la Caliza Cuesta del Cura; consisten principalmente en caliza, caliza arcillosa y limolita calcárea; presentan carácter bituminoso y constituyen las principales elevaciones del área, por lo que respecta a las rocas sedimentarias. Sobreyacen a esta formación rocas en las que predomina el carácter arcilloso-calcáreo, lo cual, aunado a su concordancia aparente, ha permitido correlacionarla con la Formación Indidura. Esta unidad es cubierta, a su vez, por sedimentos de tipo grauvaca, que alternan con lutitas laminares, que se han correlacionado con la Formación Caracol y afloran en el valle de Plateiros.

Después de un período durante el cual se efectuó la regresión del mar, y del plegamiento, fallamiento y erosión, se depositó una brecha sedimentaria, sobre la cual yace discordantemente una secuencia de areniscas y tobas riolíticas, secuencia cubierta a su vez por riolitas del Mioceno; al final de la actividad volcánica tuvo lugar el derrame de rocas basálticas, en algunas localidades a partir de un aparato volcáni

co situado en el cerro de Xoconostle.

Además de las rocas hipabisales andesíticas, se conocen dos localidades en donde ocurren rocas hipabisales silícicas, de tipo cuarzomonzonítico: La loma de La Fortuna y en el área de Plateros. La intrusión de estas rocas dio lugar a la formación de rocas de metamorfismo de contacto, tales como hornfels y tactita.

#### ESTRATIGRAFIA Y PETROGRAFIA

Durante el Jurásico, o quizás desde el Triásico, se inició el depósito de sedimentos en una fosa que se hundía lentamente y que se ha denominado Geosinclinal Mexicano; al ser levantadas y plegadas las rocas sedimentarias que lo constituían, se formó uno de los cinturones montañosos más importantes de México: la Sierra Madre Oriental. En las estribaciones occidentales de ésta, la erosión ha actuado con intensidad y se han modelado sierras aisladas, relativamente pequeñas, separadas por grandes llanuras. Algunas de estas sierras pequeñas se han visto rejuvenecidas por potentes derrames volcánicos; es precisamente en una de estas serranías, rodeada de planicies, en donde está situado el distrito de Fresnillo, hacia el límite occidental y central del antiguo Geosinclinal Mexicano.

Las diferencias litológicas representan en el área eg

tudiada un cambio de facies, marcado por su cercanía al borde occidental del Geosinclinal Mexicano, conservando, sin embargo, algunas similitudes litológicas, - motivo por el cual se han conservado los nombres con que fueron descritas en sus localidades tipo; a esta decisión ha contribuido en buena parte la escasa presencia de buenos afloramientos.

## CRETACICO INFERIOR

### SEDIMENTOS CORRELACIONABLES CON LA FORMACION TARAISES

Es la unidad litoestratigráfica más antigua identificada en el distrito; los únicos afloramientos conocidos a la fecha se encuentran en el arroyo de Chilitos, a 2 1/2 km al sur de la ciudad de Fresnillo. A partir del cruce del camino al rancho de Rivera con el arroyo de Chilitos, la formación aflora intermitentemente en el cauce del arroyo, a lo largo de 1,500 m, alternando y en contacto con andesitas.

La unidad consiste en capas de marga de color gris -- que, por intemperismo, adoptan color crema; alternan con calizas grises, ambas con espesores delgados y algunos horizontes de lutita.

También incluye la secuencia, grauvasca de color gris-verdoso, cuyo espesor llega a ser mediano, alcanzando

en ocasiones hasta 0.4 m; algunas capas se presentan bituminosas, siendo entonces su color gris oscuro.

Esta unidad de roca se presenta en contacto o interés tratificada con andesitas de color verdoso, que se intemperizan a pardo y forman diquestratos hasta de -- 10 cm de espesor; también se muestran las andesitas -- en forma de cuerpos o masas irregulares, elipsoidales o esferoidales, conteniendo diaclasas radiales rellenas por calcita y abundante clorita de color verdoso, en contacto con los sedimentos. Por el aspecto que -- tienen las andesitas en un tramo del arroyo, corresponden típicamente a la estructura acojinada (pillow-lava), cabiendo pensar en la posibilidad de que sean contemporáneas con el depósito de los sedimentos; este tipo de estructura acojinada no se ha observado en ninguna otra localidad, motivo por el cual a éstas se les ha incluido en el cuerpo de andesitas que se extiende al norte del arroyo de Chilitos, las cuales -- son de origen extrusivo.

Debido a la falta de afloramientos no ha sido posible definir las rocas con las cuales se encuentran en contacto esta unidad, ni su verdadero espesor, ya que el arroyo corre con el rumbo de los estratos; los fósiles que fueron identificados en esta unidad fueron -- los siguientes: Laraisites sp., Neocomites sp. y Bochianites sp., de edad Valanginiano Superior; y Parahoplites sp. y Peñaceras sp., a los cuales se les asignó la edad del Aptiano Superior; Improntas de mexi

canoceras sp., cuya edad corresponde al Hauteriviano-Inferior. Esta determinación, así como la edad del Valanginiense Superior, están indicando que los sedimentos que afloran en el arroyo de Chilitos fueron depositados durante el Neocomiano y son correlacionables con la Formación Taraises.

Las capas de esta unidad se orientan preferentemente al noreste, en promedio al N 50° E, aun cuando algunas de ellas llegan a tener rumbos al oriente-poniente. En general definen la traza curva de un eje de anticlinal en el arroyo y tres pliegues al sur del mismo.

Las grauvacas que afloran en el lecho del arroyo de Chilitos adoptan color pardo rojizo por intemperismo y están formadas por fragmentos subangulosos de cuarzo, feldspatos y rocas ígneas, en matriz con arcilla, clorita, hematita, limonita y calcita.

La caliza es de color gris, de textura granoblástica y muestra metamorfismo incipiente, en forma de recristalización. Sus componentes principales son calcita, clorita, hematita y limonita. Las margas son de textura pelítica, microgranular, cuya mineralogía consiste en arcilla, cuarzo, calcita primaria y en vetillas, hematita y limonita.

SEDIMENTOS CORRELACIONABLES  
CON LA CALIZA CUESTA DEL CURA

Esta unidad litoestratigráfica es la que se encuentra más ampliamente distribuida entre las formaciones sedimentarias marinas, formando las elevaciones principales de estas rocas y a la vez mostrando buenos afloramientos. Aflora desde la loma de La Fortuna y zona aledaña al cerro de Proaño; los afloramientos abarcan una superficie aproximada de 25 km cuadrados.

La litología consiste en caliza de color gris claro a gris oscuro, compacta, en estratos delgados a medianos; la potencia de los estratos predomina entre los 10 y 30 cm y ocasionalmente hasta 70 cm. Por intemperismo adopta colores grises con tinte amarillento, -- crema o rojizo, debido al contenido de óxidos de hierro. En algunas localidades muestra ondulación a lo largo de los planos de estratificación; en otros lugares se le observan venillas de calcita recristalizada, de color blanco, que por intemperismo adquieren coloración oscura; en algunos otros sitios muestran las capas de la roca rasgos muy sutiles, de ondulitas o huellas de oleaje. Localmente la roca contiene bandas de pedernal, de color amarillo crema, desde unos milímetros hasta un centímetro de espesor.

La caliza antes descrita contiene intercalaciones de limolitas clacáreas, de color gris rojizo y estratificación laminar, las cuales llegan a ser abundantes, -

como se observa en el cerro del Púlpito y en la elevación que está al oriente del cerro de Xoconostle, donde se encuentra la torre de microondas. También se presenta intercalaciones de caliza arcillosa de color gris a gris oscuro y estratificación laminar, -- que gradúa a marga, lutita y lutita calcárea. Con -- las calizas se observan intercalados horizontes y lentes de areniscas, que alcanzan hasta 10 metros de espesor y corresponden a grauvacas y areniscas calcáreas.

El contacto inferior de esta unidad no se observa en el terreno y en el interior de la mina de Proaño no ha sido delimitado, si es que está expuesto, ya que los procesos mineralizantes y el metamorfismo de contacto causado por el intrusivo lo enmascaran. Cabe suponer, de cualquier manera, que descansa sobre sedimentos de características litológicas similares.

Los fósiles identificados fueron los siguientes: *Hedbergella* cf., *amabilis*, *Stomiosphaerica conoidea* *Globigerinelloides* sp., cuya edad es Albiano-Maestrichtiano. De acuerdo con el contenido faunístico, las muestras analizadas de caliza bituminosa corresponden a edades del Albiano Superior y Cenomaniano Inferior, correlacionables con la Formación Cuesta del Cura.

En general, las rocas de la Formación Cuesta del Cura son competentes y, por lo tanto, absorvieron los esfuerzos a que se encontraron sujetas, plegándose in--

tensamente. Esto dio lugar a la formación de pliegues numerosos y pequeños; al parecer, algunos de ellos representan pliegues de arrastre en los horizontes más plásticos de las estructuras mayores. Uno de éstos se ha señalado en el cerro del Palomar; se trata de un anticlinal, cuyo eje está orientado al noroeste, que es la tendencia que predomina en el rumbo de las capas de esta unidad. Los echados varía entre  $20^{\circ}$  y  $60^{\circ}$ .

Las rocas de esta formación han sido erosionadas y en la actualidad se presentan como elevaciones arredondadas, de pendiente no muy empinada, que representan el relieve positivo de los sedimentos marinos.

La Caliza Cuesta del Cura es cubierta concordantemente por la Formación Indidura; su contacto inferior -- con las rocas sobre las cuales descansa no se ha definido, pero puede señalarse que es muy probable que -- descansen concordantemente sobre sedimentos bituminosos, de características similares.

Debido a la intensa deformación a que estuvieron sometidas las rocas de esta unidad, que dio por resultado la formación de pliegues, repliegues y distorsión de los sedimentos, es difícil dar idea exacta de su espesor.

## CRETACICO SUPERIOR

### SEDIMENTOS CORRELACIONABLES CON LA FORMACION INDIDURA

En esta unidad se presentan lutitas laminares a delgadas, de color gris, adoptando color amarillento crema por intemperismo; lutitas calcáreas y calizas arcillosas de espesores delgados y capas delgadas de caliza compacta; en respuesta a la deformación es frecuente que estas últimas capas presenten boudinage. La unidad incluye horizontes de areniscas (grauvacas) de color gris verdoso, que alternan con lutitas y calizas arcillosas.

La Formación Indidura descansa concordantemente sobre la Cuesta del Cura; mientras que esta última unidad - constituye las elevaciones mayores de la Sierra de -- Fresnillo, los sedimentos predominantemente arcillosos de la Indidura se encuentran en los flancos, pudiendo señalarse su contacto en donde cambia la pendiente; en general, la formación se encuentra erosionada, por lo cual sus afloramientos son escasos, estando cubierta por caliche y material de aluvión. La elevación más conspicua que se define es la loma Las Coloradas, en donde únicamente se pueden observar capas aisladas y caliche abundante.

Al poniente de la carretera a Durango esta unidad constituye la loma de San Isidro, también erosionada y --

con afloramientos aislados, y posiblemente también la loma de San Antonio; en esta localidad se dificulta - identificarla, debido a las intensas silicificación y oxidación. Sin embargo, más al norte, en el rancho - de San Antonio, afloran lutitas y se encuentran rodados de caliza.

En dos localidades se observaron microfósiles: una - de ellas en la loma Las Coloradas: se encuentran radiolarios calcificados indeterminables, *Calcisphaerula innominata* y *Pithonella ovalis*, cuya edad corresponde al Albiano-Maestrichtiano. La otra localidad - se sitúa hacia el nacimiento del arroyo de Plateros y en ella se encontraron, además de radiolarios calcificados, *Globigerinelloides* sp. y *Hedbergella* sp. del - Aptiano Superior - Senoniano.

Aun cuando los fósiles no son determinantes en cuanto a su edad, por sobreyacer a la Formación Cuesta del - Cura se considera correlacionable con la Formación Indidura, descrita por Imlay y que su depósito se verificó durante el Cenomaniano Superior-Turoniano.

Debido a su carácter, predominantemente plástico, esta unidad se deformó, plegó y distorsionó intensamente, dando lugar a numerosos y pequeños pliegues sobrepuestos a la estructura general.

SEDIMENTOS CORRELACIONABLES  
CON LA FORMACION CARACOL.

Esta unidad de rocas aflora en el valle de Plateros, hacia el norte y suroeste de la población del mismo nombre. Se extiende desde unos 2 km al norte de Fresnillo, hasta 6 km al norte de Plateros, aunque hacia esta parte sus afloramientos se pierden en el valle cubierto por aluvi6n y sus mejores afloramientos se observan en los lechos de los arroyos. Se le encuentra tambi6n en las faldas sur y occidental del cerro de Proaño. aunque en este sitio se presenta sumamente silicificada y alterada por soluciones mineralizantes; algunos afloramientos aislados de grauvaca, al suroeste del cerro de Proaño, por el camino a Valdecañas, se han atribuido a esta formaci6n.

La formaci6n est6 constituida por areniscas de color gris verdoso o pardo, predominantemente, aun cuando tambien se presentan de colores gris claro o gris blanquecino; por intemperismo su color es gris amarillento, gris verdoso o gris rojizo. El tamaño del grano varía de fino a grueso; la arenisca es de tipo grauvaca y el espesor de sus capas varía de 10 a 50 centímetros; algunos horizontes son calcáreos.

Las grauvacas est6n interestratificadas con lutitas de color gris verdoso o gris pardusco, que se intemperizan a pardo oscuro o gris amarillento. Su principal característica es el carácter de laminaci6n o fi-

ilidad que poseen; el espesor varía de laminar a delgado.

La unidad descansa concordantemente sobre la Formación Indidura, siendo su contacto transicional, ya que a medida que se sube estratigráficamente, las capas alternan con horizontes arenosos.

En las rocas de la unidad no han sido encontrados fósiles que permitan asignarle edad; sin embargo, por encontrarse sobreyaciendo a la Formación Indidura, se correlaciona con la Formación Caracol y su edad corresponde al Senoniano Inferior.

Las rocas de esta formación muestran pliegues en general amplios y de tipo suave, tendiendo a orientar sus capas al N-NW y N-NE. Se considera que en el valle de Plateros ocupa el núcleo de un sinclinal.

Al erosionarse estas rocas presentan relieve suave, casi plano, con tendencia a producir formas de relieve negativo por la erosión, que contrastan con los sedimentos arcillosos con los cuales están en contacto y se presentan cubiertos por caliche, mientras que el intemperismo determina en las rocas de la Formación Caracol el color pardo rojizo.

### SEDIMENTOS DEL CRETACICO NO DIFERENCIADO

Los sedimentos que afloran consisten en grauvaca, lutita, marga, caliza y limolita, en espesores laminares a delgados, en ocasiones medianos, generalmente silicificados, los cuales están en contacto con andesitas. Estos afloramientos se encuentran aguas arriba del arroyo de Chilitos y se extienden hacia la loma de Valdecañas, en donde se presentan intensamente silicificados y con bandeamiento. Estas rocas al principio se planificaron como correlacionables con las Formaciones Indidura y Caracol; sin embargo, presentan ciertas diferencias litológicas, que han inducido a los autores a pensar que puede tratarse de rocas más antiguas, además de su cercanía con los afloramientos del Neocomiano. Las rocas en la falda sureste de la loma de Valdecañas se inclinan hacia el sureste, con rumbos que en promedio son de  $45^{\circ}$  al noroeste, constituyendo un sinclinal cuyo eje se encuentra a 150 m al NW del arroyo de Chilitos y son, a su vez, el flanco noroeste de un anticlinal cuyo eje es paralelo al del anterior y se encuentra a unos 350 m al sureste.

En el mismo arroyo de Chilitos, al pie de la loma de Valdecañas, afloran margas de color pardo oscuro, con estratificación delgada, constituidas por arcillas, calcita, cuarzo, clorita, hematita y limonita, las cuales alteran con lutitas de color pardo amarillento, cuya mineralogía comprende cuarzo, arcilla, -

clorita, limonita, sericita y hematita.

La falta de afloramientos continuos fuera del arroyo de Chilitos, que permitan establecer con seguridad la secuencia estratigráfica, así como la ausencia de fósiles, no permite asignar a las rocas antes descritas una edad con ciertos elementos de seguridad. Sin embargo, se considera que bien pudieran representar la parte superior del Neocomiano y el Aptiano. En realidad, al norte del arroyo de Chilitos se ha señalado ya que aflora escasamente un cuerpo o enjambre de andesitas hipabisales, que intrusieron los sedimentos que yacían en contacto con la Formación Taraises, y se extienden dichas andesitas hasta el poblado de Beleña. La distancia de Beleña al arroyo de Chilitos, en el sitio de afloramiento de los sedimentos correlacionables con la Formación Taraises, es de ---- 1 1/2 km. De lo anterior se deduce que el hecho de que no se hayan observado e identificado rocas correlacionables con las Formaciones Cupido y la Peña, no significa que éstas no se hayan depositado.

La grauvaca posee textura epiclástica, psammítica, -- compuesta por cuarzo, arcilla, clorita, sericita, epidota, hematita y limonita. La arenisca calcárea está formada por fragmentos de calizas, calcita, arcilla, sericita, limonita y hematita. La lutita está constituida por minerales arcillosos, sericita, fragmentos angulosos de cuarzo, feldespatos, clorita, hematita y limonita.

## T E R C I A R I O

### CONGLOMERADO ANDESITICO

Esta roca aflora únicamente en el lecho del arroyo de Chilitos, extendiéndose desde el cruce con el camino a Rivera, hasta cerca de la carretera Zacatecas-Fresnillo. Su contacto con las rocas que se encuentran en las cercanías, -sedimentos correlacionables con Tarraises y andesitas en almohadillas- no está expuesto. El conglomerado puede haberse formado a partir de la erosión de las andesitas preexistentes, con escaso -- transporte, o bien, originado por actividad volcánica explosiva; acerca de su edad puede decirse lo mismo - que para las andesitas acojinadas.

La roca es de color gris verdoso y pardo rojizo, textura piroclástica, constituida por fragmentos de rocas volcánicas de tipo traquiandesítico, vidrio desvitrificado, plagioclasas alteradas, magnetita y ferromagnesianos alterados; como minerales secundarios se hallan presentes calcita, clorita, sericita, hematita y limonita. La matriz corresponde, por su composición, a una andesita carbonatada.

### BRECHA SEDIMENTARIA

Este tipo de roca se conoce principalmente en el interior de la mina en Fresnillo, ya que en la superficie

es cubierta por rocas riolíticas más jóvenes; así mismo, ha sido cortada por algunos sondeos de diamante.

De acuerdo con W. Hungler Salceda (1967, Tesis Profesional), aflora en un tajo situado en la falda nortedel cerro de Proaño; aflora también en la loma de La-Fortuna, aunque en esta última localidad está cubierta por caliche.

En el interior de la mina, la roca es una brecha sedimentaria o epiclástica, que gradúa a conglomerado de color pardo rojizo a morado claro y que descansa en discordancia angular sobre las rocas sedimentarias marinas del Cretácico. Localmente se le ha llamado aglomerado; se formó en ambiente continental, como resultado de la erosión de las rocas preexistentes, por lo cual está constituido por fragmentos subangulosos de grauvaca, caliza y lutita, que en ocasiones alcanzan hasta 8 y 10 cm de diámetro.

A su vez, la brecha sedimentaria es cubierta por areniscas tobáceas y tobas riolíticas del Terciario.

El espesor de la brecha sedimentaria, de acuerdo con los datos de la mina y los sondeos de diamantes superficiales, alcanza aproximadamente 300 m hacia el centro de la fosa tectónica que rellena, estando sobrecuada por 100 m de toba riolítica; se acuña hacia el suroeste contra la falla de San Pedro en el cerro de Proaño, que limita el depósito de estos sedimentos; -

a partir de la citada falla se verificó la erosión y sedimentación de las rocas.

La edad estimada para la brecha sedimentaria es del Eoceno-Oligoceno y se correlaciona con los depósitos similares que ocurren en la parte central de México (Zacatecas y Guanajuato) y que se conocen con el nombre de conglomerados rojos.

En la mina este tipo de roca es cortada por la mineralización.

#### TOBAS RIOLITICAS E IGNIMBRITAS

Las rocas eruptivas de tipo silícico se encuentran ampliamente distribuidas en la zona de estudio, ocupando aproximadamente el 40% de la superficie; forman las principales elevaciones y el relieve que presentan en ocasiones es abrupto, siendo común que en la cima de aquéllas el terreno sea casi plano.

En la falda norte del cerro de Proaño aflora una toba riolítica de color pardo rojizo, crema o morado claro que cubre discordantemente a la brecha sedimentaria; está constituida por fragmentos de rocas riolíticas, feldespatos potásicos, cuarzo, arcilla, clorita, hematita y limonita; su estructura piroclástica da evidencia de su origen. En esta localidad, además de cubrir a la brecha sedimentaria, las tobas descansan so

bre las rocas sedimentarias marinas; además de la toba riolítica, en el cerro de Proaño alterna con ella una toba lítica de color gris oscuro, con tintes verdosos, la cual se encuentra formada por clastos volcánicos de tipo andesítico y riolítico, feldespatos potásicos, plagioclasas y cuarzo.

Las ignimbritas afloran hacia la parte sur del área, en el cerro del Pópulo, en la presa de Rivera, en el cerro de La Cruz y en la sierra de La Santa Cruz. Su color varía de gris claro a pardo rojizo y consiste en cuarzo, fragmentos riolíticos, hematita, limonita y arcilla.

Vestigios de estas rocas también se encuentran en la falda sur del cerro de Proaño, en donde ahora quizá tan solo cubren parcialmente a las rocas mesozoicas, ya que se han erosionado.

La secuencia en que ocurren las rocas piroclásticas - tiende a ser la siguiente: la ignimbrita es sobrecubierta por tobas riolíticas y éstas son cubiertas, a su vez, por riolitas; en algunas ocasiones, sobre la toba descansan horizontes de brecha riolítica.

El espesor de estas rocas llega a ser de 300 m y aún más, cuando se encuentran en alternancia con corrientes de riolitas. A esta unidad se le considera edad del Oligoceno-Mioceno.

## R I O L I T A S

Se encuentran generalmente en la parte superior de -- las elevaciones, cubriendo a los piroclásticos, sien-- do su expresión el relieve abrupto en los flancos, pe-- ro casi plano, en forma de meseta, en la parte supe-- rior. Ocurren principalmente hacia la sierra de Val-- decañas, mesa de San Albino y sierra de La Santa Cruz, extendiéndose prácticamente hacia todos los rumbos.

El color de la roca es pardo claro, pardo rojizo, cre-- ma rosado, o blanco con tintes rosados. Los minera-- les que lo forman son: cuarzo, feldespatos potási-- cos, sericita, arcilla, hematita y limonita.

## TERCIARIO-CUATERNARIO

### B A S A L T O

Distribuidos en el área de estudio se pueden observar algunos afloramientos de basalto, siendo el más impor-- tante de ellos el que constituye el cerro del Xoconos-- tle, situado al oriente de la carretera a Durango, a-- proximadamente a 3 1/2 km al N-NW de la ciudad de --- Fresnillo. A 1 1/2 km al SE del cerro de Xoconostle-- se encuentra otro afloramiento de basalto, rodeado -- por material de aluvión; también cubre el basalto la-- parte superior de la mesa de Valdecañas, situada a -- 4 1/2 km al SE de Fresnillo.

La roca es de color gris oscuro, compacta, ligeramente porosa, de textura microlítica y formada por labradorita, olivino, pigeonita (en ocasiones augita), biotita, magnetita, hematita, limonita, iddingsita y espinela; por intemperismo adopta color pardo rojizo.

El basalto cubre discordantemente, en las localidades en que está expuesto, a las Formaciones Cuesta del Cura, Indidura y Caracol. Su espesor expuesto en el cerro del Xoconostle se estima en 100 m y su edad se -- considera de fines del Terciario o del Pleistoceno, -- correspondiente a la última etapa de actividad volcánica.

En el cerro del Xoconostle el basalto cubre a las calizas y refleja su estructura, como pseudocapas inclinadas al surponiente, y sin duda deformó y causó fallamiento a las calizas, con las cuales está en contacto.

#### TRAVERTINO, CALICHE Y ALUVION

Se presente en toda el área reconocida, formando capas hasta de varios metros de espesor.

El travertino y el caliche se presentan sobre todo en las superficies bajo las cuales afloran las rocas calcáreas.

El material detrítico, producto de la erosión y trans

porte fluvial, se ha acumulado en algunas planicies y aflora en los cauces de algunos arroyos, en donde alcanza hasta 15 m de espesor; forma la planicie que bordea a las sierras y que se extiende hacia el NE.

Esta gruesa capa está formada principalmente por fragmentos angulosos, de riolita, producto de la denudación de las sierras que lo limitan.

Materiales depositados en abanicos aluviales y sobrellanuras de inundación, cubren las áreas adyacentes a los principales arroyos, pudiéndose apreciar varios horizontes superpuestos unos sobre otros y en los que el diámetro de los fragmentos varía de unos cuantos milímetros a varios centímetros.

Suelos residuales más recientes, principalmente de riolita y basaltos, cubren en parte a los afloramientos de estas rocas.

Acumulaciones de talud se encuentran principalmente bordeando a la sierra de Valdecañas y a la mesa de San Albino. Se presentan en bloques variables, en los que fragmentos angulosos y frescos de riolita se encuentran mezclados con suelos y otros productos del intemperismo.

ROCAS IGNEAS HIPABISALES DEL TERCIARIO  
CUARZOMONZONITA

Se han reconocido a la fecha dos localidades en las cuales ocurren estas rocas: en la loma de La Fortuna y al norte de Plateros, en el área de la mina de Valdecañas.

En la primera localidad existe un dique con rumbo de N 20° W, que ocurre al poniente del Tiro Fortuna y está reconocido en un pozo situado a 200 m del tiro, -- con espesor de 5 a 10 m. Así mismo, está ampliamente reconocido y planificado en el interior de la mina.

En el área de la mina de Valdecañas las rocas hipabisales cuarzomonzoníticas afloran en una localidad de dimensiones reducidas, siendo diámetro aproximado de unos 200 m. Se alojan en apariencia concordantes o semiconcordantes con los sedimentos que intrusieron, aunque su relación con ellos no es muy clara, debido al metamorfismo de contacto y fallamiento que provocaron. Puede tratarse de un lacolito, de un apófisis o de un dique de dimensiones mayores.

Las rocas que se colectaron para ser estudiadas al microscopio variaron un tanto en su clasificación, de pórfido riolítico a pórfido cuarzomonzonítico y a pórfido andesítico, pero estos cambios se deben a diferencias en las márgenes. Su composición media corresponde a pórfido cuarzomonzonítico, de color gris cla-

ro, textura holocristalina porfídica, cuyos minerales esenciales son cuarzo, microlina, andesina y oligoclasa parcialmente alteradas, mientras que los secundarios consisten en abundante calcita, sericita, clorita, minerales arcillosos y limonita.

Su edad se atribuye tentativamente al Eoceno, correlacionando este cuerpo con el tronco intrusivo de Concepción del Oro, al cual, por métodos radiométricos, se le asignó la edad de 40 millones de años.

#### ROCAS ANDESITICAS (ANDESITA - DIORITA)

Esta roca aflora sobre las márgenes y el lecho del arroyo de Chilitos, a unos 1,200 m aproximadamente al sureste del cerro de Proaño. Las rocas son de color gris oscuro a verde y se intemperizan a pardo amarillento; su textura es porfídica y su mineralización consiste en oligoclasa y andesina, así como magnetita; como minerales secundarios se encuentran clorita, sericita, calcita, cuarzo y, en ocasiones, pirita. La roca es de origen hipabisal y muestra alteración por soluciones hidrotermales. Desafortunadamente, la mala exposición de afloramientos impide asegurar si estas rocas se formaron durante el Terciario.

Estructuralmente, la roca se presenta en forma de diquestratos que penetraron entre los planos de estrati

ficación de las argilitas, con rumbos este - oeste y con buzamientos hasta de  $90^{\circ}$ . El espesor de estos -- cuerpos intrusivos no se conoce con exactitud, pero - aproximadamente varía de 5 a 20 m.

#### PORFIDO RIOLITICO

A un kilómetro al norte de la ciudad de Fresnillo aflora un dique riolítico, con rumbo  $N 60^{\circ} W$  y echado vertical; su espesor visible es de 3 metros y ha sido descubierto en una cata de 5 m de profundidad. A unos 100 m al norte se halla otra cata aterrada, en la cual es posible observar un diquestrato, también de riolita, cuyo espesor es de 3 m, con rumbo norte - sur y echado de  $65^{\circ}$  al oriente; este último cuerpo es concordante con las grauvacas y calizas encajonantes (Formación Indidura), las cuales se muestran silicificadas. En este ambiente presenta color pardo rosado, textura fluidal y su mineralogía consiste en cuarzo y sanidina, como minerales esenciales, con escasos ferromagnesianos alterados y epidota, minerales arcillosos y limonita. Un poco más al noroeste de la localidad anterior aflora un dique de pórfido riolítico, en el cual también se labró una cata; su rumbo es  $N 50^{\circ} W$  y sus afloramientos son continuos por 300 m, perdiéndose en las cercanías del basalto; intrusión a lutitas y calizas de la Formación Indidura. El pórfido riolítico es de color pardo verdoso, de textura holocristalina porfídica y está constituido por sanidina,

cuarzo, magnetita, sericita, minerales arcillosos y limonita. Su origen es hipabisal y se presenta silicificado. La asociación de los diques con la mineralización es sugestiva de la posible relación genética, o estructural, entre ambos.

#### ROCAS DE METAMORFISMO DE CONTACTO DEL TERCIARIO.

##### HORNFELS Y TACTITA

Al intrusionar a las grauvacas y calizas, la roca ígnea les ocasionó metamorfismo de contacto, dando lugar a la formación de hornfels y tactita de color gris verdoso y textura granoblástica de grano fino formados por diópsida, granate, epidota, cuarzo y calcita. Estas rocas afloran en el área de Plateros en una localidad de dimensiones reducidas, en contacto con la cuarzomonzonítica y encajonan parcialmente a la mineralización. En el interior de la mina de Proaño son ampliamente conocidos los hornfels de avinita y hedenbergita.

## CAPITULO CUARTO

### GEOLOGIA ECONOMICA

#### TIPOS DE YACIMIENTOS

Los depósitos minerales en el distrito minero de Fregnillo varían grandemente en su morfología, estructura y mineralogía, pudiéndose agrupar cuando menos en -- tres tipos distintos de yacimientos, siendo éstos los siguientes:

- a).- Vetas de fisura
- b).- Ramaleos
- c).- Cuerpos de reemplazamiento

#### a).- Vetas de fisura.

Los depósitos de mineral que constituye este tipo, son característicamente vetas de fisura angostas, que contienen oro, plata, plomo, zinc y cobre. Los minerales primarios son pirita, galena, esfalerita, calcopirita, pirargirita y, en menor cantidad, arsenopirita, pirrotita, proustita y otros sulfuros de plata, teniendo como ganga cuarzo, calcita y otros carbonatos.

El ancho medio de las vetas más importantes es de poco más de un metro, variando de hilos irregulares a - vetas bien definidas.

A pesar de ser angostas, son muy persistentes. Por ejemplo: La Cueva Santa, que se ha trabajado en longitud de 2,000 m en un solo nivel (el 425), cuya profundidad llega a más de 1,010 m; y la veta 2137, que se ha desarrollado hasta el nivel 920 y se ha trabajado en longitud de 1,400 m en algunos niveles.

Generalmente, las vetas a mayor profundidad son bien definidas, con rumbos y echados uniformes (entre  $40^{\circ}$  y  $60^{\circ}$ ). Cerca de la superficie, principalmente en la porción basal del miembro superior, las vetas tienden a ser irregulares en rumbo y echado, ramificándose -- profusamente.

Son dos las direcciones principales que siguen las vetas más importantes en el interior de la mina:

- 1.- N  $30^{\circ}$  a  $40^{\circ}$  W, buzando al NE
- 2.- N  $55^{\circ}$  a  $65^{\circ}$  E, buzando al SE

Se puede incluir dentro del primer grupo a la Cueva Santa, Esperanza, 2137, 2630, 2200 y 2600 y en el segundo grupo a la Silver, San Pascual, Refugio y Agripo. El buzamiento general de las vetas es hacia el NE-SE, con excepción de la 1850, 2270 y 2130, que buzan hacia el NW.

Las vetas Cueva Santa y 2137, en el Miembro Inferior de la Formación Proaño, son bien definidas, con rumbos y echados uniformes; estas características las --



conservan al cortar al Miembro Medio. La veta Cueva-Santa, al atravesar las grauvacas del Miembro Superior, pierde completamente su regularidad y persistencia, ramificándose en varias vetas. La veta 2137 en ningún lado llega a cortar al Miembro Superior, pero pasa a través del conglomerado y tobas en su porción-NE.

La oxidación de las vetas fue general hasta la profundidad de unos 100 metros, dependiendo principalmente del caracter mineralógico de las mismas.

b).- Ramaleos.

La mayoría de las vetas, al llegar a la porción basal del Miembro Superior de la Formación Proaño, constituida principalmente por grauvacas macizas, pierden completamente su regularidad y persistencia, ramificándose en varias vetas menores y venillas con rumbos irregulares, formando retículas de vetas, siendo la veta Cueva Santa la que produjo los cuerpos más importantes.

La forma de estos cuerpos fue muy irregular; por lo general se presentaron en embudos alargados, teniendo ancho en las partes superiores de 150 metros y en las inferiores de 10 a 12 metros, y longitud de más o menos 600 metros, alcanzando profundidades hasta de -- 105 metros.

La mineralización primaria de estos cuerpos consistió principalmente de cuarzo, pirita y minerales de plata no identificados, con poca esfalerita y galena. Los minerales oxidados contuvieron plata nativa y sulfuros de plata secundarios y halogenados.

c).- Cuerpos de reemplazamiento.

En la mina se conocen varios cuerpos de reemplazamiento con sulfuros de plomo y zinc y, más raramente, de plata y cobre, a lo largo de capas favorables de los Miembros Medio e Inferior de la Formación Proaño; todos ellos relacionados íntimamente a importantes vetas, fallas y fracturas.

La alteración pneumatolítica intensa, como fase inicial de la mineralización, se presenta en estos cuerpos, produciendo en la roca afectada la textura porfídoblastica.

Donde las vetas Espíritu Santo y Providencia cortan el límite inferior de la Grauvaca Superior, se formaron cuerpos de reemplazamiento con sulfuros de plata, plomo y zinc, a lo largo de capas favorables del miembro calcáreo. En parte la mineralización se presenta rellenando fracturas pequeñas que cortan las capas.

El cuerpo más importante es de forma tabular y corre con rumbo aproximado de N 70° W, buzando 23° al NE. - Se encuentra plegado ligeramente en un anticlinal, cu

yo eje tiende hacia el NW.

Parece ser que la veta 2200 produjo cuerpos semejantes al penetrar al límite inferior del miembro calcáreo.

La mineralización se presenta reemplazando capas favorables, sobre todo con sulfuros de plomo y zinc y con contenido bajo de plata.

A lo largo de los respaldos de la veta Esperanza se formó una sucesión de cuerpos irregulares de reemplazamiento, siguiendo capas favorables del miembro calcáreo de la Formación Proaño. Por lo general, éstos no alcanzan espesores grandes, cerrándose rápidamente en sus extremos. Presentan rumbos comprendidos entre  $50^{\circ}$  y  $70^{\circ}$  al NW, con buzamientos que varían de  $20^{\circ}$  a  $40^{\circ}$  al SW. Los minerales primarios son principalmente plata nativa y sulfosales de plata, con cantidades menores de galena y esfalerita; sus minerales principales de ganga son calcita, axinita, piritita y cuarzo.

En los niveles 385-470 del Tiro General, se presenta un horizonte reemplazado por sulfuros de plomo y zinc, con contenido bajo de plata, dentro del miembro calcáreo de la Formación Proaño, y se conoce con el nombre de "Mantos Cueva Santa".

La mineralización se extiende a ambos lados de la falla Cueva Santa Branch, al NW de su intersección con-

la veta Cueva Santa, con espesor que varía de 3 a 25 metros. El rumbo del manto es aproximadamente  $N72^{\circ}W$ , con buzamiento de  $30^{\circ}$  al SW.

La estructura detallada del manto, se complica con -- plegamientos menores, discordancias locales y estratificación cruzada. La mineralización se presenta en - estratos delgados, favorables al reemplazamiento en - el horizonte de argilitas, pero mucha de la mejor mineralización ocurre en áreas con fracturamiento abundante relleno por cuarzo, con o sin sulfuros; son -- gran número de estas fracturas paralelas a la Cueva - Santa, pero con buzamiento hacia el SW. Un número menor de fracturas son subparalelas a la falla de Cueva Santa.

Cerca de la intersección de las vetas Cueva Santa y - San Pascual y más o menos a unos 80 metros por debajo de la base del Miembro Superior, en el miembro calcáreo, se formó un cuerpo de reemplazamiento con área - media de 275 metros cuadrados, trabajado del nivel -- 425 al 470.

La mineralización se presentó en estratos delgados, - favorables al reemplazamiento, en un área de 1,400 metros, con espesor mínimo de 7 metros; pero, al igual - que en los mantos de Cueva Santa, mucha de la mineralización menor ocurre en áreas con fracturamiento a-- abundante. El buzamiento del cuerpo es de  $36^{\circ}$  hacia - el sur, presentando plegamientos menores. La minera-

lización primaria de este cuerpo consistió principalmente de galena, esfalerita, sulfosales de plata, pirrotita y pirita.

En los niveles más profundos del área de La Fortuna se presentan varios cuerpos de reemplazamiento, los que se mencionarán más adelante.

#### MINERALOGIA

En Fresnillo existe extensa variedad de minerales, mucho de los cuales se presentan en su forma cristalina, revistiendo el interior de cavidades pequeñas, formadas dentro de las vetas y cuerpos de reemplazamiento; pero los minerales económicamente explotables se presentan en forma de sulfuros macizos, principalmente de plata, plomo, zinc y cobre; predominan, desde el punto de vista económico, los sulfuros de plata y sus óxidos, que le dieron el auge minero cuando los criaderos fueron explotados en la zona de oxidación.

Las especies mineralógicas identificadas en ejemplares tomados de los diferentes criaderos del distrito minero durante el largo período de su explotación, son numerosas, y muchas de ellas no se encuentran en la actualidad, debido a que gran parte de los yacimientos (principalmente los de la zona de oxidación) fueron ya hace tiempo explotados.

#### ELEMENTOS NATIVOS

Oro.- Au.- Isométrico, hexoctahédrico. Cantidades pequeñas de oro se presentan en diminutas inclusiones - dentro del cuarzo y posiblemente en la calcopirita. - En forma libre es un mineral relativamente raro, pero ocasionalmente se le puede encontrar en algunas vetas.

Plata.- Ag.- Isométrica, hexoctahédrica. Se presenta en forma de alambres, láminas o placas e inclusiones en otros minerales. Se encuentra asociada con sulfuros de plata, galena y pirita y se localiza principalmente en las vetas Espíritu Santo y Esperanza.

Parece ser que en la zona de oxidación mucha de la plata nativa fue producto de la alteración supergénica de otros minerales argentíferos, posiblemente de pirargirita y argentita.

#### SULFUROS

Galena.- PbS.- Isométrica, hexoctahédrica. Se presenta invariablemente en todas las vetas y cuerpos de reemplazamiento del distrito. Se encuentra en forma de granos gruesos, que se forman en cavidades dentro de las vetas y cuerpos de reemplazamiento. Se halla asociada generalmente con pirita, esfalerita y sulfosales de plata; en numerosas ocasiones la esfalerita reemplaza a la galena.

La variedad argentífera de la galena, llamada localmente "punta de aguja", es común en la mayoría de las vetas. Gran abundancia de este mineral ocurrió en la veta Silver.

Esfalerita.-  $ZnS$ .- Isométrica, hexaquistetrahédrica.- La esfalerita de Fresnillo es una variedad rica en --hierro, sin llegar a ser marmatita. Varía de color pardo oscuro a negro; invariablemente, cuando se le examina en el microscopio muestra inclusiones pequeñas de calcopirita, en forma de venillas. Se presenta en la mayoría de las vetas y cuerpos de reemplazamiento del distrito.

Pirita.-  $FeS_2$ .- Isométrica, diplohédrica; generalmente en cristales, es el más abundante de los minerales metálicos. Se presenta en granos diseminados y a menudo cristalizada en cubos y más raramente en diplohedros. Invariablemente se precipitó temprano en la secuencia del depósito y comunmente fue el primero de los minerales metálicos en formarse. Se encuentra en todas las vetas y cuerpos de reemplazamiento del distrito, así como finamente diseminada en las rocas de la Formación Proaño.

Arsenopirita.-  $FeAsS$ .- Ortorrómbica. Se encuentra principalmente en granos diseminados y en masas cristalinas de grano fino a grueso. Se presenta rellenando cavidades en la mayoría de los cuerpos de reemplazamiento. La arsenopirita está asociada a la pirita,

esfalerita y galena. Se presenta como mineral de ganga en los cuerpos de reemplazamiento y en la mayoría de las vetas.

Pirrotita.-  $Fe_{1-x}S$ .- Hexagonal. Se presenta en forma maciza, con estructura granular; se encuentra asociada a la pirita y a otros sulfuros; es un mineral de ganga abundante en los mantos de Fortuna y Cueva Santa.

Calcopirita.-  $Cu Fe S_2$ .- Tetragonal, pseudotetraédrica; se presenta en disseminaciones finas y venillas, reemplazando a numerosos sulfuros y en masas cristalinas de grano grueso. Es un mineral común de los mantos de Fortuna y de algunas vetas, como las 1600, --- 2137, 2200, 2565, 2600, 2630 y Cueva Santa. La calcopirita reemplaza a la mayoría de los sulfuros y a su vez es reemplazada por sulfosales de plata.

Argentita.-  $Ag_2S$ .- Isométrica, hexaquisoctaédrico. - Se presenta en cantidades pequeñas en algunas vetas del distrito, como en la Agrípo y la Esperanza. Se encuentra asociada principalmente con pirita y sulfosales de plata.

#### SULFOSALES

Pirargirita.-  $Ag_3 Sb S_3$ .- Hexagonal, piramidal, ditrigonal. Es el mineral de plata más común y se encuen-

tra reemplazando a la mayoría de los sulfuros; se presenta en masas cristalinas de grano grueso y en inclusiones aisladas dentro de cuarzo y calcita; ocasionalmente ocurre en disseminaciones finas, asociada con pirita y otros sulfuros.

Está ampliamente distribuida en el distrito y se conoce en los niveles superiores de la mayoría de las vetas, tales como: Agripo, Esperanza, Fresnillo, 1768, 2125, y 2270.

Proustita.-  $Ag_3 As_5 S_3$ .- Hexagonal, piramidal, ditrigonal. Después de la pirargirita, es la mena de plata más importante y se encuentra asociada con la pirargirita; se presenta reemplazando a todos los sulfuros del distrito. Inclusiones pequeñas de este mineral y de pirargirita se presentan con frecuencia en la galena, en vetas tales como las 2125 y 2270.

Polibasita.-  $Ag_{16} Sb_2 S_{11}$ .- Monoclínica; prismática.- Es el mineral más raro que se encuentra en la localidad y pocas veces se le halla asociada a la pirargirita y a la proustita, en inclusiones pequeñas dentro de la galena y la calcopirita.

Además de las sulfosales conocidas, se presentan minerales de plata que no se han identificado, en los niveles más profundos de la mina, en la veta Cueva Santa y posiblemente en la 2137, presentándose en fracturas y en nódulos lenticulares de cuarzo en los mantos de Fortuna.

## O X I D O S

Hematita.-  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .- Hexagonal, escalenohédrica. Se presenta como mineral secundario en la zona de oxidación en la mayor parte de las vetas; por lo general se observa de aspecto terroso, color castaño claro.

Pirolusita.-  $\text{MnO}_2$ .- Tetragonal, bipiramidal, ditetragonal. Generalmente se presenta en hilos muy delgados dentro de fracturas muy pequeñas y en forma de dendritas en la zona de los óxidos.

Manganita.-  $\text{MnO}(\text{OH})$ .- Rómbica, bipiramidal, presenta color negro, en forma de manchas pulverulentas que se encuentran dentro de fracturas pequeñas y rellenando cavidades o como reemplazamiento; generalmente se encuentra asociada a la pirolusita y a otros minerales de manganeso no identificados.

Cuarzo.-  $\text{SiO}_2$ .- Hexagonal, trapezohédrico, trigonal.- El mineral de la ganga más abundante y más extenso en el distrito. Generalmente compacto, de color blancolechoso, bien cristalizado; se presenta también recubriendo cavidades en las vetas y en los cuerpos de reemplazamiento.

Cuarzo lechoso, macizo, a veces del tipo laminar, pseudomórfico, se encuentra rellenando varias fallas posteriores a la mineralización, principalmente en el área de Esperanza; bandeamientos de cuarzo amatista y

calcedonia se aprecian en los niveles superiores de -  
varias vetas.

#### CARBONATOS

Calcita.-  $\text{CaCO}_3$ .- Hexagonal, escalenohédrica. La cal  
cita es el mineral de ganga distribuido en el distri-  
to. Aunque sigue en abundancia al cuarzo, en la mayo-  
ría de las vetas predomina sobre éste en los cuerpos-  
de reemplazamiento; calcita bien cristalizada se pre-  
senta recubriendo cavidades en las vetas y en los ---  
cuerpos de reemplazamiento. La variedad celular se -  
encuentra en numerosas cavidades, formando láminas --  
delgadas, recubiertas parcialmente por cuarzo.

#### FLUORUROS

Fluorita.-  $\text{CaF}_2$ .- Cúbico, hexaisoctahédrica. Se pre  
senta muy raramente rellenoando fracturas pequeñas; --  
sus colores más usuales son el verde y el morado; co-  
munmente se encuentra en forma maciza y en raras oca-  
siones en forma cristalina, asociada con calcita en -  
cristales pequeños.

#### SILICATOS

Actinolita.-  $\text{Ca}_2 (\text{Mg Fe})_5 (\text{OH})_2 (\text{Si}_{40}\text{Al}_{11})_2$ . Esta va--

riedad fibrosa de las anfíbolas fue identificada por el Dr. Stone en los niveles más profundos de la veta de Cueva Santa.

Clinzoisita.-  $(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)\text{Al}_3\text{Ca}_2\text{O}(\text{OH})$ . El Dr. Stone identificó esta variedad del grupo de la epidota en los respaldos de la veta de Cueva Santa, en sus niveles más profundos.

Hedenbergita.-  $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ .- Monoclínico. Mineral de temperatura alta, se presenta en los niveles más profundos de la mina, principalmente en el área de Fortuna. La hedenbergita se encuentra asociada generalmente con axinita y con sulfuros de plomo y zinc; ocurre principalmente en forma maciza en capas delgadas y lenticulares.

Posiblemente no todo el mineral sea hedenbergita, --- pues ésta forma con la diópsida una serie isomorfa en la cual el hierro puede reemplazar al magnesio, su--- friendo numerosas transiciones entre ambos minerales.

Axinita.-  $(\text{Si}_4\text{O}_{12})\text{Ca}_2(\text{FeMn})\text{Al}_2(\text{BO}_3)(\text{OH})$ .- Tricli--- nica. Mineral de muy alta temperatura, se presenta en todos los cuerpos de reemplazamiento del distrito--- como porfidoblasto, recubierto por una capa fina de calcita en las argilitas calcáreas. El Dr. Stone i--- dentificó axinita en la roca alterada de los respal--- dos de las vetas de Cueva Santa y Espíritu Santo; el tamaño de los porfidoblastos varía de 0.6 cm a 1.5 cm

y su hábito cristalino es generalmente prismático; se encuentra asociada con pirita y sulfuros de plomo y zinc, y en los niveles más profundos principalmente con hedenbergita.

#### ZONEAMIENTO

La mayoría de las vetas que ocurren en Fresnillo, muestran cambios notables en su contenido de plata, plomo, zinc y cobre con la profundidad; una de las vetas más importantes, la 2137, que ha sido trabajado y desarrollada a gran profundidad, presenta ciertas características que la hacen ideal para el estudio del zoneamiento, pues se aprecia en ella la transición completa.

Los principales minerales de la zona de sulfuros, en orden paragenético, son los siguientes: Cuarzo, Pirita, Pirrotita, Arsenopirita, Esfalerita, Galena, Calcopirita, Pirargirita, Proustita, Polibasita, Matildita, Argentita y Calcita.

En la mina de Fresnillo se conocen dos tipos de minerales sulfurosos y su reconocimiento fue importante para los propósitos de las operaciones del molino. - El mineral de sulfuros ligeros, es cuarzoso y pirítico; lleva valores auríferos y argentíferos, pero son bajos en plomo, zinc y cobre. El mineral de sulfuros pesados, es bajo en cuarzo y pirita, pero es alto en plomo, zinc y cobre.

## CAPITULO QUINTO

### GENERALIDADES

Los cuerpos de reemplazamiento conocidos en el área de Fortuna se localizan a unos 900 m al noroeste del tiro de Buenos Aires, a profundidad que varía entre 830 y 1,040 m, abarcando una zona de 80,000 metros cuadrados.

La mineralización de estos cuerpos fue conocida accidentalmente desde el año de 1957, cuando se colaba el tiro Fortuna en esa área, pero la importancia económica actual de los Mantos Fortuna se debe a la obra del Dr. G. K. Lowther, quien desarrolló y cuantificó todos los cuerpos conocidos, primero por medio de barrenos de diamante y posteriormente por obras mineras.

El miembro inferior de la Formación Proaño, se encuentra caracterizado en el área de Fortuna por gruesos horizontes de argilitas silicificadas, ligeras e intensamente calcáreas, que presentan alteración pneumatólitica intensa (en forma de axinita), interestratificada con bandas lenticulares de grauvacas de grano fino a grueso. El reemplazamiento por sulfuros se encuentra supeditado a estos horizontes y la forma que adoptan es un reflejo de la estructura y, hasta cierto punto, de la estratificación.



## YACIMIENTOS

En el área de Fortuna se conocen ciertos cuerpos mineralizados, caracterizados cada uno de ellos por su morfología y estructura, siendo los siguientes: Chimenea 2912, Manto Superior, Manto Inferior y Manto 2981.

### CHIMENEA 2912

#### Localización:

La Chimenea 2912 se encuentra en el borde sur del pórfido cuarzomonzonítico, a unos 53 m al sur del tiro Fortuna; la zona mineralizada abarca un área de 900 metros cuadrados, arriba del nivel 875.

#### Límites:

El cuerpo está delimitado en su parte NE por un intrusivo cuarzomonzonítico de forma cilíndrica y sección irregular, cuyo diámetro mayor alcanza 83 m y el menor 30 m. El intrusivo tiene buzamiento aproximado de  $75^{\circ}$  hacia el SW y presenta en sus bordes una superficie irregular. El límite SW del cuerpo lo forman argilitas densas y compactas, interestratificadas con horizontes lenticulares de grauvaca. Este límite, en sección, es muy irregular y marcadamente transicional; las capas tienen buzamiento de  $28^{\circ}$  a  $30^{\circ}$  hacia el sur

### Morfología y Estructura:

La Chimenea 2912 es un cuerpo tubular, alargado en -- dos de sus extremos, que sube con inclinación de unos  $70^{\circ}$  hacia el NE; la forma del cuerpo es un reflejo de la estructura del cuerpo intrusivo y de su aureola de alteración.

La estratificación de las argilitas, a pesar de encontrarse alteradas, se conserva claramente con rumbo general de  $N 8^{\circ}-10^{\circ} E$  y buzamiento de  $29^{\circ}$  hacia el SE.

Cortando a la Chimenea 2912 en su extremo oriental, - con rumbo de  $N 48^{\circ} W$  y buzamiento de  $52^{\circ}$  hacia el SW, se encuentra la veta 2137, que se formó contemporáneamente al cuerpo.

### MANTO SUPERIOR

#### Localización:

El Manto Superior se localiza desde el nivel 875 al nivel 965, abarcando una extensa zona de 7,900 metros cuadrados; al norte de la Chimenea 2912, en el tiro - Fortuna, se encuentra reemplazando a un horizonte de argilitas calcáreas del Miembro Inferior, plegado localmente en un anticlinal buzante hacia el SE y fallado en sus flancos.

### Límites:

La parte superior del manto presenta argilitas densas y compactas, interestratificadas con horizontes lenticulares de grauvaca. El límite inferior del manto se complica con fracturas que lo desplazan localmente, - siendo su composición litológica similar al anterior; en su flanco occidental está limitado por una fractura que corre con rumbo de N 50° W y buzamiento entre 45° y 60° hacia el SW; en partes esta fractura se encuentra rellena por cuarzo y calcita, con espesor medio de 8 cm.

La mineralización se extiende hacia el N-NW hasta --- perderse gradualmente, y hacia el S-SE se encuentra - limitada por el cuerpo intrusivo cuarzomonzonítico.

### Morfología:

La forma del manto está determinada en gran parte por los rasgos estructurales, sedimentarios y litológicos de la roca que lo contiene, siendo éstos: el plegamiento, la estratificación y la composición.

Por estar plegada la roca en un anticlinal, el cuerpo mineral adquiere esa misma forma, siendo notable la - reducción del cuerpo mineralizado hacia los flancos.- La estratificación delgada, casi laminar, de la roca-reemplazada, se conserva notablemente, debido a que - el reemplazamiento y la alteración fueron selectivas,

en capas favorables dentro del mismo cuerpo; la forma del manto está supeditada principalmente a las argilitas ligeramente calcáreas, presentándose ocasionalmente dentro del horizonte de grauvacas no mineralizadas.

Estructura:

El cuerpo mineralizado se encuentra dentro de un horizonte plegado en un anticlinal, que buza  $32^{\circ}$  hacia el SE. El anticlinal es simétrico en sus flancos y el eje de la estructura tiene rumbo de  $N 15^{\circ} W$ , encontrándose su plano axial vertical. La estructura se complica por dos grandes fallas en ambos flancos del anticlinal, formando un pilar estructural hacia la cresta del mismo; el fallamiento es normal y presenta relieves marcados con claridad. Fallamientos secundarios se encuentran desplazando localmente al horizonte y, a su vez, limitan al cuerpo en su parte inferior.

MANTO INFERIOR

Localización:

El Manto Inferior se encuentra localizado al nororiente del tiro Fortuna y abarca una extensa zona, desde el nivel 920, al 1,000. Se encuentra reemplazando a un horizonte de argilitas calcáreas del Miembro Infe-

rior, en el que parece ser el mismo horizonte del Manto Superior, desplazado por una falla, plegado localmente en un sinclinal en su flanco occidental.

#### Límites:

La parte superior presenta un horizonte lenticular de grauvaca maciza, con espesor máximo de 15 m a 20 m. - El límite inferior lo forma una secuencia de argilitas y grauvacas, con horizontes intercalados de alteración y brechamiento. En su flanco occidental se limita por una fractura que lleva rumbo de N  $34^{\circ}$  W y buzamiento entre  $50^{\circ}$  y  $60^{\circ}$  hacia el NE; contiene cuarzo y calcita, con ancho medio de 0.15 m.

En su flanco oriental se delimita por la mineralización, que va desvaneciéndose sobre el flanco del sinclinal, hasta perderse hacia el N-NW.

#### Morfología:

El cuerpo mineral adquiere forma sinclinal, estrechándose hacia los flancos. La estratificación delgada de la roca se conserva, debido a que la alteración y el reemplazamiento por sulfuros fue selectiva, en capas favorables dentro del mismo cuerpo.

#### Estructura:

En la prolongación estructural hacia el oriente del -

Manto Superior se forma el Manto Inferior; el cuerpo mineralizado se encuentra dentro de un horizonte plegado en un sinclinal y en el cual es desplazado por una falla normal, con rumbo de N  $34^{\circ}$  W y de  $57^{\circ}$  hacia el NE.

El eje del sinclinal, que parece ser simétrico en sus flancos, lleva rumbo de N  $40^{\circ}$  W, con buzamientos entre  $25^{\circ}$  y  $30^{\circ}$  hacia el NE y cuyo plano axial es vertical

#### MANTO 2981

##### Localización:

Se encuentra localizado a unos 90 m al NE del tiro -- Fortuna y se conoce desde el nivel 875 al 965. El Manto 2981 no presenta ningún control estructural con relación a los cuerpos de reemplazamiento conocidos en Fortuna y se presenta reemplazando parte de un horizonte de argilitas, sumamente calcáreas y alteradas.

##### Límites:

Los límites superior e inferior del cuerpo son transicionales y la mineralización se prolonga hacia el NW, cerrándose gradualmente en una fractura que lleva rumbo al N  $65^{\circ}$  E, con buzamiento de  $70^{\circ}$  hacia el SE; no se tiene límite bien definido de la mineralización.

### Morfología y Estructura:

La forma tabular que adquiere el Manto 2981, es un reflejo de la estructura local del horizonte reemplazado; la mineralización se extiende en la parte oriental del cuerpo, a ambos lados de una fractura, que -- lleva rumbo al N  $45^{\circ}$  E y buzamiento de  $42^{\circ}$  hacia el SE; el rumbo del manto es de N  $34^{\circ}$  E, con buzamientos de  $12^{\circ}$  a  $25^{\circ}$  al SE. La estructura del cuerpo se complica con plegamientos suaves, muy locales.

### ORIGEN DE LOS YACIMIENTOS

Los diferentes tipos de yacimientos en el distrito de Fresnillo, Zac., son el resultado de depósitos de minerales por soluciones hidrotermales ascendentes de alta a baja temperatura, directamente relacionadas -- con un gran cuerpo intrusivo, proceso que probablemente duró millones de años y el cual se verificó en diversas etapas.

Tal vez a principios del Terciario, poco después del depósito de la brecha sedimentaria y de las tobas líticas y probablemente durante el depósito de los derrames riolíticos que cubrían a éstas, un cuerpo ígneo de dimensiones considerables, de carácter regional y de composición félsica, intrusionó a las rocas del Miembro Inferior de la Formación Proaño, ocasionando aumento notable en el gradiente de temperatura-

de éstas, gradiente que disminuía gradualmente hasta la superficie. Después, emanaciones a muy alta temperatura, ricas en boro, que salían del cuerpo intrusivo, reaccionaron con los minerales inestables de la roca encajonante, produciendo gradualmente la intensa alteración pneumatolítica selectiva y regulada por capas favorables; los nuevos minerales así formados fueron sobre todo axinita, diópsida-hedenbergita y, más raramente, epidota.

El gradiente en la temperatura de la roca encajonante y, por consiguiente, de las emanaciones, empezó a disminuir, lo que permitió que éstas se condensaran en líquidos, ocasionando el depósito de cuarzo y de sulfuros de Fe, Pb y Zn, rellenando grandes fracturas y reemplazando capas favorables; en forma simultánea, a medida que estas emanaciones en forma de líquido se acercaban a la superficie, disminuía proporcionalmente su temperatura, lo que ocasionó del depósito de sulfuros y sulfosales de plata, en las partes superiores de los conductos por donde ascendían.

En una segunda etapa de la mineralización se produjo la inestabilidad tectónica de la región y las grandes fracturas selladas por el depósito de sulfuros volvieron a abrirse, lo que ocasionó que nuevos conductos fueran abiertos a las soluciones hidrotermales que no habían podido ascender y éstas, que se encontraban a muy baja temperatura y que eran ricas en plata, fluyeron nuevamente por los conductos abiertos, depositán-

dose según ascendían y reemplazando en parte a los sulfuros previamente formados. Las últimas emanaciones originaron enriquecimiento de plata en las partes más profundas de las vetas, como la 2137 y la Cueva Santa, así como en algunos de los cuerpos de reemplazamiento.

#### MÉTODOS DE EXPLORACION

Actualmente el distrito minero de Fresnillo se somete a exploración intensa, con el objeto de localizar nuevos cuerpos de mineral; al mismo tiempo se delimitan a la profundidad los ya conocidos, empleando para ello la prospección directa por medio de frentes, muros y contrapozos, los que se desarrollan ya sea siguiendo estructuras mineralizadas o bien directamente zonas mineralizadas, que previamente hayan sido cortadas por barrenos de diamante.

Los barrenos de diamante se dan con fines exploratorios con diámetro EX(7/8") y cuando se proyectan a más de 1,000', se dan con diámetros mayores: AX(1 3/16") BX(1 5/8").

En la actualidad se tienen localizadas nuevas estructuras hacia el SE del cerro de Proaño, por medio de un programa de barrenos de diamante, con el que se conoció un poco más la estratigrafía de la zona y vetas que llegan aflorar a la profundidad conocida de 100 m

a 400 m.

Las nuevas vetas conocidas tienen rumbo general de -  
N 75°-85° E, con buzamientos de 65° a 72° al SE.

#### MÉTODOS DE EXPLOTACION

Los métodos de explotación que en la actualidad se utilizan son: rebajes de piso, de alevante, tumbe sobre carga y corte y relleno; en los mantos por lo general se utiliza el método de barrenación larga.

#### Rebajes de Piso.

Este sistema se aplica a la explotación de vetas angostas, con continuidad aceptable de los valores, con echado mayor de 45° y, sobre todo, que las tablas --- sean consistentes, teniendo la ventaja de ser muy económico, por la poca preparación para su tumbe y su fácil control para seleccionar el mineral. Una vez desarrollada y explorada la veta entre dos niveles, se procede a preparar el bloque con un contrapozo sobre la veta, del nivel inferior al nivel superior y, a partir de éste, se da una preparación hacia abajo, dejando solamente un pilar de protección para desde ahí principiar el tumbe hacia abajo.

Para recibir el mineral tumbado, se coloca una tolva en el contrapozo original, en el cual, a medida que -

se va avanzando, se requiere preparar varios contrapozos cortos con tolvas, para recibir el mineral sobre el nivel inferior; el tumbe se lleva bajando cortes - desde la preparación hasta las tolvas del nivel inferior por medio de bancos o de patillas.

#### Tumbe Sobre Carga.

Este sistema se aplica por lo general a los cuerpos - de reemplazamiento, los que previamente se localizan - por medio de barrenos de diamante, y consiste en a---brir una frente a todo lo largo del cuerpo, en el ---cual se desarrollan cruceros de extracción, conteniendo contrapozos para chorreaderos esparcidos en forma - convencional, donde baja el nivel de la carga a un lu - gar requerido.

Por lo general tiene forma cónica para el control de - la carga, la cual va a dar al nivel principal, donde - es recogida por medio de palas mecánicas accionadas - por aire comprimido.

#### Rebaje de Corte y Relleno.

Este sistema se utiliza en la explotación de vetas o - mantos, cuyas tablas presentan poca resistencia y en - los cuales es necesario recibir rellenando con jale - o tepetate, para poder llevar el tumbe con mayor segu - ridad. La preparación de bloques para el tumbe de -- las vetas o mantos con respaldos poco consistentes, -

principia en colocar contrapozos de nivel a nivel, -- con separación de 60 m de centro a centro, los cuales sirven para dar servicio y ventilación al rebaje; posteriormente, se dan preparaciones horizontales a partir de estos contrapozos, arriba del nivel inferior, - dejando un nivel de protección, cuyo espesor varía -- según las condiciones del terreno; al mismo tiempo se cuelan contrapozos cada 20 m a partir del contrapozo- principal, los que servirán de chorreaderos; esta dis- tancia es adecuada para el arrastre. De esta manera- quedará en condiciones de empezar la explotación del- rebaje. El tumbado se lleva dando un corte horizontal- arriba de la preparación, a partir del contrapozo --- principal, hasta alcanzar la altura de 4 m del piso - de la preparación; la rezagada se efectúa por medio - de una rastra y un malacate neumático o eléctrico de distintas capacidades, de acuerdo con el ancho del re- baje, procurando dejar suficiente carga tumbada que - sirva de piso en cada una de las barrenaciones.

Al terminar el corte se limpia bien el piso del reba- je y se procede a la preparación del retaque hidráulico o de tepetate, levantando anillados sobre los con- trapozos de extracción y colocando los tapones sobre- los de servicio. Estos anillados varían según el ti- po de relleno que va a usarse.

## CAPITULO SEXTO

### LEVANTAMIENTO GEOLOGICO

( EN LA SUPERFICIE E INTERIOR DE LA MINA)

#### ZONA DE OXIDOS

El levantamiento en la superficie se hizo con base en un plano fotogramétrico, con escala aproximada de -- 1:500, por medio de plancheta, incluyendo las estructuras aflorantes en la superficie, como son vetas, fallas, fracturas y contactos de rocas. En el plano fotogramétrico se tienen puntos de localización con su elevación; de ahí se partió con puntos auxiliares para la localización de las vetas principales y sistema de fracturas pequeñas con mineralización. Mencionaré brevemente el comportamiento de las vetas principales que afloran en la superficie, como son las vetas de San Pascual, Espíritu Santo, Amarillas, Rosario y El Pilar.

La veta de San Pascual es una de las principales, por la extensión que presenta y la mineralización que contiene, rica en oro y plata. En la superficie tiene -- rumbo general de N 82° E, con echados de 42° a 75° hacia el SE, y en ocasiones al NW; la potencia es de -- 0.40 m a 0.60 m en la superficie, aumentando a la profundidad hasta 1.60 m. Contiene cuarzo brechoide, --

con fragmentos de grauvaca y pizarra; en los tramos - de mayor alteración, por lo general montmorillonita y caolín; en menor porcentaje, goethita, pirita, cripto melano, magnetita y hematita. Conforme se va profundizando se encuentran disseminaciones pequeñas de sulfuros de plomo y zinc; en la profundidad se tiene localizada hasta el nivel 425. La roca encajonante tiene varios tipos de alteración, siendo en orden de abundancia la silicificación, piritización, cloritización y caolinización; la silicificación generalmente está expuesta al bajo de la veta de San Pascual.

En la grauvaca la piritización está expuesta en pequeños cristales de pirita; en cambio, en la pizarra arcillosa, por lo general se presenta en bandas delgadas siguiendo el rumbo de los estratos.

La veta Espíritu Santo en la superficie tiene rumbo - de  $N 15^{\circ} E$ , con buzamiento al SE de  $82^{\circ}$ ; esta veta, - al interceptarse con la veta de San Pascual, pierde - su potencia y se ramalea en pequeñas fracturas mineralizadas, que son desplazadas ligeramente, poco más o menos 0.40 m a 0.70 m. En la superficie la potencia de la veta varía en el ancho medio de 0.40 m a 1.20 m y en la profundidad se normaliza un poco más, teniendo localizada aproximadamente hasta el nivel 215. - Esta misma veta se presenta en la rampa del nivel 44- al 75, con rumbo de  $N 16^{\circ} W$  y echado de  $60^{\circ}$  hacia el NE. Su mineralización consiste en cuarzo uniforme --- que contiene hematita y, en menor cantidad, montmori-

llonita, criptomelano, goethita y magnetita; en pequeñas zonas de mayor alteración hay regular porcentaje de dendritas de pirolusita. Al alto de la veta Espíritu Santo, es donde se tienen localizados mantos con buenos valores de plata, plomo y zinc.

La veta Amarillas en la superficie tiene rumbo general de N 52° W, con buzamiento hacia al SW de 76°; su potencia varía de 1.20 m a 1.60 m, y se le tiene localizada aproximadamente hasta el nivel 165; consiste de material brechoide que contiene cuarzo irregular con fragmentos de grauvaca y pizarra; los minerales que presenta, en orden de abundancia son: hematita, pirolusita, magnetita y piritita diseminada. Generalmente al alto de la veta se desprenden fracturas pequeñas, rellenas por sílice y óxidos de manganeso; además, se le observa clorita, minerales arcillosos por la alteración de feldespatos y hematita diseminada; a la vez presenta fracturas transversales con rumbo de N 12° E y echados de 78 hacia el SE. La veta Amarillas, al interceptarse con la veta de San Pascual, se estrecha, conteniendo en algunos tramos zonas estériles.

La veta Rosario en la superficie tiene rumbo general de N 60° W y echado de 48 a 70° hacia el SW; se ha localizado aproximadamente hasta el nivel 165, con potencia de 0.80 m a 1.20 m; en casi toda su extensión presenta desprendimientos al bajo, en fracturas pequeñas que contienen cuarzo irregular, hematita, pirolu-

sita y, en menor abundancia, arcilla, feldespatos y piritita. En los tramos donde se estrecha la veta es donde se observan estos desprendimientos al alto y bajo de la veta; cuando buzan al NE, con echado de  $76^{\circ}$ , se estrecha y se tienen pequeñas zonas estériles.

La veta de El Pilar, con rumbo general de N  $58^{\circ}$  W y echado de  $75^{\circ}$  hacia el SW, se tiene localizada aproximadamente hasta el nivel 190, con potencia 0.70 m a 1.40 m; va más o menos paralela a la veta Rosario, pero su extensión es menor; los minerales que contiene son cuarzo anhedral, hematita, pirolusita y, en menor cantidad, diseminaciones de piritita, arcilla y feldespatos; en la zona de transición entre óxidos y sulfuros contiene galena, esfalerita, piritita y, en menor cantidad, magnetita y calcita.

En tramos pequeños, donde su echado es de  $65^{\circ}$ , se presenta estéril, conteniendo por lo general material arcilloso y menor cantidad de hematita y pirolusita; al alto la veta presenta fracturas pequeñas en forma de ramaleos, que contienen cuarzo en cavidades pequeñas.

#### BARRENACION DE PERCUSION

De acuerdo con el área localizada, en la zona de óxidos se elaboró un programa de barrenos de percusión, cortando las estructuras principales a la profundidad de 54 m a 60 m con la máquina roc-601 de la Atlas-Cop

co; este programa se elaboró por medio de paralelos, a cada 20 m de separación entre uno y otro barreno.

El programa de barrenos de percusión se llevó a cabo desde el día 27 de agosto de 1974 y en la actualidad se tienen 189 barrenos de percusión dados en la superficie.

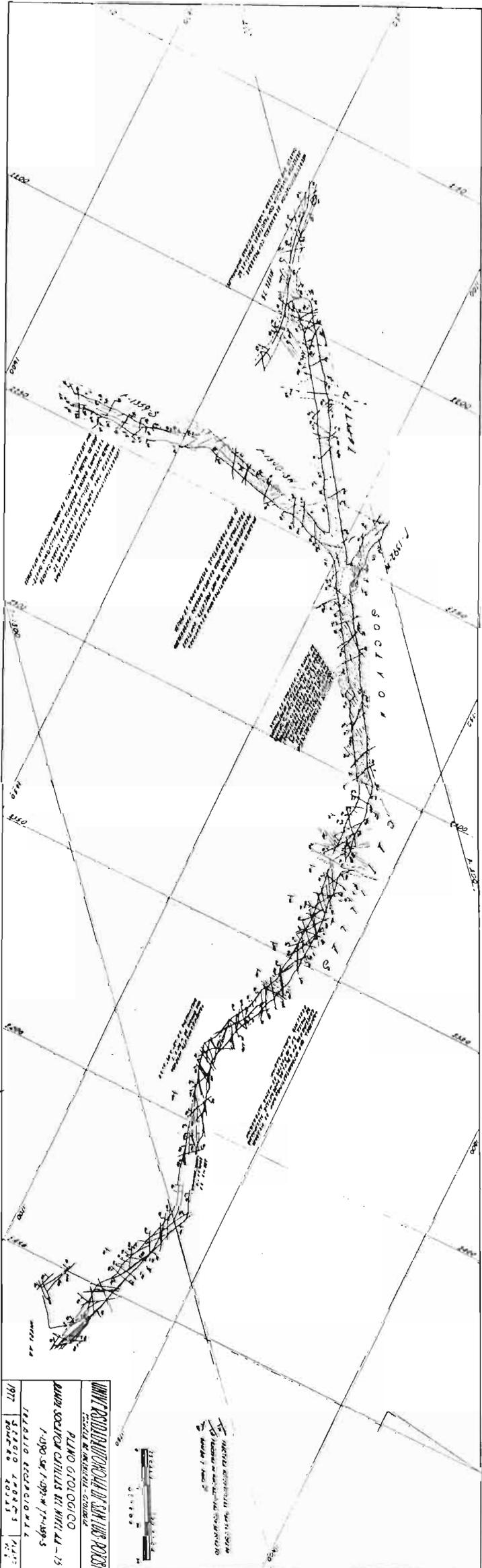
La primera línea de barrenos de percusión se dio con rumbo de N 20° W; posteriormente se hizo con el rumbo de los paralelos, es de N 48° E y de acuerdo con las condiciones que presentaban las estructuras, en ocasiones se hizo con rumbo de S 48° W; conforme se avanzaba el programa de barrenación, se tenían problemas por la topografía que presentaba, elaborando un programa de rampas en la superficie, en las que se llevaron a cabo las siguientes:

Rampa Catillas, de la superficie al nivel 44  
Rampa San Pascual 1340 - S  
Rampa San Pascual 1400 - E  
Rampa San Nicolás 1392 - W

La Encantada, por el P-1240 al P-1340. Este tipo de rampa sirvió para cumplir con el programa de barrenos de percusión y, a la vez, para llegar a los niveles antiguos de la mina.

Según las condiciones que presentaba la superficie, se programaban verticalmente o con ángulo de 60°, pa-





ra cortar en buen ángulo las estructuras aflorantes.

Este tipo de barrenos de percusión tuvo buenos resultados, ya que con ellos se bloqueó la zona mineralizada más importante y, a la vez, costeable para el proyecto; el proceso que efectúa la máquina es de succión de materiales finos conforme va avanzando y se recolecta cada metro para mandarse al laboratorio; la muestra se obtiene en kilogramos y se ensaya gramos sobre toneladas de oro y plata y en por ciento el manganeso; presentó ciertas dificultades al barrenar la máquina de percusión, siendo la más común en zonas arcillosas, donde no avanzaba el barreno y a la vez no recuperaba muestra; en otras ocasiones se debió a las filtraciones de agua en zonas muy fracturadas.

#### BARRENACION DE DIAMANTE

Este programa se efectuó cuando se tenía acceso en los niveles antiguos de la mina, como son el nivel 0, nivel 38 y nivel 44; se inició con fecha 24 de diciembre de 1975 y en la actualidad se tienen 45 barrenos de diamante, localizados en los niveles 0 y 44.

Los barrenos de diamante se llevaron a cabo por medio de los paralelos localizados en los niveles, con rumbo de N 48° E o S 48° W y en su mayoría horizontales, con separación de 20 m entre uno y otro barreno, si la zona fuera interesante.

En el nivel 44, por los paralelos 1060 al 1140, se --  
dieron barrenos de diamante en forma de abanico, con-  
rumbo de S 48° W, dándose un barreno horizontal, otro  
con inclinación de -30° y el posterior de -60°, para-  
determinar la zona de costeabilidad en la zona de óxi-  
dos.

De acuerdo con los resultados obtenidos en los barre-  
nos de diamante, en los pilares se han tomado mues-  
tras de volumen (bulk-samples, o muestras de roca en-  
cajonante), lo que se lleva a cabo en una frente con -  
el rumbo del barreno y se manda al molino el material  
obtenido, para su recuperación.

Con los barrenos de diamante se determinaron un poco-  
más las zonas mineralizadas y a la vez la estratigra-  
fía del área estudiada.

#### MUESTREO DE CANAL

El muestreo de canal dio inicio con fecha diciembre -  
2, 1974 y en la actualidad se tienen 13,860 muestras,  
localizadas en la superficie, nivel 0, nivel 38, ni-  
vel 44 y en rampas con acceso a niveles antiguos.

El muestreo de canal en la superficie se llevó a cabo  
a lo largo del rumbo de los paralelos, separando las-  
muestras en longitudes aproximadas de 2.0 m entre una  
y otra muestra, con ancho medio de 0.10 m a 0.15 m.

La muestra se obtenía cortando perpendicularmente a los estratos, separando las fracturas o vetas mineralizadas para no contaminar el resto de la muestra; en algunas partes era difícil, por el fracturamiento intenso que presentaba, buscando en esa ocasión un buen ángulo para su corte.

En los niveles interiores, conforme se daba acceso, se llevaba a cabo el muestreo de canal, para posteriormente elaborar los planos de muestreo de canal, tanto en la superficie como en los niveles antiguos de la mina.

Con los resultados obtenidos se verificó un promedio general por paralelos, teniendo como límite 10.0 m adelante y 10.0 m atrás, para obtener así una zona con valores costeables o incosteables.

El promedio general se hace de acuerdo con los resultados obtenidos en el laboratorio, sumando los anchos de las muestras de canal en la zona; posteriormente se multiplica su ancho por la ley de oro, plata y manganeso en cada una de las muestras, siendo éste acumulativo y dividiéndose al final entre la suma total de los anchos.

Se hizo el estudio económico del proyecto, con los resultados obtenidos en las pruebas metalúrgicas realizadas en Tecanachalco y laboratorio de Fresnillo, --siendo necesario para evaluar su explotación e insta-

lación de una planta para 2,000 toneladas diarias. - Se complementó con la suficiente información geológica de la superficie e interiores de la mina, hacia el corazón del Glory-Hole, aunada a la información proporcionada por 13,860 muestras de canal, 189 barrenos de percusión dados en la superficie y 45 barrenos de diamante, localizados en los niveles 0 y 44, en donde se recopiló toda la información y el cálculo de tonelaje.

Para este cálculo se elaboraron secciones transversales con escala aproximada de 1:1000, por los paralelos N 48° E, viendo al W, con separación de 20 m entre secciones; se muestra el perfil actual del Glory-Hole y los límites de las áreas consideradas de la superficie al nivel 0, del nivel 0 al nivel 38 y en la extensión del P-1200 al P-1640, para su explotación.

Para la estimación del tonelaje se han considerado reservas probables las existentes entre el nivel 0 y la superficie; y del nivel 0 al nivel 38, se consideran en el cálculo de reservas posibles entre los paralelos 1400 a 1640.

En el cálculo del tonelaje se consideró un 40% de huecos en cada sección, debido a la cantidad de rebajes y labrados que tienen difícil acceso para su levantamiento y representación en las secciones.

A los resultados obtenidos en el laboratorio, correspondientes a las muestras de canal, se les hizo un -- descuento de 20% para la plata

El peso específico empleado en el cálculo fue de 2.5- toneladas por metro cúbico.

En la estimación de reservas se utilizó la fórmula de la pirámide truncada para el cálculo del volumen, -- siendo como sigue:

$$V = \frac{h}{3} (a_1 + A_2 + A_1 \times A_2), \text{ donde:}$$

h Diferencia de elevaciones entre las áreas conocidas.

A1 Area conocida en el nivel superior.

A2 Area conocida en el nivel inferior.

El total de reservas probables en la actualidad es de 3,744,720 toneladas y de reservas posibles, del nivel 0 al nivel 38, de 2,635,470 toneladas, teniendo un total de óxidos, en reservas probables y posibles, de 6,380,190 toneladas.

La estimación correspondiente es conservadora y con buenas posibilidades de incrementar las reservas de óxidos abajo del nivel 38, ya que la zona de transición, aunque muy irregular entre óxidos y sulfuros, se localiza aproximadamente entre los niveles 60 y 75.

## CAPITULO SEPTIMO

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objeto del proyecto es la investigación del tonelaje y ley existentes a la fecha en la zona de oxidación del Glory-Hole de Proaño, que por años paró sus actividades, debido no a la falta de tonelaje, sino a la baja en el precio de los metales, lo que obligó en ese tiempo a la reducción considerable de tonelaje, ya que la explotación se realizó únicamente con mucha selectividad en las zonas costeables.

Con los resultados obtenidos se pudo observar que la zona costeable es aquella donde el fracturamiento es intenso, con valores altos de plata; en zonas donde la roca se encuentra muy alterada se observa la gravaca de aspecto caolinizado, con regular porcentaje de dendritas de pirolusita y, a la vez, presentando fracturas pequeñas de cuarzo, con buenos valores de plata.

Por lo que se pudo observar en el muestreo de canal, las zonas donde los valores son muy bajos es donde existe la pizarra, con interestratificación de margas, conteniendo lentes aislados de andesitas; en esa zona el fracturamiento es menor. La distribución de la mineralización de sulfuros en los sedimentos es uno de los factores que fueron concentrados más inten

samente; estudios petrográficos de la mina y de la superficie, han proporcionado información significativa, perteneciente a la mineralización y a la geología en general. Falta un poco de más muestreo y análisis petrográficos, necesarios para estudios cuantitativos.

Durante la etapa de explotación, conforme se va tum--bando, será necesario hacer el muestreo de canal, para dar idea general de lo que se va a tener ya en la realidad y así poder comprobar con los resultados del laboratorio.

CAPITULO OCTAVO

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

Alvarez Jr., Manuel, 1969. Geología, Paleogeografía y tectónica de México.

Bateman, Alan M., 1968. Yacimientos minerales de rendimiento económico, Ediciones Omega, S. A.

Córdoba, Diego A. 1965. "Resumen de la Geología de la hoja Apizolaya, Estado de Zacatecas y Durango". - Instituto de Geología de la U. N. A. M., México, D. - F.

Dana - Hurbult. Editorial Reverte, S. A., Mineralogía.

De Cserna, Zoltan, 1956. Tectónica de la Sierra Madre Oriental de México, XX Congreso Geológico Internacional. México.

Espinoza de León, Luis. Estudio Metalúrgico sobre muestra de mineral mangano-argentífero de baja ley, - procedente del Glory-Hole de cerro Proaño, de la unidad Fresnillo, en el Edo. de Zacatecas. Comisión de Fomento minero, Unidad Tecamachalco.

Inlay, R. W. 1953. Las formaciones jurásicas de Mé-

xico, Soc. Geol. Mex., Bol. V. 16.

Lowther, G. K. 1961. "Report on Manto Deposits in -  
Fresnillo Mine". Fresnillo, Zac. (Inédito).

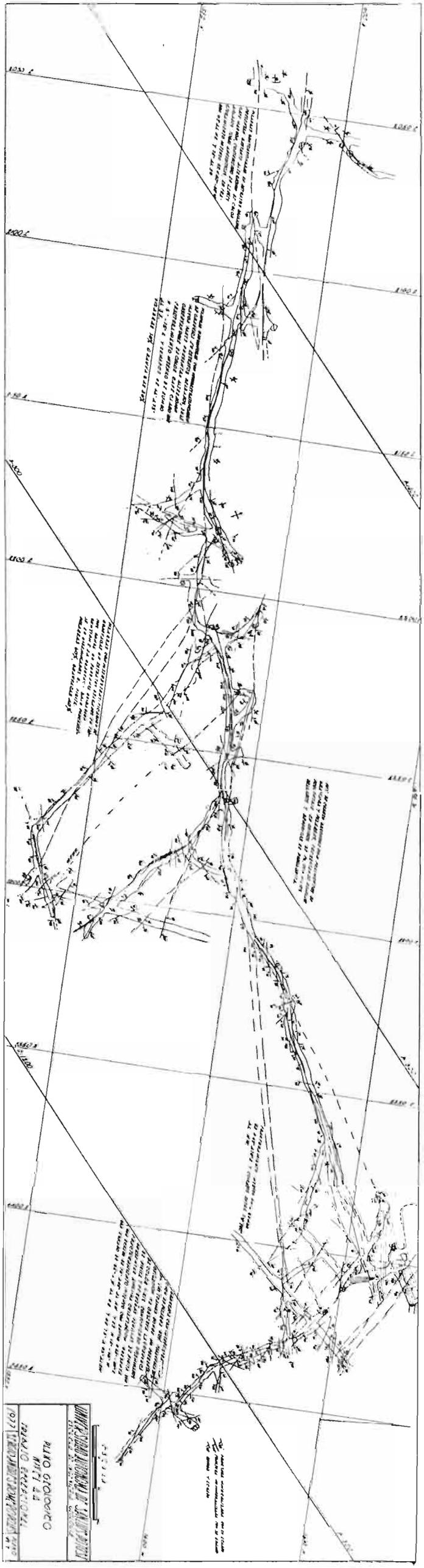
Pettijohn, F. J. 1963. Rocas Sedimentarias, Eudeba,  
Argentina.

Quillet, Aristides. 1973. Geología, Tomo III. Im-  
presora y Editora Mexicana, S. A. de C. V.

Rogers, et al, 1961. "Reconocimiento geológico y de-  
pósito de fosfatos del norte de Zacatecas y áreas ad-  
yacentes en Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí, -  
C. R. N. N. R. Bol. 56.

Síntesis de la obra realizada por la Dirección de Geo-  
hidrología y zonas áridas del Edo. de Zacatecas, Mar-  
tínez Garza, G. y Foyo Mejía. M. 1973.

Young, G. J., 1955. Elementos de Minería. Editorial  
Gustavo Gil, S. A., Barcelona.



1:50000  
 1927  
 ПЛАН ГОРОДА  
 ИЛИ  
 ПЛАН ОТЕЧЕСТВЕННОГО  
 РАЙОНА

ШКАЛА  
 1:50000

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

МЕТРОВ

1:50000

1927

ПЛАН ГОРОДА

ИЛИ

ПЛАН ОТЕЧЕСТВЕННОГО

РАЙОНА

ШКАЛА

1:50000

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

МЕТРОВ

1:50000

1927

ПЛАН ГОРОДА

ИЛИ

ПЛАН ОТЕЧЕСТВЕННОГО

РАЙОНА

ШКАЛА

1:50000

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

МЕТРОВ

1:50000

1927

ПЛАН ГОРОДА

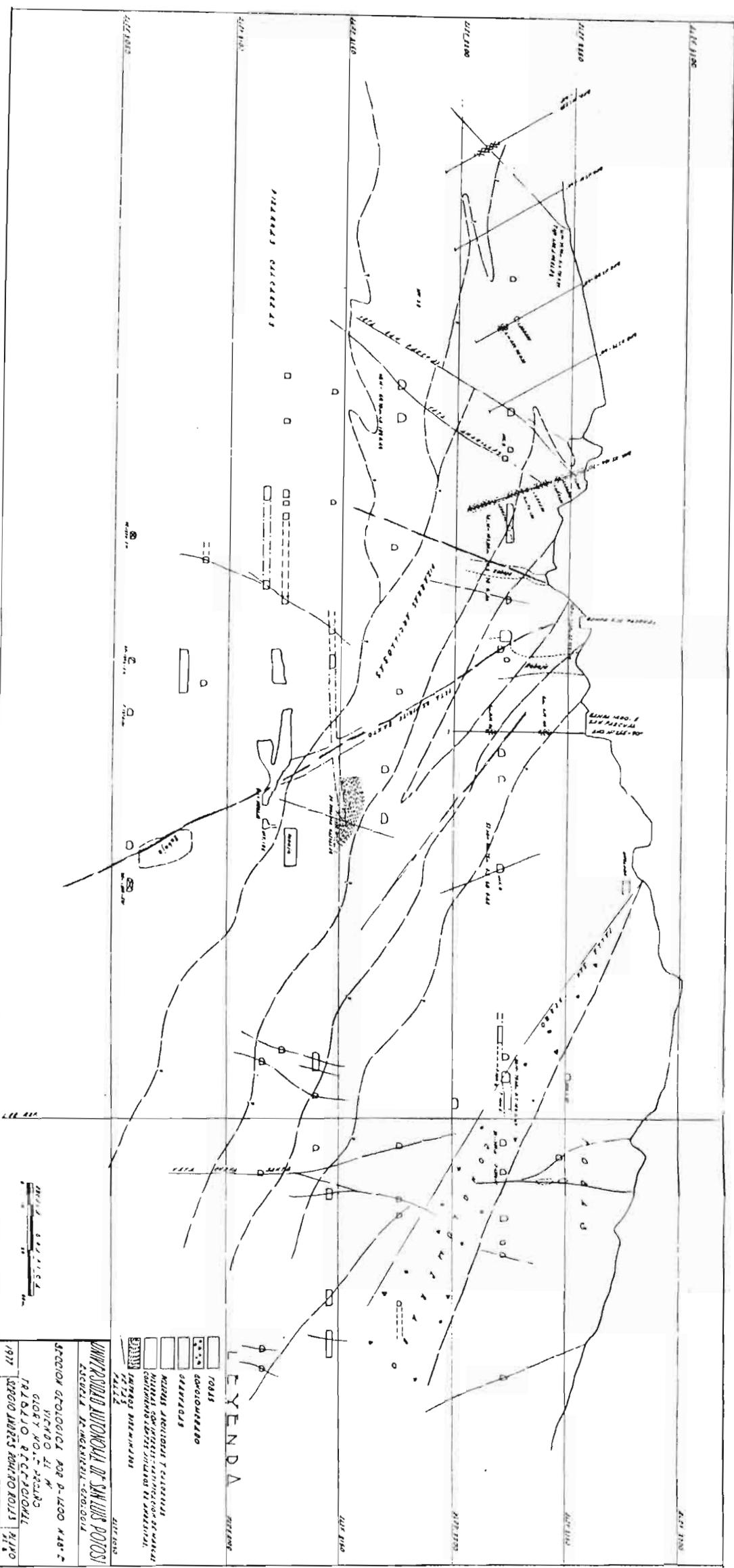
ИЛИ

ПЛАН ОТЕЧЕСТВЕННОГО

РАЙОНА

ШКАЛА

1:50000



**LEYENDA**

- ▬ TUBOS
- ▬ SONDOS
- ▬ CARRILES
- ▬ MUR DE CONTENCION
- ▬ MUR DE CONTENCION CON REJILLA
- ▬ MUR DE CONTENCION CON REJILLA Y CERRAMIENTO
- ▬ MUR DE CONTENCION CON REJILLA Y CERRAMIENTO Y PUERTA
- ▬ MUR DE CONTENCION CON REJILLA Y CERRAMIENTO Y PUERTA Y ESCALERA

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI  
 ESCUELA INGENIERIA CIVIL

SECCION GEOLOGICA MAP P-1200 KAR-2  
 VICTOR H. M.  
 GUSTO MONTAÑANO  
 1971 102010 102025 102030 102035 102040

