

21

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



GEOLOGIA DEL YACIMIENTO FERRIFERO LA PERLA, MUNICIPIO DE CAMARGO, ESTADO DE CHIHUAHUA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO GEOLOGO
PRESENTA
RAMON QUIÑONES SEPULVEDA
MEXICO, D. F. 1982



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
EXAMENES PROFESIONALES
60-1-154

Al Pasante señor RAMON QUINONES SEPULVEDA,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Prof. Ing. Miguel Vera Ocampo, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de INGENIERO GEOLOGO.

"GEOLOGIA DEL YACIMIENTO FERRIFERO LA PERLA, MUNICIPIO DE CAMARCO, ESTADO DE CHIHUAHUA"

- I Introducción y generalidades
 - II Geografía
 - III Fisiografía
 - IV Geología
 - V Geofísica
 - VI Perforación
 - VII Yacimientos minerales
 - VIII Reservas
 - IX Conclusiones y recomendaciones
- Bibliografía
Planos, secciones e ilustraciones

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente,

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria, D.F., a 9 de diciembre de 1961

EL DIRECTOR

Ing. Javier Amador Espinoza

JJE:HRV:mll.

I N D I C EPágina

RESUMEN

I.- INTRODUCCION Y GENERALIDADES.....	1
I.1 Consideraciones sobre el hierro.....	1
I.2 Objetivos del estudio.....	3
I.3 Métodos de trabajo.....	4
I.4 Estudios Previos.....	6
II.-GEOGRAFIA.....	9
II.1 Localización.....	9
II.2 Comunicación.....	9
II.3 Clima Vegetación y Fauna.....	11
II.4 Población y Cultura.....	12
II.5 Economía.....	13
III.-FISIOGRAFIA.....	15
III.1 Provincia Fisiográfica.....	15
III.2 Geomorfología.....	17
III.3 Hidrografía.....	18
IV.-GEOLOGIA.....	19
IV.1 Estratigrafía.....	19
IV.1.1. Estratigrafía de la Provincia de la Mesa Central del Norte.....	19
Paleozoico.....	21
Mesozoico.....	23
Cenozoico.....	25
Reciente.....	28
IV.1.2. Estratigrafía del Área La Perla.....	28
Formación La Perla.....	28
Andesita Potásica San Lucas.....	31
Riolita Pesteñas.....	31
Ignimbrita Tacubaya.....	32
Ignimbrita Las Brujas.....	32
Riolita Hundido.....	33
Arcosa Ufipa.....	33
Sedimentos Cuaternarios.....	34
IV.2. Geología Estructural.....	34
IV.2.1. Tectónica de la Provincia de la Mesa Central del Norte.....	34

IV.2.2 Geología Estructural del Area La Perla.....	38
IV.3 Geología Histórica.....	40
V.- GEOFISICA.....	43
V.1 Introducción.....	43
V.2 Métodos Geofísicos.....	44
V.2.1. Magnetometría.....	44
V.2.2. Sondens Eléctricos.....	46
V.2.3. Resultados Obtenidos.....	47
VI.-PERFORACION.....	50
VI.1 Barrenación con Diamante.....	51
VI.2 Barrenación con Stenuick.....	52
VII.-YACIMIENTOS MINERALES.....	54
VII.1 Forma y Dimensiones.....	54
VII.2 Mineralización.....	56
VII.3 Estratigrafía.....	59
VII.4 Roca Encajonante.....	59
VII.5 Alteraciones.....	60
VII.6 Controles estructurales.....	61
VII.7 Edad de la mineralización.....	63
VII.8 Génesis.....	64
VII.9 Depósitos Vecinos.....	71
Prospecto El Hundido.....	72
Prospecto La Negra.....	72
Prospecto Los Galemes.....	73
VIII.-RESERVAS.....	75
VIII.1 Métodos de Cálculo.....	75
VIII.2 Resultados Obtenidos.....	77
IX.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
Conclusiones.....	81
Recomendaciones.....	81
BIBLIOGRAFIA.....	84

PLANOS E ILUSTRACIONES

<u>Figuras</u>		<u>Página</u>
1	Plano de localización	10
2	Provincias Fisiográficas del Norte de México	16
3	Columnas Estratigráficas generalizadas del oeste y este de Chihuahua.	20
4	Plano del Yacimiento La Perla indicando puntos de barrenación y áreas de cambio granulométrico.	55
5	Modelo geológico hipotético de los yacimientos de hierro más importantes de la región norte-central de México.	68
6	Representación esquemática de patrones de mineralización de hierro.	69
7	Cinturón de hierro y su relación con la paleotrinchera.	70
8	Localización de prospectos y afloramientos de hierro en el área La Perla.	71-A

Tablas

1	Tabla de tonelaje calculado en las secciones geológicas en que se localizaron nuevos cuerpos de mineral.	78
---	--	----

Planos

1	Plano geológico del área La Perla	Al final.
2	Plano geológico del yacimiento La Perla	Al final.

Secciones

3	Secciones geológicas de rumbo oeste-este, viendo al norte, del yacimiento La Perla.	Al final.
---	---	-----------

Fotografías

Foto No. 1.- En la parte superior se observa la Riolita Hundido, hacia la derecha se presenta la base de ella constituida por una brecha y obsidiana. La parte intermedia representa el Miembro Macho de la Formación La Perla (Ttlp,ma) y en la parte inferior el Miembro Mina (Ttlp,mi).

Foto No. 2.- A la izquierda el Cerro de Las Vegas, a la derecha el camino de terracería Casargo-Ujinape, Puerto de Las Brujas y Rancho Tacubaya. Los cerros observados están constituidos por la Ignimbrita Las Brujas.

Foto No. 3.- Afloramiento de la Riolita Hundido. Localizado al noreste del Puerto de Las Brujas.

Foto No. 4.- Contacto de la Arcosa Lítica con el mineral, al norte del yacimiento. Nótese el pequeño espesor de conglomerado basal que contiene fragmentos de óxidos de hierro.

Foto No. 5.- Afloramiento de arcosas al norte del yacimiento. Obsérvese la estratificación cruzada.

Foto No. 6.- Arcosas en la parte norte de la mina, correspondiendo a parte de los bancos 8, 9 y 10. Nótese el fallamiento y fracturamiento intenso.

Foto No. 7.- Zona norte del yacimiento. Nótese los diferentes tipos de mineral. A la derecha, mineral pulverulento, a la izquierda mineral masivo, poco más a la izquierda mineral masivo con pulverulento. Al fondo se distinguen las arcosas.

Foto No. 8.- Contacto de stockwork (al centro) con el pórfido traquítico. El contacto derecho está definido por una falla postmineral, ya que el pórfido traquítico en este lado no presenta alteración alguna.

Foto No. 9.- Se muestra al pórfido traquítico estéril y una falla que lo afecta.

Foto No. 10.- Stockwork que se presenta como característico de la graduación lateral del mineral.

Foto No. 11.- Acercamiento de una brecha de colapso. Es posible observar la caolinización (blanco) del Pórfido Traquítico.

Foto No. 12.- Falla premineral. Caso en que está limitando a la mineralización, en este caso mineral pulverulento.

Foto No. 13.- Ejemplo de textura de reemplazamiento del Pórfido -- Traquítico por el mineral, en este caso masivo. Nótese la pseudoestratificación de la roca y el mineral. (Foto tomada de Van Allen, - 1978).

Foto No. 14.- Zona localizada en la porción oriente del banco 10., donde se observa una zona de sílice en contacto con stockwork. Representa también una zona de falla que limita el yacimiento en esta porción.

Foto No. 15.- Vista parcial de los bancos 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13, hacia el norponiente del yacimiento. Se observa una fractura mineralizada que abarca a los bancos 8, 9, 10 y 11; y al norte de esto (a la derecha) una falla de rumbo NE-SW en el Pórfido Traquítico y cerca de las brechas. Nótese el contacto entre ellas.

Foto No. 16.- Acercamiento de la falla mencionada en la foto anterior.

RESUMEN

Los minerales de hierro son de suma importancia para la producción del acero y por lo tanto para el desarrollo industrial de cualquier país. Altos Hornos de México, S. A., como empresa siderúrgica tiene la necesidad de contar con reservas de minerales de hierro -- que apoyen su crecimiento y así poder ofrecer los productos necesarios que demanda el país. Es por esto que cuenta con un Departamento de Exploración para que localice la materia prima, en este caso hierro. Con la anterior filosofía se elaboró un plan de estudio -- del yacimiento La Perla con el objetivo de incrementar las reservas.

Los óxidos de hierro de la mina La Perla se presentan distribuidos irregularmente dentro de un pórfido traquítico correspondiente al miembro Mina de la Formación La Perla, con una edad de 31.7 millones de años, correspondiendo al Oligoceno del Terciario.

El depósito mineral presenta diversidad en los tipos de mineral, así como en las estructuras, por lo que se considera que sea -- causa de dos o más etapas de mineralización. El cuerpo contiene -- primordialmente magnetita y hematita, con zonas pequeñas de magnetita y goethita; los minerales de ganga presentes son montmorillonita, -- cuarzo, fluorita, spatita, feldespatos, calcita, yeso y pirita.

El mineral gradúa lateralmente a una red irregular de vetillas o stockwork, rellenas por magnetita en el pórfido traquítico con alteración argílica y caolín, hacia arriba gradúa a una brecha de ca

lapso con fragmentos del pórfido alterado y márgenes reemplazados irregularmente. A causa de su acción hidrotermal predominante se tienen texturas y estructuras de reemplazamiento y relleno de cavidades. Se considera que la mineralización estuvo controlada -- por fallas y fracturas laterales y transversales.

Se piensa que fluidos deutéricos ricos en hierro y flúor hayan sido liberados de un magma similar al precursor de la Riolita Hundido, los cuales fueron inyectados en el pórfido traquítico -- previamente fracturado y que a medida que los óxidos de fierro -- fueron depositados, los fluidos disolvieron porciones de vidrio -- del pórfido durante una pérdida de volumen en la reacción del reemplazamiento.

La franja de rumbo NW-SE en la que se encuentra La Perla y -- otros yacimientos como Hércules, Chorreras, El Anteojo, se consi-- dera como una zona especial donde los magmas y estructuras apro-- piadas crearon soluciones ricas en hierro durante una fase res--- tringida a 4.5 millones de años de actividad magmática félsica.

La presencia de estructuras semicirculares que son debidas a domos y calderas tuvieron fuerte influencia sobre el emplazamien-- to del mineral, por lo que son blanco de interés para guiar la -- exploración en el área.

En base a un estudio geológico previo del yacimiento, consi-- derando estructuras y zonas con características favorables de con-- tener mineral, se seleccionaron puntos para perforación. Esta ex-

ploración directa trajo consigo el descubrimiento de 7.1 millones de toneladas de mineral de hierro, de las cuales 4.6 millones son susceptibles de ser explotados. El éxito básico de este trabajo, se debió al equipo de geología que se dedicó al estudio y mapeo de la mina. -- Además se pudo definir la granulometría de ciertas áreas que se encontraban con información incompleta y que han sido de gran ayuda en el desarrollo de explotación del yacimiento.

Se recomienda enfocar futuras exploraciones en el área de La Perla, sobre los bordes exteriores de estructuras semicirculares y de -- prioridad aquéllas que presenten alteraciones del tipo de argilitización y silicificación, o asociadas a fallas con cierta tendencia tangencial.

I.- INTRODUCCION Y GENERALIDADES

I - 1.- Consideraciones sobre el hierro.

El hierro como elemento es de los más comunes en la corteza terrestre. Barth (1948), considero a este elemento en cuarto lugar, con un 5% en peso, después del oxígeno (47%), silicio (27.5%) y aluminio (8.6%).

J. Green (1959), considera al hierro como uno de los principales elementos presentes en los diferentes tipos de rocas; en el caso de las ígneas ácidas contienen 1.4%; las ígneas básicas 8.2%; las areniscas 3.1%; pizarras 4.3%; carbonatos 1.3% y las metamórficas 4.4%.

La presencia del hierro en la naturaleza ocurre principalmente en combinación con el oxígeno, azufre, silicio y aluminio. De esta manera llega a formar aproximadamente 170 especies minerales, siendo los más conocidos los anfíboles, piroxenos y óxidos.

Los minerales de hierro que ocurren en forma de concentraciones de valor económico son:

Magnetita	Fe_3O_4
Hematita	Fe_2O_3
Goethita	$(OH)FeO_2$
Siderita	$FeCO_3$
Jarrosita	$(OH)Fe_3SO_4$
Marcasita	FeS_2
Pirita	FeS_2
Pirrotita	FeS_2

Martita	Fe_2O_3
Especularita	Fe_2O_3
Jaspilita	Formaciones siliceas de hierro
Taconita	

En México el acero es un producto de suma importancia para el desarrollo económico, por lo que su demanda es creciente y las empresas siderúrgicas estatales y privadas han tenido que incrementar su producción en los últimos años. Para 1982 se estima una demanda de 12 millones de toneladas de acero y para fines del presente siglo será de 40 millones de toneladas (Benavides, 1976).

Por tal razón La Perla Minas de Fierro, S. A., perteneciente a Altos Hornos de México, S. A., elaboró un plan de estudio del yacimiento La Perla con el objetivo de incrementar sus reservas de mineral de hierro, ya que es un elemento insustituible en la elaboración del acero.

Las reservas de hierro del país son de un orden demasiado bajo, ya que se cuenta con 520 millones de toneladas; de las cuales tan solo unos 395 millones son susceptibles de ser transformados para la industria siderúrgica.

Los yacimientos de hierro conocidos en el país se asocian a actividad ígnea tanto intrusiva como extrusiva; con excepción del depósito de Almagres en el estado de Veracruz, el cual es considerado como sedimentario.

Los métodos geofísicos, principalmente magnetométricos y gravimétricos son de gran ayuda en la exploración indirecta en base a las propiedades físicas de los minerales de hierro que logran ocasionar anomalías, un tanto definidas, contrastantes con el campo regional.

I - 2.- Objetivos del estudio

Considerando las actuales y futuras necesidades de ALIOS HORNOS DE MEXICO, S. A., en relación al consumo de hierro en la producción de acero, se tomó la decisión de realizar un estudio geológico y a la vez de perforación en el yacimiento La Perla (propiedad de AHMSA) con el fin de incrementar las reservas y además cumplir con ciertos objetivos, siendo los principales:

- 1).- Mapeo geológico de detalle para definir:
 - a) Distribución física de los distintos tipos de mineral presentes.
 - b) Posición estratigráfica del mineral respecto a las rocas encajonantes.
 - c) Carácter estructural que afecta tanto al depósito mineral como a las rocas adyacentes; así como analizar su influencia dentro de las etapas premineral y postmineral.
 - d) Alteraciones.
- 2).- Combinar los datos anteriores con los de perforación para construir e interpretar secciones geológicas que también presenten topografía y forma original del yacimiento.
- 3).- Génesis del yacimiento.
- 4).- Areas con posibilidades de mineralización alrededor del yacimiento o una posible extensión del mismo, al interpretar y evaluar la información obtenida con anterioridad.

1-3 Métodos de trabajo

La etapa inicial fue reconocer el yacimiento, así como estudiar las ideas y resultados de anteriores trabajos.

El trabajo de mapeo se realizó con base al método topográfico-de radiaciones con un tránsito wild T-1 y estatal. Este método dio como resultado un trabajo de precisión y a la vez de rapidez.

Se utilizó una brújula Brunton's para la obtención de los datos estructurales presentes en el mineral y en las rocas encajonantes.

Sobre un plano topográfico que actualiza a diario el Departamento de Ingeniería de la Unidad, se vaciaron los puntos de interés y estructurales obtenidos del mapeo geológico. Este plano está a escala 1:2000.

Se realizaron secciones geológicas norte-sur, este-este y nor-este 45º sureste, a escala vertical y horizontal 1:1000.

Referente a la perforación que se llevaba a cabo paralela a la geología se efectuaba el control de clasificación de cada barrenado por medio de geogramas o logs, en los cuales se resumían las características geológicas y generalidades del barrenado.

Durante las distintas etapas del estudio se intercalaron los trabajos de campo y gabinete.

Se definió un plano fotogeológico del área con chequeos de campo, vaciándose la información a una hoja topográfica DETENAL (H13D72) de escala 1:50 000. Para la obtención de informes acerca de las estructuras del área se auxilió de la imagen a color número 94-253 del Skylab IV. (proporcionada al autor por Bruce Van Allen). Para los contactos de unidades y estructuras menores se utilizaron fotos aéreas escala 1:10 000.

1-4 Estudios Previos

El yacimiento ha sido objeto de varios trabajos, aunque poco relacionados a la geología del yacimiento en detalle.

J. González (1946), describió el yacimiento antes de efectuarse su exploración y explotación, y estimó reservas de más de 10 millones de toneladas, además consideró que se trataba de un yacimiento metamórfico de contacto de forma muy irregular. T. Flores (1950, 1951), -- consideró a La Perla como el octavo yacimiento de importancia a nivel nacional. R. E. Crockett (1953), en plan de consultor para Minas del Norte, S.A., efectuó trabajos topográficos, geológicos, de perforación con diamante (25 barrenos) y una estimación económica de explotación del yacimiento. A pesar de lo antiguo, es considerado un buen trabajo en base a que procuró contar con un plano topográfico de rasgos -- originales del yacimiento. Como resultado de este trabajo se determinaron 47'600,000 toneladas de mineral con ley mayor de 50% de hierro, además se indicó que tal cantidad seguramente se incrementaría al llevar a cabo posteriores trabajos de perforación. D. Gómez R. (1961), -- en publicación del consejo de Recursos Naturales No Renovables, señaló 24.3 millones de toneladas como reservas probadas, 10.3 millones -- probables y 4.5 millones como posibles, con ley de 59.9% de Fe. Poco después J. Cárdenas y L. Del Castillo (1961), también del Consejo de Recursos Naturales No Renovables, en un estudio publicado en el boletín número 69 de esa dependencia realizaron un trabajo más completo --

con el cual cubrieron una área de 6782 Km² alrededor de la Perla la cual consideraron como centro, describieron la litología, efectuaron planos geológicos, magnetométricos, secciones geológico-magnetométricas, gravimetría y sondeos eléctricos, así como perforación con diamante (7 barrenos), logrando descubrir lo que en el presente se conoce como Perla Sur con reservas del orden de 10'500,000 toneladas de Fe. En este estudio se indica como génesis del yacimiento la de segregación magmática con inyección fuerte dentro de una traquita fracturada o parcialmente solidificada. J. Roldán (1972, 1973) en trabajos no publicados y efectuados para La Perla Minas de Fierro, S. A. realizó planos geológicos del yacimiento, fotogeología con chequeos de campo alrededor de la mina y señaló algunas particularidades del yacimiento. En 1977, A. R. Campbell, llevó a cabo un estudio sobre rocas volcánicas del área La Perla como trabajo de tesis de la Universidad de Texas en Austin. El menciona por primera vez a las unidades litológicas con nombres de formación, a la vez que describe las características de cada una de ellas. También dató por medio del método K/Ar la edad de la mayoría de las unidades, contribuyendo en gran forma al conocimiento de la historia geológica de la región. Así mismo discute ciertos rasgos geológicos del yacimiento La Perla. B.R. Van Allen (1978), efectuó un estudio para tesis de la Universidad de Austin, enfocado al yacimiento La Perla respecto a las rocas volcánicas y alteraciones. Le asigna un origen hidrotermal de reemplazamiento y relleno de cavidades; también menciona a las unidades litológicas con los mismos nombres mencionados por Campbell y les asigna más-

características, a la vez que sitúa la mineralización estratigráficamente. M. A. Villasana (1978-1979) efectuó trabajos para Altos -- Hornos de México, S. A., sin ser publicados. El enfoque que se le dió es sobre la definición de los tipos de mineral dentro del yacimiento para estudios de caracterización, construyó secciones geológicas en base a una reclasificación de los barrenos existentes y un plano geológico del yacimiento.

En 1978, la Comisión de Fomento Minero por contrato con La Perla Minas de Fierro, S.A., realizó un estudio de caracterización del mineral con el fin de obtener un mejor aprovechamiento del mismo.

En noviembre de 1979, Mario Veytia, efectuó un ensayo Tectónico Geomorfológico de una superficie de 100,000 Km² que comprende -- áreas de los estados de Chihuahua, Durango, Coahuila y Zacatecas, -- con énfasis especial sobre los yacimientos de hierro.

Es necesario mencionar los trabajos de exploración directa y -- construcción de secciones geológicas que realizaron durante 1971 a -- 1977 para La Perla Minas de Fierro, S. A., los ingenieros A. Lara, -- J. M. Rodríguez y M. A. Ramírez.

Durante octubre de 1971 se llevaron a efecto trabajos de magnetometría aérea, magnetometría terrestre y fotogeología por personal del Consejo de Recursos Naturales No Renovables y Altos Hornos de -- México, S. A. en un polígono de 10,000 Km² denominado La Perla, los cuales consistieron en determinar áreas con características de mineralización de Fe que lograron incrementar las reservas de A.M.M.S.A.

II.- GEOGRAFIA

II.- 1 Localización

El yacimiento ferrífero La Perla se localiza en la porción centro-oriental del Estado de Chihuahua y al nordeste de Cd. Camargo - (Fig. 1). Se ubica en la parte central de la Sierra de Mestañas y forma parte del Municipio de Camargo. Geográficamente se sitúa en el paralelo $28^{\circ} 19' 10''$ latitud norte y el meridiano $104^{\circ} 32' 20''$ de longitud oeste del meridiano de Greenwich. El poblado La Perla, el depósito mineral y áreas circundantes quedan comprendidas en la carta DETENAL número H13072.

II.- 2 Comunicación

La Perla se comunica con Cd. Camargo por medio de carretera -- estatal pavimentada con un recorrido de 110 kms. Hacia el norte se comunica con Ojinaga, Chih., por carretera tipo bordo con un recorrido de 146 kms., la cual es continuación de la que parte de Cd. - Camargo. Hacia el sureste queda el poblado y yacimiento ferrífero - Hércules, con el cual se comunica por camino de rodada con recorrido de 80 kms. De menor importancia son los caminos de rodada que comunican con diversos ranchos ganaderos.

El transporte de mineral se efectúa por medio de ferrocarril - propiedad de la compañía, el cual a los 160 kms. entronca con ferrocarriles nacionales de México en la estación El Oro, Coah., de don-

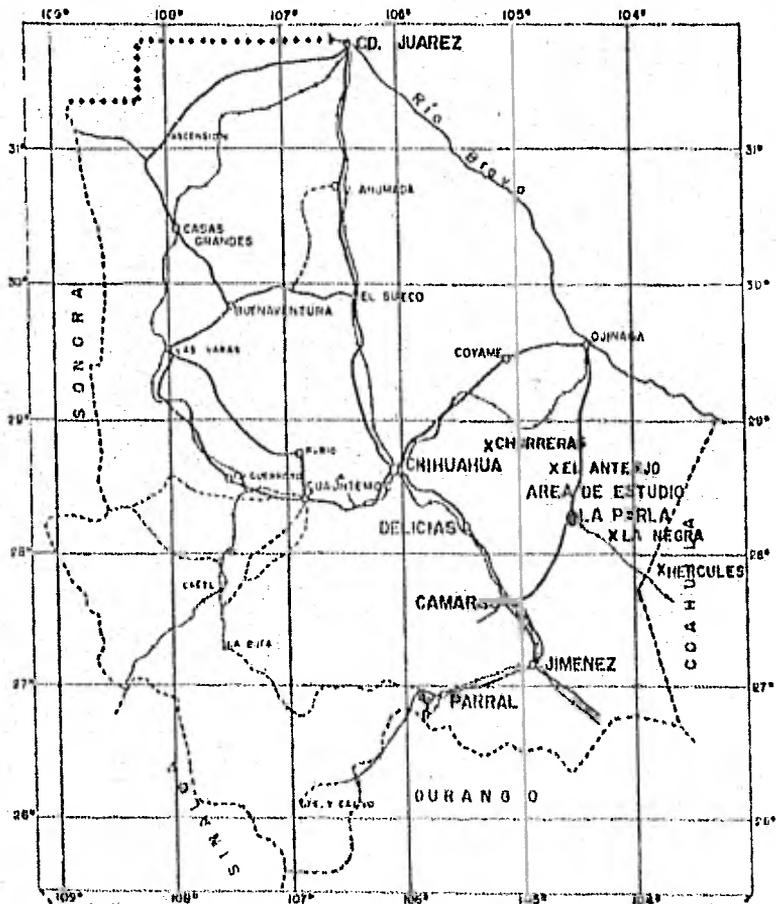
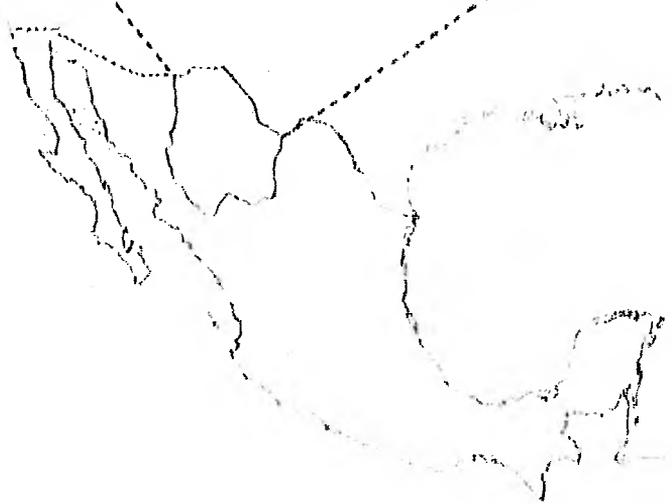


Figura No. 1.- PLANO DE LOCALIZACION.

0 37.5 75 150 KM
ESCALA 1:250,000

QUIÑONES SEPULVEDA RAMON
MAYO, 1982



de continúa a la Cd. de Monclova. El ferrocarril también da servicio de pasaje a los habitantes de los diversos ranchos y lugares de población cercanos a las estaciones de ferrocarril.

A cuatro kilómetros alnreste del poblado La Perla se cuenta con una pista de aterrizaje para aviones pequeños, los cuales, en este sitio dan servicio de pasaje a los empleados de la compañía con necesidad de asuntos de trabajo en la Cd. de Monclova. Así mismo, bastantes ranchos ganaderos de la región cuentan con pistas de aterrizaje en regulares condiciones.

El traslado de los habitantes de La Perla a la Cd. de Camargo es por medio de camiones de pasajeros propiedad del Sindicato de Mineros de la Sección correspondiente a la mina La Perla.

II.- 3 Clima, Vegetación, Fauna

El clima de la región La Perla es semidesértico o semiárido; esencialmente es extremo, con temperaturas hasta de 45°C durante el verano y hasta de -10°C durante el invierno. La temperatura media anual es de 18°C . Según el esquema de climas de Köpen, modificado por Trewartha (1968) (en Van Allen, 1978), el clima de la región correspondería a un tipo Bwh, o sea subsidencia de masas de aire secas, ocasionadas por anticiclones subtropicales.

En 1933 se tenía un promedio de lluvias en el Estado de Chihuahua de 450 mm por año, sin embargo en la región de la Perla, la precipitación anual fue inferior a la citada. De 1962 a 1964 la precipita

ción promedio anual en La Perla fue de 272 mm, según datos del Departamento de Ingeniería de la compañía. Actualmente en los últimos años las precipitaciones anuales promedio han sido de 230 mm. Lo anterior muestra el decrecimiento de precipitación en esta región.

Los meses de junio a septiembre son los de mayor precipitación, predominando breves aguaceros fuertes que ocasionan crecidas intermitentes en los arroyos.

El agua que no se filtra y es acumulada, se evapora y llega a ocasionar acumulaciones locales de sal. Cerca de La Perla se tienen depósitos económicos de salmueras. También en algunos sitios lo -- gran formar lagunas.

La vegetación es escasa y generalmente menor a la altura de la rodilla. Las plantas notables son: lechugilla, creosota, ocotillo, -- ágave; otro tipo de vegetación lo forman: chaparrales, pocos mezquites y cactáceas. En las partes altas se tienen algunos encinos. En las partes más bajas y sobretodo en épocas de lluvia se tienen pas-- tos.

Como Fauna se tienen insectos, roedores, codornices, águilas, -- conejos, venado, víbora de cascabel, raramente elecranes y escorpiones.

11.- 4 Población y Cultura

El poblado La Perla cuenta con una población aproximada de 7000 habitantes; correspondiendo, dentro del área al centro de población de mayor importancia. El total de la población depende directa e in--

directamente de las actividades derivadas de la producción de mine
ral de hierro.

Es importante mencionar que aproximadamente un 90% de la población se ve favorecida con la prestación de unidades habitacionales y el 100% con luz eléctrica y agua potable las cuales son proporcionadas por la compañía.

Dentro de la región, el resto de los habitantes lo comprenden las personas de los diversos ranchos ganaderos.

El poblado cuenta con servicios escolares de: Jardín de niños, primaria, secundaria, academias comercial y preparatoria técnica, -- dentro de la compañía se tiene un centro de capacitación para los obreros. Los servicios públicos con que cuenta la población, lo forman: Oficinas de telégrafo y correo, agua potable, drenaje, luz --- eléctrica y radio, por medio del cual es posible comunicarse a Ca--margo y de ahí por teléfono a cualquier lugar. El cine, campos de--portivos y 2 clubs conforman los sitios de recreación. También se cuenta con la señal de 3 canales de televisión. Por lo anterior se deduce que La Perla, es uno de los centros mineros, en relación a su población, que cuenta con muy buenos servicios escolares y socieles.

II.- 5 Economía

La economía del área se basa esencialmente en la minería y ganadería. El mineral La Perla es indudablemente, el centro económico -- principal en la región, y la explotación del yacimiento, así como -- las ampliaciones de plantas de beneficio originan buenas fuentes de-

trabajo.

Se tienen pocos mineros que se dedican a la minería en pequeña escala y por lo general trabajan esporádicamente. Los depósitos de sal son fuentes de trabajo a nivel doméstico.

Como ya es conocido, la actividad ganadera ocupa poco personal, por lo cual su influencia en ocupación es baja, además de que los beneficios obtenidos de tal actividad no repercuten en el progreso de la región.

Por lo anterior, es de singular importancia la exploración que se realice en las cercanías del poblado La Perla y en el yacimiento, ya que de obtener resultados positivos que incrementen el potencial minero, repercutirá en la economía de la región.

III.- FISIOGRAFIA.

III. 1.- Provincia fisiográfica.

El Estado de Chihuahua queda comprendido fisiográficamente en dos provincias, la de la Sierra Madre Occidental que cubre parte del oeste del Estado y la Mesa Central del Norte o también conocida como Sierras y Cuencas (Basin and Range), que comprende el este y parte del oeste del Estado (Figura 2) (Reisz 1964).

De acuerdo a lo anterior el yacimiento La Perla y sus alrededores, quedarían comprendidos en la Provincia de la Mesa Central del Norte.

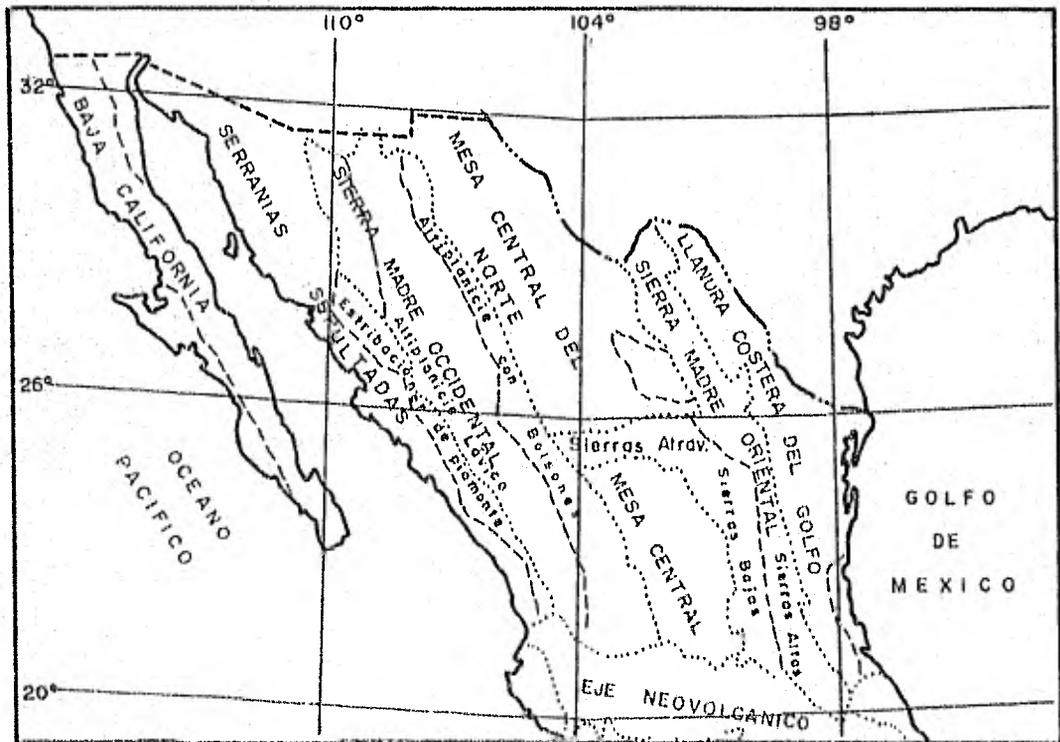
E. Ordoñez (1936), a la Provincia en mención le dió el nombre de Mesa Central del Norte, definiéndola como mesetas caracterizadas por anchas cuencas separadas por cordilleras aisladas; las cuencas raramente exceden los 10 Kms. en amplitud.

Garfias (1949), a esta Provincia le da el nombre de Mesa del Norte.

Hawley (1969), referido por Clark (1976) y en Clark y De la Fuente (1978), dividió a la Mesa Central del Norte en dos secciones denominadas Sección de Altas Llanuras y Sección de Bolsones. Según esta subdivisión, el yacimiento La Perla se ubicaría en la Sección de Bolsones, caracterizada por su baja elevación (Figura 2).

E. López Ramos (1970), menciona a esta Provincia como Provincia Geológica de Chihuahua.

La Mesa Central del Norte está limitada al oeste por la Provincia de la Sierra Madre Occidental, al este y sur por la Provincia de la Sierra Madre Oriental, y al norte se continúa hacia los Estados Unidos.



LIMITE DE PROVINCIA FISIOGRAFICA
 LIMITE DE SUBPROVINCIA FISIOGRAFICA - - - -

FIGURA No.2.- PROVINCIAS FISIOGRAFICAS DEL NORTE DE MEXICO. (RAISZ, 1964).

QUINONES SEPULVEDA RAMON
 MAYO, 1982.

III.2.- Geomorfología

La Mesá Central del Norte se caracteriza por ser una gran superficie desértica en la que emergen aislados bloques montañosos - separados por amplias llanuras con orientación general NW-SE.

Las sierras están separadas de los bolsones por fallas normales; correspondiendo las sierras a las partes altas de los bloques fallados y los bolsones a las bajas, ocasionando estructuras tipo horst y grabens. Por lo general los bolsones son cuencas cerradas principalmente donde el área fue cubierta por derrames ígneo-extrusivos.

La mayor parte de las sierras están constituidas por rocas sedimentarias de edad Cretácica, con excepción de algunas sierras -- pertenecientes a periodos más recientes.

Los bolsones son de poco declive y presentan una laguna estacional en su porción central, a lo que Ordoñez llamó "barrial". Estas llanuras están constituidas por material de acarreo, gravas y arenas, principalmente, los que fueron depositados durante el Terciario y Cuaternario.

Dentro del área de La Perla, las sierras de Mesteñas, Encinillas, Mojina y Las Brujas-Hundido son las sobresalientes debido a su altura; las partes bajas corresponden al Bolsón de Agua Clara y al Valle de Tacubaya. La parte más alta de La Perla corresponde al pico El Macho con una altitud de 1970 mts. sobre el nivel del mar.

Las sierras mencionadas, con excepción de La Mojina, están -- formadas por rocas volcánicas ácidas y pocas básicas, con inclinación casi horizontal y de escarpes pronunciados debido a fallamiento normal. Los arroyos existentes no profundizan de manera conside

table, lo que indica procesos de erosión de baja energía. La Sierra La Mojina está constituida por calizas del Cretácico.

III. 3.- Hidrografía

Dentro del área en mención no se presentan ríos o cauces de interés preponderante, a excepción del Río Conchos que cruza de poniente a oriente gran parte del Estado, para finalmente desembocar en el Río Grande o Bravo.

Se presentan pequeños cauces que en las sierras se definen y que al llegar a la planicie pierden su forma y se transforman en corrientes divagantes, llegando a desaparecer o a desembocar en alguna laguna pequeña. Estos cauces presentan un arreglo de tipo dendrítico provocado por fallas y fracturas. La cuenca hidrográfica más cercana, y a la vez la de mayor importancia en la Provincia Fisiográfica es la del Río Conchos. Considerando la tendencia general de las corrientes principales puede señalarse que éstas drenan hacia el Conchos.

Los derrames lávicos de gran espesor dieron lugar a un sistema intercomunicado de cuencas, las que al paso del tiempo originaron las grandes depresiones conocidas como bolsones.

Por lo anterior y por la litología del área de La Perla se concluye que las principales acumulaciones de agua se encuentran en fracturas y fallas. Es factible localizar pequeños acuíferos en valles y bolsones cercanos, únicamente que a profundidades mayores a los 130 metros y de gasto pequeño, no mayor de 15 litros por segundo.

IV GEOLOGIA

IV.1.- Estratigrafía.

Este tema se tratará en dos partes. Una de ellas mencionará la estratigrafía de la Provincia Fisiográfica de la Mesa Central del Norte, describiendo del Paleozoico al Reciente las diferentes secuencias litológicas, en el caso de las formaciones pertenecientes del Paleozoico hasta el Mesozoico se tratarán de una manera muy general por considerar que no influyen o no se presentan en el área de La Perla. En cambio el Cenozoico, con énfasis principal en las rocas volcánicas se tratará poco más amplio. La otra parte será la estratigrafía del área de La Perla.

IV.1.1.- Estratigrafía de la Provincia de la Mesa Central del Norte.

En esta Provincia Fisiográfica existen sedimentos de origen marino, principalmente, que van en edad del Cámbrico al Cretácico Superior, con un espesor aproximado de 12,000 metros (López Ramos, 1980, pag. 129), aflorando del Ordovícico al Cretácico Superior, y que predominan sobre las rocas volcánicas de edad Terciaria y sedimentos Cuaternarios.

La zona Este del Estado de Chihuahua presenta contrastes notorios con la oeste, respecto al volumen de los diferentes tipos de rocas. Así, se observa que la secuencia sedimentaria de la porción este es mucho mayor que la localizada hacia el oeste; en cambio en esta zona, la secuencia de rocas volcánicas Terciarias y Cuaternarias predominan sobre el espesor presente en la porción este (Fig.3).

Las grandes sierras localizadas en la Mesa Central del Norte son de gran longitud, de espaldas escabrosas y que se levantan de

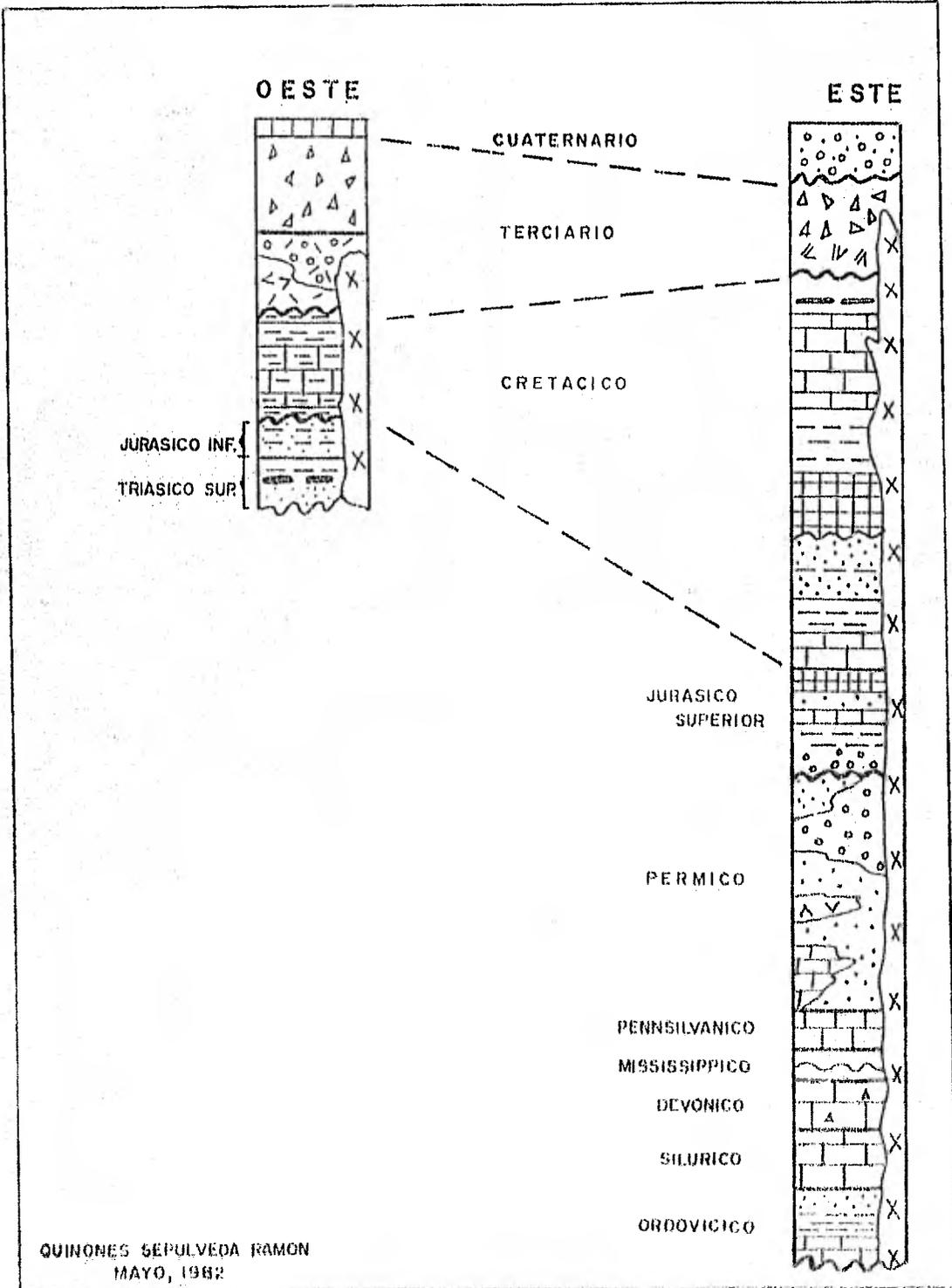


FIGURA No.3.- COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS DEL OESTE Y ESTE DE CHIHUAHUA. (CLARK Y DE LA FUENTE, 1978).

600 a 1,000 metros sobre el piso de los bolsones que las separan, - y esencialmente están constituidas por rocas sedimentarias. En cambio las rocas volcánicas se limitan a sierras aisladas y relativamente angostas. (López Ramos, 1980).

Paleozoico.- La secuencia sedimentaria del Paleozoico se presenta - en las sierras de Chorreras, Santa Rita, Placer de Guadalupe, Aldama y área de Plomosas. Los sedimentos de edad Cámbrico no afloran, - se conocen por datos de subsuelo tomados del Pozo Chinos No. 1, aquí mismo se encontró el basamento constituido por gneiss granítico y - con edad de 1,360 millones de años, según R. E. Denison.

En la región de Placer de Guadalupe-Chorreras afloran sedimentos paleozoicos de aproximadamente 4,000 metros de espesor (E. López Ramos, 1980), que van de edad ordovícico al Pérmico, subyaciendo a - sedimentos del Jurásico y consisten predominantemente de calizas en facies de plataforma. En la sierra de Santa Rita afloran sedimentos del Missisípico-Pérmico en facies de plataforma y subyaciendo discordantemente a sedimentos del Cretácico Inferior, con un espesor de 2,400 metros. Al noroeste de Aldama afloran 1,500 metros de sedimentos tipo flysch del Pérmico. No se tienen evidencias del Pérmico Superior.

En la región de Placer de Guadalupe-Mina Plomosas se han localizado y definido sedimentos que representan edades del Ordovícico Temprano al Carbonífero. El Ordovícico Temprano-Tardío está representado por calizas arcillosas con algo de dolomías, lutitas y dos cuerpos de arenisca en su cima y un espesor de 275 metros, correspondiendo a la Formación Sóstencs. El Ordovícico Tardío-Silúrico-Devónico Medio está representado por la Caliza Solís, la cual se com-

pone de calizas con partes dolomíticas o mucho pedernal y un espesor promedio de 250 mts. La Formación Monillas constituida por caliza limosa y lutitas con espesor de 30 a 55 mts. comprende al Devónico Medio y Tardío (?) - Missisípico Tardío - Pennsylvánico. Con edad asignada de Pennsylvánico - Pérmico Temprano se tiene a la Caliza Pastor compuesto por un espesor de 250 a 500 mts. de calizas arcillosas masivas.

La Formación Plomosas constituida por limolitas, calizas dolomitizadas, areniscas, conglomerado, riolitas intercaladas y lutitas; y la Formación Villa Aldama, compuesta por lutitas, areniscas, filitas y pizarras, se localizan también en esta región, pero por su posición estratigráfica difícil de explicar no se han propuesto formalmente esos nombres; tentativamente se les asigna una edad -- Pérmico - Triásico (?) y Pérmico - Carbonífero, respectivamente. (E. - López Ramos, 1980).

En la región de Palomas - Santa Rita se encuentra aflorando el sistema Missisípico - Pennsylvánico - Pérmico, con espesor de 3,950 mts. Díaz y Navarro (1964) (E. López Ramos, 1980), describieron -- nueve formaciones, que son, Missisípico corresponden la Formación Keating con únicamente 33 mts. expuestas de calizas con nódulos de pedernal; Formación Hachita, constituida por calizas, calizas dolomíticas y dolomías con aproximadamente 90 mts. de espesor; Formación Paradise con 412 mts. de espesor de lutitas y areniscas arcillosas y oolíticas, calizas arenio-dolomíticas y calizas dolomíticas. Del Pennsylvánico y Pérmico Inferior es la Formación Horquillas, constituida por cerca de 1070 a 1,035 mts. de calizas con -- gruesos intervalos de pedernal. Al Pérmico Inferior pertenecen, la Formación Espi con 215 mts. de calizas y dolomías con escamas y --

delgadas intercalaciones de lutitas y una pequeña zona de yeso; Formación Colina formada por calizas, ocasionalmente presentan intercalaciones de lutitas, su espesor aproximado es de 185 mts.; Formación Epitaph, dividida en dos miembros, el inferior con 155 mts. de lutitas con intercalaciones de areniscas, dolomías, brechas y conglomerados y el superior con 320 mts. de dolomías con pocas y delgadas intercalaciones de areniscas y lutitas; Formación Scherrer formada por areniscas y lutitas con 3 mts. de espesor, y la Formación Concha con dos miembros, el inferior constituido por calizas con aproximadamente 100 mts. de espesor y el miembro superior con 140 mts. de dolomías.

Mezozoico. En la parte este del Estado de Chihuahua no hay evidencias del Triásico y Jurásico Inferior. En cambio si se presentan afloramientos del Jurásico Superior, representados por la Formación La Casita constituida por conglomerados, areniscas, lutitas, margas, calizas, yeso y cantidades menores de carbón.

El sistema Cretácico es el de mayor importancia en el Estado, tanto económicamente, como por su extensión de áreas (Ramírez y Acevedo, 1957). Se presenta en diferentes litologías y su potencia pasa los 4,000 mts. de espesor. Las rocas Cretácicas se consideraron depositadas en el Geosinclinal Mexicano.

Al norte de la Provincia Fisiográfica los sedimentos del Cretácico Superior casi han sido erosionados y la mayoría de las sierras presentan sedimentos del Cretácico Inferior. Hacia el centro, el Cretácico Superior se encuentra en algunas sierras, pero las rocas del Cretácico Inferior son las que le dan forma a las sierras. Hacia el oriente, los sedimentos del Cretácico Superior se observan en la ma-

yoría de las sierras y es la única porción en que se encuentran - formaciones de fines del Cretácico. (Ramírez y Acevedo, 1957).

El Cretácico está representado desde el Neocomiano hasta el Maestrichtiano, los fósiles son abundantes y bien conservados.--- Estratigráficamente el Cretácico de esta Provincia se continúa -- hacia Texas y el noreste de México.

El Neocomiano está representado por la Formación Navarrete - compuesta por areniscas verdes con intercalaciones de lutitas asociadas a capas delgadas de evaporitas, y un espesor alrededor de 218 mts.; Formación Las Vigas, compuesta por areniscas en partes calcáreas y con intercalaciones de lutitas y lutitas limolíticas, su espesor es variable en diversos lugares, teniéndose desde 300 a 1,900 mts.; y parcialmente la Formación Cuchillo la cual está - constituida por yesos con un espesor de 457 mts. En general el -- Neocomiano representa dos facies diferentes, una arenosa y otra - calcárea. (López Ramos, 1980).

El Aptiano es representado, también por dos facies: una lagu nar y otra marginal, la primera se caracteriza por contener yeso y calizas, se desarrolló en las porciones central y este del Esta do de Chihuahua y se conoce con el nombre de Formación Cuchillo.-- Las facies marginales se forman de conglomerados, arenas, arcillas y calizas y son representadas por la Formación Travis Peak (Ramí-- rez y Acevedo, 1957).

El Albiano consiste de calizas con presencia de nódulos de pedernal (Caliza Aurora) y un espesor variable de 289 mts. a 1,455 - mts.; calizas masivas, limolitas calcáreas y caliza nodular y cali zas con limolitas, con espesores de 200 a 550 mts. y pertenecen a

la Formación Benigno; la Formación Genavides presenta una parte de lutitas con intercalaciones de calizas arcillosas, que corresponden al Albiano y su distribución es amplia en el NE del Estado de Chihuahua; la Formación Loma de Plata está constituida por una alternancia de calizas nodulares de estratos delgados y calizas masivas con bandas de pedernal, su espesor es variable; y la Formación Del Río representada por lutitas fosilíferas con intercalaciones delgadas de calizas silicificadas y areniscas deleznable, una parte de esta formación corresponde al Albiano y la otra al Cenomaniaco. (López Ramos, 1980).

Del Cretácico Superior quedan solo testigos de erosión, aislados dentro de la Provincia. Los mejores afloramientos se sitúan al sur de Ujinaga.

El Cenomaniaco Inferior y Medio está formado por sedimentos arcillo-calcáreos con espesor máximo de 120 mts. Está representado parcialmente por las formaciones Genavides y Del Río mencionadas anteriormente y por la Formación Guda constituida por calizas y margas, ocasionalmente calizas nodulares de estratificación ondulante, lutitas y areniscas.

El Cenomaniaco Tardío, Turoniano y Senoniano son representados por la Formación Ujinaga, la cual está constituida por lutitas, areniscas y limolitas arcillosas y un espesor aproximado de 1,500 mts.

Cenozoico. La representación del Cenozoico en la Provincia, corresponde a rocas ígneas extrusivas e intrusivas, caracterizadas por fuertes derrames volcánicos y algunos "stocks" graníticos. Además de sedimentos no consolidados, originados de la intensa ero-

sión de las sierras y el relleno de bolsones.

Las secuencias volcánicas fueron divididas por Clark y De La Fuente (1977), en Serie Volcánica Inferior y Serie Volcánica Superior.

Al norte, a 50 kms. de Chihuahua, en la Sierra Peña Blanca, la Secuencia volcánica Inferior consiste de tobas y flujos riolíticos con edad de 53.8 millones de años; mientras que las unidades más jóvenes - que corresponden a traquitas, se les dató en 38 millones de años (Alba y Chávez, 1974).

En la Sección de Altas Llanuras se presentan unidades riolíticas relacionadas con tobas y andesitas en el área de Cusiuhiriachic, sobre yaciendo a rocas del Cretácico Temprano en General Trías y Minillas, y en El Aguaje están intrusionadas por un stock granítico. En el área de Majalca, 20 kms. al noroeste de la ciudad de Chihuahua, Mauger (1975) - y Spruill (1976), realizaron trabajos de geología y definieron una secuencia gruesa de rocas volcánicas antiguas de más de 4,000 mts. de espesor y cubiertas por 700 mts. de limbritas. Mauger (1977), indicó - que dichas rocas volcánicas antiguas pueden ser del Cretácico Tardío.

Bockhaven (1976) y Keller (1977), estudiaron en la parte oeste de la Sección de Bolsón, una secuencia de flujos volcánicos, tobas riolíticas, andesitas toleitas y riolitas y que sobreyacen a rocas carbonatadas de edad Cretácica. La localidad donde se presenta tal secuencia está en la Sierra del Gallego, cerca de Sueco, estas rocas volcánicas se dataron dentro del intervalo de 35 a 44 millones de años.

La Serie Volcánica Superior comprende la edad Oligoceno Tardío -- Mioceno Temprano. La secuencia volcánica consiste de tobas, riolitas, dacitas y vitrofiras, la cual sobreyace a la Serie Volcánica Inferior

en discordancia angular variable.

Clabaugh y McDowell (1976), dataron una secuencia de tobas dentro del áreas Creel-La Bufa, en la edad de 27 a 30 millones de años un espesor de rocas volcánicas. Igualmente, en Ocampo hicieron una datación de rocas en 27 millones de años y a otra toba localizada a 58 kms. al norte de La Perla, en 26.3 ± 3 millones de años.

Dentro del área La Perla, de acuerdo a Campbell (1977), se tiene un rango de edades de 17.2 ± 0.6 a 31.8 ± 0.5 millones de años para la secuencia volcánica expuesta.

Correspondiente al Plioceno-Pleistoceno y distribuido ampliamente en el Oriente de la Provincia se presenta la Grava Conchos, definida por Burrows (1910), constituida principalmente por fragmentos calcáreos.

También, dentro del período Terciario Tardío-Cuaternario Temprano, se presentan sedimentos clásticos continentales derivados de la erosión de bloques y pliegues de grandes sierras.

Se han observado, en numerosas áreas, flujos basálticos y diques de diabasa, los cuales no es conocida su edad, pero al menos en el área de La Perla se han visto sobreyaciendo a riolitas y areniscas.

Varios afloramientos de rocas intrusivas de composición granítica-monzonítica, granodiorítica, han sido localizados en el área de Chorreras cortando rocas carbonatadas del Cretácico, en El Anteojo, Sierra Magistral, Villa Abumada, Sierra de Encinillas cercana a La Perla, Parral, Sierra de San Carlos, cerro de Muleros y pocos más. A la mayoría de las rocas intrusivas se les asigna una edad correspondiente al Terciario Temprano, localizándose a la vez algunos de edad Post-Cretácico Temprano.

Finalmente en toda la Provincia se tienen de edad Reciente, depósitos de Talud y aluviones, marginados a las partes bajas de la sierras y en los valles.

IV. 1.2.- Estratigrafía del Área La Perla

La secuencia volcánica del área La Perla corresponde a la serie Volcánica Superior, consiste de secuencias piroclásticas, lavas y emplazamientos hipabisales del Oligoceno, con un espesor mayor a los 800 mts. y constituyen las sierras de Mesteñas y Brujas Hundido. (Plano No. 1).

Formación La Perla.- Campbell (1977), distinguió 5 tipos de emisiones riodecíticos que del más antiguo al más joven son: Pórfido de Cuarzo, pórfido de anortoclasa, vitrófido verde, emisiones con textura de huecos debido a intemperismo y pórfido de sanidino de grano fino, que fueron descritos en base a secciones delgadas. Además dató a esta secuencia de acuerdo al método K/Ar en 31.5 ± 0.7 y 31.8 ± 0.5 millones de años.

El pórfido de cuarzo está formado por un 15% de fenocristales de sanidino, subedrales, de 2 a 4 mm. y sericitizados en los bordes y fracturas; 2% de plagioclasa, subedral de 1 mm. y sericitización en bordes y fracturas; 2% de cuarzo anedral, de 0.5 a 5.0 mm.; 81% de matriz devitrificada y trazas de magnetita. Son rocas de color gris claro a verde y forman las partes bajas del cerro El Mocho, e intemperiza a una superficie áspera de color verde en la que sobresalen los fenocristales de cuarzo. Estructuras de juntas verticales y horizontales son características.

Los pórfidos de anortoclasa se encuentran al norte del Rancho Mesteñas, en la base de las fallas de rumbo NE cerca del Rancho Tacubaya y al oeste de La Perla. Son de color pardo a rosa y generalmente intemperiza a una superficie de color pardo. Están compuestos por fenocristales de anortoclasa en un 15-20%, subedrales, poco sericitizados y su tamaño es variable de 0.1 a 5 mm., clinopiroxenos de 0 a 5%, subedrales a euedrales, alterados y reemplazados por óxidos de hierro; plagioclasa de 0 a 5%, subedrales, de 2 a 4 mm. y de 70-80% de matriz devitrificada con cuarzo secundario.

Los vitrófidos están constituidos por fenocristales de plagioclasa de 15 a 17% subedral, de 1 a 4 mm.; de 4 a 8% de feldespatos alcalinos, subedrales a euedrales, alterados a sericita a lo largo de fracturas y de 0.5 a 1 mm.; de 1 a 3% de clinopiroxenos de 0.5 a 1 mm.; de 0 a 0.5% de ortopiroxenos; de 1 a 25% de biotita subedral y de 1 a 2 mm; de 70-77% de matriz de vidrio verde pálido con estructura bandeda, fracturas perliticas y zeolitas y trazas de magnetita. Se encuentran expuestos por el camino entre Mesteñas y La Perla. Su espesor aproximado es de 25 metros.

Las rocas con textura de huecos, están compuestas por 21% de plagioclasa; 4 a 6% de feldespatos alcalinos; 2 a 5% de minerales máficos alterados; 2% de magnetita y de 66 a 71% de matriz devitrificada. Forman las partes altas y son de color gris a rosa en superficies frescas y representan los espesores mayores de la Formación La Perla.

Los pórfidos de sanidino de grano fino constituyen las partes más altas y con espesores aproximados de 25 metros. Están formados por sanidino

no de 1 a 3 mm. y de 5 a 10% del total de la roca; trozas de clinopiroxenos y plagioclasas y de 90-95% de matriz comunmente devitrificada con diminutos listones de feldespatos, cuarzo secundario relleno de fracturas.

En resumen los dos primeros tipos de emisiones mencionados comprenden la sección inferior de la Formación La Perla y los otros tres la superior.

Van Allen (1970), dividió a esta formación en dos Miembros, Miembro Mina y Miembro Macho (Foto No. 1). El primero representa la sección superior mencionada por Campbell y el segundo representa la sección inferior. En el cerro del Macho midió una sección de 369.70 metros, incluyendo al Miembro Mina (234.3 mts.) y al Miembro Macho (82.1 mts.) de la formación La Perla y 53.3 mts. de la Rinlita Hundido. El Miembro Mina se caracteriza por presentar en su base cuerpos de jasperoide y una alternancia de pórfido de colores variados. El Miembro Macho se define como un cuerpo masivo de color pardo, con juntas verticales y una autobrecha en su parte superior.

El vitrófido riódacítico mencionado por Van Allen y Campbell corresponde al pórfido traquítico mencionado por la Superintendencia de Exploración de La Perla. En este trabajo se refirió a la Formación La Perla con sus dos miembros como pórfido traquítico.

El espesor considerado para la formación La Perla es mayor a los 400 mts., tomando en cuenta los 316.40 mts. medidos por Van Allen y que por perforación en la mina se han cortado alrededor de 150 mts. abajo de la base del mineral.

La mineralización del yacimiento se encuentra en la porción inferior del Miembro Mina.

La base de la Formación La Perla no se ha definido y la cima, en el caso del Cerro El Macho está en contacto con la Riolita Hundido. -- (Foto No. 1.)

Andesita Potásica San Lucas.- Aflora al SSE de La Perla entre los 5 y 10 kms. de distancia y en las partes bajas. Se considera con espesor - alrededor de los 20 mts. de color gris oscuro a gris pardo, caracterizada por amígdalas de zeolitas, contiene intercrecimientos de cuarzo y carbonatos y proporciones de hematita.

Se le dató en edad de 30.1 ± 0.6 millones de años. Su manera de aflorar es muy irregular, no permite definir su base y cima, por lo que Van Allen la sitúa como la más antigua. En este trabajo, de acuerdo a su -- edad se considera posterior a la Formación La Perla, además de considerar que sus afloramientos (plano No. 1) presentan cierto alineamiento - que induce a pensar en un cuerpo en forma de dique. Contiene 5% de amígdalas hasta de 2 cms. de diámetro; 35% de cristales eubedrales de plagioclasa; 1% de cristales anedrales de óxidos de hierro-titanio, y raras macclas de cristales eubedrales de clinopiroxenos de color verde pálido; y un 59% de matriz compuesta por listones de feldespatos, vidrio devitrificado, minerales opacos, carbonatos y escasas agujas de apatito.

Riolita Mesteñas.- Está constituida por fenocristales de sanidino en un 0 a 15%, plagioclasa en trazas y hasta 4%, hornblenda de 1 a 3%, trazas de cuarzo y de 80 a 85% de matriz con textura relicta eutaxítica. -- Esta roca aflora al noroeste del Rancho Mesteñas con un espesor cercano a los 159 metros. Se ha observado sobreyacimiento al vitrificado verde de -

la formación La Perla, en cambio su contacto superior no está definido.

Su edad corresponde a 30.1 ± 0.7 millones de años. De acuerdo a su texture eutoxítica correspondería más bien a una ignimbrita, pero se ha respetado el nombre propuesto originalmente.

Ignimbrita Tacubayo .- Esta unidad presenta una difícil correlación estratigráfica debido a que constituyen colinas bajas, y la mayor parte están cubiertas por depósitos de talud de suave inclinación. Los afloramientos componen las colinas que se localizan a 6 kms. al NW de La Perla. Presenta fragmentos aplastados de pómez hasta de 5 cms., dispersos en una matriz de vidrio esferulítico devitrificado.

Van Allen (1978), la describe como una roca con fenocristales de cuarzo de cantidad de 13%, fenocristales de sanidino en 4%, plagioclasa 1%, óxidos 1% y matriz con pequeños clastos. En las partes altas de los afloramientos los fenocristales son escasos.

Hacia el noroeste del área se localizan afloramientos de ignimbrita en relieve topográfico bajo y con presencia de alteraciones como silicificación y cuerpos de jaspersita. El espesor es más de 100 mts. No se tiene edad para esta roca.

Ignimbrita Las Brujas.- Aflora a 3 kms. al norte de La Perla (Foto No. 2) con un espesor mayor a los 130 mts., en colinas alineadas N.-SE y limitadas al NE por fallas normales y al SW por un valle cubierto por aluvión.- Presentan una inclinación de aproximadamente 5° al NE, con superficies intemperizadas de color blanco.

Está compuesta por fenocristales de plagioclasa de 13 a 16%, feldespatos alcalinos de 13 a 16%, biotita de 1 a 3%, cuarzo de 1 a 4%, magne-

tita en trazas y hasta 5% y una matriz de 67. a 68% con riolitas.

Su datación correspondió a una edad de 17.2 ± 0.6 millones de años. A pesar de presentar una pequeña divergencia en edad con la Riolita Hundido, pero considerando que éste corta a la Ignimbrita Las Brujas, se le sitúa más joven estratigráficamente.

Riolita Hundido.- Se consideran las rocas volcánicas de edad más joven, datada en 27.8 ± 0.5 millones de años. Consisten en felsitos paracalinas (Foto No. 3) de estructura bandeada y asociado con brechas. También -- presentan un alineamiento NW-SE y afloran al norte y noreste de La Perla. A esta formación pertenecen la serie de diques que se localizan entre el Rancho Tacubaya y el Prospecto Hundido, hacia el noroeste de la Ignimbrita Las Brujas; También cortan a la formación La Perla y presentan en los contactos un espesor pequeño de obsidiana.

Van Allen, describió una felsita de color gris claro, una brecha de color pardo y obsidiana negra en la cima del cerro El Pacho, como Riolite Hundido. (Foto no. 4).

Petrográficamente se distingue casi el 100% de la roca como de estructura bandeada, con lentes pequeños de vesículas, devitrificada, con textura esferulítica conteniendo trazas de sanidino, anfíbol, magnetita y algo de fluorita.

En esta formación se presenta encajonado el mineral que forma el -- Prospecto Hundido y se le considera un espesor de 120 mts.

Arcosa Lítica.- Esta roca se presenta aflorando en pequeños freas. En la mina se conoció por barrenación que ahí presenta un espesor máximo de 10 mts. y se encuentra descansando discordantemente sobre la formación La --

Perla, Miembro Mina y el mineral. Su base se caracteriza por presentar un conglomerado constituido por roca y mineral (Foto No. 6); esto y la consideración de descansar sobre la Ignimbrita Las Brujas sugiere una edad posible de 25 millones de años.

Las características que la distinguen son las de ser friables, con estratificación cruzada, (Foto No. 5) moderadamente bien clasificada, - de grano fino a medio, de color blanco a amarillo y laminaciones rojizas debidas a manchas de hematización en los planos de estratificación. Se considera formada en aguas de profundidad somera. En la mina las inclinaciones varían de 15° a 40° al NE, además de presentar sitios con intenso fracturamiento. (Foto No. 6).

Van Allen (1978), considera a las arcosas como de edad anterior a las ignimbritas.

Sedimentos Cuaternarios.- Una gran variedad de sedimentos jóvenes se han formado debido a la erosión e intemperismo de las rocas existentes, presentándose depósitos de aluvión y de talud.

Se encuentran constituidos por gravas, arenas y fragmentos de las rocas presentes en el área como lo son, riolitas, traquitas e ignimbritas, principalmente. En cambio los rodados de óxidos de hierro y anoesitas se restringen a áreas pequeñas alrededor de los afloramientos.

IV.2.- Geología Estructural

IV.2.1.- Tectónica de la Provincia de la Mesa Central del Norte.- Toda esta área estuvo sujeta a movimientos epirogénicos, orogénicos y tafrogénicos. Durante el sistema Apalachiano se afectaron las rocas Paleozoicas. Se considera que el Geosinclinal Paleozoico se formó durante el Pérmico - Carbonífero y fue la base para la formación del Geosinclinal Mexicano, --

el cual inició su formación en el Jurásico Superior continuando hasta el Cretácico Superior. Posteriormente la Orogenia Laramide afalló y plegó la secuencia sedimentaria durante principios del Terciario Superior los esfuerzos Laramídicos originaron basculamiento y se llegó a la etapa tafrogénica, formando grabens, fallamiento normal y con actividad ígnea. Al término del Terciario-Cuaternario, los grabens fueron cubiertos por sedimentos producto de erosión. Ya en el cuaternario se tuvo actividad ígnea de composición basáltica.

Los eventos tectónicos Pre-Laramídicos (se consideran los de la edad mayor a los 80 millones de años) efectuados en la República Mexicana y Estados Unidos influyeron de una u otra manera en el Estado de Chihuahua. La Plataforma del Diablo se creó dentro del Período Carbonífero-Pérmico, luego en el Jurásico Tardío-Cretácico el mar cubrió el canal de Chihuahua, el cual se localiza al suroeste de la Plataforma del Diablo.

El geosinclinal Ouachita presenta estratos Pérmicos sobreyaciendo a Cámbricos en la parte correspondiente a Texas y adyacente a México, pero en este país no se conocen. En Plecer de Guadalupe la secuencia Pre-Carbonífera debe corresponder a una prolongación del Geosinclinal Ouachita y también pasaría por Plomosas.

La etapa Tectónica Pre-Laramide predominante es la epirogénica o sea la formación de cuencas y plataformas. De acuerdo a Flaun y Díaz (1959) y a Navarro y Tovar (1974), observaron en la Sierra Peña Blanca y en las cercanías de Plomosas, características tectónicas Pre-Laramídicas y que consisten en estructuras alineadas al noroeste y que posiblemente se correlacionan con el trend Ouachita (Apalachiano); lo

que vendría a ser las únicas evidencias Pre-Laramide. Bridges (1964), (en Clark y De la Fuente, 1977), considera la deformación Paleozoica en el área de Peña Blanca como Post-wolfcampiano-Pre-Triásica y en Placer de Guadalupe como wolfcampiano Medio-Tardío.

Luego los eventos tectónicos Pre-Laramídicos continuaron los correspondientes a la Orogenia Laramide, que según Coney (1972), comprende del Cretácico Tardío al Eoceno Tardío (30-40 millones de años). En la Sierra Madre Oriental las condiciones de quietud acabaron cerca de los 80 millones de años, depositándose sedimentos flisch, para luego ser plegados y afallados, terminando estas actividades en el Eoceno Tardío. En la Sierra Madre Occidental el estilo Tectónico es diferente y se tienen pocas evidencias, principalmente debido a la fuerte cubierta de rocas volcánicas de edad Terciario-Medio Temprano.

Bridges (1964) y Navarro y Tovar (1974), describieron varios empujes importantes producto de la Orogenia Laramide que plegó y falló estratos intensamente. Los sedimentos pertenecientes al canal Mezozoico Chihuahuense fueron deformados por movimientos de empuje con rumbo noreste. Sin embargo en Placer de Guadalupe- Mina Plomosas los empujes principales presentes están al suroeste. En la porción centro-oriental de la Provincia Fisiográfica que se está tratando, en el área de La Perla se tienen presentes rocas Cretácicas. Es muy posible que las fases tectónicas del este de Chihuahua y dentro del Cinturón Tectónico, corresponden a la edad Post Cretácico Temprano- Oligoceno Tardío, traslapando en parte el intervalo Laramídico.

A pesar de no presentarse evidencias tectónicas en la porción Chihuahuense de la Sierra Madre Occidental, los sucesos acontecidos en esta re-

gión y en parte de la Mesa Central del Norte, se infieren por las observaciones efectuadas por algunos autores en las regiones de Sinaloa y Sonora. En Sonora, al final del Cretácico se tiene diastrofismo, encontrándose estas rocas marcadamente plegadas y a la vez discordantes a las rocas volcánicas Terciarias- sobreyacentes y las rocas batolíticas no presentan deformación, lo cual indica formación Laramídica. En el norte de Sonora las edades de los intrusivos son de 90 a 60 millones de años y en el sur de Sinaloa de 100-45 millones de años, mostrándose así, un plutonismo activo desde el Cretácico Tardío hasta el tiempo Laramide. De esta manera se han reconocido las fases sintectónica y postectónica.

Casi al final de la Orogenia Laramide, se desarrolló un vulcanismo - calcoalcalino que produjo extensas ignimbritas riolitas y traquitas de edad entre los 40 y 20 millones de años, representadas en la Mesa Central del Norte, en la Sierra del Gallego, Área de Villa Ahumada, Área de Chorreras, Sierra La Amargosa, Área de La Perla y otras.

Durante el Terciario Medio-Tardío y dentro del ciclo tafrogénico Mexicano, actuó un fallamiento normal de rumbo NW-NE, cortando en ocasiones empujes antiguos. En el noreste de Chihuahua y porción adyacente de Texas, los efectos de compresión y actividad volcánica estuvieron acompañados por levantamientos regionales. El vulcanismo falló bloques y acentuó el flanco suroeste de la Plataforma del Diablo y algunas Cuencas Laramídicas y cordilleras en Chihuahua. Los rumbos de las fallas de gravedad coinciden aproximadamente con los trends Laramídicas sobre los cuales fueron superpuestas.

IV. 2.2. Geología Estructural del Area La Perla.

El área volcánica de La Perla corresponde a una etapa casi final de la Orogenia Laramide, durante la cual se desarrolló un volcanismo calcoalcalino y peralcalino, determinado por una edad entre los 27.2 y 31.7 millones de años.

La mayoría de los contactos de unidades de roca se presentan a lo largo de fallas de desplazamiento de rumbo incierto. Se considera que el fallamiento y estructuras presentes en la sierra de Mesteñas y las Brujas-Hundido son contemporáneas a la actividad ígnea las predominantes y esenciales, y posteriores las escasas, y secundarias. La máxima inclinación observable en las rocas es de 40° , a causa del fallamiento que las afecta, pero generalmente la inclinación es de 3° .

Hacia el norte del área y controlando los afloramientos de la Riolita Hundido e Ignimbrita Las Brujas se tienen estructuras de rumbo NW-SW son las que se encuentran relacionadas con el control del flujo de los fluidos mineralizantes de la zona.

Trabajos de interpretación sobre una imagen del skylab IV y los datos vaciados sobre hojas detenal, escala 1:50 000, dieron como resultado una serie de estructuras de forma circular y semicircular y fallamiento asociado, (Plano No. 1).

Hacia el sur de La Perla, en el área El Macho, se localizan dos estructuras semicirculares concéntricas, estando la exterior afectada por una falla de rumbo NE-SW, la cual es afectada por la estructura interna. Al norte de estas estructuras se tienen algunas fallas de rumbo NEE-SWW que cruzan o pasan cercanas al yacimiento La Perla y que de una

forma u otra lo afectan. La porción noroeste de la estructura semicircular exterior se caracteriza por presentarse en zonas de relieve topográfico más bajo que el resto de la estructura, que en contraste, representa las partes altas del área. Las rocas predominantes son - el pórfido traquítico (Riodacita, según Campbell y Van Allen) de la formación La Perla, incluyendo sus dos miembros; además de pequeñas áreas cubiertas por la Andesita Potésica San Lucas y la Riolita Hundido.

La anterior estructura es importante por estar cercana al yacimiento, por considerarse asociada al mismo y por la presencia de --- áreas con fuerte alteración argílica (no mapeada) y sílica.

Una estructura circular se presenta en la formación La Perla, - Miembro Mina, a 4.5 Kms. al oeste de La Perla. Es de dimensiones mucho menor que la mencionada anteriormente, hacia el oeste está definida por una falla de longitud considerable, la cual hacia el suroeste marca el contacto con la Ignimbrita Tacubaya. Hacia el este y noroeste se localizan dos áreas con presencia de mineral de hierro, cercanas a fallas o fracturas de rumbo NNE-SSW y NEE-SW, que también - deben estar relacionadas con la estructura mayor al sureste.

Mas al NW de La Perla, a 12 Kms. y dentro de la Ignimbrita Tacubaya se distinguen tipos de estructuras semicirculares, una de ellas asociada a silicificación presente hacia su borde sur.

Afectando a la Riolita Hundido e Ignimbrite Las Brujas se tienen al sureste del Prospecto Hundido, una estructura curva que probablemente sea una parte de una estructura circular, pero que está afectada por fallas, y una estructura circular dentro de la anterior.

Estas estructuras resultan de interés por asociarse a dos manifestaciones de hierro con fallamiento o fracturamiento de rumbo NE. Una es el Prospecto Hundido, hacia el noroeste y otro al sur en el Cerro del Bronce y con alteración argílica.

Se recomienda de interés sean consideradas las estructuras mencionadas, en trabajos posteriores, para definir con mayor claridad su potencial económico en la prospección por hierro del área.

IV.- 3 Geología Histórica.

La tectónica de la región tiene una estrecha relación con los procesos y efectos ocurridos durante las etapas del tiempo geológico, tales como la Orogenia Nevadiana (Pérmico) y Laramide (fines del Cretácico y principios del Terciario), principales responsables de las estructuras del área. (Clark y de La Fuente, 1978).

Durante el Paleozoico, los sedimentos que se depositaron en aguas someras, sufrieron posteriormente una serie de plegamientos y levantamientos tectónicos, trayendo como consecuencia una gran acumulación de conglomerados, limolita y poca caliza, además de varias discordancias y cambios de facies.

En general, la mayor parte de rocas que afloran pertenecen a la zona orogénica cretácica y en menor proporción cenozoica, de acuerdo a las principales divisiones tectónicas.

Las rocas cretácicas que se depositaron en el Geosinclinal Mexicano, tuvieron su fuente de sedimentos en las zonas marginales positivas que rodeaban al mencionado Geosinclinal. Durante el Neoceno estas tierras positivas se localizaban al sur de Estados Unidos, colindantes al norte con el Estado de Chihuahua; al oeste, la

la parte positiva la formaban lo que hoy se conoce como la región Tarahumara, cubierta por depósitos ígneos en su mayoría; al oriente, casi en el límite de Chihuahua y Coahuila, se levantaba la -- plataforma positiva de la Península de Coahuila; en la parte central, en el área de ciudad Chihuahua-Aldama, probablemente también existía una masa de tierra positiva denominada Isla de Aldama. Esta situación da lugar a que los sedimentos en el Neocomiano fueran del tipo marginal. (Ramírez y Acevedo, 1957).

Las sucesivas transgresiones del mar del Golfo provocan que -- los sedimentos varíen desde las facies yesíferas de depósitos lagunares del Aptiano, a las calizas neríticas depositadas durante el Albiano.

Va en el Albiano el mar del Golfo casi cubre toda la parte -- norte de la República y únicamente una faja angosta sobre la parte occidente es ocupada por áreas positivas: Durante este período todo el Estado de Chihuahua, permanece cubierto por mar, durante las condiciones más o menos estables durante el Cenomaniano. La sucesión de avances y retrocesos del mar tienen lugar en el Cretácico-Superior, donde a finales de esta etapa, el mar se retira definitivamente. El período Maestrichtiano marca el final de la gran invasión marina epicontinental. (Ramírez y Acevedo, 1957).

A finales del Cretácico y principios del Terciario se presenta la Orogenia Laramide que da lugar a la formación de las cordilleras del Noroeste del país, además de una serie de fallas alineadas en la dirección general de las estructuras regionales, NW-SE,

y otras en dirección perpendicular. Estas zonas de debilidad fueron aprovechadas para el emplazamiento de cuerpos intrusivos que al ir - cortando la secuencia sedimentaria existente, metamorfizaron parte de ellas y además mineralizaron en algunas partes los lugares más favorables.

Posteriormente la gran actividad ígnea extrusiva desarrollada en el intervalo que comprende desde fines del Terciario hasta principios del Cuaternario, cubre una amplia superficie, quedando en la actualidad algunas sierras constituidas por estos derrames.

Finalmente, los agentes de intemperismo y erosión le han dado a la región el aspecto que actualmente presenta; además de originar los depósitos de aluvión y talud.

V.- GEOFISICA

V. 1 Introducción

Con el objetivo de localizar áreas favorables en presentar concentraciones de minerales de hierro, se han llevado a cabo dos etapas de exploración con métodos geofísicos. La primera de ellas se realizó en 1964 por Cárdenas Vargas y Del Castillo García del Consejo de Recursos Naturales No Renovables. Estos trabajos consistieron de levantamientos de magnetometría terrestre dentro y fuera del yacimiento y sondeos eléctricos en el yacimiento, el objetivo principal era el de delimitar la zona mineralizada ya conocida y localizar nuevos cuerpos ocultos, para ello tomaron como base la geología del área previamente conocida y los datos obtenidos de los 25 barrenos de diamante perforados por Crockett para Minas del Norte, S.-A.

La segunda etapa se inició en octubre de 1971 por la misma dependencia gubernamental, efectuándose levantamientos aéreos y terrestres dentro de un polígono de 10 000 Km² denominado "La Perla". La magnetometría aérea fue útil desde el punto de vista de que en una forma rápida y económica se determinaron áreas favorables, las cuales posteriormente y con apoyo geológico se checkaron con magnetometría terrestre.

Los métodos geofísicos son utilizados en la exploración en base al contraste de propiedades físicas que existe entre los minerales -

a prospectar y la roca que los contiene. Resultan ser de mucha utilidad sobre todo cuando se combinan con la geología, así pueden eliminarse áreas y a la vez seleccionar otras que presentan características favorables de mineralización. Ahora bien si se considera el caso particular de los yacimientos de hierro en que se sabe que los principales ya se conocen y que actualmente deben buscarse los que se encuentran sepultados, la geofísica resulta ser de enorme utilidad.

V. 2 Métodos Geofísicos

V. 2. 1. Magnetometría.- Para el caso de la etapa realizada en 1964, se efectuó un levantamiento magnetométrico sistemático en el cual se proyectaron dos líneas base perpendiculares entre sí, orientadas N-S y E-W, respecto a las cuales se trazaron líneas paralelas y equidistantes a 100 metros, formando así un sistema reticulado de estaciones de lectura. Al terminarse el levantamiento mencionado, se determinaron algunas zonas que presentaban variaciones considerables en la intensidad magnética, por lo cual se estimó conveniente detallar esas anomalías con lecturas en puntos intermedios para delimitar con exactitud las áreas más interesantes.

Para este levantamiento detallado se utilizaron dos magnetómetros de torsión marca Askania, modelo GFZ, con aproximación de 2.2 y 2.3 -- gammas. Así fue como se determinó un valor general entre 6000 y 7000-gammas para la intensidad magnética vertical (relativa). Quedando las zonas mineralizadas definidas entre los 0 y 11 000 gammas, entre las -

cuales se localizaron los dipolos negativo y positivo con rangos de 0 a 5500 gammas y de 11 000 gammas, respectivamente.

El criterio interpretativo utilizado para los datos obtenidos con los cuales se determinó la forma y profundidad del mineral, fue de dos tipos, uno comparativo, en el cual se aprovecharon los cortes litológicos de los barrenos comparándolos con los resultados del área correspondiente y posteriormente extrapolando este criterio se aplica a las demás áreas según sean los valores obtenidos. El otro criterio se basó en fórmulas específicas y se aplicó en aquellos casos en que se delineaba claramente alguna polaridad; además de que pueden ser calculados forma, tamaño e inclinación de los cuerpos anómalos.

La exploración geofísica de aeromagnetometría iniciada en 1971 y concluida en 1973, se llevó a cabo con un avión bimotor Twin Pioneer con un magnetómetro aéreo Barringer de precesión nuclear que mide la intensidad magnética del campo total, con líneas de vuelo paralelas entre sí transversales a las estructuras geológicas predominantes, -- el espaciamiento de las líneas fue de un kilómetro orientadas con un rumbo NE 30° SW y en los casos de interés geológico previamente seleccionados, las líneas se espaciaron a 500 metros entre sí, el tipo de vuelo fue de contorno a una altura de 300 metros sobre el nivel del terreno, teniéndose una tolerancia de 500 metros de máxima desviación a ambos lados de las líneas proyectadas, en tanto que en el sentido vertical fue de ± 75 mts.

Posterior al levantamiento aéreo se seleccionaron áreas con anomalías magnéticas de interés de acuerdo al rango anómalo y a la geología presente, para que fueran reconocidas por magnetometría terrestre

y geología. En los levantamientos de reconocimiento la longitud y separación entre líneas es variable, dependiendo de la anomalía -- identificada, su localización en el terreno y de su importancia geológica.

V. 2.2 Sondeos Eléctricos. - Los sondeos eléctricos se efectuaron como complemento a la magnetometría con el fin de tener una idea de la profundidad y espesor de la porción oculta del yacimiento. Para este método se empleó un geómetro tipo Gish Rooney. El programa de sondeos eléctricos se restringió al área del yacimiento y consistió en aplicarse en aquellas áreas que presentaban mayores probabilidades de mineralización de acuerdo a los resultados de magnetometría y a alcanzar profundidades entre 100 y 150 metros. La técnica empleada conocida como sondeo eléctrico corresponde al método eléctrico de resistividad y para llevarla a efecto se seleccionó el arreglo Wenner-Newmann-Lee, o sea de espaciamientos iguales entre los electrodos de corriente y de potencial, quedando los electrodos colocados en los extremos de la línea. Esta técnica consiste en elaborar una gráfica de resistividad aparente de acuerdo con los datos -- derivados de las lecturas correspondientes a las diversas profundidades observadas en determinada estación en la cual se desean conocer las características litológicas del subsuelo.

Actualmente La Perla Minas de Hierro, S. A., cuenta con magnetómetros marca Scintrex, tipo MP-2 de precesión protónica con resolución de $1 \text{ } \gamma$ y un equipo de resistividad y polarización inducida marca Scintrex, modelo IPR-8, IPE 7-2.5 Kv al cual se ha utilizado en la búsqueda de acuíferos que puedan auxiliar en el suministro de agua a la Unidad.

Se tiene conocimiento que PEMEX ha efectuado vuelos de magnetometría en el área en que se localiza La Perla, así como trabajos de gravimetría regional, pero esta información no es de fácil acceso.

V. 3 Resultados Obtenidos.

Respecto a la primera etapa de geofísica se obtuvo por magnetometría una delimitación del cuerpo mineralizado así como la presencia de varios dipolos magnéticos considerados como causa de irregularidades de la mineralización derivadas de la presencia de grandes caballos de roca encajonante. Lo trascendente fue la presencia de anomalías que sugirieron la existencia de una extensión de la mineralización orientada al suroeste, y la que posteriormente por perforación sería descubierta y llamada Perla Sur. Igualmente fue posible delimitar algunas fallas al norte del yacimiento y que en la actualidad siguen definiéndose.

Por medio de los sondeos eléctricos fue posible comprobar las profundidades calculadas para la cima del mineral en los lugares en que se habían perforado algunos barrenos, teniéndose errores del orden del 20% en los sondeos comparados con los barrenos. En algunos sondeos no se obtuvieron los resultados esperados por dos razones, la topografía del terreno que resultó ser de ciertas irregularidades y para lo cual el método se recomienda aplicar en terrenos planos o casi planos, y la influencia de la zona de alteración de la roca encajonante.

De la segunda etapa en cuestión de magnetometría aérea se obtuvo que las anomalías registradas tienden a agruparse en franjas a--

largadas en dirección NW-SE, coincidiendo con los grandes rasgos - fisiográficos de la región. Las discrepancias con respecto a esta tendencia se consideraron como "anomalías regionales" posiblemente positivas para los fines que se persiguen debido a que pueden indicar rasgos geológicos de interés, como zonas de fallamiento o emplazamiento de cuerpos ígneos intrusivos.

El yacimiento La Perla se presentó como una expresión magnética dipolar (alto y bajo magnéticos asociados) bien definida y a marcando el área conocida del depósito, lo que fue un apoyo de -- comprobación del trabajo efectuado. Además de acuerdo a la anomalía resultante del yacimiento fue utilizada para compararla con - otras anomalías obtenidas.

Se seleccionaron 98 anomalías, 81 dipolares y 17 altos magnéticos, y para considerarlos como tales se tomó en cuenta, principalmente, la existencia de una anomalía regional, particularmente si queda geográficamente asociada con afloramientos conocidos de rocas ígneas intrusivas y/o mineral de hierro, la intensidad y extensión de la anomalía local, la cercanía de afloramientos de hierro conocidos y la presencia de rocas encajonantes y/o rasgos estructurales favorables.

Las 98 anomalías se separaron en tres grupos por orden de im portancia aparente de acuerdo con los factores anteriormente mencionados:

Grupo I.- Cuarenta anomalías de mayor interés que es conveniente considerar en los trabajos terrestres.

Grupo II.- Veinte anomalías necesarias de verificarse en el terre

no, aunque no de prioridad.

Grupo III.- Anomalías de importancia secundaria, 38, que sería conveniente reconocer para tener una idea más completa de las posibilidades potenciales del área en estudio.

Finalmente como resultado de magnetometría terrestre fue el -- descubrir 2 yacimientos, Chorreras y El Anteojo, con un tonelaje total de aproximadamente 7 millones de mineral de hierro entre los -- dos.

En el presente trabajo se mencionan las anteriores etapas de -- exploración por métodos geofísicos a pesar de ser lejanos a la fe-- cha actual, por considerar que pueden resultar de enorme utilidad -- para futuras prospecciones, tanto los resultados obtenidos en el -- descubrimiento de cuerpos de mineral como el reconsiderar anomalías de cualquiera de los grupos mencionados, ya sea porque no fueron re conocidas en el campo como por el de observarlas con las nuevas téc nicas y experiencias relacionadas a yacimientos de hierro.

VI.- PERFORACION.

Durante la vida de exploración y explotación del yacimiento, - se han llevado a cabo varias etapas de perforación.

En 1953, Robert E. Crockett, perforó 25 barrenos con corona de diamante y el objetivo de conocer la potencialidad del yacimiento.- Estos barrenos fueron efectuados en diversos puntos del llamado Cerro del Fierro que representaba la parte alta del yacimiento y donde se presentaban los afloramientos de mineral, y que en la actualidad se le conoce con el nombre de Perla Norte. Los resultados obtenidos fue el cálculo de 47.600,000 toneladas de mineral de hierro.

En 1961, el Consejo de Recursos Naturales No Renovables (Consejo de Recursos Minerales), efectuó 7 barrenos con equipo de perforación de diamante, en su mayoría con un diámetro Ax y una longitud total de perforación de 1267.78 metros. Estos barrenos fueron perforados en base a estudios geológico-geofísicos; en el área conocida como Perla Sur. De estos estudios se calcularon 5.394,927 toneladas como mineral positivo y 5.535,992 toneladas como mineral probable; cantidades que al sumarse son bastante similares al cálculo actual basado en cerca de 50 barrenos de Stenuick y diamante.

Posteriormente La Perla Minas de Fierro, S. A., ha llevado a cabo tres etapas de perforación con equipo stenuick y diamante con la idea de ubicar reservas y definir granulometrías, una de las etapas fue de mayo de 1965 a mayo de 1966 con 42 barrenos de Stenuick y 2 de diamante, y longitud total de perforación de 2,046.50 -

mts. y 121.0 mts., respectivamente, Otra etapa fue de marzo de -- 1970 a junio de 1976, con 157 barrenos de diamante con 16,084.77 mts. y 76 barrenos de stenuick con 2,849.0 mts. y la última de -- ellas y la considerada en el presente trabajo, comprende de marzo de 1979 a octubre de 1981, con 61 barrenos de diamante y 6,045.0 mts. y 24 barrenos de stenuick y 845.0 mts.

Las primeras dos etapas de perforación de La Perla Minas de Fierro, S. A., se desarrolló con tendencia a completar una cuadrícula de 50 mts. de separación entre cada barreno; luego al quedar incompleta esa cuadrícula y sin definirse finalmente el límite -- del yacimiento se programó y efectuó la etapa tercera.

VI 1 Barrenación con diamante.

Este tipo de perforación se efectuó con 4 máquinas Long Year No. 38, dos de chuck mecánico y dos hidráulico, cada una de ellas con una bomba. La tubería utilizada fue de tipo NQ, recuperando -- núcleos con diámetro de 2 pulgadas. Las coronas de diamante utilizadas fueron de diversos tipos debido a la naturaleza heterogénea de la roca y mineral. En opinión personal el tipo de broca impregnada fue la de mayor rendimiento en metros en comparación con el costo y con otros tipos.

En general se obtuvo un promedio de 4 metros perforados por turno de 8 horas, con recuperación media del orden del 90%. Los -- principales problemas que se tuvieron durante la perforación fue la pérdida de agua, causada por la presencia de fracturas y fallas de preferencia en la roca encajonante, así como la dureza -- del mineral en áreas con fuerte silicificación y en menor propor-

ción el mineral pulverulento.

La barrenación con diamante es la confiable para el cálculo de reservas, ya que por su sistema de recuperación de núcleos es fácil determinar los contactos entre mineral y roca, así mismo se definen con exactitud los espesores mineralizados y la granulometría del mineral. Además, es de suma utilidad para el conocimiento geológico del yacimiento, al considerarse las texturas y estructuras presentes en los núcleos obtenidos.

Otras de las ventajas son la capacidad de perforar a profundidades hasta de 500 metros, cantidad que pasa la aceptable a este yacimiento que, si se considera la topografía original sería de -- 250 metros, y al no tener graves problemas técnicos debido a la presencia de agua en el subsuelo.

VI. 2 Barrenación con Stenuick.

Para este tipo de barrenación se utilizó una máquina neumática stenuick AS-100, la cual recupera muestras en polvo hasta una profundidad no mayor a los 61.0 metros. Se utilizaron durante el período 2 máquinas.

Estas máquinas se utilizaron para conocer de manera práctica y rápida la potencialidad de una área específica o el de definir espesores cortos de mineral localizados cerca de la superficie. En el caso que se ocupa las máquinas Stenuick fueron utilizadas para definir la configuración de las secciones geológicas, conocer la granulometría del mineral y determinar la posibilidad de mineralización en algunas zonas.

Su utilidad fue bastante aceptable y es recomendable seguir -

utilizandolas en la mina como apoyo al mapeo geológico y ayudar - así a la selección de áreas de explotación.

Los principales inconvenientes que se presentan durante la - perforación con este tipo de equipo es el de no terminar los ba-- rrenos cuando se tiene presencia de agua, mineral pulverulento y arcillas con agua. En cambio resulta ser bastante económico, el - equipo es sencillo y los brocas de tungsteno utilizadas rinden en rocas de dureza media alrededor de los 400 metros.

Como se observa en la figura 4, no fue posible completar la cuadrícula totalmente debido a la operación en la mina.

Tanto el equipo de diamante como el de Stenuick son propie-- dad de La Perla Minas de Fierro, condición que favorece notable-- mente a los trabajos exploratorios.

VII.- YACIMIENTOS MINERALES.

VII. 1 Forma y Dimensiones

El yacimiento La Perla es conocido en la unidad minera como Perla Norte y Perla Sur. La primera de ellas comprende de la coordenada 4650 N a la 5375 N; la segunda abarca de la 4225 N a la 4650 N.

La parte del cuerpo correspondiente a La Perla Norte presenta -- una forma cómica, con su base prácticamente horizontal, por lo que -- presenta inclinaciones al norte, sur y este, en cambio la porción oeste presenta una irregularidad notoria debido a fallas y fracturas rellenas por mineral. El área denominada Perla Sur se considera en parte correspondiente a la estructura cómica de La Perla Norte y la otra porción más al sur presenta una forma de relleno de fractura con inclinación al oriente y de rumbo NE-SW.

Los límites laterales del yacimiento, en planta, originan una -- burda forma de un cono, con su parte amplia al norte y la angosta al sur. El eje mayor se orienta con rumbo $NE30^{\circ}SW$ (figura 4).

En general, el cuerpo mineral carece de uniformidad, ya que en -- cualquier sitio se pueden apreciar zonas de roca estéril dentro del -- mineral distribuidos por todo el yacimiento. La excepción a tal falta de uniformidad se presenta entre las coordenadas 4225 N y 4425 N, -- debido a su emplazamiento en una fractura.

El yacimiento tiene una longitud de 1200 mts. según el rumbo $NE-30^{\circ}SW$; en su parte más ancha alcanza a medir 700 mts. y la más angosta 100 mts., definiéndose un ancho medio de 400 mts.

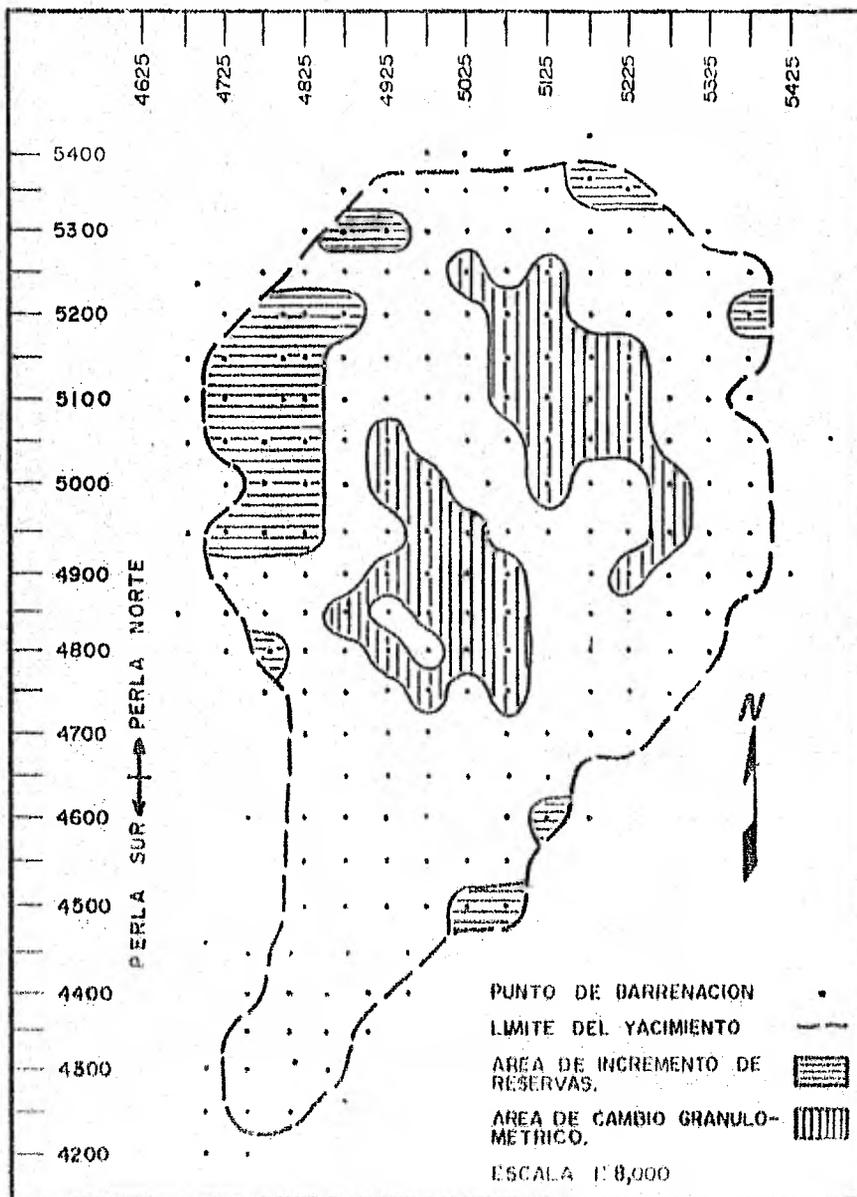


FIGURA No.- 4.- PLANO DEL YACIMIENTO LA PERLA, INDICANDO PUNTOS DE BARRENACION, AREAS DE INCREMENTO DE RESERVAS Y CAMBIO GRANULOMETRICO.

QUINONES SEPULVEDA RAMON
MAYO, 1982

VII. 2 Mineralización.

La mineralización del yacimiento y su relación con la roca encajonante, se muestra en el plano geológico del yacimiento (plano - 2), y se indica dividida en 11 unidades que se enumeran y definen a continuación.

Mineral masivo.- En las áreas de explotación y producción, este mineral recibe el nombre de macizo o trozo, pero como mineralógicamente lo correcto es masivo, así se adoptará en el presente trabajo. - Está constituido principalmente por hematita, la magnetita aparece diseminada, y se tiene también calcita y cuarzo rellenando vetillas, limonita en planas de fracturas y caolín diseminado. (Foto No. 7)

Mineral pulverulento.- Este término se refiere al tipo de mineral que se presenta como polvo. No se diferencian las especies mineralógicas. (Foto No. 7).

Mineral Masivo silicificado.- Este tipo de mineral es hematita con un alto contenido de sílice (25 a 30%) finamente diseminado, el cual en la actualidad no se beneficia, sino que se almacena.

Mineral masivo aceración.- Es un mineral principalmente constituido por martita y specularita, presenta pequeñas cavidades donde se observan cristales octaédricos de martita y calcita. Contiene un alto porcentaje en hierro (60% o mas), es bajo en azufre, fósforo y silice; características que favorecen a ser enviado directamente al alto horno después de su explotación.

Mineral compactado.- Es el tipo de mineral que durante la explotación, acarreo, etc., parte queda como masivo y parte como pulverulento. En producción se considera masivo, pero en geología se hace la diferenciación para observar posibles relaciones con fallas o --

fracturas.

Mineral masivo y pulverulento.- Así se consideran aquellas zonas donde se presentan mezclados esos tipos de mineral. No se diferencian - especies mineralógicas. (Foto no. 7).

Mineral brechado con roca.- Se indican de esta manera las zonas donde el mineral, principalmente pulverulento, contiene fragmentos de - roca estéril.

Roca brechada con mineral.- Son las áreas donde el mineral se presenta como vetillas entrelazadas que cruzan la roca (stockwork). (Foto - No. 8).

Roca.- Es el pórfido traquítico estéril perteneciente a la Formación La Perla, Miembro Mina, que encajona al mineral, se considera ante--rior a la mineralización. (Foto No. 9).

Arcosa.- Roca sedimentario, localizada únicamente al norte del yacimiento y sobreyace al mineral y el Miembro Mina.

En el mismo plano se indican zonas de alteración.

El mineral gradúa lateralmente a una red irregular de vetillas- (stockwork) (Foto No. 10), hacia arriba gradúa a una brecha de colapso (Foto No. 11) con la roca encajonante alterada a caolín y argilita y márgenes reemplazados irregularmente; hacia abajo, se ha observado en los núcleos de los barrenos, que se tienen zonas de stockwork.

Se considera que la mineralización estuvo controlada por fallas, (Foto No. 12) tanto en su salida como en su depósito y por las características físicas y químicas de la roca que la contienen. (Foto No. 13).

Como minerales de mena se tienen, mencionándolos en orden de mayor a menor abundancia, hematita, magnetita y goethita. Los minerales de ganga son el cuarzo, calcita, yeso, caolín, fluorita, piritita y apatito.

Los elementos considerados como nocivos para los minerales de hierro destinados a la fabricación del acero son, el azufre (yeso, piritita) y fósforo (apatito), principalmente, y en menor proporción la sílice.

Crockett (1953), determinó la ley media del yacimiento, basándose en los 25 barrenos perforados en ese tiempo, resultando: 59.79% de Fe; 0.104% de P; 0.47% de S; 6.10% de sílice y 3.13% de óxido de calcio.

La Comisión de Fomento Minero (1978), analizó 6 muestras de mineral y definió la siguiente ley media:

Fe	58.61%	CaO	1.49%	P	0.39%
Fe ⁺⁺	2.51%	MgO	0.41%	P ₂ O ₅	0.90%
SiO ₂	9.47%	Na ₂ O	0.17%	S	0.04%
Al ₂ O ₃	2.14%	K ₂ O	0.91%	Mn	0.15%

Con una densidad para el mineral de 4.4.

Igualmente, definió porcentajes de las especies mineralógicas presentes, siendo los siguientes:

Hematita	69.41%	Caolín	1.59%
Magnetita	6.11%	Cuarzo y	
Feldespatos	6.26%	Cristobalita	0.71%
Goethita	3.83%	Calcita	0.44%
Cuarzo	3.51%	Blotita	0.90%
Apatito	2.13%	Piritita	0.06%

VII.3 Estratigrafía

En el yacimiento se encuentran el Miembro Mina de la Formación La Perla y la arcosa lítica, asociadas a la mineralización.

El pórfido traquítico del Miembro Mina, encajona al mineral, y su base no se ha definido. Se conoce por barrenación que el Miembro Mina se presenta hasta 150 metros por debajo de la base del mineral, caracterizándose por contener cristales de pirita.

Estudios petrográficos llevados a cabo en núcleos del barreno que ha alcanzado la mayor profundidad, muestran de abajo hacia arriba una alternancia de pórfidos traquíticos y vitrófidos riolíticos.

La arcosa lítica se presenta sobreyaciendo al Miembro Mina y al mineral, en discordancia. El hecho de presentar en su base fragmentos subredondeados y subangulosos de hematita y de pórfido traquítico, así como estar en discordancia y sin alteración, indica su formación posterior a la etapa de mineralización. Esta roca se depositó en el flanco norte del original cerro de fierro, por lo que su espesor es variable y lo máximo conocido es de 80 metros.

En resumen, el mineral se encuentra dentro del Miembro Mina en todo el yacimiento, con excepción de la parte norte en que es cubierto -- parcialmente por las arcosas.

VII.4 Roca Encajonante

La roca encajonante es principalmente el pórfido traquítico del Miembro Mina, presentando variaciones de composición traquiandesítica y riolítica, de texturas porfídicas.

Campbell y Van Allen, llaman vitrófido de riocacita a la roca en-

cajonante y definieron su composición química, que es: SiO_2 , 66.8%; - Al_2O_3 , 15.1%; K_2O , 4.6%; Na_2O , 4.0%; CaO , 1.8%; Fe_2O_3 , 1.2% y FeO , -- 1.0%.

El contacto de la roca encajonante con el mineral es bastante variable ya que por abajo de la base mineral se presentan cuerpos pequeños de hematita y magnetita (como puede observarse en varias de las secciones geológicas) (Plano No. 3) rellenando fracturas u horizontes de roca reemplazada.

También la arcosa lítica se considera como roca encajonante por presentarse sobreyaciendo al mineral, aunque no haya presentado influencia sobre el emplazamiento del mismo.

VII. 5. Alteraciones

Las alteraciones observables son, en orden de intensidad, caolinización, silicificación, argilitización, hematitización, cloritización y sericitización.

La caolinización se presenta como alteración parcial y total de los feldespatos del pórfido traquítico, afectándolo en toda el área. Hacia el este (Plano No. 2) se observa una zona de intensa caolinización asociada a una zona de falla o fractura.

La silicificación se presenta tanto en el mineral como en el pórfido traquítico, se presenta como jaspeoide (foto No. 14) y como jaspe; el primero se limita al contacto roca-mineral debido a falla o fractura o a reemplazamientos totales en la roca; el segundo se presenta como horizontes dentro del mineral masivo.

La argilitización se mapeó en la porción noroeste del yacimiento y asociada a una falla de rumbo $\text{N}40^{\circ}\text{E}$, que limita la mineralización.

La hematización ocurre parcial o totalmente en la biotita del pórfido traquítico.

La cloritización es parcial y se distingue en áreas aisladas, y principalmente afectando a los feldespatos del pórfido localizado -- entre el mineral.

La sericitización es bastante restringida y es posible observar la en plenos de pequeñas fracturas.

Los rasgos de caolinización intensa, argilitización y silicificación son alteraciones que se consideran como guías en la exploración de hierro en el área de La Perla.

VII. 6. Controles estructurales.

En base al mapeo geológico de la mina y a los núcleos de la barrenación, cuyos datos se han vaciado a las secciones geológicas y plano geológico del yacimiento, se considera que la mineralización y forma del yacimiento fueron controladas por fallas, fracturas y propiedades físico-químicas de la roca encajonante.

En el presente trabajo se considera que el mineral se presenta como reemplazamiento hidrotermal (Foto No. 13) y relleno de fracturas, juntas y brechas (Foto No. 15). De estos dos, el reemplazamiento predomina sobre el relleno de cavidades. Lateralmente está controlada por fallas y fracturas (Fotos Nos. 15 y 16), y en menor proporción por reemplazamiento actuando por favorecimiento de la pseudoesstratificación.

Roldán (1972), menciona una relación del depósito con un sistema de fallas de desplazamiento con rumbo 0940° SE, aproximadamente.

Benavides (1973), menciona dos sistemas importantes de fallas, el principal de ellos de rumbos 30° SE, variando a 45° SE de longi

tud mayor que las de rumbo $NE25^{\circ}SW$ a $NE40^{\circ}SW$ que afectan a algunas estructuras del primer sistema.

Van Allen (1978), considera que la mineralización del yacimiento fue favorecida en su salida por una falla localizada al norte del mismo, de rumbo NEE-SWW y que las pruebas de tal afirmación están cubiertas por arcosas.

Observando el plano geológico del yacimiento es posible determinar, de acuerdo al grado actual de explotación de la mina, estructuras preminerales y de efecto posterior a la mineralización. Así, se distingue un fallamiento y fracturamiento burdamente de forma triangular concéntrico, debido a la presencia de fallas y fracturas de rumbo NE-SW, E-W y NW-SE, que se consideran posteriores y contemporáneas a la mineralización. Fallas de edad reciente y posteriores, tanto a la mineralización como a la depositación de las arcosas son las de rumbo NNE-SSW, localizándose principalmente al norte.

Las fallas de rumbo NW-SE, localizadas en la porción centro-oriental del yacimiento, son consideradas como las controladoras de las soluciones mineralizantes.

La pseudoestratificación del pórfido traquítico se presenta claramente al noreste y suroeste del yacimiento. Hacia el noroeste se definen con un rumbo de echado al este, variando al NEE-SW y al suroeste con rumbo de echado al SW, luego estos rumbos de echado nos definen una estructura dómica con su eje mayor de rumbo NW-SE.

El plano geológico muestra en La Perla Norte que la minera-

lización de mayor interés económico, como lo son los tipos de minerales, masivo, pulverulento, compactado y aceración, se localizan en la porción central y rodeando a ésta predominan las áreas de roca brechada con mineral y mineral brechado con roca.

En el extremo norte del yacimiento no se presenta la situación anterior debido a que corresponde a una estructura tipo de relleno de fractura.

VII.7. Edad de la Mineralización

Van Allen (1978), considera que el mineral fue formado alrededor de los 30 millones de años y que fue expuesto por y a la erosión hace 25.5 millones de años. Se basa en los datos de edad del pórfido traquítico e Ignimbrita Las Brujas, además de la consideración de que la arcosa lítica subyace a la ignimbrita mencionada.

El autor no comparte la idea en lo referente a la posición estratigráfica de la Ignimbrita Las Brujas y las arcosas por lo que a continuación se trata.

Si es correcto que hace 25.5 millones de años afloró el mineral y la característica de la base de la arcosa de contener clastos de óxidos de hierro, entonces la arcosa será de una edad alrededor de 25 millones de años y no por el contrario de ser de edad mayor a 27.2 millones de años por subyacer a la Ignimbrita Las Brujas. Ahora bien, en el campo, la posición estratigráfica de las arcosas no es muy clara, y de acuerdo a su distribución y forma de afloramientos (Plano No. 1) inducen a pensar que sobreyacen a las rocas con las que están en contacto.

Finalmente, tomando en cuenta lo anterior se considera que la edad de mineralización del yacimiento La Perla se encuentra en el rango de 27 a 31 millones de años y probablemente asociada a la actividad ígnea félsica que originó a la Ignimbrita Las Brujas y Riolita Hundido.

VII. 8. Génesis

Varias ideas han sido mencionadas por diferentes autores para explicar el origen del mineral del yacimiento.

J. González (1946), consideró que se trataba de un yacimiento de origen metamórfico de contacto.

J. Cárdenas y L. Del Castillo (1964), indican como génesis la segregación magmática con inyección dentro de una traquita fracturada o parcialmente solidificada, considerando que se presentan -- evidencias de una etapa final hidrotermal debido a la presencia de jaspe con hematita, así como silicificación local y pequeños cuerpos de calcita. La ausencia de apatita es consecuencia de fluidos mineralizantes en una etapa más avanzada de diferenciación. Suponen que mientras las efusiones ígneas se sucedían una tras otra en la zona, a profundidad se llevaba a cabo una diferenciación magmática en la que una porción se enriquecía con hierro como consecuencia de la eliminación de materiales ácidos. De esta manera, hacia el final de la etapa volcánica, un fluido rico en óxidos de hierro fue inyectado, al ascender el líquido a zonas de menor presión, se formó una fase gaseosa por ebullición, la cual por neumatólisis dio lugar al mineral pulverulento. Mencionan que el cambio de magneti-

ta a hematita se debió a una solución líquida y gaseosa atrapada en el mineral y que atacó a la fase ya solidificada magnética a cambiarla a hematita.

Van Allen (1978), menciona que fluidos ricos en agua reaccionaron con los minerales máficos de partes de magma productor de las rocas ígneas del área de La Perla, así elementos como el hierro, flúor, fósforo y molibdeno no fueron compatibles con las nuevas fases cristalinas y fueron transportadas lejos del magma como soluciones ricas en flúor. Cuando estos fluidos estuvieron en contacto con el pórfido traquítico del Miembro Mina, reaccionaron con el vidrio, los óxidos de hierro se depositaron y el flúor quedó como un complejo de sílice y disolvió porciones del pórfido. El cuerpo mineral quedó en forma de domo cerca del centro de la mineralización debido al trabajo ascendente de los fluidos dentro de la roca colapsada. Las brechas de colapso, mineral compactado y brechas de colapso no mineralizadas, indican que el reemplazamiento actuó con pérdida de volumen. Las juntas y brechas facilitaron el crecimiento del cuerpo del mineral en forma irregular dentro de un manto de vidrio favorable a la reacción. Partes del pórfido no reemplazado fue convertido a montmorillonita debido a la pérdida de agua de los fluidos mineralizantes. Burnham (1962), expresó que la montmorillonita es típica de alteración argílica hidrotermal, ocurriendo únicamente en rocas con más de 2% de MgO y a temperaturas hasta de 440°C, lo que indica el límite superior de temperaturas de los fluidos mineralizantes.

Así mismo considera que las soluciones continuaron hacia el sur y que el flúor al reaccionar con el calcio de las plagioclasas del pórfido traquítico se precipitaron como fluorita. Además como venían sobresaturadas de sílice formaron los cuerpos de jaseroide (Plano No. 1). Finalmente concluye diciendo que las alteraciones hidrotermales y la mineralización de óxidos de hierro están confinadas a un horizonte del pórfido traquítico favorable a la reacción y el mineral se formó debido a soluciones hidrotermales tipo epitermal con predominancia de texturas de reemplazamiento sobre el relleno de cavidades.

Park (1972), postula que los depósitos minerales de magnetita - apatito localizados alrededor del Océano Pacífico con contenidos bajos de titanio, se formaron por removilización de formaciones de hierro Precámbricas que se encuentran a profundidad.

Bazán (1980), (y comunicación personal 1982), considera que el yacimiento La Perla originalmente fue depósito sedimentario del Precámbrico que debido a la formación de pliegues de fondo (plis de fond), fueron fundidos en cámaras magnéticas que durante el Terciario originaron el emplazamiento de las rocas volcánicas del área La Perla y otras más, y el mineral fue expulsado a través de fallas y fracturas, quedando finalmente como depósitos asociados a vulcanismo fésico y a procesos hidrotermales.

Con respecto a los yacimientos ferríferos más importantes de la región norte-central y otros lugares de México, un grupo de geólogos de diversas empresas siderúrgicas e instituciones gubernamentales ---

les relacionadas a la exploración de hierro han elaborado ciertos modelos geológicos que se presentan en las figuras 5 y 6. De acuerdo a estos modelos, el yacimiento La Perla es considerado dentro de una Secuencia Subvolcánica Superior y por lo tanto asociado a actividad ígnea y de origen magmático. Tales personas consideraron la posible existencia de una Provincia ferrífera paralela al Geosinclinal Mexicano.

Una situación similar es mencionada por Damon, Clark y otros -- (1980), al considerar que hacia el este del Estado de Chihuahua se localiza un cinturón de hierro a unos 750 kms. de la posición de la Paleotrinchera (Fig. 7) y que esos depósitos se consideraron relacionados al regreso hacia el oeste de la actividad magmática de esta -- porción de la República Mexicana.

Analizando lo anteriormente expuesto, se procederá a considerar las ideas relativas al origen del yacimiento La Perla.

Es evidente que los cuerpos minerales se encuentran encajonados en rocas de naturaleza volcánica subvolcánica de composición traquítica- traquiandesítica de edad Oligocénica.

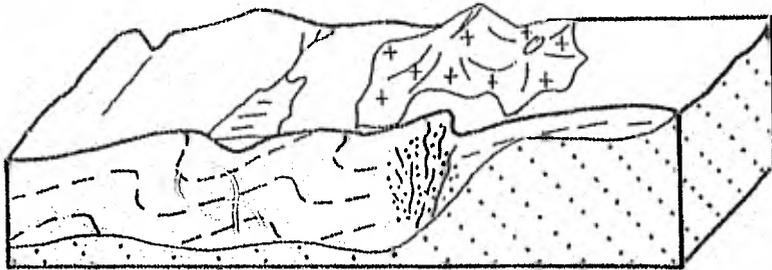
Soluciones mineralizantes ricas en flúor tuvieron una fuerte influencia en el transporte y deposición de óxidos de hierro, siendo -- originados por la reacción de fluidos ricos en agua, con un magma rico en hierro, el cual probablemente provenía de formaciones ferríferas de edad Precámbrica que fueron removilizados de profundidad a -- cerca de la superficie.

El mineral fue inyectado dentro de una amplia zona previamente-

CORTEZA TERRESTRE SUPERIOR, ANTERIOR AL CENOZOICO.

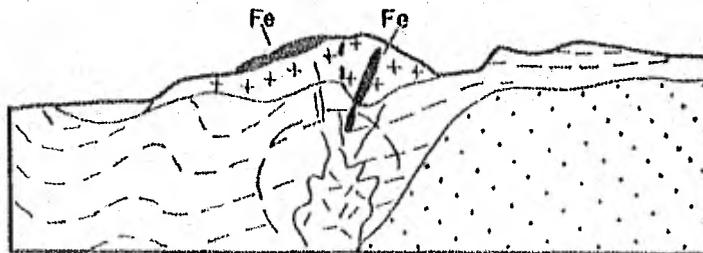
Cuenca marina mezozoica limitada por cratones continentales.

VULCANISMO MARGINAL ORIGINA LAS ROCAS (CuAl) HOSPEDANTES DE LOS PRINCIPALES YACIMIENTOS DE HIERRO.



EL MAGMATISMO DE LAS MARGENES CRATONICAS GENERA LA MINERALIZACION DE HIERRO.

El mineral se aloja en cavidades de las estructuras volcánicas y en fallas, llegando a fluir como derrame lávico.



EL VULCANISMO ACIDO CUBRE A LOS ELEMENTOS GEOLOGICOS ANTEREDENTES, LA EROSION LOS DESCUBRE EN PARTE.

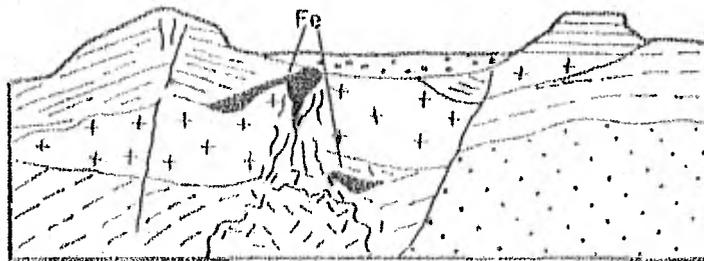
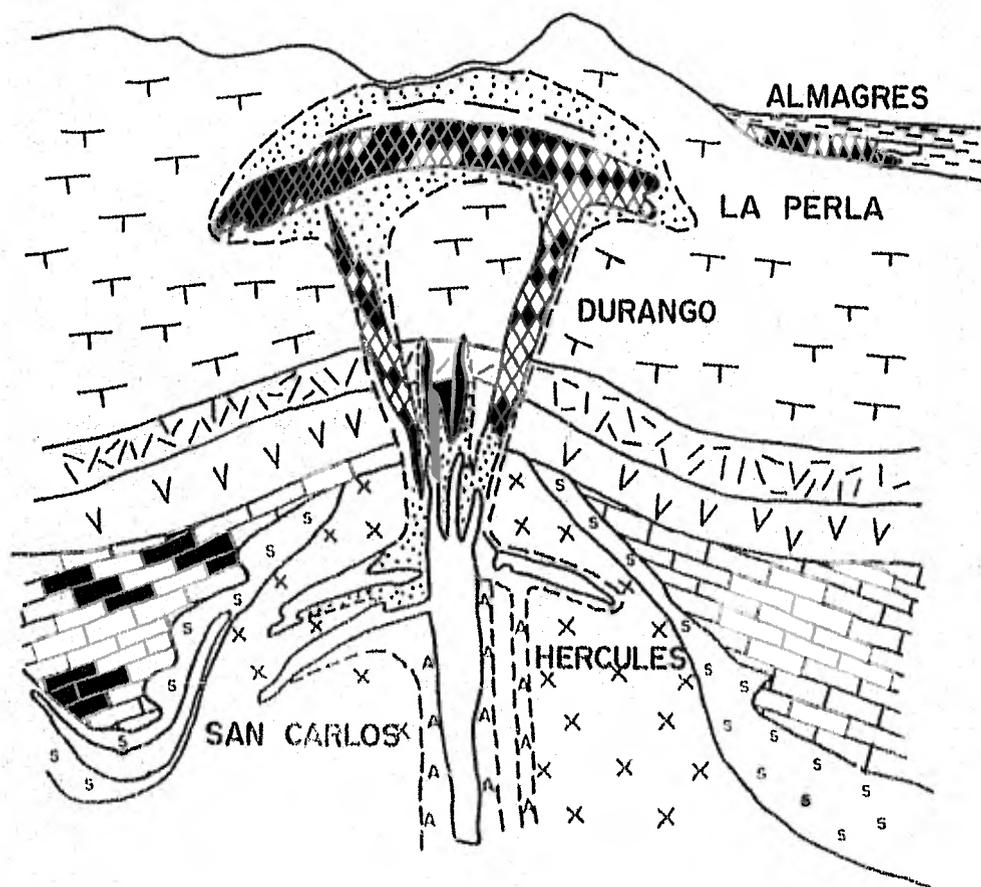


FIGURA No. 5.- MODELO GEOLOGICO HIPOTETICO DE LOS YACIMIENTOS FERRIFEROS MAS IMPOR - TANTES DE LA REGION NORTE CENTRAL DE MEXICO.



LEYENDA

	TRAQUITAS		MENAS DE HEMATITA
	RIOLITAS		MENAS DE MAGNETITA
	ANDESITAS		SKARNS
	MONZONITAS		ARGILISITAS
	CALIZAS		APATITAS

FIG. No. 6.- REPRESENTACION ESQUEMATICA DE PATRONES DE MINERALIZACION DE HIERRO.

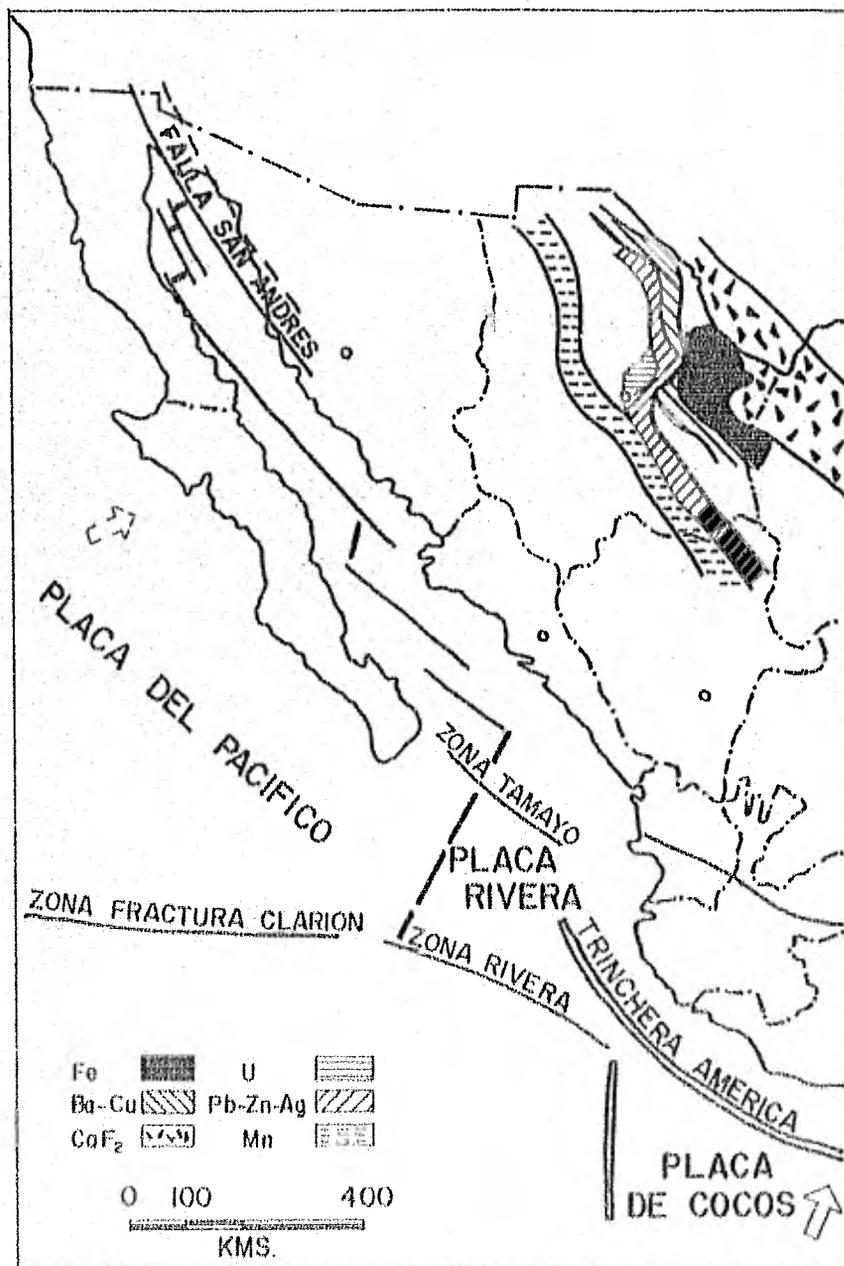


FIGURA 7.- CINTURON DE HIERRO Y SU RELACION CON LA PALEOTRINCHERA.

fallada y fracturada, la cual fue aun más brechada. Luego al exten--
derse las soluciones se tuvieron los procesos de reemplazamiento ayu
dados favorablemente por la composición química del pórfido traquíti
co y el relleno de cavidades en zonas fracturadas. Las característi
cas de reemplazamiento pueden observarse en los caballos de roca al
terada y dentro de los cuerpos de mineral, en el reemplazamiento de
los feldespatos y en el bandeamiento en ciertos lugares del cuerpo -
mineral; las características de relleno de cavidades se observan en
los stockworks y fracturas mineralizadas presentes principalmente al
poniente del yacimiento.

De acuerdo a Burnham, mencionado por Van Allen, la temperatura
de formación de los cuerpos minerales no fue mayor a los 440°C.

A manera de conclusión se dirá que el origen del yacimiento La
Perla es resultado de inyección magmática y procesos de reemplazamien
to y relleno de cavidades. El enriquecimiento en hierro del magma, --
fue debido, probablemente, a una removilización de concentraciones -
metasedimentarias de hierro acumuladas durante el Precámbrico y que -
se encontraban subyacentes a gran profundidad, posteriormente fueron
fundidas quizá por la acción volcánica.

VII. 9.- Depósitos Vecinos.

Dentro del área La Perla se tienen tres depósitos con mineral de
hierro que pueden considerarse como prospectos y que de una u otra ma
nera presentan cierta relación con el yacimiento La Perla. En la fi
gura 6 se indican las localizaciones de los prospectos mencionados, -
que son: El Hundido, La Negra y Los Galemen.

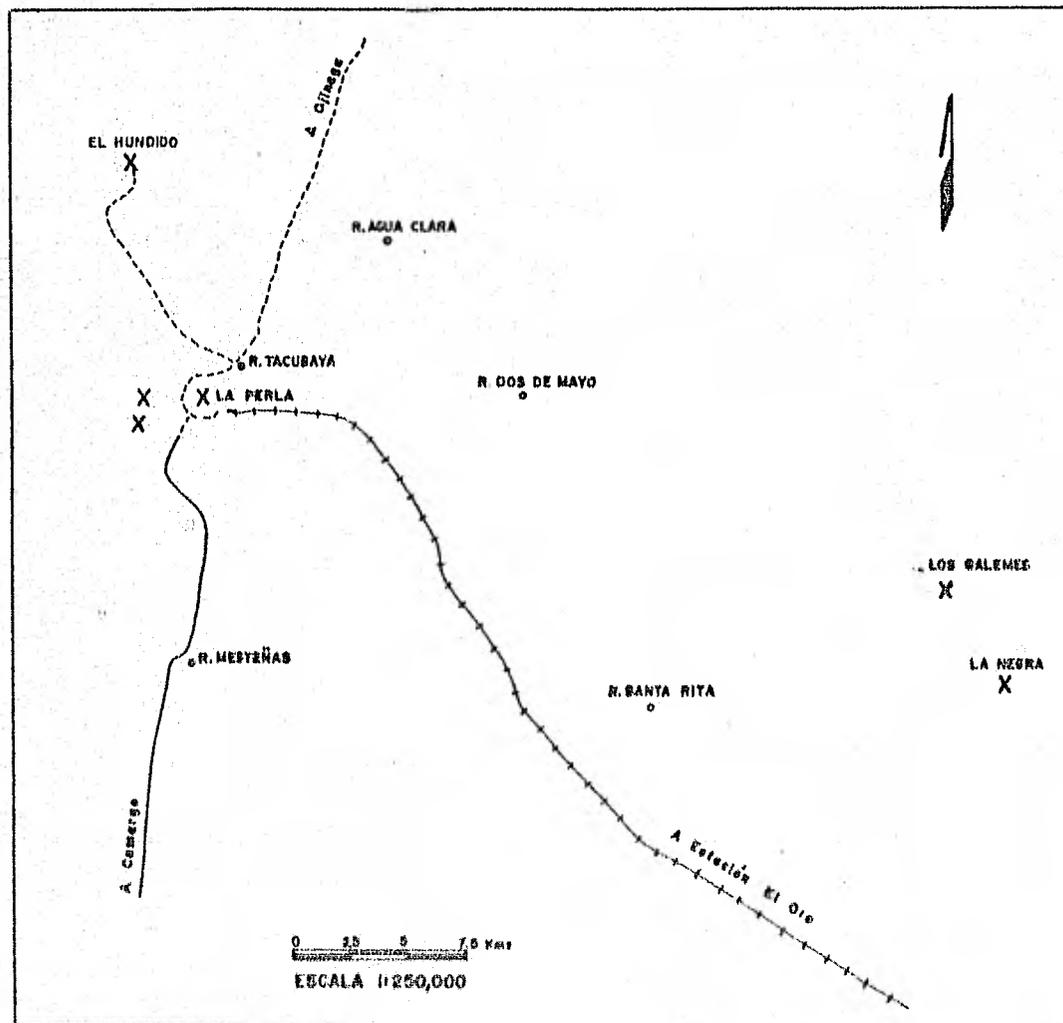


FIGURA No. 8 - LOCALIZACION DE PROSPECTOS Y AFLORAMIENTOS DE
 HIERRO EN EL AREA DE LA PERLA.
 QUIJONES SEPULVEDA RAMON
 MAYO 1962

Prospecto El Hundido.- Se localiza aproximadamente a 9.75 kms. en línea recta al NW20° del yacimiento La Perla. Se tienen pequeños afloramientos, pero se considera que su inclinación es hacia dentro del cerro El Hundido.

El mineral se encuentra dentro de la Riolita Hundido. Van Allen, cree que la mineralización se limita a un horizonte de obsidiana de color negro-verdosa, con algunas esferulitas y de un espesor no mayor a 5 metros. El contacto superior de la obsidiana gradúa a una felsita de color gris claro y su contacto inferior está cubierto por depósitos de talud.

De acuerdo al plano geológico del área La Perla y a su interpretación, el prospecto Hundido tiene relación con una fractura de rumbo -- NE-SW, una estructura semicircular localizada al este con tendencia de rumbo N-S.

Para definir la potencialidad de esta zona es necesario contar -- con trabajos de mayor detalle en cuanto al emplazamiento estratigráfico y estructuras relacionadas.

En la actualidad este prospecto está siendo evaluado por La Perla Minas de Hierro, S. A.

Prospecto La Negra.- Se ubica a 35 kms. al SE70° del yacimiento La Perla. Este lugar ya fue explotado debido a la buena calidad del mineral - Crockett (1953), obtuvo el siguiente análisis químico promedio: Fe, 67.0%; P, 0.13%; S, 0.046%; SiO₂, 3.76% y CaO, 0.48%.

La mineralización se presenta como un cuerpo de dirección N-S, de 160 mts. de largo y 40 mts. de ancho, localizándose en la cima de la

loma llamada La Negra con forma lenticular y alargada con buzamiento al sureste. Según Campbell (1977), se encuentra encajonado en la formación que él llamó Intrusión La Negra, de composición riódacítica y que Cárdenas y Del Castillo (1964), clasificaron como aplita ultra-ácida y cuarzomonzonitas. Los minerales presentes son: hematita, magnetita, specularita y martita; predominando la hematita, la cual -- fue formada por alteración de la magnetita. Como minerales de ganga se tienen, clinopiroxenos, apatita, cuarzo, calcita, hornblenda y -- biotita, con trazas de granate y pirita. La roca encajonante presenta fuerte cloritización.

Para este depósito se considera un origen de segregación magmática.

Prospecto Los Galemes. -- Este prospecto y mina abandonada se localiza a 33 kms. y al SE 75° del yacimiento La Perla, y a 4 kms. al noroeste de la mina La Negra. La mineralización se localiza dentro del -- mismo intrusivo cuarzo monzofítico de La Negra. Es posible distinguir una veta de magnetita masiva de 1 a 2 metros de espesor, 30 mts. de longitud, con un rumbo NE 70° SW e inclinación de 15° al noroeste. -- El mineral es magnetita, principalmente, con cantidades subordinadas de hematita specular, observándose también, piroxenos, apatita, calcita y calcedonia como minerales de ganga. Campbell (1977), menciona que la mayoría de las vetas de mineral se alinean con las juntas casi horizontales del intrusivo y que los contactos aparentan ser bruscos, y en el estudio de secciones delgadas se observan gradacionales. Tanto el mineral como la roca encajonante están cubiertas por caliche con clastos de magnetita.

Se le atribuye un origen similar al depósito de La Negra.

Además de estos prospectos mencionados se tienen otros afloramientos de óxidos de Hierro en el área de La Perla. Tales lugares se mencionan enseguida y con referencia al yacimiento La Perla.

Area del Macho, 4 kms. al SE10⁰.

Base del cerro El Bronce, 7 kms. al NW10⁰

Area poniente, 2.7 kms. al oeste, 3kms. al SW80⁰ y 2 kms. al SW70⁰.

VIII.- RESERVAS.

VIII. 1. Métodos de cálculo.

El cálculo de reservas se efectúa por dos métodos, el de isopacas y el de secciones; de éstos, el de secciones es el más utilizado por la rapidez del cálculo. Los dos métodos son de precisión aceptable, teniéndose una discrepancia menor al 5% entre cada uno.

A partir de la información obtenida de los barrenos, se construyen los geologramas, los cuales contienen los datos de litología, estructuras, espesores de mineral y contenido de hierro basado en análisis químicos y clasificado en categorías de mineral, baja ley (de 25% a 45%) y alta ley (mayor de 45%), además de indicar los tipos de mineral.

El método de isopacas consiste en elaborar planos de los diferentes tipos de mineral y sus leyes, al igual que de roca estéril intercalada y sobreyacente. Este método es ampliamente utilizado en la exploración minera para representar la variabilidad de formas y propiedades de los cuerpos minerales. Este método geometriza al cuerpo bajo la suposición de que la variación de la forma o propiedades ocurren continua y gradualmente de una capa a otra; la técnica del trazo de isolíneas es la misma que se utiliza para dibujar configuraciones en levantamientos topográficos, la distancia entre isolíneas depende de la naturaleza del mineral, forma del cuerpo, densidad de las perforaciones y otros factores.

El proceso a desarrollar consiste en la construcción de los planos de isopacas de los diferentes tipos de mineral o roca, enseguida se obtiene el área de cada curva por medio de planímetro, las

áreas se grafican contra sus espesores, obteniéndose una gráfica - para el cálculo del tonelaje, la cual se planimetrea para obtener a su vez el área: el área de la gráfica se multiplica por los módulos X e Y, que representan las escalas utilizadas para indicar las áreas de las curvas (X) y los espesores (Y), y así se obtiene el volumen, el cual se multiplica por la densidad correspondiente, obteniéndose de esta manera el tonelaje buscado.

El método de secciones utilizado para calcular las reservas de mineral de hierro, es considerado uno de los más adecuados por que permite tomar en cuenta las características geológicas y proporciona mejores datos para el sistema de explotación. Para que sus resultados sean más confiables, deberá ser usado principalmente en secciones paralelas. El método consiste en la división del cuerpo mineral en bloques limitados por las secciones paralelas y el cálculo por separado de cada uno de los bloques, se planimetrean las áreas de interés de dos secciones contiguas, para después promediarlas y el promedio multiplicarlo por la distancia entre secciones, obteniéndose en esa forma el volumen del bloque, que al multiplicarlo por su densidad da el tonelaje. Finalmente se suman los tonelajes de cada bloque y se obtiene el tonelaje total del cuerpo.

En ocasiones se efectuaron cálculos de reserva creando planos de isopacas en función de la configuración de las secciones geológicas, considerando así la forma del cuerpo y no haciendo la interpolación simple. De esta manera se considera que se obtiene una mayor exactitud de las reservas, pero ya en la práctica comparando ----

los resultados obtenidos de cada método se observa que no se muestran diferencias notables, se ha optado por efectuar los cálculos únicamente por el método de secciones.

Para el cálculo de reservas del yacimiento La Perla, se utiliza una densidad de 4.0 tons./m^3 para el mineral de alta ley, -- 3.5 tons./m^3 para el de baja ley y en el caso de cálculos de roca estéril sobreyacente o intercalado, 2.5 tons./m^3 .

VIII. 2 Resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos calculados por el método de secciones, considerando las de rumbo oeste-este que son la 4500N, 4600N, 4800N, 4950N, 5000N, 5050N, 5100N, 5150N, 5200N, 5300N y 5450N, - en las cuales se logró encontrar nuevo mineral en base al estudio efectuado, se presentan en la tabla número 1.

Del total de 7.1 millones de toneladas calculadas se considera que el 65% de ellas se podrán explotar, o sea 4.6 millones. -- Cantidad que equivale a cerca de 2 años de explotación. Esto viene a demostrar la utilidad de un geólogo de mina en este yacimiento y en cualquier otro.

Es de interés mencionar los resultados de barrenación en las partes centrales del yacimiento con el objetivo de definir la granulometría del mineral.

Así se tiene la sección 4900N, que anteriormente se tenía de las coordenadas 4900E a la 5125E una área de mineral pulverulento, posteriormente se definió con la barrenación que un 71% del total de esa zona correspondía a mineral masivo, un 22% a pulverulento y un 7% a mineral de baja ley.

TABLA No. 1

Sección Norte	Tipo de mineral			Todo Uno
	Masivo	Pulverulento	Baja ley	
	(Toneladas)			
4500	210,000	13,000	75,000	298,000
4600	105,000	260,000	17,000	382,000
4800	220,000	350,000	- - -	570,000
4950	360,000	560,000	- - -	920,000
5000	25,000	340,000	57,250	422,250
5050	330,000	475,000	221,800	1.026,800
5100	170,000	560,000	40,750	770,750
5150	230,000	575,000	105,250	910,250
5200	85,000	635,000	197,250	917,250
5300	- - -	85,000	285,000	370,000
5350	- - -	480,000	57,250	537,250
TOTALES	1.735,000	4.333,000	1.056,550	7.124,550

En la sección 4950N, de la coordenada 4950E a la 5075E, se consideraba un 34% como mineral masivo y 66% como pulverulento, posteriormente se definió que realmente se tenía 62% de mineral masivo, 36% de mineral pulverulento y 2% de baja ley.

Casos como los dos mencionados se presentaron en las secciones -- donde se completó la cuadrícula de barrenación. Estas áreas se marcan en la figura No. 4.

Tanto el mineral masivo como el pulverulento corresponden a mineral de alta ley.

Los resultados de esta barrenación fueron y son de suma utilidad para la programación mensual de explotación de la mina, ya que estando mejor definido el yacimiento en cuestión de granulometría se seleccionan las áreas con presencia de determinado tipo de mineral y la explotación resulta ser un nivel técnico mayor.

Independientemente del cálculo anterior, se calcularon las reservas totales del yacimiento que a continuación se resumen dividiéndose en Perla Sur y Perla Norte.

PERLA SUR

Mineral masivo	3,454,000 toneladas
Mineral pulverulento	7,042,000 toneladas
Mineral baja ley	400,000 toneladas
Mineral todo uno	10,996,000 toneladas

PERLA NORTE

Mineral masivo	9,103,000 toneladas
----------------	---------------------

Mineral pulverulento	17.482,000	toneladas
Mineral baja ley	1.825,250	toneladas
Mineral todo uno	28.410,250	toneladas

Total de reservas del yacimiento: 39.396,250 tons.

De acuerdo al programa de planeación de explotación de la mina, se espera explotar cerca del 90% de las reservas, lo que se dá a entender que se obtendrá un máximo de aprovechamiento del mineral y -- por consiguiente una planeación de explotación aceptable.

Aprovechando el trabajo de configuración original del yacimiento sobre las secciones geológicas, se calculó el mineral explotado-- desde principios de vida de la mina, obteniendo una cantidad de ---- 57.682,000 millones de toneladas, las que al sumarse con el mineral-- que aún se tiene, nos resulta un total de alrededor de 97 millones -- de toneladas de mineral de hierro todo uno, que serían la potencia -- original del yacimiento.

IX.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones

Tomando en consideración lo escrito en los capítulos anteriores se pueden resumir las siguientes conclusiones:

a.- El área de La Perla, y por supuesto el yacimiento se localizan en una zona de rocas volcánicas, subvolcánicas e intrusivas de composición calcoalcalina y edad Oligocénica, la cual queda comprendida en una faja de rumbo NW-SE que contiene a varios prospectos y yacimientos de hierro, como lo son: Hércules, La Negra, Los Galemes, El Mundido, El Cuatro, el Anteojo, Chorreras.

b).- Por datación de edades en base al método K/Ar, se conoce que la actividad ígnea del área comprende un rango de 4.5 millones de años, dentro del cual se derivaron la secuencia de rocas ígneas, el yacimiento La Perla y otros depósitos de hierro.

c).- El yacimiento La Perla se considera asociado al vulcanismo, formado por inyección de líquidos residuales, los cuales penetraron en el pórfido traquítico en parte previamente fracturado y que posteriormente en la etapa hidrotermal correspondiente actuaron los procesos de reemplazamiento y relleno de cavidades.

d).- Igualmente se considera que el yacimiento estuvo controlado por fallas y fracturas, unas de rumbo NW-SE que facilitaron la salida de los fluidos ricos en hierro, y otras NE-SW que sirvieron de emplazamiento al mineral; también se considera que estructuras dómicas semicirculares tuvieron una cierta influencia en el desarrollo del yacimiento.

e).- El resultado final obtenido de los estudios efectuados en el yacimiento con el objetivo de incrementar las reservas, resultaron ser bastante positivos, en consideración a haberse localizado aproximadamente un 20% del total de las reservas positivas y conocidas hasta antes del actual trabajo, siendo susceptibles de explotarse - de ese 20%, aproximadamente un 13%.

f).- Las reservas positivas del yacimiento son del orden de - - - - 39.396,250 toneladas, las cuales a un ritmo promedio de explotación anual de 2.5 millones de toneladas, aseguran una vida de 15.75 años para La Perla.

Recomendaciones.

a).- Muy importante es contar con un geólogo de mina, que además de realizar los trabajos normales de geología esté en contacto continuo con la Superintendencia de Mina para definir áreas de explotación y poder efectuar observaciones sobre las necesidades de producción.

b).- Para un programa de exploración en el área de La Perla, se recomienda que debe tomarse muy en cuenta la estratigrafía, sobre todo la correspondiente al emplazamiento del mineral, las fallas, - - fracturas y estructuras semicirculares que sean las más favorables para áreas mineralizadas que seguramente se encuentran sepultadas, y sin olvidar las áreas de alteración, principalmente las silicificadas y argilizadas.

c).- En el caso de las estructuras semicirculares estudiar con cierto detalle los bordes exteriores y darle mayor importancia a las zonas con presencia de alteraciones como las mencionadas anterior- -

mente, así como fallas y fracturas con cierta tendencia tangencial a esas estructuras.

d).- La geofísica con los métodos magnético y gravimétrico, asociada a la geología será de gran ayuda en la exploración, en las -- áreas definidas, como de interés en mineralización de hierro y que no presenten afloramientos de mineral, sino que se restrinjan a alteraciones y rocas favorables.

e).- Es conveniente reconsiderar los Prospectos El Hundido, La Negra y los Galemes, en cuestión de definir las estructuras favorables a la mineralización y posiblemente se puedan determinar áreas de interés para la exploración de hierro.

BIBLIOGRAFIA

- Bateman, M. A., 1974 Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico. Ed. Omega.
- Bazán B., S. 1980 Metalogénesis de la Faja Estructural Mexicana. Geomimet No. 103. Enero/Febrero.
- Benavides G.; L., Lara M. L. 1973 Exploración Regional en busca de minerales de hierro en el noreste del Estado de Chihuahua. X Convención -- AIMMGM.
- Benavides G.; L. 1976 Materias Primas para la Industria Siderúrgica. Publ. II Reunión Bienal - Ind. Sider. Méx.
- Berrios N., A.; Luckie P. M.; Palacios R., L. M. 1977 Localización de un yacimiento de hierro en el Estado de Chihuahua por -- los métodos Eléctricos y Magnetométrico. IPN. Tesis Profesional.
- Bautelspacher S., T.; Valdez, D. M. y Vélez L., J. 1973 Estudios de reconocimientos de anomalías aeromagnéticas en el Area La -- Perla. Confidencial AHMSA.
- Billing, M. P. 1974 Geología Estructural EUDESA 4a. edición. Volcanic Rocks of the La Perla Area Chihuahua, México. The University of Texas at Austin. Thesis.
- Campbell, A. R., 1977
- Cárdenas V., J. y Del Castillo, G., L. 1964 Yacimientos de hierro de La Perla y La Negra, Mpio. de Camargo, Chihuahua. CRRWR. Boletín No. 69.
- Clark, K. F.; De la Fuente, F. E. 1978 Distribution of Mineralization in - Time and Space in Chihuahua, México. Mineral Deposits. V.13 P. 27-49.
- Clark, K. F.; Damon, P. E.; Schutter, S.R.; Shafiqullah, M. 1980 Magmatismo en el Norte de México en Relación a los yacimientos Metalíferos. CRM, Univ. de Texas en El Paso, Univ. de Iowa.
- Comisión de Fomento Minero, 1978 Caracterización del mineral del Yacimiento La Perla, Municipio de Camargo. Confidencial AHMSA.

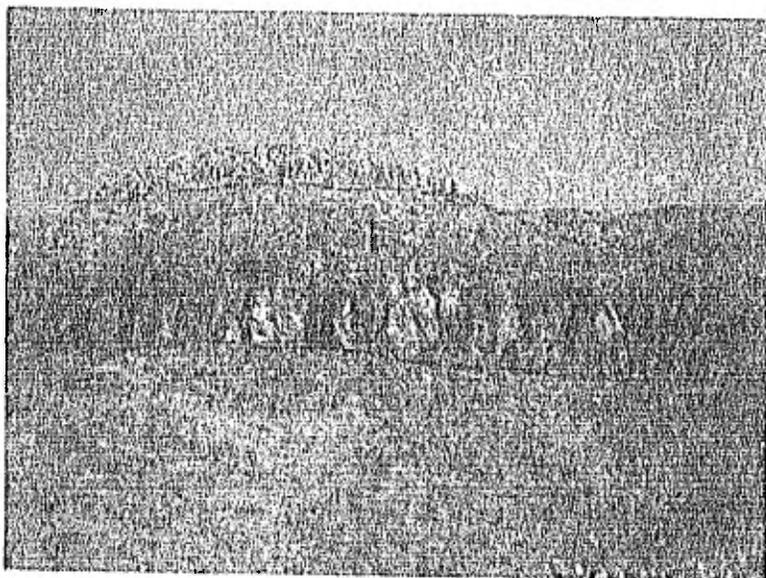


Foto No. 1 .- En la parte superior se observa la Rio-lita Hundido, hacia la derecha se presenta la base de ella constituida por una brecha y obsidiana. La parte interna representa el Miembro Macho de la Formación La Perla (Ttlp,ma) y en la parte inferior el Miembro Mina (Ttlp,mi).

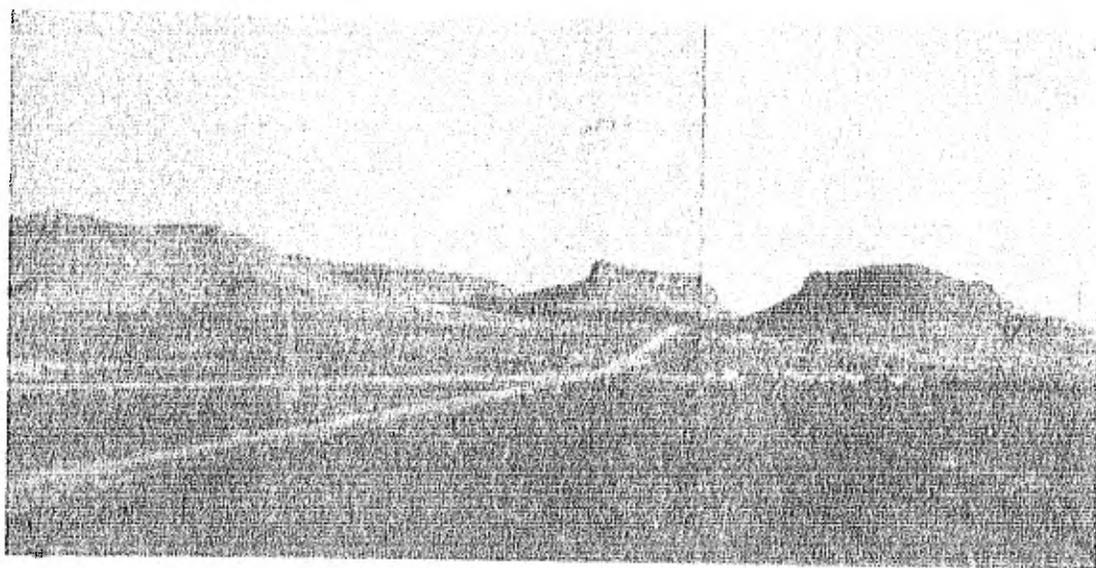


Foto No. 2 .- A la izquierda el Cerro de las Yeguas, a la derecha el camino de terracería Camarcho-Ojinaga, Puerto de las Brujas y Rancho Taculaya. Los cerros observados están constituidos por la Igmbrita - las Brujas.

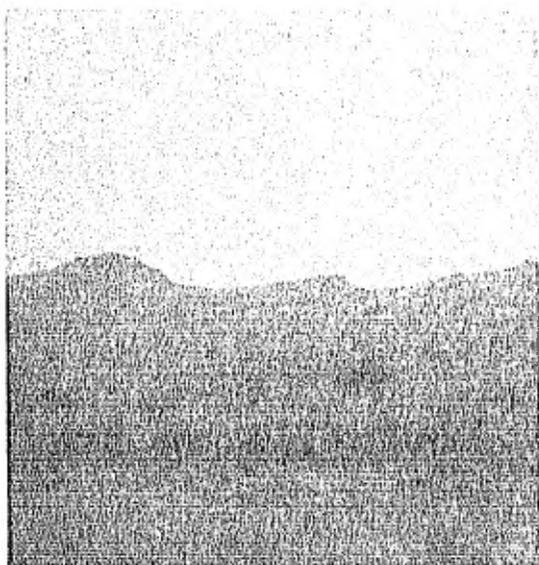


Foto No. 3 .- Afloramiento de la Riolita Hundido. Localizado al noreste del Puerto de Las Brujas.



Foto No. 4 .- Contacto de la Arcosa Lítica con el mineral, al norte del yacimiento. Nótese el pequeño espesor de conglomerado basal que contiene fragmentos de óxidos de hierro.



Foto No. 5.- Afloramiento de arcosas al norte del yacimiento. Obsérvese la estratificación cruzada.

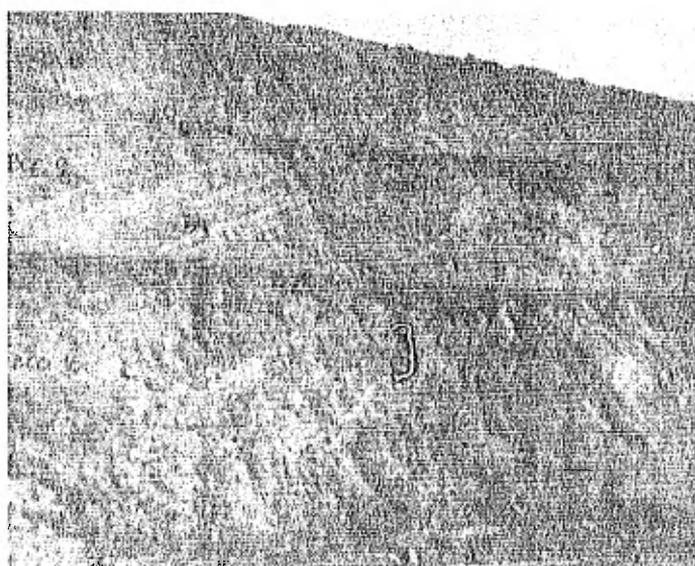


Foto No. 6.- Arcosas en la parte norte de la mina, correspondiendo a parte de los bancos 8,9 y 10. Nótese el fallamiento y fracturamiento intenso.

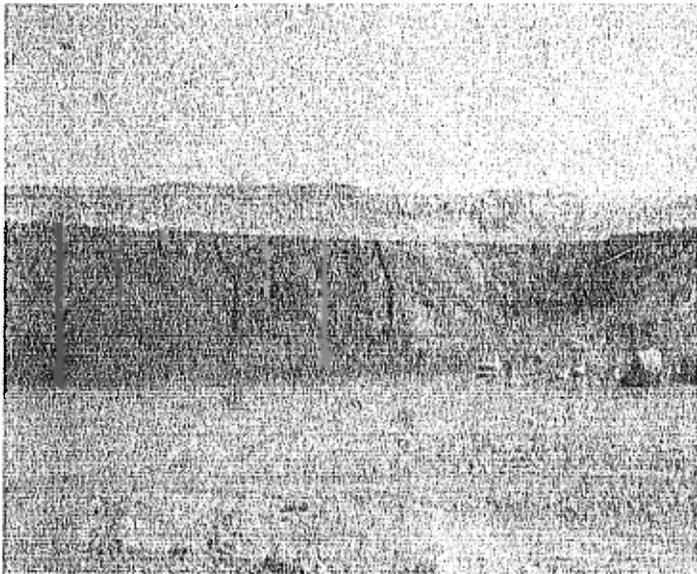


Foto No. 7 .- Zona norte del yacimiento. Nóte-
lo. diferentes tipos de mineral. A la derecha, mine-
ral pulverulento, a la izquierda mineral masivo, poco
más a la izquierda mineral masivo con pulverulento.
Al fondo se distinguen las arcosas.

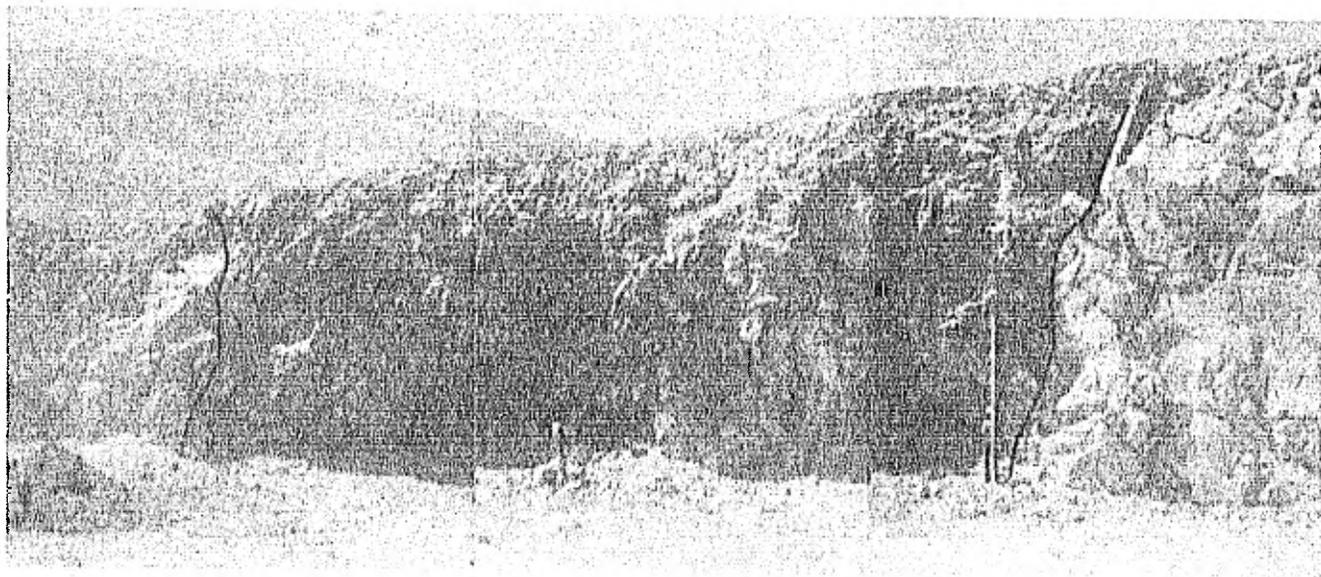


Foto No. 8 .- Contacto de stockwork (al centro) con el pórfido traquíptico. El contacto derecho está definido por una falla postmineral, ya que el pórfido traquíptico en este lado no presenta alteración alguna.

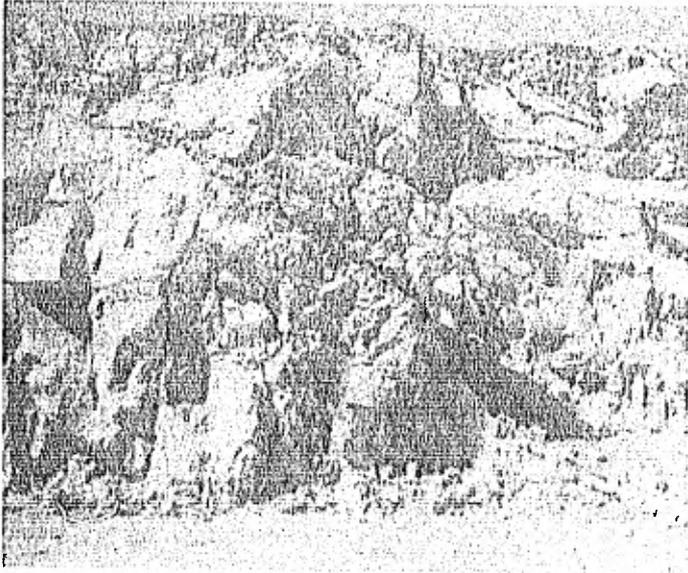


Foto No. 9.- Se muestra al Pórfido traquítico esté-
ril y una falla que lo a-
fecta.



Foto No. 10 .- Stockwork que se
presenta como característico de
la graduación lateral del mine-
ral.



Foto No. 11 .- Acercamiento de una brecha de colapso. Es posible observar la caolinización (blanco) del Pórfido Traquítico.



Foto No. 12 .- Falla premineral. Caso en que está limitado a la mineralización, en este caso mineral pulverulento.

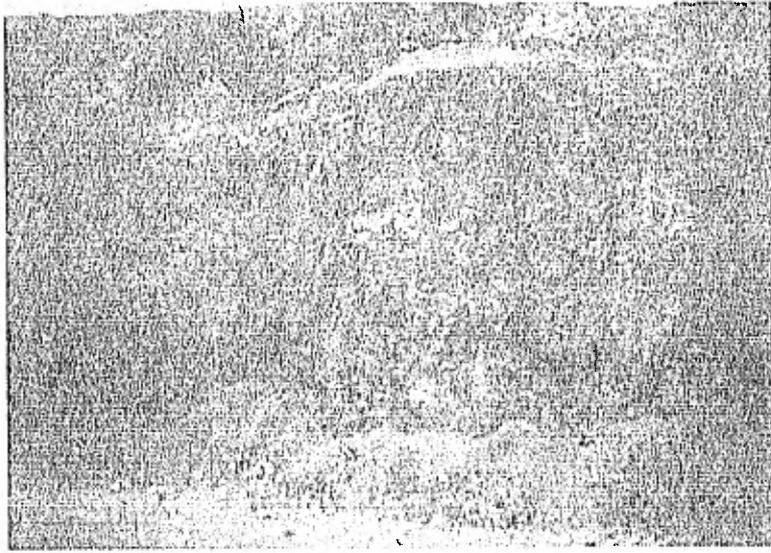


Foto No. 13 .- Ejemplo de textura de reemplazamiento del Pórfido Traquítico por el mineral, en este caso masivo. Nótese la pseudoestratificación de la roca y el mineral. (Foto tomada de Van Allen, 1978).

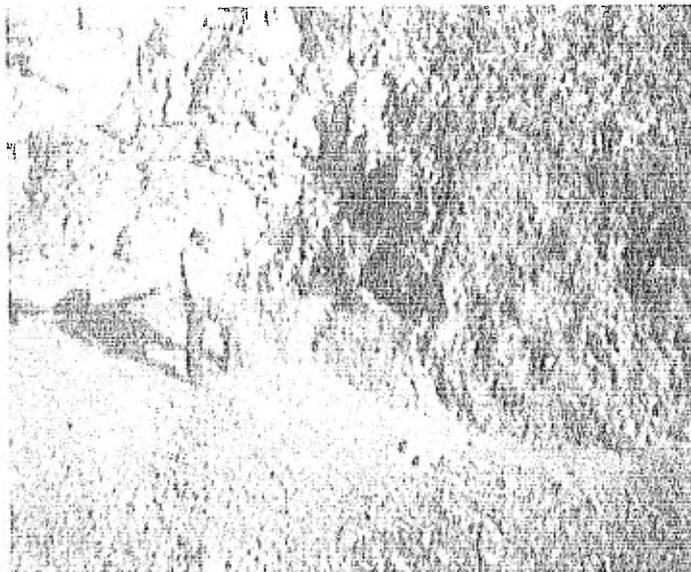


Foto No. 14 .- Zona localizada en la porción oriente del banco 10., donde se observa una zona de microfite en contacto con stockwork. Representa también una zona de falla que limita al yacimiento en esta porción.

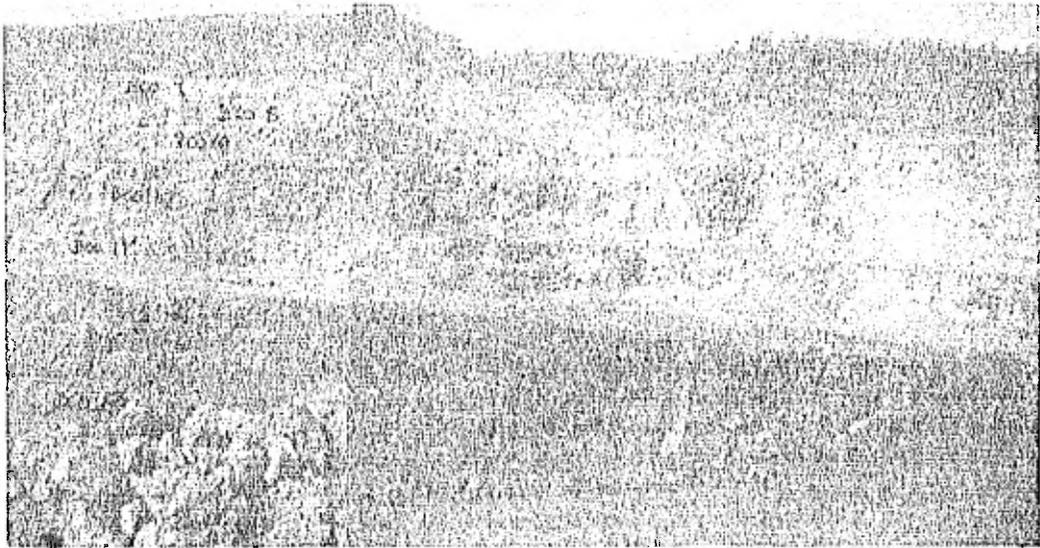


Foto No. 15 .- Vista parcial de los bancos 7,8,9,10,11,12 y 13, hacia el norponiente del yacimiento. Se observa una fractura nítida realizada que abarca a los bancos 8,9,10 y 11; y al norte de esta (a la derecha) una falla de rumbo NE-SW en el Pórfido Traquítico y cerca de las arcosas. Nótese el contacto entre ellas.



Foto No. 16 .-
Acercamiento de la falla mencionada en la foto anterior.

LEYENDA

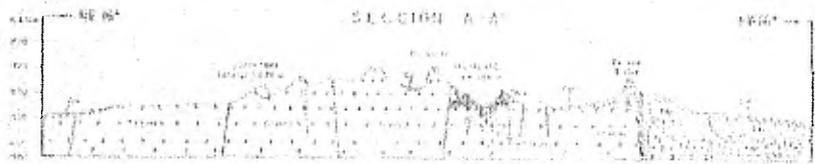
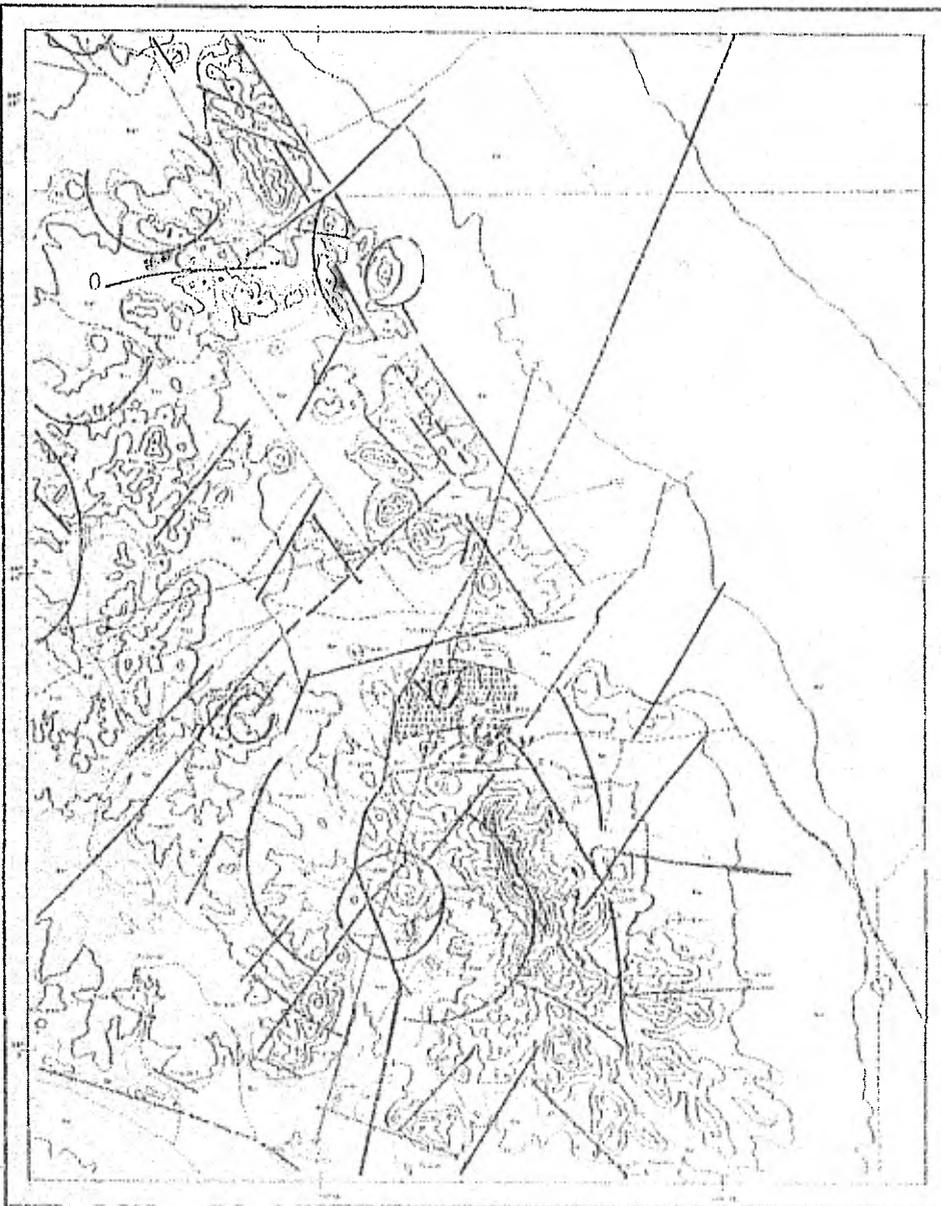
EPÓCAMA	LITOLÓGIA/SUOLO	NOMBRE
RECIENTE	Ca.	Barro
PLEISTOCENO	Ca.	Barro
PLACENO	Ca.	Barro
MIOCENO	Ca.	Barro
PUSCENO	Ca.	Barro
	Ca.	Barro

SÍMBOLOS GEOLÓGICOS

CONFINES	—
DESFILIZAS	—
FAJAS DE TRUQUE	—
FAJAS	—
EXTRUCCIONES	—
PLACERES	—
EXPOSICIONES	—
LINEAS DE TRUQUE	—

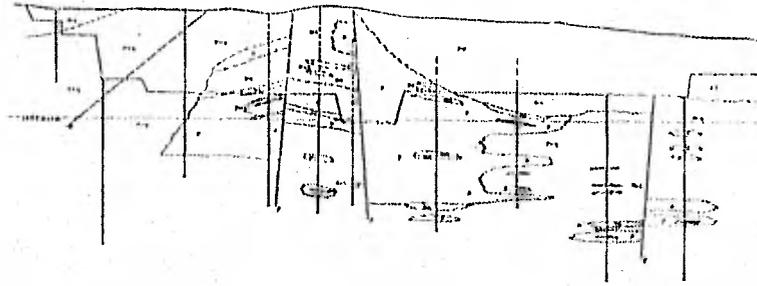
SÍMBOLOS TOPOGRÁFICOS

VALLES	—
SIERRAS	—
VALLES DE SIERRAS	—
LAGOS	—
LAGUNAS	—
LAGUNAZALES	—
LAGUNAS	—
LAGUNAZALES	—
LAGUNAS	—
LAGUNAZALES	—
LAGUNAS	—
LAGUNAZALES	—

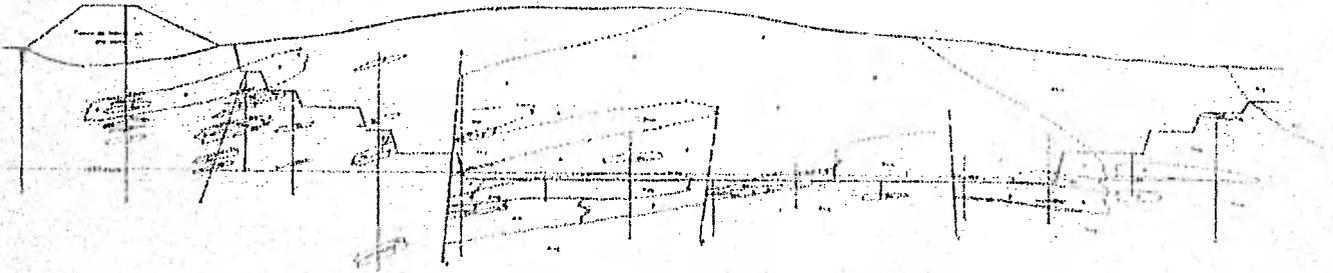


U. N. A. M.
 I. PLANO GEOLOGICO DE
 C. AREA DE PUEBLO, CH. DE
 DE SECCIONES GEOLOGICAS
 P. 1900-1905
 C. DE GEOLOGIA Y MINERIA

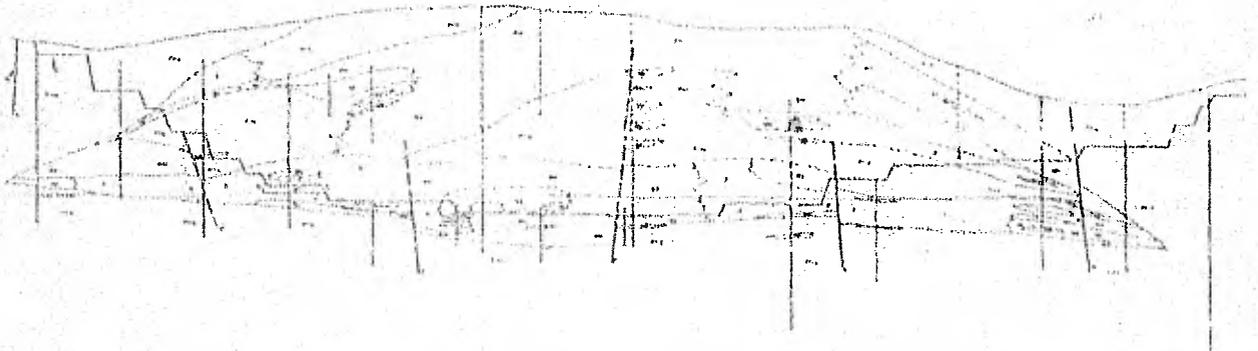
SECCION 5350 N



SECCION 5150 N



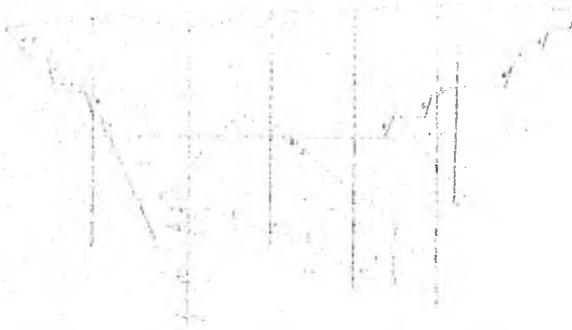
SECCION 4900 N



SECCION 4650 N



SECCION 4300 N



LEGENDA

...	1:1
...	1:2
...	1:3
...	1:4
...	1:5
...	1:6
...	1:7
...	1:8
...	1:9
...	1:10
...	1:11
...	1:12
...	1:13
...	1:14
...	1:15
...	1:16
...	1:17
...	1:18
...	1:19
...	1:20

U. R. A. I.
 INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
 CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 INIA