



2
29
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**METALOGENIA DEL YACIMIENTO FERRIFERO
DE LOS POZOS, MUNICIPIO DE ARTEAGA,
ESTADO DE MICHOACAN.**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO GEOLOGO

P R E S E N T A :

María Cruz Calzada Martínez



MEXICO, D. F.

1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**METALOGENIA DEL YACIMIENTO FERRIFERO DE LOS
POZOS, MUNICIPIO DE ARTEAGA ESTADO DE MICHOACAN.**

	Resumen	1
1	Generalidades	4
	1.1 Objetivo del estudio	4
	1.2 Trabajos previos	4
	1.3 Localización y extensión del área	7
	1.4 Método de trabajo	9
	1.5 Infraestructura	10
2	Fisiografía	11
	2.1 Provincia fisiográfica	11
	2.2 Geomorfología	12
	2.2.1 Orografía	12
	2.2.2 Hidrografía	12
3	Geología	14
	3.1 Estratigrafía	14
	3.2 Evolución tectónica	20
	3.3 Geología estructural	22
4	Metalogenia	24
	4.1 Metalogenia regional	24
	4.2 Rocas encajonantes	28
	4.3 Estructura mineralizada	41
	4.4 Alteraciones	44
	4.5 Paragénesis, sucesión y zoneamiento	47
	4.6 Discusión genética	56
5	Potencialidad económica minera	59
	5.1 Perspectivas de explotación	59
	5.2 Reservas del yacimiento	63
6	Conclusiones y recomendaciones	66
	Bibliografía	70
	Apéndice.	73

RESUMEN

El yacimiento ferrífero de Los Pozos se localiza a 25 Km en línea recta al S 80°W del poblado de Arteaga, Michoacán.

Fisiográficamente se localiza en la provincia de la Sierra Madre del Sur, en la subprovincia Vertiente Sur.

Geológicamente, el área está representada por un basamento metamórfico pelítico constituido por esquistos y pizarras de color negro; una secuencia volcanosedimentaria metamorfozada representada por meta-andesitas de color verde, tobas y lavas andesíticas así como de horizontes calcáreos; esta secuencia se encuentra intrusionada por rocas de naturaleza granítica-diorítica que forman una aureola de metamorfismo de contacto, que da por resultado la formación de hornfels y mármol los cuales están encajonando al yacimiento.

Desde el punto de vista metalogénico el área de estudio queda comprendida dentro de la franja mineralizada cercana a la trinchera, la cual se extiende paralelamente a lo largo de la zona circumpacífica de México y del continente americano.

Los yacimientos ferríferos están íntimamente relacionados con la subducción de la placa Pacífica bajo la placa Norteamericana en la época Laramida.

El yacimiento está encajonado en la secuencia volcanosedimentaria metamorfozada (hornfels, mármol, meta-andesita) y dioritas. La estructura mineralizada presenta una forma casi tabular, dispuesta verticalmente con una

orientación NW 70°SE, la cual es cortada por diques y apófisis dioríticos que siguen una orientación casi este-oeste. Presenta además remanentes o "caballos" de roca estéril de la secuencia volcanosedimentaria dentro del cuerpo mineralizado, así como reducidas zonas de skarn formadas por la inyección del fierro.

La estructura mineralizada contiene principalmente magnetita, también llega a observarse hematita, en menor cantidad. La mena casi siempre está acompañada de sulfuros (pirrotita, pirita y calcopirita), e hidróxidos de fierro como alteración supergénica.

La disposición del cuerpo masivo de magnetita, que sigue una lineación local, NW-SE, implica que el emplazamiento fue siguiendo zonas de debilidad en la secuencia volcanosedimentaria. Esta orientación y acomodo apoyan la teoría de una segregación magmática que al inyectarse, favorece la formación de skarn de epidota, piroxenos y anfíboles. Los cuerpos de magnetita están asociados con rocas que presentan alteraciones tales como: silicificación, cloritización, epidotización y carbonatación, siendo las dos primeras las que se presentan con mayor frecuencia en la roca encajonante.

El yacimiento ferrífero de Los Pozos presenta buena calidad, ya que de fierro total tiene un porcentaje mayor al 40% y su contenido de impurezas está dentro de las especificaciones requeridas para la industria siderúrgica.

Las características y condiciones que presenta el yacimiento, sugieren las posibilidades de explotación a cielo abierto, tal y como se lleva a cabo en el yacimiento de Ferrotepec (Las Truchas), con el que existen grandes similitudes.

En el cálculo de reservas se tomaron en cuenta además del cuerpo formal de fierro, la roca encajonante con diseminación del mismo en diferentes cantidades, con lo cual se clasificaron tres tipos de mena, obteniendose 18,430,466 toneladas totales. Tomando en cuenta el tonelaje estimado este yacimiento se ubica dentro de los de primera magnitud.

1 GENERALIDADES

1.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo fundamental del presente estudio consiste en desarrollar una evaluación metalogenética del yacimiento de Los Pozos, a fin de determinar características geológicas del yacimiento que permitan definir el modelo del mismo. En forma paralela, se pretende conocer las condiciones físico-químicas de formación del yacimiento, y valorizar esta información para definir perspectivas de explotación.

1.2 TRABAJOS PREVIOS

En 1927, personal del Departamento de Exploraciones y Estudios Geológicos, de la Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo, realizó una visita de inspección al estado de Michoacán, que incluyó al área de Las Truchas y Los Pozos, con el propósito de prospectar yacimientos auríferos. Dicha visita fue realizada por los Ings. Tomás Barrera y David Segura, quienes describieron la geología de Morelia al poblado de Arteaga y de éste a Las Truchas y a Los Pozos. En esta población los autores hacen una descripción general de la fisiografía y la geología, concluyendo que los criaderos auríferos pertenecen a depósitos de reemplazamiento mineral de zonas profundas de la corteza.

En cuanto al yacimiento ferrífero de Las Truchas presentan resultados

económicos obtenidos por la Compañía Midvale Steel, la cual calcula una reserva mineral de 10,000,000 de toneladas para la región explorada.

En 1961 se llevó a cabo un reconocimiento preliminar del depósito de fierro "Ordeña Vieja" municipio de Arteaga, localizado a 37 km al NE del poblado de Arteaga. Ese estudio fue realizado por el Ing. Agustín Hernández C. del entonces Consejo de Recursos Naturales No Renovables (C.R.N.N.R.). Ahí se señala que la mineralización se observa en forma de rodados, correspondiendo principalmente a magnetita y hematita, encontrándose la hematita superficialmente y el fierro magnético a mayor profundidad. El origen probable se consideró de metasomatismo de contacto. Debido al tiempo y a la vegetación no se cuantificó el tonelaje positivo (Tabla No. 1).

En 1965, el C.R.N.N.R. realizó un estudio geológico magnetométrico del yacimiento ferrífero de Los Pozos, municipio de Arteaga, a cargo del Ing. Héctor López M. en el cual se levantaron aproximadamente 30 Km² de geología regional. Así mismo, se efectuó un levantamiento magnetométrico de reconocimiento, en una superficie de 2.5 Km² para lo cual se trazaron 22.6 Km lineales de magnetometría con líneas equidistantes a 100 m y estaciones de aparato a 25 y 50 m. Con base en este trabajo, se programó magnetometría de detalle en líneas paralelas a 25 m con estaciones de aparato a cada 10 m. En conjunto, se levantaron aproximadamente 152 km lineales. Se hizo un levantamiento geológico aproximadamente de un 90% de las líneas que sirvieron de control a la exploración geofísica, en donde quedaron comprendidos los afloramientos de fierro del cerro Blanco y cerro Organal.

TABLA N° 1 RELACION DE YACIMIENTOS FERRIFEROS LOCALIZADOS EN LOS ALREDEDORES DEL YACIMIENTO DE FIERRO "LOS POZOS" MPIO. DE ARTEAGA, MICH.

HOMBRE DEL YACIMIENTO AUTÓN	AÑO	LOCALIZACION MUNICIPIO	BOCA ENCAJONANTE	FORMA Y DIMENSIONES	ASOCIACION MINERALOGICA	ORIGEN CLASIFICACION	RESERVAS - PROBABLES - POTENCIALES - POSIBLES	OBSERVACIONES
Yac. Ordeña Vieja Por: Ing. Romelio Ruiz 1977 *Ing. Aguadín Hernández 1981		A 10 Km al Norte de la finca La Laja, Mpio. de Arteaga y a 27 Km al N 80°E del poblado de Arteaga, Mich.	Gravito alterado faja y fractura con rumbo N-E, E-W y N 40°- 80°W	Cuatro cuerpos de fierro con dirección S 80°E Longitud 27.5 m Espesor 10.25 m Profundidad 10 m	Magnetita, hematita, especularita, óxido fierro total 89.80%	Segregación magnética e inyección, * Metaconglomerado de contacto.	- 150,345 ton - 180,000 ton - 442,000 ton	Alteración oxidación. Su ubicación le hace favorable para su explotación.
Yac. El Higueral, La Laja Por Ing. Amador Méndez.		A 22.3 Km al N 30°E en línea recta de Arteaga, Mich.	Dientes con vetas rumbo N 80°W inclinación 80°W, E-W inclinación 80°S N 30°W, inclinación vertical.	Alfiler 10 cuerpos en forma de balada o vetas. Longitud 10-140 m Espesor 1-4 m Profundidad 5-80 m	Magnetita, hematita, limonita, pirita (incl). Fierro total 82.23%	Segregación e inyección magnética.	- 2,409,400 ton - 1,080,170 ton - 6,135,300 ton	Alteración con zonas de alteración de granita y epidotización.
Yac. Obrajón por: Ing. M. Carbonell 1953 *Aguadín Hernández 1981		A 20 Km al S 30°W en línea recta de Tapalcopec	Granito, diorita, caliza, granítica.	25 cuerpos de fierro, con un rumbo general de N 25°-80°W en una superficie de 8 km² en forma de cascotas.	Hematita, magnetita, especularita. Fierro total 86.7%	Metaconglomerado de contacto y relleno de cavidades en dioritas. *Piroconglomerado con fases de segregación según E. Mapes.	- 1,260,021 ton - 528,310 ton - 3,360,131 ton	Su ubicación y cercanía a SICARTSA hace factible su explotación.
Yac. La Guayabera Por Ing. Néstor López 1970		Municipio Vía Victoria	Traquanditas, dioritas, andesitas, granodioritas, cuartzozonas, dioritas. Rumbo N 15°- 30°W, N 10°- 30°E, N40°E	Cuerpos alargados tabulares, verticales a 80° al NE rellenando fracturas y fallas. Existen 38 afloramientos	Hematita, magnetita. Fierro total 82.05%	Segregación e inyección magnética.	- 15,500,000 ton - 12,900,000 ton	Alteraciones: Oxidación, epidotización y plagioclasas y ferromagnesianas.
Yac. El Jovaro Por: Ing. R. Dávila A. 1984		A 110 Km de Apizárigo, Municipio de Aguila, Mich.	Cuerpo, cuartzozonas, skarn, hornfels de granito	Cuatro cuerpos regulares. Longitud 30-100 m Ancho 15-30 m Espesor 15-22 m	Magnetita, hematita, pirita, limonita. Fierro total 84.3%	Metaconglomerado de contacto.	- 1,477,038 ton - 883,800 ton	Alteración oxidación y granita.
Yac. Rio Guasque 1984		Cercano al rancho Playitas Municipio de Arriba.	Caliza, mármol, andesitas, diques diabásicos. Rumbo general S 50°E Longitud 15-180 m Ancho 10-40 m Espesor 5-80 m	Cinco cuerpos de fierro en 25 Km² 1.- Uje cuetas 2.- Barranca Beca 3.- El Jabalí 4.- Barranca Agua de Vía 5.- Guasque	Magnetita, hematita, pirrota, pirita, sulfuros de cobre Fierro total 89.7%	Para los cuatro primeros yacimiento se considera como relleno de cavidades por procesos hidrotermales y por el último de tipo pirometasomático.	- 7,000,000 ton - 3,330,900 ton	

NOMBRE DEL YACIMIENTO AUTOR	AÑO	LOCALIZACION MUNICIPIO	ROCA ENCAJONANTE	FORMA Y DIMENSIONES	ASOCIACION MINERALOGICA	ORIGEN CLASIFICACION	RESERVAS - PROBABLES - POSITIVAS - POSIBLES	OBSERVACIONES
Yac. Ferrata Por: Ing. Rómulo Ruiz P. y Carlos Aneay.	1977	Al oeste de Arizoso y al NW del poblado de Los Pozos.	Herrillas de composición básica é feldespática, fílas, esquistos y doritas.	Cuatro cuerpos de fierro de forma tabular. Longitud 35-150 m. Ancho 10-12 m. Espesor 2-25 m Inclinado 45° a 60° al Norte	Magnetita	Segregación e inyección magnética.	- 87,500 ton - 12,900 ton - 405,000 ton	Por su magnetit y acceso, no se reutilizó su explotación.
Yac. Las Truchas Por: Ing. J. Cárdenas V. Ing. G. Arriaga G.	1968	En las últimas estribaciones de la sierra de Cochoacán, C. El Volcán, San Pedro, El Mirango.	Gabro, caliza metamórfica, diques apfíticos, dioritos, granodioritos.		Magnetita, hematita, limonita, pirita. Fierro total 67 - 85%	Prometamórfico Ejército Magnético URSS	- 4,544,442 ton - 51,635,884 ton - 38,038,017 ton - 36,212,257 toneladas	Alteración neometamórfica, dorización, epidotización, pirita, hematita, granata, diáspora, escapolita
Yac. Piedra Irón Por: Ing. Juan Valasco	1978	Al SW, del estado de Jalisco	Picos graníticos, dioritas andesíticos, cuapetes de caliza como remanentes.	Ligeramente tabulares Norte Sur Longitud 300 m Ancho 36 a 50 m Espesor 5 a 10 m	Magnetita, hematita, indoles de sales en forma de carbonatos. Fierro total 63,16%	Originadas por segregación magnética y reemplazamiento	- 250,000 ton - 750,800 ton	
Yac. Los Gevleras Por: Ing. Juan Valasco	1978	Al SW, del estado de Jalisco y a 1.5 Km del anterior	Caliza y andesita, esta última muy alterada.	Longitud 100 m Ancho 30 m Espesor 2 a 5 m que sobresale en superficie	Especularita, hematita, magnetita. Fierro total 61,43%	Originadas por segregación y reemplazamiento.	- 2,000,000 ton - 150,000 ton	
Yac. Los Pozos Por: Ing. Héctor López	1967	Al su del Cerro Blanco, Municipio de Arizaga.	Esquistos, fílas e intrusiones de diorita.	Vetas horizontales Espesor 15 a 30 m	Magnetita, hematita. Fierro total 65%	Hidrotérmal, yacimiento asociado e una segregación de soluciones reemplazadas que se dejó como inyección y otro posterior de metamorfismo en rocas calcáreas.	- 11,616,300 ton - 10,258,480 ton	
Yac. El Venado Por: Ing. Roberto Escudépar Júlio Vázquez	1972	En los límites de los municipios de Aquilón y Tumbucaco.	Lutitas calcáreas, margas, calizas, talas andesíticas e pórfidos andesíticos.	Los cuerpos se ramifican lateralmente a profundidad. Longitud 100 m Ancho 5-35 m Afloramiento en forma de crestas de declinación norte 6 m y de 2 a 35 m de longitud.	Hematita botoidal en cristales redondeados. Fierro total 68,2%	Formado por soluciones de baja temperatura siguiendo planes de estratificación de caliza y faunas perpendiculares metamorfosis indoles en algunas partes.	- 120,000 ton de reservas potenciales	Alteraciones: silicificación, cementación en zonas de metamorfismo.

NOMBRE DEL YACIMIENTO AUTOR AÑO	LOCALIZACIÓN MUNICIPIO	ROCA ENCAJONANTE	FORMA Y DIMENSIONES	ASOCIACION MINERALOGICA	GRUPO CLASIFICACION	RESERVAS - POSIBLES - POSIBLES	OBSERVACIONES
Yac. de fierro de la provincia de Colcomen For: Ing. Amador Merida 1977 El Charco, Puerto las Cruces, Puerto Hondo, Propeala, Boca de Roca, D. Comés, Falso Bobos, D. Limoncha, JALISCO Mesa bonita Los Valles El Rinón	Entre los poblados de Tepalcates y Colcomén en una superficie de 2,915 Km ²	- Areniscas y Mitas (de Fm San Lucas) - Caliza (Fm Mandos) - Rocas Cálizas (Fm. Bases) - Diente (T. Buz) - Hornos de depósito - Derrames andesíticos y riolíticos	Construido por 17 yacimientos de fierro.	Magnetita, hematita, Cu. 1,500 ppm Fierro total 60 - 80%	Originados a partir del empalmamiento de un cuerpo plutónico por contactamiento de contacto, segregación e fricción magnética.	- 50,000,000 ton - 3,000,000 ton - 1.5 - 2.0m de tan - 1.0 - 2.0m de tan - 800000 ton - 2.0 millones de ton	

En este estudio, también se definió la estratigrafía, estructuras, alteraciones y composición mineralógica (auxiliándose de análisis químicos cuantitativos). Se propusieron algunas localidades tentativas para obras de exploración tomando en cuenta la interpretación geológica y geofísica mencionada. (Tabla No. 1).

En 1970, se llevó a cabo un estudio geológico-magnetométrico del yacimiento ferrífero La Guayabera del municipio de Villa Victoria Michoacán, localizado al NW del área explorada. Dicho trabajo fue realizado por el Consejo de Recursos Minerales (C.R.M.) por los Ings. Héctor López, Abraham Castañeda y Benito Salgado. El yacimiento consta de cuerpos tabulares con inclinaciones de verticales a 80° generalmente al NW y SE. La mineralización de hierro se presenta rellenando fracturas y fallas en la roca volcánica formando notables cuerpos alargados. Su composición mineralógica es hematita y en menor proporción magnetita. La mineralogía, estructuras y relaciones de contacto con la roca encajonante sugieren un origen, de segregación magmática con inyección.

Las reservas estimadas fueron 28,400,000 toneladas, divididas en 15,500,000 toneladas de reservas probables y 12,900,000 toneladas de reservas posibles. (Tabla No. 1).

En 1977, se realizó un estudio geológico y magnetométrico del yacimiento de hierro "Ferrería" municipio de Arteaga, localizado a 5 Km aproximadamente al NE del área de estudio.

Dicho estudio se llevó a cabo por el C.R.M. por los Ings. Rómulo Ruíz P. y Carlos Anaya, los cuales consideraron cuatro cuerpos principales de hierro de

aproximadamente 35 m de longitud, 10 m de ancho y 2 m de espesor. El cuerpo de hierro está emplazado en hornfels de composición básica, su origen se considera de segregación magmática e inyección.

El potencial calculado fue de 405,000 toneladas de reservas posibles, por lo que los autores concluyeron que el yacimiento no era de gran magnitud y que además de carecer de vías de comunicación, su explotabilidad no sería redituable (Tabla No. 1).

En la tabla No.1 se mencionan algunos otros estudios de yacimientos cercanos al área de interés con sus características geológicas.

En 1986, el C.R.M. complementa la geología del yacimiento ferrífero de Los Pozos, con la realización de vuelos aeromagnéticos en el área de cerro Blanco Sur, que permitió calcular un tonelaje de 32 millones de toneladas posibles.

Con base en anomalías magnéticas detectadas, se elaboraron perfiles del cuerpo y se determinó la geometría aproximada del yacimiento para posteriormente programar una barrenación a lo largo de la anomalía magnética.

Se realizaron nueve barrenos para un mejor conocimiento de la morfología del cuerpo de hierro, así como una primera evaluación del yacimiento de 20 millones de toneladas de carácter probable.

1.3 LOCALIZACION Y EXTENSION DEL AREA.

El yacimiento ferrífero de Los Pozos se localiza al SW del estado de

Michoacán, a 25 km en línea recta y con un rumbo S80°W del poblado de Arteaga dentro del municipio del mismo nombre (Fig. 1).

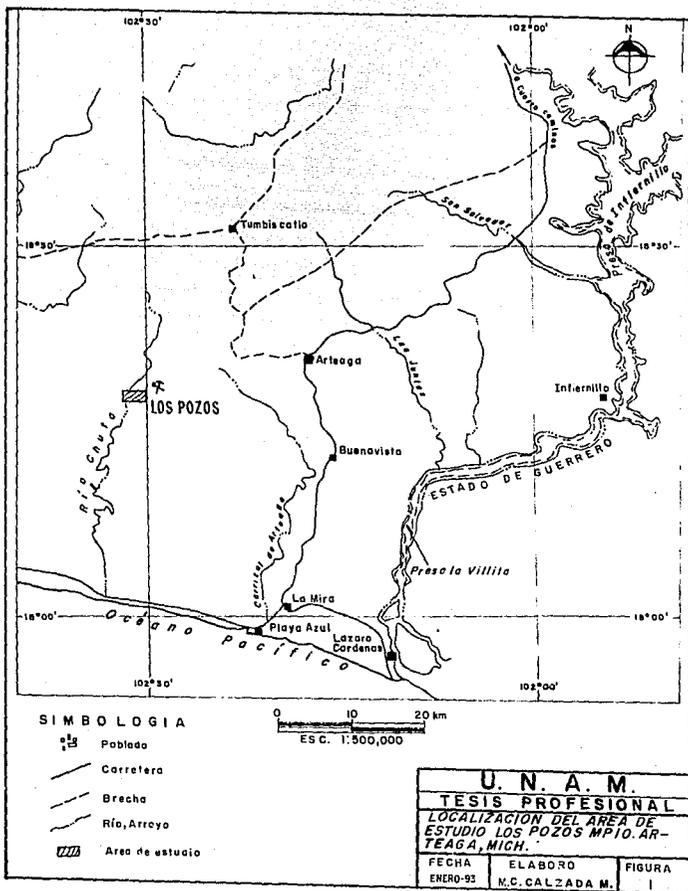
El área en cuestión se ubica entre las coordenadas geográficas:

18°16'00" a 18°20'48" de Latitud Norte

102°27'00" a 102°32'29" de Longitud Oeste

A la zona estudiada se puede llegar por la carretera No. 15 que une a la ciudad de México con la de Morelia; de aquí por la carretera que llega a la ciudad de Lázaro Cárdenas pasando por los poblados de Pátzcuaro, Uruapan, Nueva Italia y Cuatro Caminos, de donde se toma la carretera No. 37 Carapan-Playa Azul con un trayecto de 130 km hasta el poblado de Arteaga. Por la costa se toma la carretera No. 95 que une a la ciudad de México con el puerto de Acapulco y el puerto de Lázaro Cárdenas, de ese último se aborda la carretera No. 37 con dirección a la ciudad de Morelia hasta el poblado de Arteaga. De este poblado se parte por un camino de terracería a la población de Los Pozos, de aquí se continúa al poniente por un camino de brecha hasta el campamento de Barranca Blanca, cubriendo un trayecto de aproximadamente 35 Km.

El yacimiento se encuentra a 1 km al poniente del campamento, casi a las orillas del río Chuta en su margen norte. La extensión del área comprende una superficie de 25 has aproximadamente.



SIMBOLOGIA

-  Poblado
-  Carretera
-  Brecha
-  Río, Arroyo
-  Area de estudio

0 10 20 km
 ESC. 1:500,000

U. N. A. M.		
TESIS PROFESIONAL		
LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO LOS POZOS MPIO. ARTEAGA, MICH.		
FECHA	ELABORO	FIGURA
ENERO-93	M.C.CALZADA M.	I

1.4 METODO DE TRABAJO.

En una etapa previa al trabajo realizado, se verificó la continuidad del yacimiento en una extensión lateral de 1600 m. Mediante el análisis de anomalías magnéticas detectadas se determinó la geometría aproximada del yacimiento y su correlación geológica, (por la interpretación cuantitativa de 84 perfiles magnetométricos) y se planificó un programa de barrenación a lo largo de la anomalía magnética

Continuando con el programa de exploración, se realizaron caminamientos con el objetivo de hacer una geología a semidetalle escala 1:2000, así como la realización de cinco barrenos en una primera etapa. A partir de estos resultados, se continuó con la perforación de otros cuatro barrenos, para un mejor conocimiento de la morfología del cuerpo de fierro y el establecimiento de una primera evaluación del depósito de 20 millones de toneladas probables

La geología superficial a semidetalle se realizó sobre líneas de geofísica ya trazadas con orientación norte-sur, longitud de 150 a 200 m y con una separación equidistante de 25 m. El levantamiento se efectuó con brújula y cinta métrica.

Se realizaron además, secciones geológicas de las líneas, a una escala de 1:500, las cuales se complementaron con la información obtenida de los barrenos realizados. Con la información de geología superficial, se realizó un plano a la misma escala, en la cual se diferenciaron rocas intrusivas, hornfels y esquistos así como los tres tipos de mena diferenciados.

Estos perfiles y planos geológicos se apoyaron en resultados de estudios petrográficos y minerográficos

1.5 INFRAESTRUCTURA.

El poblado de Arteaga se encuentra ubicado en el kilómetro 375 de la carretera que une la ciudad de Morelia con la ciudad de Lázaro Cárdenas. Tiene una población de 17,770 habitantes (INEGI 1991). Cuenta con los servicios públicos primarios como lo son luz eléctrica, agua potable, pavimentación de las calles principales, servicio de correo, así como de banco y comercios de primera necesidad.

La ocupación de la población es principalmente en la agricultura, cultivo de maíz, algunas legumbres y frutas. Algunos otros pobladores se encuentran trabajando en la ciudad de Lázaro Cárdenas por ser la más cercana, en donde se encuentra SICARTSA a una distancia de 85 km por la carretera No. 37.

El sitio en donde se encuentra el yacimiento de fierro está al S80°W del poblado de Arteaga aproximadamente a 35 km del mismo. La brecha que conduce a esta localidad por lo general se encuentra en buenas condiciones a excepción de los últimos 5 km cercanos al campamento de Barranca Blanca, los cuales debido a la topografía abrupta requiere de un constante mantenimiento, principalmente en temporada de lluvias.

El poblado más cercano del área de trabajo es el de Los Pozos el cual se encuentra aproximadamente a 5 km del campamento, no cuenta con servicios de energía eléctrica, ni agua potable y ninguna clase de servicios, sólo con dos pequeñas tiendas de abarrotes.

En la zona de trabajo se cuenta con agua limpia para uso doméstico, la cual llega de un manantial de la loma sur de cerro Blanco.

2 FISIOGRAFIA.

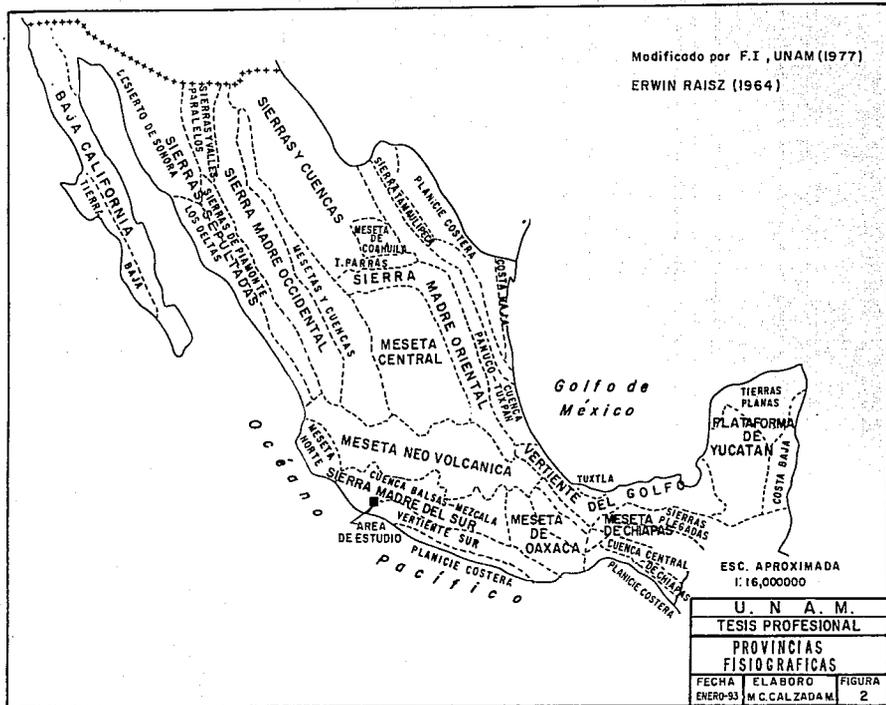
2.1 Provincia fisiográfica.

El área de estudio se encuentra comprendida en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur (Raisz 1959), la cual incluye la región montañosa del sur del Eje Neovolcánico. La región está cubierta por sedimentos marinos del Mesozoico y continentales del Terciario. En general la región es una sierra de cuencas en forma de plato, con una depresión central drenada por los ríos Tepalcatepec, Balsas-Mezcala, Verde y Tehuantepec, separando cuencas internas.

La provincia se ha dividido en seis subprovincias: la Meseta del Norte, La Cuenca del Balsas-Mezcala, la Vertiente Sur, La Meseta de Oaxaca, Sierra del Noreste y la Planicie Costera del Pacífico (Fig. 2). La zona de interés está incluida en la subprovincia de la Vertiente Sur, la cual está localizada al sur de la subprovincia de la Cuenca del Balsas-Mezcala y abarca parte de los estados de Michoacán, Guerrero y Oaxaca. Este rasgo está constituido por una pequeña y angosta franja de montañas que corren paralelamente a la costa del Pacífico y que en algunas ocasiones surgen directamente del océano interrumpiendo la angosta subprovincia de la llanura costera del Pacífico (C.F.E. 1979). Las rocas son metasedimentos paleozoicos con rumbos locales variados que cortan frecuentemente a la vertiente, produciendo confusas e interrumpidas montañas con cuencas y valles intermedios de rica vegetación tropical.

Modificado por F.I., UNAM (1977)

ERWIN RAISZ (1964)



2.2 Geomorfología.

2.2.1 Orografía.

La zona de estudio se encuentra comprendida en una serranía en donde las alturas varían entre los 300 m, en las partes bajas como es el río Chuta, y más de 1000 m en las más elevadas.

La topografía general es bastante accidentada y la conforman sierras alargadas y angostas sin orientación preferencial y separadas por barrancas amplias y profundas. Dichas sierras presentan contornos angulosos con laderas rectas y convexas, las cuales son disectadas por arroyos intermitentes subparalelos y barrancas secundarias perpendiculares a la dirección general de la barranca principal. Los arroyos de Barranca Blanca descienden bruscamente al río Chuta arrastrando material disgregado de las partes altas.

2.2.2. Hidrografía.

El drenaje del área es de tipo dendrítico subparalelo y rectangular, más o menos denso, de régimen intermitente y corrientes rápidas en tiempos de lluvias.

Existen otros ríos que son colectores de régimen perenne como en el caso del río Toscano que es el cauce principal de desagüe de la región (Barrera y Segura 1927), el cual se origina en las cercanías del poblado de Tumbiscatío y

corre hacia el sur. Cerca de la costa recibe el nombre de Chuta, desemboca en la costa del Pacífico al norte de la ciudad de Lázaro Cárdenas por el estero del Chuta.

El clima es cálido con una humedad mínima. Se tienen temperaturas de 23° a 46°C. El período de lluvias ocurre de junio a octubre, pero la mayor incidencia se registra en septiembre cuando alcanza 258 mm. En total al año suma 989 mm.

3 GEOLOGIA

3.1 Estratigrafía.

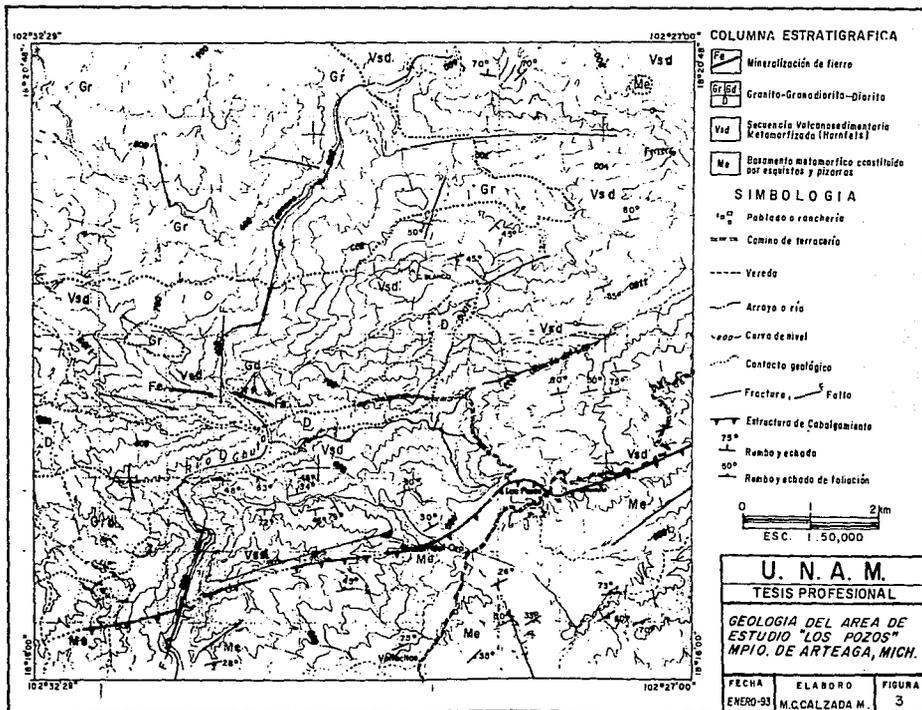
La estratigrafía regional del área de estudio consta de un basamento metamórfico constituido por rocas pelíticas representadas por esquistos y pizarras de color negro de edad Triásica, sobre éstas descansa, una secuencia volcanosedimentaria metamorfozada formada por facies de arco insular, mar continental de edad Cretácica. Ambas secuencias están intrusionadas por rocas graníticas del batolito de Arteaga.

En la zona de estudio sólo se observa la secuencia volcanosedimentaria metamorfozada, constituida por rocas volcánicas con horizontes calcáreos y terrígenos (Fig. 3)

3.1.1 Basamento Metamórfico (Triásico).

El basamento de la región está constituido por esquistos, pizarras y filitas (López 1967).

Los esquistos de color negro que representan las facies pelíticas se observan aproximadamente a 5 km al SE y al sur del yacimiento. Estas rocas presentan alteraciones de varios colores, como gris, plateado y rojizo; estructura compacta, foliada con bandas de cuarzo, óxidos, y sulfuros (limonita y pirita) textura afanítica esquistosa.

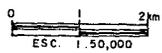


COLUMNA ESTRATIGRAFICA

- Mineralización de hierro
- Granito-Granodiorita-Diorita
- Sacuena Volcanosedimentaria Metamorfizada (Noreste)
- Esosamento metamorfoico constituido por esquistos y pizarras

SIMBOLOGIA

- Poblado o ranchería
- Camino de terracería
- Vereda
- Arroyo o río
- Carro de nivel
- Contacto geológico
- Fractura
- Falto
- Estructura de Cabalgamiento
- Rambo y echado
- Rambo y echado de foliación



U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO "LOS POZOS" MPIO. DE ARTEAGA, MICH.

FECHA	ELABORO	FIGURA
ENERO-93	M.C.CALZADA M.	3

Microscópicamente están constituidos principalmente por cuarzo y mica (biotita, muscovita y sericita) y en algunas partes se encuentran cloritizados, oxidados y silicificados, presentan vetillas de cuarzo y/o limonita paralelas y oblicuas a la foliación.

También se llegan a observar delgados horizontes de materia carbonosa, así como diques andesíticos y granodioríticos concordantes a la foliación y con espesores variables, los cuales llegan a contener sulfuros en cantidades accesorias.

Estas rocas metamórficas presentan rumbos NE60° a E-W con inclinaciones de 40°-80° al NW. Pertenecen a las facies de esquistos verdes y se encuentran subyaciendo a filitas y pizarras.

Pizarras.

Estas rocas se observan al sur y SE a 4 km del yacimiento, en los alrededores del poblado de Los Pozos.

Las pizarras son de color gris oscuro a gris azulado, tienen estructura compacta a semicompacta, con textura afanítica esquistosa y llega a presentar una débil a moderada silicificación. Microscópicamente están constituidas por cuarzo, biotita, algunos ferromagnesianos, óxidos, así como clorita, sericita y a veces arcilla. Se observan también horizontes de materia carbonosa y vetillas de cuarzo con óxidos y diques de composición andesítica concordantes y oblicuos a la foliación que presentan esporádicamente sulfuros. A esta roca se asocia la incipiente mineralización aurífera detectada en el área.

Las Pizarras presentan un rumbo NE 60°-80°SW a SE80°NW con inclinaciones de 80° a 70° al norte y se encuentran subyaciendo concordantemente a la secuencia volcanosedimentaria (Fig 3). Pertenecen a facies de esquistos verdes a los cuales Mújica (1980) les asigna una edad (Ladiano-Cárnico)

Secuencia Volcanosedimentaria (Jurásico-Cretácico Inferior)

Esta secuencia se observa al norte del poblado de Los Pozos y está encajonando al yacimiento. Se encuentra constituida por tobas, andesitas, brechas y aglomerados intercalados con sedimentos terrígenos y rocas calcáreas, afectadas por un metamorfismo regional de bajo grado y por metamorfismo de contacto. Generalmente se observan como andesitas metamorizadas, hornfels y algunas veces como zonas reducidas de skarn. Cabe mencionar que estas rocas se llegan a observar totalmente sin esquistosidad, sólo cloritizadas, epidotizadas y silicificadas.

Estas rocas son de color verde grisáceo con minerales de color blanco, estructura compacta, con bandas de sílice, epidota y clorita, textura afanítica, fanerítica, porfídica, foliada, hornféslica y granoblástica. Microscópicamente presenta textura hornféslica, relictas hornféslicas, porfídica, microlítica, granoblástica porfidoblástica, y algunas veces foliada. Están constituidas por plagioclasas (andesina-oligoclasa), cuarzo, augita, diópsida, biotita, apatito,

axinita, esfena, hornblenda, minerales opacos, clorita, epidota, calcita, tremolita-actinolita, clinozoisita, sericita y minerales arcillosos.

Estas rocas presentan un rumbo de NE 60-80° SW con inclinaciones de 60° a 80° al NW. Por la mineralogía observada pertenecen a la clase química cálcarea-básica. Esta secuencia presenta un metamorfismo regional de bajo grado, perteneciendo a facies de esquistos verdes y afectada además por un metamorfismo de contacto, que da lugar a la formación de hornfels con facies de albíta-epidota, anfíbol y piroxeno y reducidas zonas de skarn.

Al poniente del yacimiento existe un paquete de calizas marmolizadas las cuales se encuentran interestratificadas con estas rocas con espesores que van de 4 a 20 m. En algunas partes se observan como colgantes o bloques de erosión.

Megascópicamente son de color gris oscuro al intemperismo y blanco al fresco, presentan estructura compacta, a veces con bandas de hidróxidos y calcita, con textura granoblástica. Microscópicamente presenta una textura granoblástica, se observa calcita, micas, óxidos y cuarzo, tremolita-actinolita, epidota y clorita. Presentan un rumbo NE 80°-90° SW con inclinaciones de 70° a 90° al NW y al SW.

El mármol se encuentra encajonando al fierro tanto al alto como al bajo en la parte poniente del yacimiento, así como en el cerro del Organal. Generalmente en el contacto de la roca encajonante con el fierro se encuentran reducidas zonas de skarn, constituidos de carbonatos y ferromagnesianos. Microscópicamente, presentan textura granoblástica, constituidos por calcita, piroxenos, epidota, hornblenda, tremolita, actinolita, micas y óxidos.

Intrusionando a esta secuencia existen pequeños afloramientos de una diorita en las margenes del río Chuta. Esta roca vista en el microscopio presenta plagioclasas deformadas y rotas lo cual es evidencia que estuvo sometida a esfuerzos producto de una tectónica compleja, por lo que tentativamente se le asigna una edad Jurásica.

3.1.3 Rocas igneas intrusivas. (Cretacio Sup-Terciario Inf.)

La tectónica de subducción durante el Jurásico en el occidente de México produce emplazamientos de rocas plutónicas, levantamiento y erosión.

En el área este magmatismo está representado por granito y su diferenciación a granodiorita, diorita, y cuarzdiorita, las cuales se encuentran intrusionando a la secuencia volcanosedimentaria metamorizada. El granito se encuentra ampliamente distribuido en parte del cerro Blanco y al poniente de éste. La roca se observa de color blanco con estructura compacta, textura fanerítica de grano medio a grueso. Microscópicamente presenta una textura holocristalina, hipidiomórfica y equigranular; los minerales que comunmente se observan son cuarzo, feldespatos, hornblenda, biotita, esfena, clorita, sericita, calcita, caolín y minerales opacos; al SE se observa parcialmente alterado, con débil fracturamiento. La granodiorita por lo general, se encuentra bordeando al granito en contacto transicional.

La diorita se encuentra en la periferia del granito y fuera de éste, en forma de pequeños apófisis y diques, (Fig. 3) como en el yacimiento de fierro, en

donde está en el contacto con éste y dentro del mismo en forma de diques. La diorita es de color verde grisáceo con minerales de color blanco, estructura compacta, con textura fanerítica de grano fino a medio, porfídica y en ocasiones foliada. Microscópicamente presenta textura holocristalina, hipidiomórfica, panidiomórfica, equigranular, porfídica y algunas veces foliada. Como minerales esenciales presenta plagioclasas (andesina-oligoclasa), como minerales accesorios: hornblenda, biotita, esfena, apatito, augita, cuarzo y minerales opacos, como secundarios se tienen clorita, sericita, tremolita-actinolita, clinozoisita, epidota y micas.

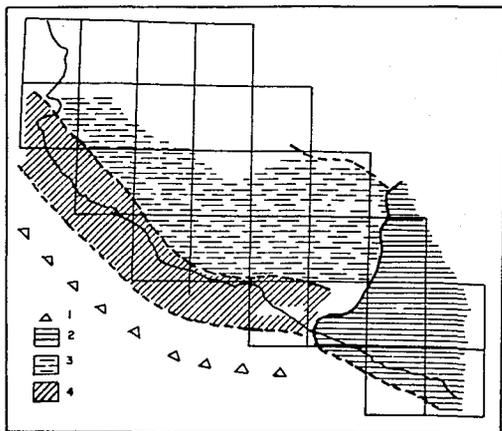
3.2 Evolución tectónica.

3.2.1 Arco volcánico (Triásico-Jurásico)

El basamento metamórfico sugiere la existencia de un arco magmático submarino como consecuencia de una tectónica típica de subducción. Esta secuencia ha sido afectada por un metamorfismo regional de bajo grado y por la actividad magmática de plutones con edad de hasta 155 m. a (Grajales y López 1983). Está conformada por dos ambientes tectónicos; el ambiente de mar marginal limitado por un continente paleozoico en la porción oriental y dentro del cual se depositan sedimentos pelíticos que alojan yacimientos polimetálicos sinsedimentarios y el ambiente de arco submarino el cual fue levantándose paulatinamente para formar elementos positivos en el Jurásico Medio y Cretácico Inferior (Fig. 4).

3.2.2 Arco magmático (Jurásico Superior -Cretácico Inferior)

La actividad volcánica es acrecentada desde el Jurásico Superior teniendo su máximo desarrollo en el Cretácico Inferior. Esta secuencia está formada por lutitas negras carbonosas, lechos rojos, areniscas, calizas arcillosas, tobas y derrames andesíticos, algunos de los cuales se encuentran cortados por intrusivos graníticos y granodioríticos emplazados posteriormente. El levantamiento en el arco submarino llega a sobresalir del nivel del mar



1.- TRINCHERA

2.- TIERRAS EMERGIDAS

3.- POST-ARCO PELITICO

4.- ARCO

U. N. A. M.		
TESIS PROFESIONAL		
PALEOGEOGRAFIA TENTATIVA		
PARA EL PRE-JURASICO		
FECHA	ELABORO	FIGURA
ENERO-93	M.C. CALZADA M.	4

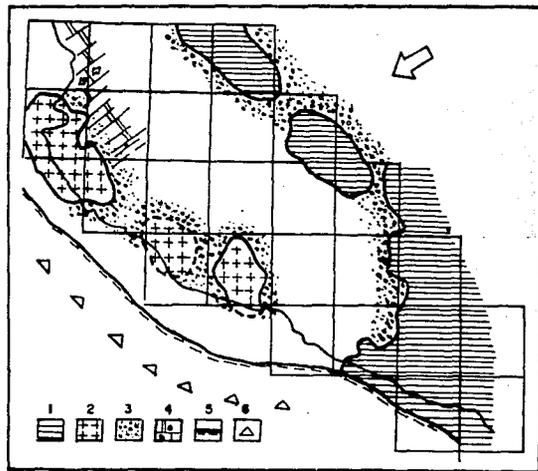
convirtiéndose en un arco volcánico insular y a su alrededor se desarrollan facies arrecifales (Castro M.F. y A. Rodríguez 1983, en Torres 1988). (Fig. 5 y 6). Durante el Cretácico Inferior a Medio, se depositan en la región occidental, rocas volcanosedimentarias y carbonatadas arrecifales, mientras que en la porción oriental se depositan secuencias de plataforma, las cuales tienen extensos afloramientos. (Fig. 7)

3.2.3. Arco magmático continental laramídico.

El fenómeno de subducción, que se manifestó desde el Triásico Superior, tuvo variaciones en el tipo de magmatismo, así como en la ubicación, debido a la velocidad de penetración y ángulo de subducción entre placas. (Pimentel, 1980, en Torres 1988).

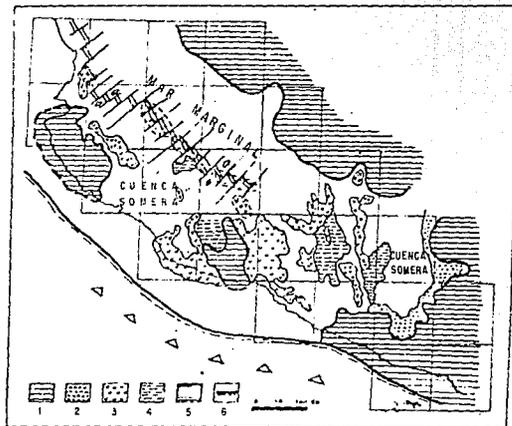
Posteriormente a esto, se desarrolló la orogenia Laramide (Cretácico Superior-Terciario Inferior), produciéndose deformación, levantamiento, erosión, vulcanismo andesítico, intrusiones, depositación de sedimentos clásticos marinos, producción y depósito de sedimentos continentales. El intenso magmatismo intrusivo forma cadenas de batolitos, así como lavas andesíticas, que originan una franja continua y paralela a la costa del Pacífico.

Como resultado de un arco magmático continental se forman yacimientos de tipo "skarn", y de segregación magmática, brechas, pórfidos cupríferos y yacimientos ferríferos-cupríferos como Las Truchas, La Guayabera, Los Pozos, Ordeña Vieja (Michoacán), Peña Colorada y los Encinos (Colima), Plutón, El Violín (Guerrero) y El Encino (Jalisco).



- 1- TIERRAS EMERGIDAS 2- MAGMATISMO INTRUSIVO
 3- DELTAS Y EVAPORITAS 4- FRACTURAMIENTO Y
 5- LIMITE PLACA CONTINENTAL 6- TRINCHERA

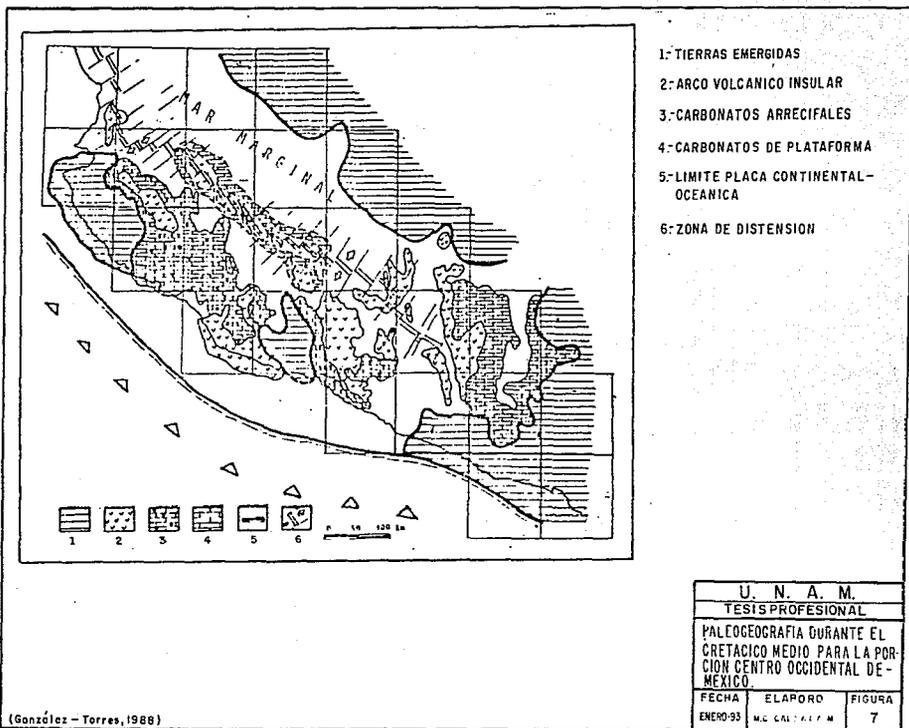
U. N. A. M.		
TESIS PROFESIONAL		
PALEO GEOGRAFÍA TENTATIVA DURANTE EL JURASICO EN LA PORCIÓN CENTRO-OCCIDENTAL DE MEXICO		
FECHA	ELABORO	FIGURA
ENERO-93	M.C. CALZADA M.	5



- 1- Tierras emergidas
- 2- Evaporitos y carbonatos
- 3- Arco volcánico insular
- 4- Sedimentos pelíticos + volcánicos
- 5- Inyecciones ultrabásicas
- 6- Límite placa continental oceánica

(González-Torres, 1983)

U. N. A. M.		
TESIS PROFESIONAL		
PALEOGEOGRAFIA DURANTE EL CRETACICO INFERIOR PARA LA PORCION CENTRO-OCCI- DENTAL DE MEXICO.		
FECHA	ELABORO	FIGURA
ENERO-93	M. C. CALZADA M	6



El período Oligoceno-Mioceno se caracteriza por una intensa actividad magmática e hidrotermal asociada a la convergencia de una placa oceánica contra un borde continental. El emplazamiento de intrusivos y actividad calorífica a partir de cámaras magmáticas, da por resultado la formación de vetas hidrotermales asociadas a diferentes tipos de rocas (Torres-González 1987).

3.2.4 Tectónica neogénica y reciente.

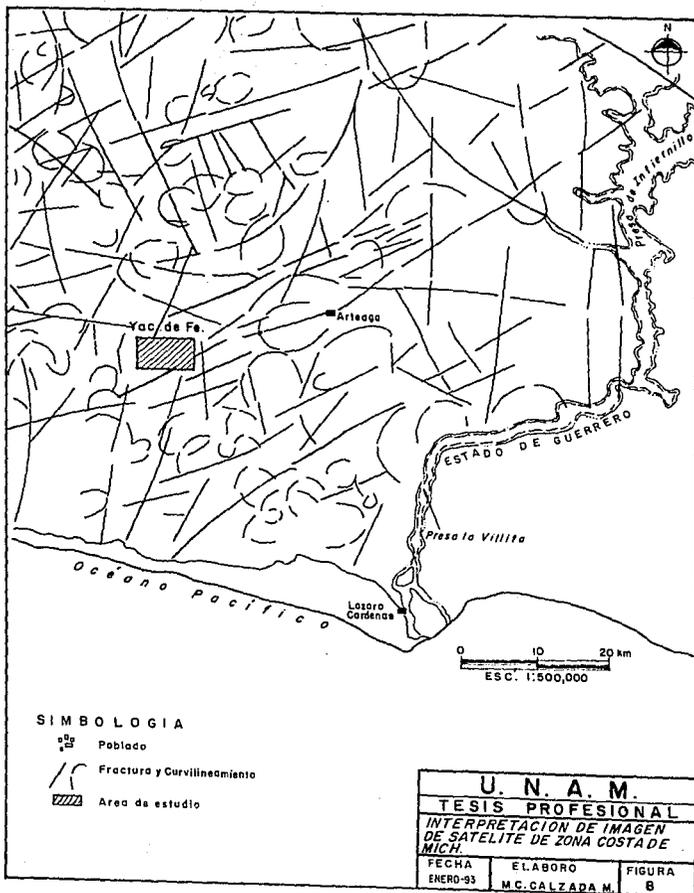
El regreso del arco magmático hacia el occidente en el Neógeno entre 34 y 27 m.a. da como resultado emisiones volcánicas continentales de composición ácida a intermedia (Clark y Damon 1977, en Torres 1988). Este conjunto de rocas no se observan en la región.

3.3 Geología estructural.

En la porción suroccidental del estado de Michoacán se observan numerosas fracturas, de las cuales se logran diferenciar tres sistemas de fracturamiento principal:

- 1° Un sistema con dirección NE 10°-80° SW
- 2° Un sistema con dirección NW 20°-80° SE
- 3° Un fracturamiento circular, semicircular y elíptico (Fig. 8 y 9)

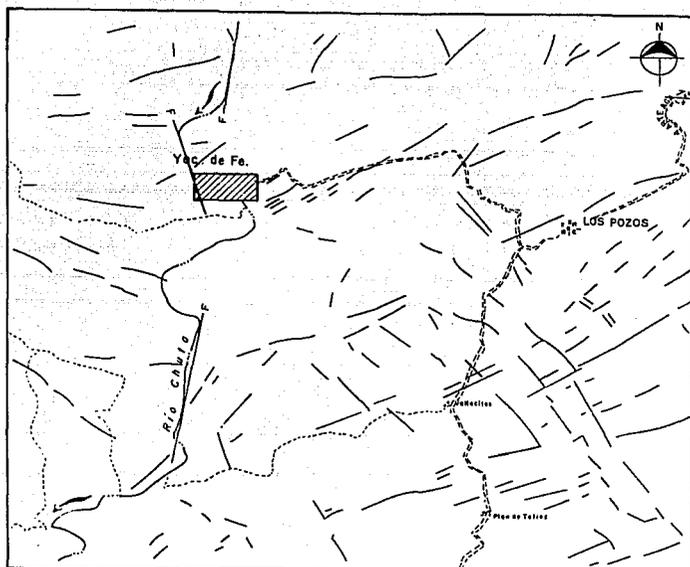
El primer sistema de fracturas es un poco más frecuente que el segundo,



SIMBOLOGIA

-  Poblado
-  Fractura y Curvilineamiento
-  Area de estudio

U. N. A. M.		
TESIS PROFESIONAL		
INTERPRETACION DE IMAGEN		
DE SATELITE DE ZONA COSTA DE		
MICH.		
FECHA	ELABORO	FIGURA
ENERO-93	M.C. CALZADA M.	B



SIMBOLOGIA

-  Poblado
-  Terracería
-  Arroyo
-  Fractura
-  Area de estudio
-  Falla

U. N. A. M.		
TESIS PROFESIONAL		
FOTOINTERPRETACION ESTRUCTURAL DEL AREA LOS POZOS		
MPIO. ARTEAGA, MICH.		
FECHA	ELABORO	FIGURA
ENERO-93	M.C. CALZADA M.	9

llegándose a observar fracturas discontinuas de gran extensión. Predominan las fracturas con rumbo NE 50°-60° SW sobre las NE 10° SW y NE 70°-80°SW.

El segundo sistema es un poco menos frecuente que el primero, pero está bien definido. En este sistema predominan las fracturas con rumbo NW 20°-30° SE, aunque llegan a observarse algunas discontinuas y de mucho mayor longitud (de aproximadamente 70 km), con dirección N 70°-80°W, casi paralelas a la costa. Dentro de este sistema se encuentra emplazado el cuerpo de fierro.

El tercer sistema es un fracturamiento circular debido a emplazamientos de cuerpos intrusivos. Dicho sistema está constituido por fracturas circulares casi cerradas a semiabiertas, algunas veces elípticas, en forma de U y arqueadas.

Algunos autores como González y Torres, mencionan que en los bordes o en las cercanías de los curvilineamientos menores de 12 Km de diámetro son favorables para la presencia de mineralización, y en algunos casos suele comportarse como guía para los yacimientos de fierro. Otro sistema que se llega a presentar esporádicamente y que no se mencionó por su escasa frecuencia, es el de dirección norte-sur. Esta descripción fue hecha con base en el plano estructural del estado de Michoacán, escala 1:500,000 (elaborado por el C.R.M. en 1989, (Fig. 8) y a la fotografía aérea de la zona, escala 1:50,000 (Fig. 9)

4 METALOGENIA

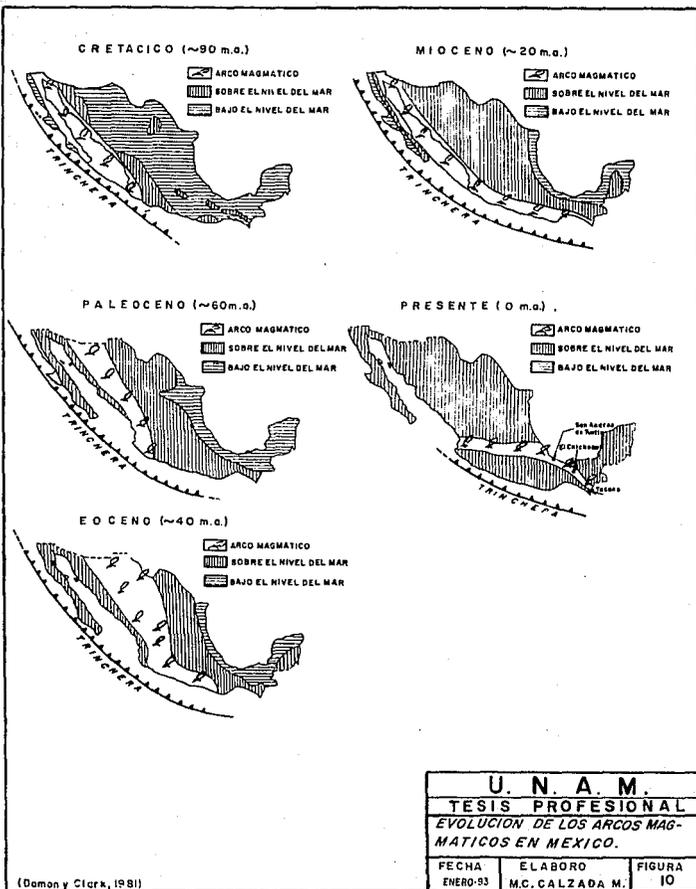
4.1 Metalogenia regional.

Se sabe que los yacimientos minerales guardan una cierta posición y paralelismo con respecto a otros debido a que los fenómenos geológicos que les dieron origen, han sido semejantes en el espacio y en el tiempo.

Los yacimientos ferríferos-cupríferos se extienden a lo largo de la zona circumpacífica de México; su origen está íntimamente relacionado con la subducción de la placa del Pacífico bajo la placa Norteamericana, evento que tiene su máximo desarrollo en la época Laraméica.

Los depósitos de hierro forman una franja (cerca a la Trinchera) de aproximadamente 700 Km de largo por 110 km de ancho (Torres y Nuñez 1987, en Torres 1988).

Por otra parte P. Damon, M. Shafiqullah y K. Clark (1981), asocian los depósitos minerales a la migración de los arcos magmáticos como resultado de cambios en la interacción entre placas tectónicas (Fig.10). Por medio de fechamientos isotópicos, estos autores establecieron cronológicamente los eventos geológicos que permitieron determinar las posiciones de los arcos magmáticos. La mayoría de los depósitos minerales metálicos están relacionados con la actividad subvolcánica de los arcos magmáticos, los cuales forman largas franjas de rumbo NW paralelos a la costa del Pacífico. Muchos depósitos formados durante la progresión del arco hacia el oriente están cubiertos por depósitos más



recientes formados durante la regresión del mismo hacia el poniente. Los factores que determinan la composición de las rocas desde alcalinas a calcoalcalinas parecen controlar también la sucesión de los depósitos minerales.

En la figura 11 de las provincias metalogenéticas de México (Clark 1981) se observa la presencia de una provincia de hierro en el sur de México y una provincia costera de Cu-Fe en Baja California.

También se observa que desde la ladera oeste de la Sierra Madre Occidental en Sinaloa y prosiguiendo en dirección perpendicular a la alineación de las provincias ocurren zonas de pórfidos y yacimientos pirometasomáticos Cu (W, Mo); vetas de Au Ag, depósitos de brechas y vetas de Sn, Mg, Sb., vetas y chimeneas de Pb, Zn, Ag, vetas de Mn, mantos de Pb, Zn, Ag, depósitos de uranio derivados de ignimbritas por alteración hidrotermal, depósitos estratiformes de Cu, Ba, depósitos volcánogénicos y de contacto metamórfico de Fe, depósitos mantiformes y vetas de CaF_2 y ocurrencias de molibdeno. (González - Torres 1987)

Sillitoe 1972 (en Torres 1988) generaliza el zoneamiento para la cordillera de Norte y Sudamérica dentro de la siguiente secuencia de oeste a este: Fe, Cu (Mo, Au), Pb-Zn-Ag, Sn-Mo. Ese autor relaciona el origen de los depósitos a la liberación de metales de la corteza oceánica basáltica y de sedimentos pelágicos durante la fusión parcial que se lleva a cabo a profundidades progresivamente mayores en zonas de subducción inclinadas al este.

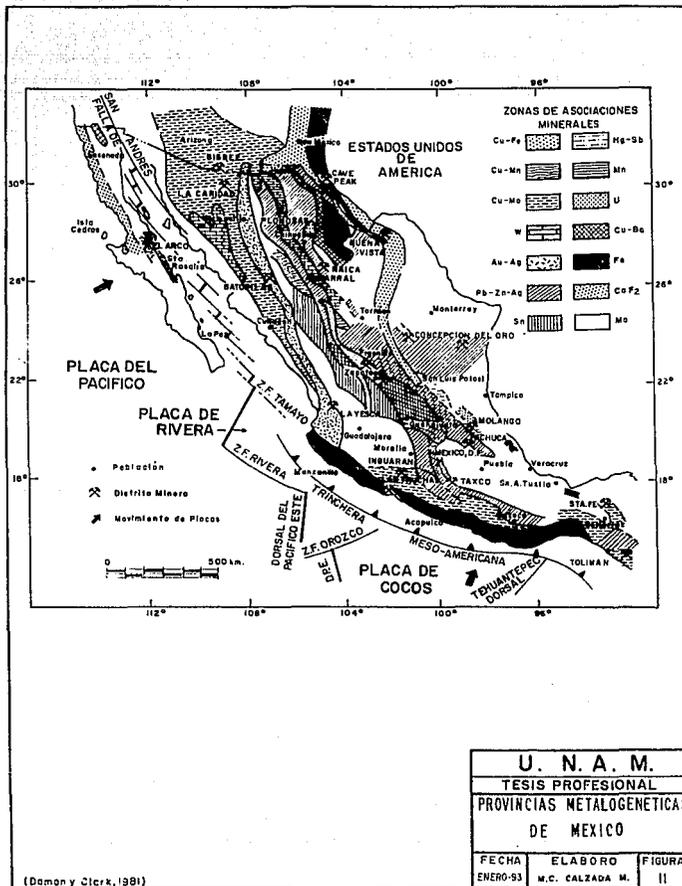
En la zona poniente de la Sierra Madre Occidental, la provincia de pórfidos cupríferos está sobreyacida por depósitos de hierro e interceptada por

vetas de Ag y/o Au, formadas durante la regresión del arco. En el avance al oriente, el arco produjo depósitos vulcanogénicos y de contacto, de U y Fe y finalmente las provincias de fluorita, la zona de porfido de molibdeno, que fueron formados en el máximo alcance al oriente del arco cordillerano, a distancias de 900 y 1,100 km de la paleotrinchera.

La composición del magma, estuvo en función de la distancia de la paleotrinchera y puede ser correlacionado con el zoneamiento de los depósitos minerales; esta relación no es válida a lo largo de toda la Cordillera Americana. El factor dominante que probablemente controle la composición de las rocas y la sucesión de las zonas minerales, es la profundidad de foco de fusión de la litosfera subducida, demostrando la relación de potasio a sílice contra profundidad de la zona de Benioff.

Varios autores (Sillitoe; 1972, Keith 1978; Clark 1981, Dichinson y Matherton 1975, en Torres 1988) concluyen que la distancia desde la margen convergente, parece ser el factor sobresaliente en la localización de las zonas minerales de México, originando franjas orientadas NW paralelas a dicha margen convergente.

En México se han distinguido distritos ferríferos de gran importancia económica para el país. En Colima se tienen los depósitos de Peña Colorada con más de 120 millones de toneladas de hierro, el cerro de Nahuatlán, Piscila, y otros cuya orientación general ocurre NW-SE. Estos yacimientos parecen estar ligados genética y cronológicamente con los depósitos de Aquila, la Guayabera, las Bujas, El Jovero, río Guagua, Los Pozos y Las Truchas en el estado de



Michoacán. Estas mineralizaciones están relacionadas genéticamente a procesos metasomáticos y de segregación magmática. Su orientación se continúa en las rocas metamórficas y en el batolito regional de Guerrero, Oaxaca y Chiapas. También se encuentran depósitos de fierro al SE de la desembocadura del río Balsas como el Plutón, El Tibor, La Unión, etc. y otros más como el Verdito, Piedra Imán, El Violín, etc. Aproximadamente a 100 y 150 Km al NW y SW de la ciudad de Oaxaca existe un gran número de pequeños yacimientos de magnetita y hematita tipo skarn.

La provincia ferrífera de la Sierra Madre del Sur carece de homogeneidad respecto a su origen; sólo al W de esta zona en los estados de Colima, Michoacán y Guerrero muestran similitud genética, tratándose de depósitos metasomáticos de edad terciaria (Salas 1980)

Los yacimientos de fierro más importantes se presentan a lo largo de la vertiente del Pacífico y esporádicamente en las regiones nororiental y central de la altiplanicie (T. Flores 1951). Algunos consisten de grandes cuerpos minerales divididos en bloques por fallas. Otros se convierten a profundidad en yacimientos cupríferos con sulfuros que llevan en parte contenido aurífero.

También existen yacimientos secundarios originados por intemperismo y transporte de los cuerpos minerales expuestos en la superficie dando lugar a yacimientos residuales y de concentración mecánica. (T. Flores 1951)

4.2 Rocas encajonantes.

El yacimiento ferrífero de Los Pozos está encajonado en una secuencia volcanosedimentaria constituida por rocas volcánicas (andesitas, tobas, aglomerados) con horizontes calcáreos y terrígenos. Esta secuencia está afectada por metamorfismo regional de bajo grado que dio origen a la formación de andesitas metamorizadas, las cuales a su vez fueron afectadas por rocas intrusivas ocasionando una recristalización y dando lugar a la formación de hornfels (facies de albita - epidota, anfíbol y piroxeno), mármol y reducidas zonas de skarn. Estas rocas se desarrollaron antes que ocurriera la mineralización de hierro, a excepción de las últimas.

Los hornfels son de color verde claro a gris oscuro, compactos, con moderada a fuerte silicificación (principalmente al poniente del yacimiento); se llegan a observar fenocristales de plagioclasas y ferromagnesianos imprimiendo en la roca una textura afanítica, fanerítica, porfídica, foliada, hornfésica y granoblástica.

Microscópicamente presentan textura hornfésica, relicta hornfésica, porfídica, granoblástica, porfidoblástica, y algunas veces foliada. Están constituidas por plagioclasas (andesina-oligoclasa), cuarzo, augita, diópsida, axinita, esfena, apatito, hornblenda, biotita, minerales opacos, epidota, calcita, clorita, tremolita, actinolita, clinozoisita, sericita, micas y minerales arcillosos. Por la mineralogía observada pertenecen a la clase química calcárea-básica. Esta secuencia presenta un metamorfismo regional de bajo grado, perteneciendo

a facies de esquistos verdes y además afectada por un metamorfismo de contacto que da lugar a la formación de hornfels con facies de albita-epidota, anfibol y piroxeno, y reducidas zonas de skarn.

Estas rocas se observan encajonando al yacimiento y dentro del cuerpo de fierro, así como dentro de la roca intrusiva como caballos de roca estéril (apéndice petrográfico, tabla No. 2) (Foto No. 1).



Foto No. 1 Afloramiento de la secuencia volcanosedimentaria localizada en la margen norte del río Chuta y el arroyo El Organal. Muestras No. 37, 55, 56, 57 y 58 (Apéndice petrográfico).

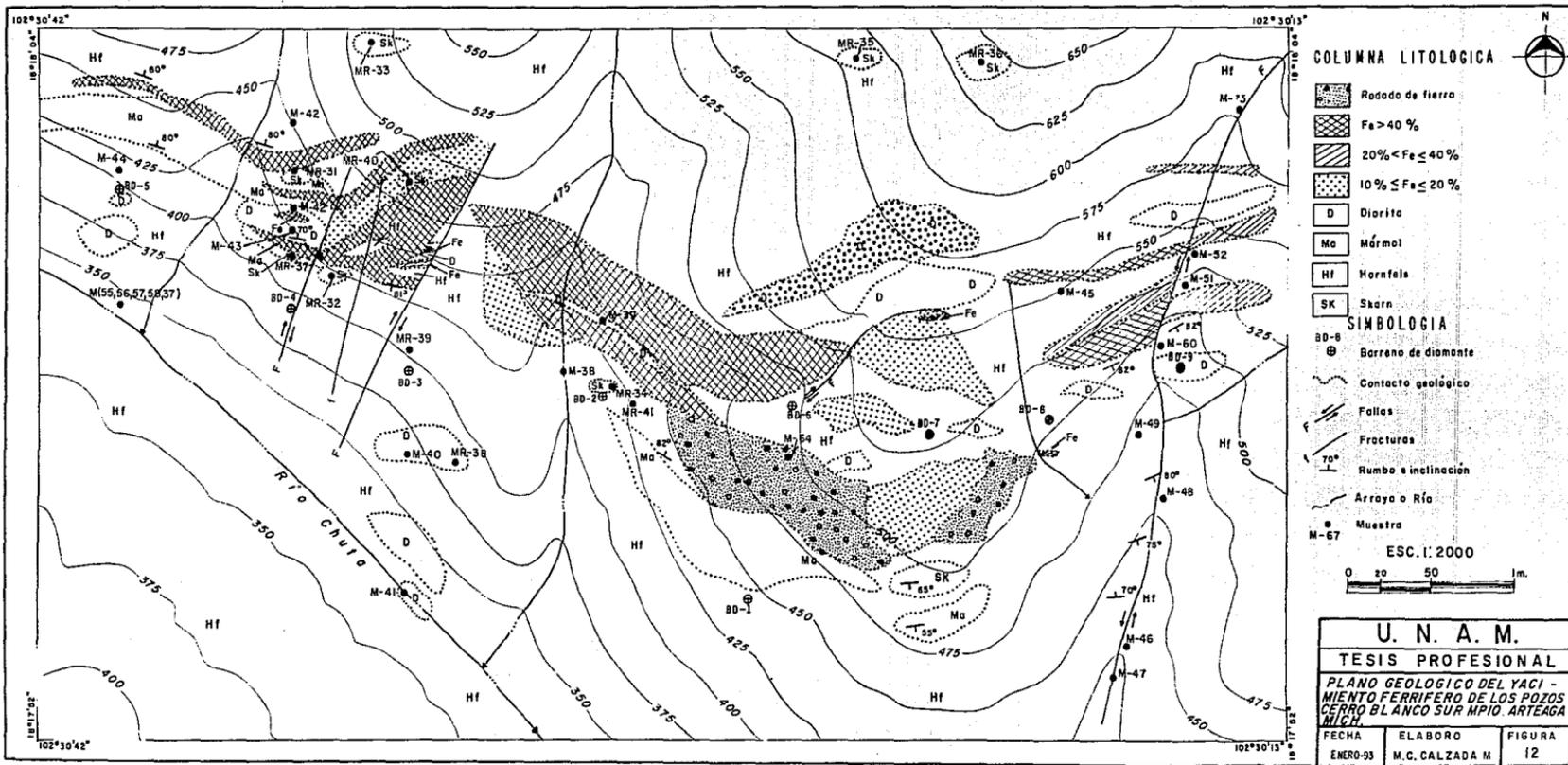
El mármol que está encajonando al fierro en el extremo poniente del yacimiento es de color gris al intemperismo y blanco al fresco; tiene una estructura compacta, textura granoblástica y llega a contener óxidos (magnetita y hematita) en forma diseminada o en bandas, así como vetillas de calcita. (Foto No. 2 y 3).

En los afloramientos cercanos al barreno No. 4 se observó en forma de cuerpos tabulares con rumbos casi E-W e inclinaciones aproximadamente de 70° al norte, con espesores que varían de 3 a 20 m. A profundidad, el mármol se va acuñando llegándose a cortar, en los barrenos No. 4 y 5, sólo pequeños tramos. Al norte del barreno No. 1, se observó un remanente en forma de rodado ya que tal barreno no lo cortó a profundidad (Fig. No. 12).

Microscópicamente presenta una textura granoblástica. Se observan minerales opacos en bandas o diseminados, vetillas de clorita, epidota, calcita y esporádicamente tremolita-actinolita.

El origen de esta roca se atribuye al efecto de metamorfismo de contacto entre rocas carbonatadas e intrusivas (Apéndice petrográfico) (Foto No. 1, 2 y 3) y (Fig. 14 y 15)

Existen reducidas zonas de skarn las cuales se presentan en los respaldos de la estructura mineralizada. Estas rocas son de composición calco-silicatada, de color gris pardo oscuro a rojizo, presentan estructura compacta, masiva, textura granoblástica de grano medio a fino. Están constituidas por: tremolita-actinolita, calcita, piroxenos (augita y diópsida), óxidos, epidota y micas (Apéndice petrográfico) (Foto No. 4).



COLUMNA LITOLÓGICA

- Rodado de hierro
- Fe > 40 %
- 20% < Fe ≤ 40 %
- 10% ≤ Fe ≤ 20 %
- D Diarita
- Ma Mármol
- Hf Hornfelsa
- SK Skarn

SIMBOLOGÍA

- BD-8 Barreno de diamante
- Contacto geológico
- Fallos
- Fracturas
- Rumbo e inclinación
- Arroyo o Río
- Muestra

ESC. 1: 2000
 0 20 40 60 80 100 1m

U. N. A. M.		
TESIS PROFESIONAL		
PLANO GEOLÓGICO DEL YACI - MIENTO FERRIFERO DE LOS POZOS CERRO BLANCO SUR MPIO. ARTEAGA MICH.		
FECHA	ELABORO	FIGURA
ENERO-93	M.C. CALZADA M	12

Estas rocas se formaron a partir de metamorfismo de contacto entre las rocas encajonantes (volcánicas, carbonatadas e intrusivas) y la mineralización de fierro. (Fig. 12).



Foto No. 2 Afloramiento de mármol de forma tabular con una inclinación casi vertical.

Las rocas intrusivas, como lo es la diorita, también encajonan al cuerpo mineralizado. Se presentan en forma de apófisis y diques entre el fierro y en los alrededores de éste (Fig 12, 13, 14, 15, 16 y 18)

Megascópicamente la roca es de color gris verdosa con minerales de color verde y blanco, la estructura es compacta, con textura fanerítica de grano fino a medio y porfídica, algunas veces foliada.

Microscópicamente presenta textura holocristalina, hipidiomórfica, panidiomórfica, equigranular a veces porfídica y foliada. Como minerales esenciales presenta plagioclasas (andesina-oligoclasa), como minerales accesorios: hornblenda, esfena, augita, apatito, biotita, cuarzo y minerales opacos, y como secundarios se tienen clorita, sericita, epidota, tremolita-actinolita y micas, (Foto No. 8).

En algunas de estas rocas se observan evidencias de haber sido afectada por un metamorfismo regional de bajo grado, llegándose a definir planos de foliación.

Los esquistos que bordean al yacimiento presentan la misma mineralogía que las rocas volcánicas andesíticas, por lo que se les consideró como andesitas metamorfolizadas. Estas rocas se observan al oriente del yacimiento en el arroyo de La Puerta y al sur del barreno No. 9 (Foto No. 6 y 9), y no se mapearon por ser afloramientos muy reducidos, por lo que en el plano se incluyen dentro de los hornfels.

Todas las rocas anteriormente mencionadas, están afectadas por una actividad hidrotermal posterior a la mineralización, produciendo numerosas vetillas de carbonatos, cuarzo, epidota, clorita y sulfuros.



Foto No. 3 Núcleo de barreno mostrando fierro intercalado con mármol y algunas vetillas de carbonato.

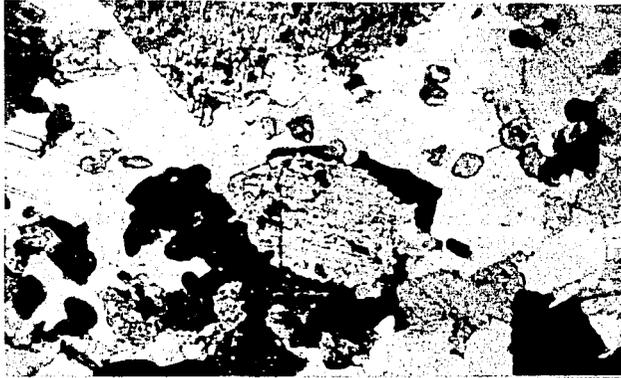


Foto No. 4 Cristales de calcita con piroxenos y anfíboles conformando un skarn de diópsida y hornblenda (apéndice petrográfico M-30). Foto con luz paralela y aumento de 10X.

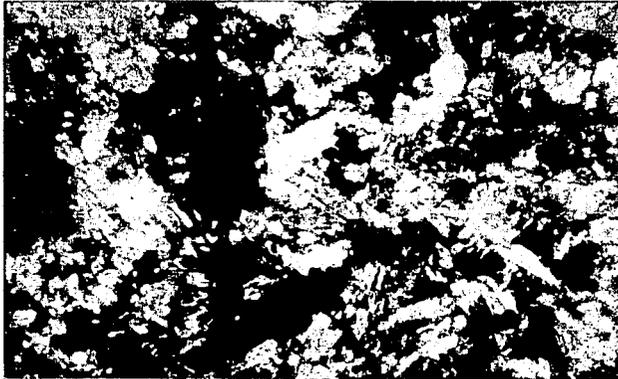


Foto No. 5 Hornfels de tremolita-actinolita. Localidad río Chuta (M-11). Foto con nicoles cruzados y aumento de 20X.



Foto No. 6 Andesita metamorizada. Se observan porfidobláastos de plagioclasas deformadas y alineadas. Localidad arroyo La Puerta (M-46). Foto con luz paralela y aumento de 10X.

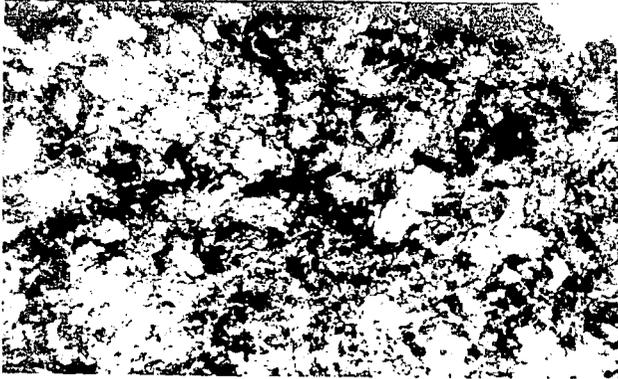


Foto No. 7 Hornfels de epidota y clorita. Muestra del barreno No. 8 a la profundidad de 97.10 m (M-34). Foto con nicoles cruzados y aumento de 40X.

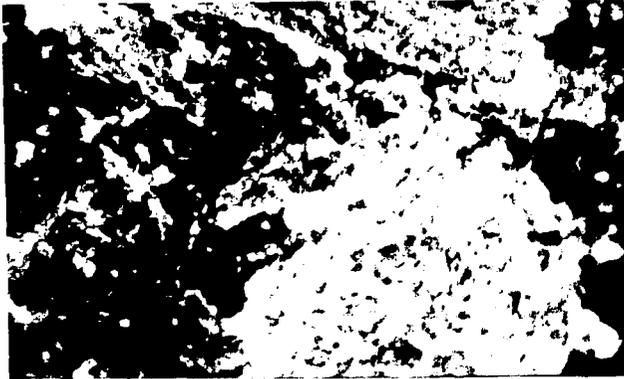


Foto No. 8 Fenocristales alterados de plagioclasa que constituyen una microdiorita porfídica. Muestra del barreno No. 9 a la profundidad de 62.0 m (M-36). Foto con nicoles cruzados y aumento de 10X.

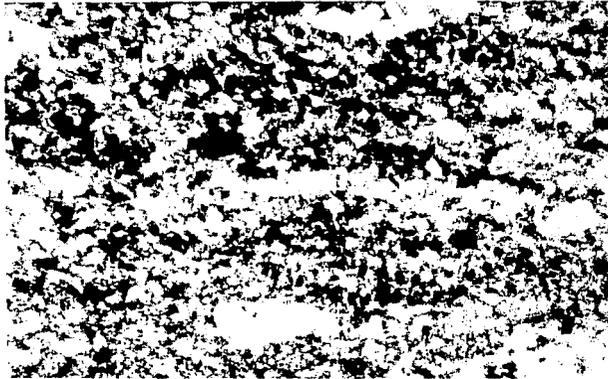
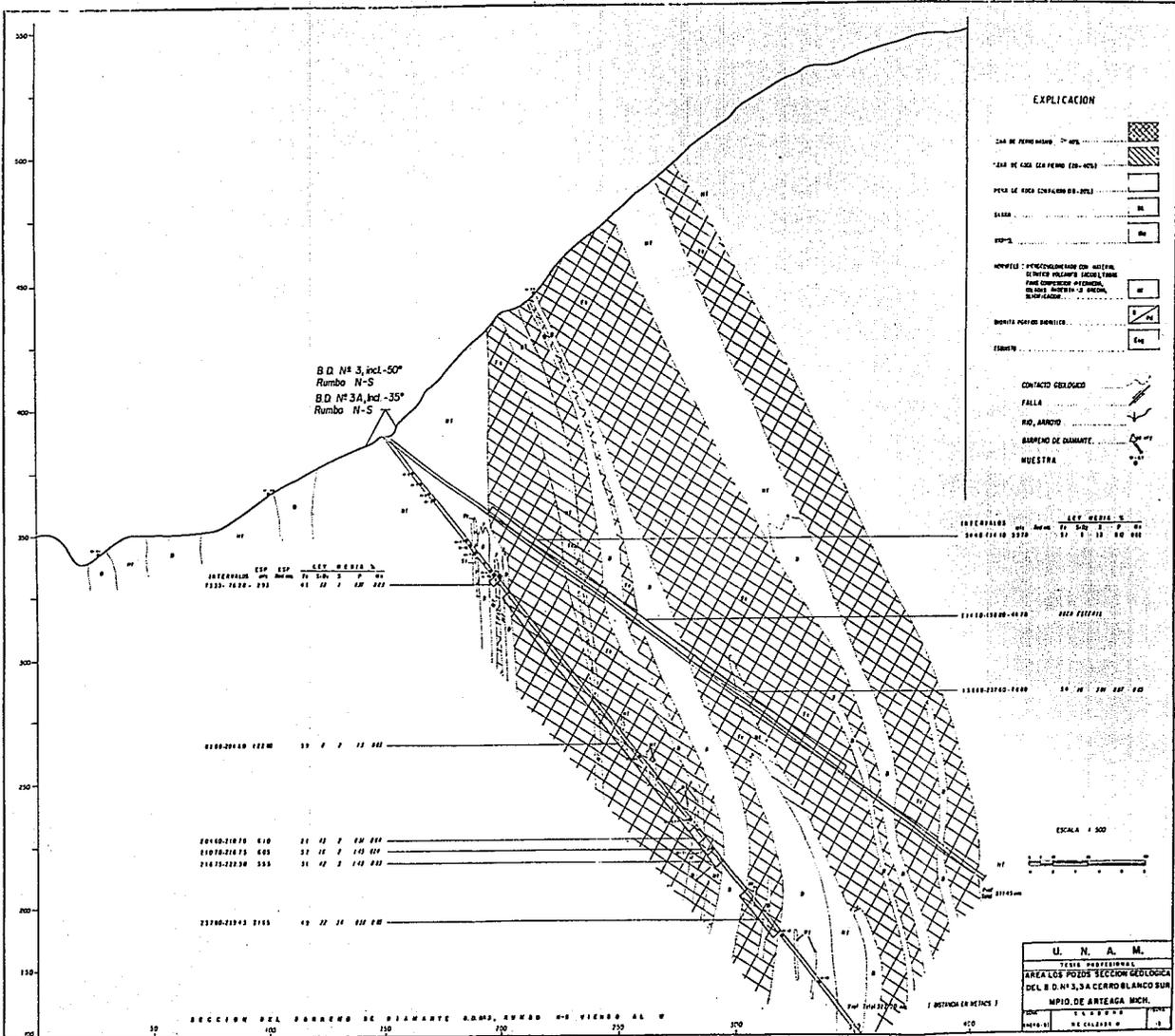


Foto No. 9 Cristales de plagioclasa deformada con biotita en los bordes, con matriz microcristalina de cuarzo y plagioclasa que conforman una andesita metamorfizada (M-53). Foto con nicoles cruzados y aumento de 10X.



EXPLICACION

- CAR DE FERRO MANG. 7% MOL.
- CAR DE COCA SIN FERRO (COCA-MOL)
- PEDA DE COCA (COPOLIMERO DE POLI)
- SASSO
- FOLIO
- MUELLA: ESTROCALCIFICACION CON MUELLA, CLIVAJE VILLARRO, SACALIMBA, FASE CONCRETO NEOLITICO, OLIGOCENO MEDITERRANEO, OLIGOCENO MEDITERRANEO, OLIGOCENO MEDITERRANEO.
- DORTA PIEDRA BONITE.
- FERRO

- CONTACTO GEOLOGICO
- FALLA
- RIO, BARRIO
- BARRIO DE DIAMANTE.
- MUESTRA

B.D. N° 3, incl. -50°
Rumbo N-S
B.D. N° 3A, incl. -35°
Rumbo N-S

ESTACION	ESP. (m)	ESP. (m)	LEV. MUESTRA N°
1000-1000-000	0	0	100
1000-1000-000	0	0	100

0100-2010-000	10	0	10	100
0100-2100-010	11	10	0	100
0100-2100-020	12	10	0	100
0100-2100-030	13	10	0	100

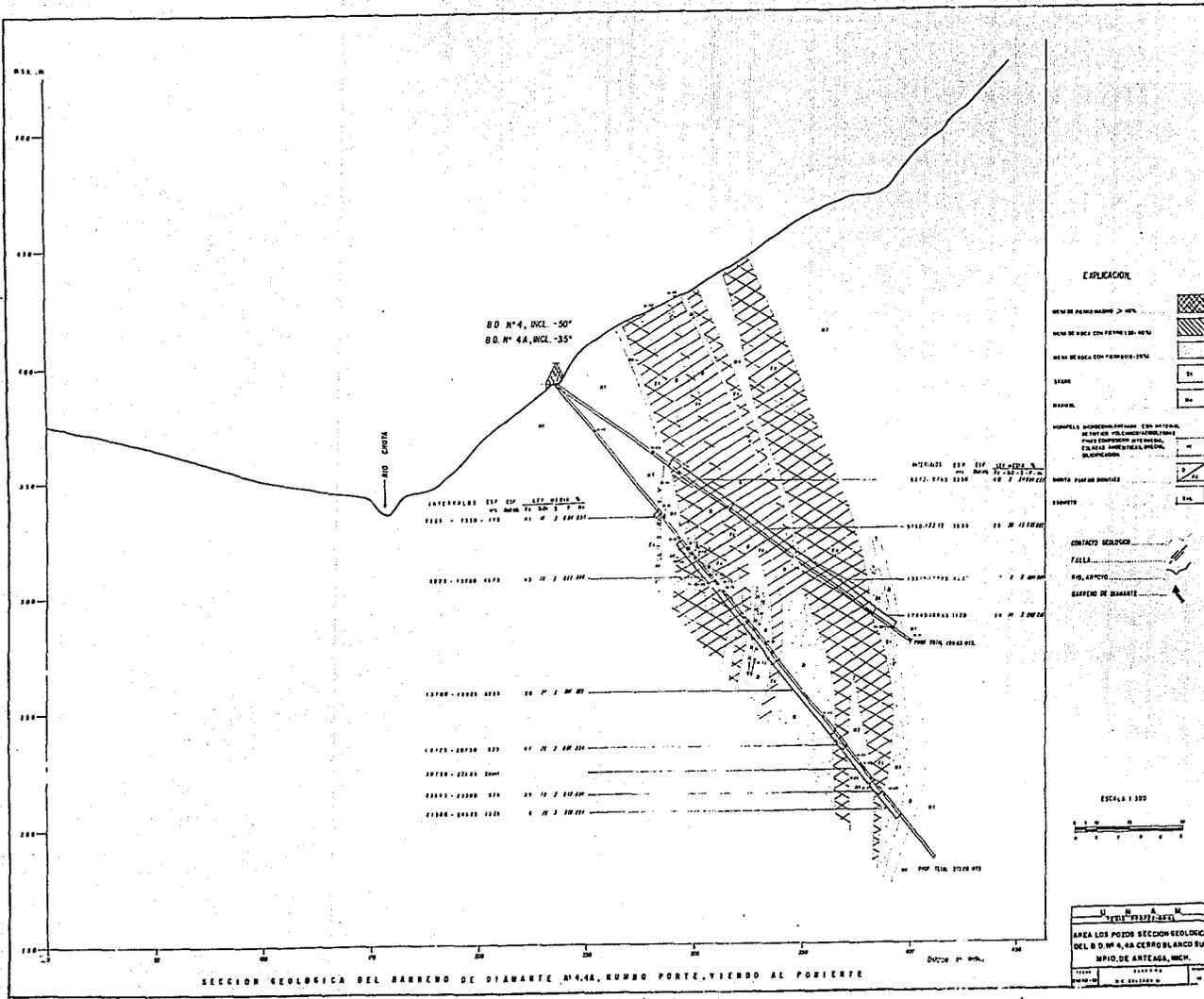
0100-2100-040	14	10	0	100
---------------	----	----	---	-----

ESTACION	LEV. MUESTRA N°
1000-1000-000	100
1000-1000-000	100

ESCALA 1:500

U. N. A. M.
TITULO PROFESIONAL
AREA LOS POLOS SECCION GEOLOGICA
DEL B. D. N° 3, A CERRADO BLANCO SUR
MPIO. DE ARTEAGA MCH.
PISO: 1
MUNICIPIO: ARTEAGA MCH.

SECCION DEL BARRIO DE DIAMANTE AMAR, CERRADO N°6 VIENNA AL W



B.D. N° 4, INCL. -50°
B.D. N° 4A, INCL. -35°

BIO CAJITA

INTERVALOS	ESP. (M)	ESP. (PI)	LEY. (M)	LEY. (PI)
1225 - 1330	105	11	2	100
1330 - 1370	40	3	100	100
1370 - 1400	30	2	100	100
1400 - 1470	70	2	100	100
1470 - 1520	50	2	100	100
1520 - 1550	30	2	100	100
1550 - 1580	30	2	100	100
1580 - 1620	40	2	100	100

MTI-AGE 827 114
8421-8745 2290 10 7 2110 212

9740-9271 1934 11 20 1470 20

1331-11700 41.7 2 8 20 20

1770-20045 1120 11 20 2 20 20

PROF. 1014, 10145 MTL.

PROF. 1014, 2120 MTL.

EXPLICACION

- SEÑAL DE PUNTO MARCO > MTL.
- SEÑAL DE BARRA CON PUNTO MARCO

- SEÑAL DE BARRA CON PUNTO MARCO
- SEÑAL DE BARRA CON PUNTO MARCO
- SEÑAL DE BARRA CON PUNTO MARCO
- SEÑAL DE BARRA CON PUNTO MARCO
- SEÑAL DE BARRA CON PUNTO MARCO
- SEÑAL DE BARRA CON PUNTO MARCO

- CONTACTO GEOLOGICO
- FALLA
- POZ. ARTESIANO
- BARRENO DE DIAMANTE

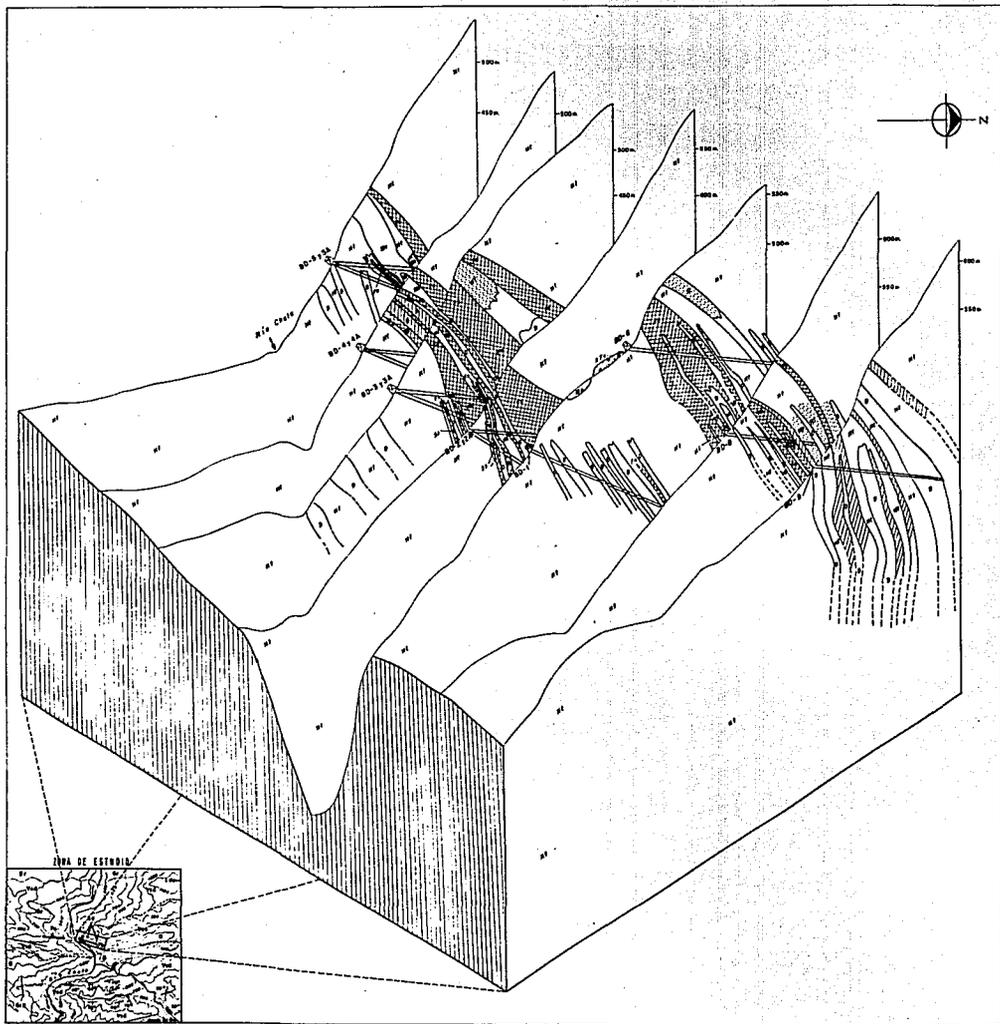
ESCALA 1:200



U	N	A	M
10	10	10	10
AREA LOS POZOS SECCION GEOLOGICA DEL B.D. N° 4, AA. CENTRO BALCON SUR INFID. DE ARTEAGA, MCH.			
1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

-  Arcos de Fe
-  Mase de tierra masada >40%
- Mase de roca con tierra (20-40%)
- Mase de roca sin tierra (0-20%)
- Inercia-Pórtido Grafica
- Mm Marmol
-  MFL Marmol-Ferromagnético con material arcilloso con detritos de litos finos y con poca inercia
- Ss Stone
- MZ-M Berruco de Diamante
- Contacto geológico
- Arroyo o Río



U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

BLOQUE DIAGRAMÁTICO DEL YACIMIENTO FERRIFERO DE LOS POZOS MPIO. DE ARTEAGA, MICH.

FECHA	ELABORÓ	FIGURA
ENERO-93	M.C. CALZADA M.	16

4.3 Estructura mineralizada.

El yacimiento ferrífero de Los Pozos está emplazado en una fractura con rumbo NW 70° SE con inclinaciones tendientes a la vertical y con ligeras variaciones al norte y al sur. Tiene una longitud de 1300 m contando el cuerpo del cerro del Organal, (el cual quedó fuera del área de estudio), sólo se consideró la parte del cerro Blanco Sur (por tener barrenación) con una longitud de 600 m. El cuerpo está fragmentado con variaciones en el rumbo del mismo. Se asemeja a un cuerpo vetiforme el cual se conoce a una profundidad promedio de 200 m con ancho de 20 a 100 m. A profundidad presenta una gran cantidad de intrusiones dioríticas en forma de diques y caballos de roca estéril y mineralizada. Se encuentra afectado por algunas fracturas y fallas que en ciertas porciones lo dislocan y lo desplazan. (Fig. 12, 13, 14, 15, 16 y 18).

En el área de estudio se realizaron nueve barrenos, que permitieron conocer el cuerpo de fierro a una profundidad de 100 a 300 m. Las profundidades más someras del cuerpo se encuentran en la parte oriental; los barrenos en este extremo fueron los más cortos debido a que en superficie no se observaron grandes afloramientos ni evidencias de cuerpos potentes; además, los métodos geofísicos anteriormente realizados no detectaron altas anomalías magnéticas. El espesor del cuerpo varía de 20 a 100 m siendo los menores en los extremos y los más potentes al centro del mismo.

Este cuerpo mineralizado se encuentra fragmentado en tres partes principales:

- 1.- La parte oriental que incluye los barrenos No. 8 y 9 donde tiene un rumbo N 70°E a S 80° E con una inclinación de 80° al sur, presentándose en la parte más oriental como roca con fierro en un porcentaje de 20 a 40%. (Barreno No. 9). En esta zona el cuerpo se conoce a una profundidad de 100 a 130 m y tiene un espesor de 20m.
- 2.- La parte central incluye los barrenos Nos. 2, 3 y 6, tiene un rumbo de N 70° W y una inclinación de 80° al norte; esta parte es la más potente del yacimiento ya que las profundidades varían de 145 a 320 m con espesores de 60 a 100 m. Esta porción del yacimiento está constituida por tres cuerpos vetiformes separados por diques dioríticos y por hornfels.
- 3.- La parte poniente atravesada por los barrenos No. 4 y 5, presenta un rumbo N 60°W y una inclinación de 70 ° al norte. En esta zona, el cuerpo se encuentra fragmentado en tres y cuatro cuerpos vetiformes separados por mármol, diorita y hornfels con profundidades de 260 a 280 m y espesores de 25 a 33 m. En esta porción el mármol se encuentra encajonando al fierro al bajo de éste, en su margen sur. Entre los barrenos No. 3 y 4 el cuerpo está dislocado con un rumbo N 70° E en un tramo limitado por dos fallas.

El fierro se depositó en planos de debilidad y posteriormente fue desplazado y dislocado por fallas y fracturas.

Del barreno No. 2 al oriente, se puede considerar al cuerpo como vetiforme, casi tabular, homogéneo e intercalado por diques dioríticos. En esta

porción el cuerpo presenta una inclinación con tendencia al sur y a la vertical. Se observa un acuífamiento al oriente. Al norte de este acuífamiento se tienen pequeños afloramientos de roca con fierro, con espesores de 7 a 10 m con los mismos rumbos e inclinaciones. Entre el barreno No. 8 y 9, a lo largo del arroyo denominado La Puerta, existe una falla transcurrente lateral izquierda, la cual desplaza unos metros a la roca mineralizada. A la profundidad de 70 a 100 m aproximadamente, el cuerpo acentúa gradualmente en inclinación hacia el sur, lo cual le da una forma tabular arqueada.

Del barreno no. 3 al poniente, el cuerpo de fierro está fragmentado en dos, tres o más cuerpos vetiformes con espesores variables. El barreno No. 3 corta tres cuerpos de fierro de espesor considerable. (20 a 40 m) que sumados dan un espesor total de 100 m aproximadamente; estos cuerpos están intercalados por diques dioríticos. Existen también pequeños cuerpos de fierro con espesores de 3 a 15 m, los cuales están emplazados en diorita, misma que aflora en superficie. Como se puede observar, el cuerpo mineralizado también se va acuífando hacia el poniente. En esta porción se tiene la presencia de mármol en forma tabular con inclinaciones al norte y tendiendo a la vertical, misma que se acuífa a profundidad. Esta roca se observa casi siempre en el límite sur del yacimiento y se llega a encontrar impregnado o con bandas de fierro de aspecto fluidal. En superficie existen diques dioríticos los cuales se incrementan a mayor profundidad además de caballos de roca estéril y con mineralización, teniendo diferentes espesores los cuales van desde unos centímetros hasta 25 m. También a profundidad cambia gradualmente la inclinación del cuerpo hacia el sur teniendo una forma arqueada.

4.4. Alteraciones.

Las alteraciones que se presentan en las rocas encajonantes están representadas por:

Silicificación.- Aportación de sílice amorfo o de grano fino que se presenta principalmente en fracturas. Esta alteración se observa en dioritas, granodioritas, meta-andesitas y hornfels que bordean el yacimiento así como en gran parte de las rocas de la secuencia volcánica metamorfizada.

Epidotización.- Coloración verde pistache observada en las rocas volcánicas metamorfizadas (hornfels y meta-andesitas). Esta alteración es de las más comunes y se encuentra en fracturas. Microscópicamente también se encuentra rellenando fracturas en hornfels como mineral secundario.

Cloritización.- Coloración verdosa desarrollada por la alteración de ferromagnesianos como producto de hidrotermalismo. Así mismo, se llegan a observar brechas cloritizadas (M-1 Apéndice petrográfico). Esta alteración se observa en hornfels, esquistos, y dentro de la mena de fierro.

Carbonatación.- Coloración blanquecina que se observa en las rocas y dentro de la mena de fierro con aspecto irregular y de ramaleo, así como cristales de calcita, los cuales se observan en brechas con fragmentos de roca verde, probablemente producto de hidrotermalismo posterior a la mineralización (M-27 Apéndice petrográfico).

Oxidación.- Coloración rojiza-anaranjada, producto de alteración de la magnetita en hematita y limonita. Es común encontrarla en fracturas dentro de la roca,

cuarzo y hierro, así como en la mayor parte de los afloramientos y suelos del yacimiento.

Sericitización.- Comúnmente se presenta en yacimientos hidrotermales, así como en los que poseen carácter magmático. Se presenta rellenando fracturas en algunas rocas volcánicas y metamórficas dándoles un típico brillo micáceo.

Caolinización.- Esta alteración es producto de la descomposición de feldspatos y otros silicatos componentes de las rocas hasta transformarse en caolín como resultado de disoluciones ácidas en un proceso hidrotermal. Esta alteración se observa en las plagioclasas de rocas granodioríticas, dioríticas, meta-andesitas y hornfels de color verde. Se presenta principalmente en el intrusivo del cerro Blanco.

En el yacimiento, tanto en superficie como en los núcleos de los barrenos se observan estas alteraciones con diferentes intensidades. En la parte poniente del yacimiento predomina una fuerte a moderada silicificación tanto al alto como al bajo de la mena, a ésta le sigue una moderada a débil epidotización, cloritización, carbonatación y oxidación.

En la parte oriental del yacimiento, predomina una fuerte a moderada epidotización, tanto al bajo como al alto de la mena, siguiéndole una moderada cloritización y en algunos casos silicificación, así como bandas de carbonatos y la presencia de hidróxidos de hierro.

Estas alteraciones se presentan en forma de hiliillos, bandas de aspectos fluidal, manchones y de manera irregular.

Por las evidencias observadas y los resultados de rayos X, se puede concluir que las alteraciones que están relacionadas directamente con la mineralización de fierro en este yacimiento son: silicificación, cloritización, epidotización, carbonatación, siendo las dos primeras las que se presentan con mayor frecuencia en la roca encajonante (Boyle 1979).

4.5 Paragénesis y sucesión.

El mineral de mena es magnetita, el cual se presenta en forma masiva, de grano grueso a fino, así como interrecida con la hematita y diseminada en la roca encajonante.

En menor proporción se tiene hematita, que se presenta en forma masiva, terrosa, generalmente relleno de fracturas y como alteración de la magnetita. Superficialmente le proporciona una coloración rojiza a la roca y al suelo.

Asociados a estos óxidos se tienen sulfuros constituidos por pirrotita, piritita, calcopiritita y esfalerita. (Foto No. 10, 11, 12, 13 y 14). La pirrotita es el sulfuro que acompaña más frecuentemente a la mena y se llega a observar en forma masiva (Foto No. 12, 13 y 14), en bandas de aspecto fluidal y diseminada en la roca en un porcentaje de 5 al 30% observada en núcleos de barrenos; en menor proporción se observa la piritita y la calcopiritita. Contiene además limonita relleno de fracturas. Como minerales transparentes observados en lámina delgada se tienen calcita, cuarzo, clorita, y epidota.

La magnetita (Foto No. 10 y 14) algunas veces está siendo reemplazada por hematita. Generalmente la magnetita presenta numerosas venillas rellenas de pirrotita, las cuales se llegan a observar alineadas y paralelas con aspecto fluidal. También se presenta de manera masiva reemplazando a la magnetita y a la hematita con textura de islas y continentes (Foto No. 13).

La piritita se encuentra en pequeños cristales y está reemplazando generalmente a la pirrotita (Foto No. 10, 11 y 13), aunque se llega a observar

reemplazando a la magnetita en forma de exsoluciones (Foto No. 14).

La calcopirita se presenta con menor frecuencia que los anteriores y casi siempre se encuentra en formas irregulares reemplazando a la pirrotita, pirita y en los bordes de las venillas que contienen mineral transparente (Foto No. 12). Otro mineral no muy frecuente es la esfalerita el cual se encuentra en pequeños cristales incluido en la magnetita, pirrotita y en fracturas con mineral transparente (Foto No. 10 y 12). Finalmente en menor proporción se observan pequeños cristales aciculares de hematita los cuales se presentan rellenando fracturas y a través de bordes reemplazando a la magnetita (Foto No. 14).

La textura comúnmente observada es la de relleno de cavidades y de reemplazamiento en forma de islas y continentes (Foto No. 10 y 13). Esta mineralogía está representada en la fig. 17 la cual se apoya en la descripción de las superficies pulidas, láminas delgadas (apéndice minerográfico y petrográfico) y en los análisis mineralógicos por difracción de rayos X.

MINERAL	FORMULA	MINERALES HIPOGENICOS	MINERALES SUPERGENICOS
Magnetita	Fe_3O_4		
Hematita	Fe_2O_3		
Pirrotita	$Fe \times S_x + I$		
Pirita	$Fe S_2$		
Calcopirita	$Fe Cu S_2$		
Esferalerita	$Zn Fe S$		
Limonita	$2Fe_2O_3 \cdot 3HO$		
Clorita	$(Si_4O_{10})Mg_3(OH)_2 Mg_3(OH)_6$		
Epidoto	$(Si_2O_7)_3 Co_2(Al, Fe)(OH)$		
Actinolita	$Si_8O_{22}Co_2(Mg, Fe)_3(OH)_2$		
Calcita	CO_3Ca		
Biotita	$Si_2O_6(Mg, Fe)_3Al(OH)_2$		

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

**PARAGENESIS Y SUCESION
MINERALOGICA DEL YACI-
MIENTO FERRIFERO DE
LOS POZOS MICH.**

FECHA	ELABORO	FIGURA
ENERO-93	M.C. CALZADA M.	17

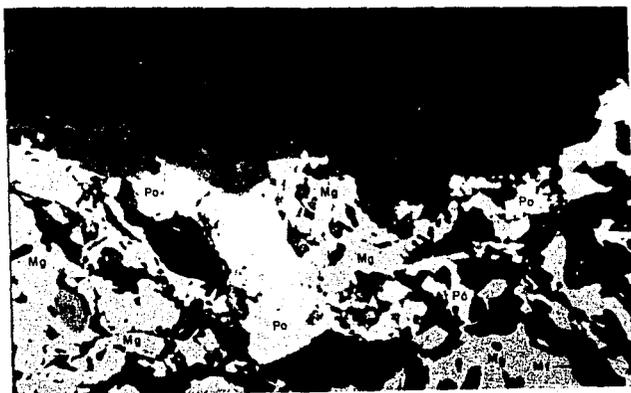


Foto No. 10 Relación entre magnetita (Mg), hematita (Hem) y pirrotita (Po). La pirrotita está reemplazando a la magnetita. Se observan superficies de reemplazamiento concavo de la pirrotita en la hematita y en el mineral transparente (Mt). También se observa un cristal de esfalerita (Sp) incluido en la magnetita. Muestra tomada del barreno No. 5A a la profundidad de 117 m (M-63). Foto tomada con luz paralela, filtro azul y aumento de 20X.



**Foto No. 11 Cristales de pirrotita alterada (Po) y mineral transparente en magnetita (Mg). Muestra de barreno No. 5 a la profundidad de 117.0 m (M-63)
Foto con luz paralela, filtro azul y aumento de 63X.**



Foto No. 12 Masa de pirrotita (Po) con una fractura rellena de mineral transparente (Mt), observándose en los bordes de éste la formación de calcopirita (Cp), así como de pirita (Py). Muestra de barrenos No. 4A a la profundidad de 69.0 m (M-61). Foto con luz paralela con filtro azul y aumento de 10 X.

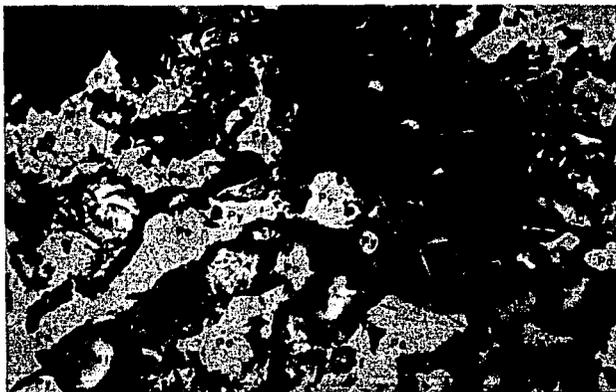


Foto No. 13. Cristal de magnetita (Mg) dentro de una masa de pirrotita (Po) y mineral transparente (Mt); estas últimas se encuentran en forma de islas en la magnetita, que a su vez está incluida en una masa de pirrotita con mineral transparente y calcopirita (Cp). Muestra tomada del barreno No. 3 a la profundidad de 201.0 m (M-67). Está tomada con luz paralela, filtro azul y aumento de 50 X.



Foto No. 14 Cristales redondeados de pirrotita (Po), hematita (Hem) en forma de agujas de color azul claro y mineral transparente (Mt) en una masa de magnetita (Mg). Muestra tomada del afloramiento de fierro localizado al norte del barreno No. 6 (M-64). Foto tomada con luz paralela, filtro azul y aumento de 50 X.

Zoneamiento:

El cuerpo ferrífero de los Pozos puede considerarse casi homogéneo, ya que no presenta gran variación en cuanto a la distribución de su mena. La magnetita llega a alterarse como hematita en la superficie y a profundidades muy someras; en general se presenta en forma masiva en las partes más potentes del cuerpo en la zona central del mismo y hasta los extremos, se le encuentra en forma masiva y diseminada en la roca encajonante tanto en la roca volcánica como en el mármol.

Por otro lado, los sulfuros presentan un zoneamiento más marcado. La mayor concentración de sulfuros (pirrotita, piritita, calcopirita, esfalerita) se observa en la parte central de fierro en los barrenos No. 2, 3, 4 y disminuye un poco en los extremos en los barrenos No 5, 8 y 9. Este zoneamiento lateral también es restringido verticalmente, donde se puede observar que a una cierta profundidad aumenta el contenido de sulfuros. Inicialmente el contenido de sulfuros es de aproximadamente 5% a 15% (visto en núcleos de barrenación) y llega a aumentar en un 30% a las profundidades entre los 70 y 250 m aproximadamente. En los tramos de mayor concentración de sulfuros tiende a presentarse generalmente una alteración la cual da colores iridiscentes, azul y rosa. La relación espacial que guardan los sulfuros con los óxidos es que los primeros aumentan su proporción en las partes más potentes del cuerpo y se comportan de una manera similar a la mena, la cual pudiera llegar a servir en la prospección como indicio para conocer la morfología y comportamiento del cuerpo.

Comparando con otros yacimientos que se encuentran en los alrededores (Tabla No. 1), no se observa un marcado zoneamiento, ya que los minerales presentes son la magnetita y en algunos casos predomina la hematita. Para el yacimiento de los Pozos existen algunas variaciones en cuanto al contenido de sulfuros; los sulfuros predominantes son la pirrotita y pirita. En cambio, para los yacimientos cercanos a la costa como son Las Truchas, Ferrotepec, Santa Clara y algunos otros, presentan especularita y pirita. Como se observa no hay un zoneamiento definido y sobresaliente.

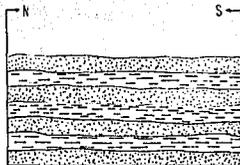
4.6 DISCUSION GENETICA.

Los yacimientos magmáticos se forman en el proceso de diferenciación del magma metalífero; al enfriarse la fusión, la acumulación de minerales formadores de menas se divide en dos líquidos inmiscibles, de minerales de mena y de silicato, cuya cristalización conduce al aislamiento de los yacimientos magmáticos, como es el caso. Posteriormente en los magmas de silicato, los metales pueden entrar en la composición de los minerales de cristalización temprana, concentrarse en ellos antes de la solidificación completa del resto de la fusión y formar yacimientos magmáticos tempranos (de segregación y acumulación).

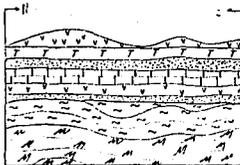
La principal fuente de la mena es la sustancia profunda del magma subcortical correspondiente a profundidades y presiones considerables (Smirnov 1982).

En términos generales se considera que los yacimientos de fierro de este tipo se forman por dos procesos fundamentales: cuerpos de minerales de fierro acumulados por segregación e inyección magmática y cuerpos de fierro sin o post formación de skarn. (Fig. 18).

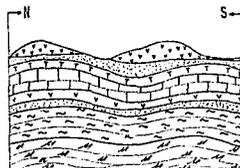
Los primeros se observan como cuerpos contenidos tanto en el intrusivo como en rocas volcánicas y reemplazando calizas. Los segundos forman cuerpos irregulares junto con el skarn, diseminado en éste y reemplazando calizas, pero siempre en intercrecimiento mutuo con los calcosilicatos. Por lo general, ambos tipos son afectados por procesos hidrotermales posteriores.



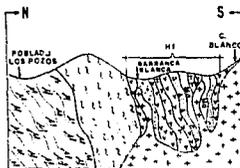
SEDIMENTACION PELITICA Y PSAMITICA (BASAMENTO) DURANTE EL TRIASICO.



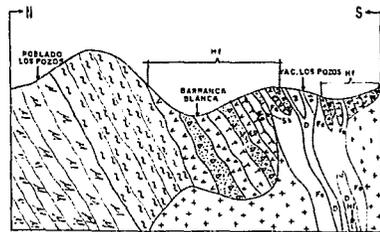
DEFORMACION DEL BASAMENTO Y DEPOSITACION DE LA SECUENCIA VOLCANOSEDIMENTARIA JURASICO-CRETACICO INF.)



DEFORMACION DE LA SECUENCIA VOLCANICA CON HORIZONTES CALCAREOS (CRETACICO INF.-CRETACICO SUP.)



INTRUSION DEL CUERPO BATOLITICO Y BASCULAMIENTO DE AREAS LINDANTES (CRETACICO SUP.-TERCIARIO INF.)



ATRAVES DE UNA PREPARACION TECTONICA SE LLEVA ACABO LA INYECCION FERRIFERA, CON UN EMPUJAMIENTO POSTERIOR DE DIQUES DIORITICOS Y LA FORMACION DE REDUCIDAS ZONAS DE SKARN, ASI COMO LA ALTERACION DE LAS ROCAS PRODUCTO DE UNA ACTIVIDAD HIDROTHERMAL POSTERIOR.

EXPLICACION

CI	Actinida de granito con granito epizentado y clarificación.
Ep	Mineralización ferrifera y zonas de stockwork. Intrusiones de diques dioríticos Terciario Inf.
W	Secuencia volcánica sedimentaria paleozoica: lavas, tufos, pedregales Cretácico sup.-Terciario inferior.
W	Solefita Arteaga (granito-diorita) Cretácico sup.-Terciario Inf.
W	Secuencia volcanosedimentaria (tobos, andesitas, coladas, andesitas, brechas colomadas, con horizontes calcáreos) Cretácico Inf.
W	Basamento metamórfico (esquistos y gneiss) Jurásico.
W	Secuencia pelítica y psamítica (territos arenaceous) Triásico.

U. N. A. M.
TESIS PROFESIONAL

ETAPAS DE FORMACION DEL YACIMIENTO FERRIFERO DE LOS POZOS MPIO. DE ARTEAGA, MCH.

FECHA	ELABORO	FIGURA
FEBR-63	M. C. CALZADILLA	18

En el yacimiento ferrífero de Los Pozos, Michoacán, la roca encajonante y asociada a la mineralización corresponde a un hornfels básico formado a partir de la secuencia volcanosedimentaria de composición andesítica. Esta roca está también afectada por un proceso metasomático que origina la formación de epidota y reducidas zonas de skarn.

A pesar de no contar con datos termobáricos aportados directamente por algunos minerales que constituyen el yacimiento, se puede concluir, tomando como base las paragénesis descritas y las relaciones texturales observables que: los hornfels básicos se formaron en condiciones de facies corneana de albita-epidota, anfíbol y piroxeno (Turner 1981), a presiones bajas (menor a 2 K bar) y temperaturas entre 350° y 500°C (Yardley 1989), con una reconstitución mineralógica incipiente lo que permite conservar las relaciones texturales originales de la roca ígnea.

El skarn de epidota se formó considerando sus características mineralógicas, seguramente en condiciones de temperaturas bajas y con una alta fugacidad de oxígeno (Shimazaki 1981). Posterior a estas condiciones es cuando se precipita el hierro en forma de magnetita. Este mineral es aportado al sistema por la solución magmática y debe separarse de ella por procesos de segregación magmática favoreciendo su precipitación la formación de skarn de epidota, tremolita-actinolita y piroxenos.

La presencia de tremolita-actinolita asociada a la aparición de pirrotita y pirita, indica un decremento en la fugacidad del oxígeno (Shimazaki op cit.) y el inicio de una actividad hidrotermal con alto contenido de azufre que daría

la asociación pirita-esfalerita-calcopirita (Fig. 17) que rellenan vetillas y emplazan a los cuerpos de magnetita y roca encajonante.

Por otro lado, la disposición de los cuerpos masivos de magnetita que siguen una lineación local, implica que su emplazamiento fue siguiendo zonas de debilidad (fracturas) en los hornfels y en el contacto con el mármol, lo cual apoya la teoría de una segregación magmática. Estas relaciones litológicas también serían una importante guía en la prospección de otros yacimientos ferríferos en esta región.

Finalmente la alteración supergénica ocasiona la formación de hematita y posteriormente limonita.

5 POTENCIALIDAD ECONOMICA MINERA

5.1. PERSPECTIVA DE EXPLOTACION.

El yacimiento ferrífero de Los Pozos, tiene un porcentaje de fierro total mayor al 40%, así como un contenido de impurezas (P,S, SiO₂, Mn) que está dentro de las especificaciones requeridas por la industria siderúrgica.

Las características y condiciones que presenta el cuerpo ferrífero, sugieren las posibilidades de explotación a cielo abierto, tal y como se lleva a cabo en el yacimiento de Ferrotepec (Las Truchas), con el que existen grandes similitudes.

Otro factor que favorece la explotación de este yacimiento es la infraestructura existente y la cercanía a la siderúrgica del puerto Lázaro Cárdenas, la cual se encuentra a 85 Km por carretera pavimentada a partir del poblado de Arteaga.

Por otra parte, la mineralización consta principalmente de magnetita y hematita además de sulfuros como pirrotita, piritita y calcopiritita, los cuales se encuentran alojados principalmente en la porción central del cuerpo de fierro, que desde el punto de vista metalúrgico, no presentarían problemas para separarlos de la mena, ya que se utilizarían métodos físicos como separación magnética para la pirrotita y métodos físicos y químicos para separar la piritita.

Anteriormente el límite de explotabilidad de las menas de fierro era de 32% a 24% antes de la segunda guerra mundial. El contenido de fierro puede ser menor cuando es más bajo el de silicio o elevado el de calcio. En general el

silice no debe exceder del 12%. Las menas de interés, son aquellas pobres en fósforo del orden de 0.04% como máximo; las ricas en fósforo que se necesitan para su procedimiento Thomas, tienen por lo menos de 0.6% (con un 30% de Fe) a 0.8% de fósforo (con un 50% de Fe). Las menas de contenido intermedio se funden por el método Martin-Siemens o el Bessemer para obtener acero o se mejora mediante mezclas. Un contenido de cobre por encima del 0.05% se consideraba antiguamente como perjudicial en todos los casos, pero actualmente es deseable para obtener determinadas clases de hierro resistente a la corrosión. El contenido de TiO_2 hace muy viscosa a la escoria, no siendo admisible por esta razón cuando pasa del 1%. Recientemente se realiza también la fundición de menas con un 6% de TiO_2 , ya que de esta forma se puede alear una pequeña cantidad de vanadio y titanio. El azufre no perjudica a las menas para tueste, mientras que en las restantes se tolera hasta un 0.3%. El arsénico es desfavorable. El manganeso eleva el valor, un 1% de Mn, vale por 1% de Fe. El cromo también es perjudicial (W. Petrascheck 1965).

Las impurezas consideradas como adecuadas para su tratamiento siderúrgico son del orden de 0.145% de fósforo, así como su aparente alto contenido de sílice de 11.48%, el cual puede reducirse en el horno con la adición de CaO y MgO ya que la sílice puede removerse fácilmente durante el proceso de purificación de lingote.

Se tienen otras impurezas con valores bajos por lo cual no presentaría problemas en el aspecto siderúrgico.

A continuación se presenta una tabla con valores de impurezas de otros yacimientos:

YAC.	Fe %	SiO ₂ %	S %	P %	Mn %
LOS POZOS Edo. de Mich.	53.81	11.48	3.16	0.1455	0.049
Yacimientos de la Sierra Arteaga-Coalcomán.	60-70		0.05	0.04	
* Truchas (aprofundidad) Edo. de Mich.	59.68	7.46	1.137	0.041	0.28
* Truchas (en socavones) Edo. de Mich.	56.32	11.0533	1.14	0.02	0.00
El Sabinal Edo. de Hidalgo.	70	8.37		huellas	
Yac. El Plutón Edo. de Guerrero.	63.00	5.50	0.05	0.08	
El Carnero Edo. de Oaxaca.	65.25		0.61	0.20	
* Mapes 1959.					

En el yacimiento Los Pozos, no se presentan considerables zonas de oxidación de hematita, como en el caso del yacimiento de Las Truchas. El cuerpo mineralizado es de constitución masiva, homogénea y compacta, de grano grueso a fino, lo cual facilitaría la explotación, ya que no se produciría material fino, y así podría molerse al tamaño que se requiere para su operación adecuada en los hornos.

Por todo esto, el mineral de hierro reúne las especificaciones industriales adecuadas para tratarse conforme los diferentes tipos de hierro con que operan las siderúrgicas.

Desde el punto de vista metalúrgico, la producción del mineral implica dos operaciones, la producción del mineral a hierro de lingote y el tratamiento de hierro de lingote para producir hierro colado, hierro forjado o acero.

El mineral se funde con coque y caliza. El aire, inyectado en el fondo del horno, convierte el coque en monóxido de carbono, el cual elimina el oxígeno del mineral de hierro, reduciéndolo a metal. La caliza sirve para formar la escoria de la sílice, alúmina y otras impurezas. Los diferentes tipos de hierro de lingote son: de horno abierto básico, de fundición, Bessemer, y de bajo contenido en fósforo, maleable y de forja. También se produce hierro de lingote con elevado contenido de silicio o manganeso.

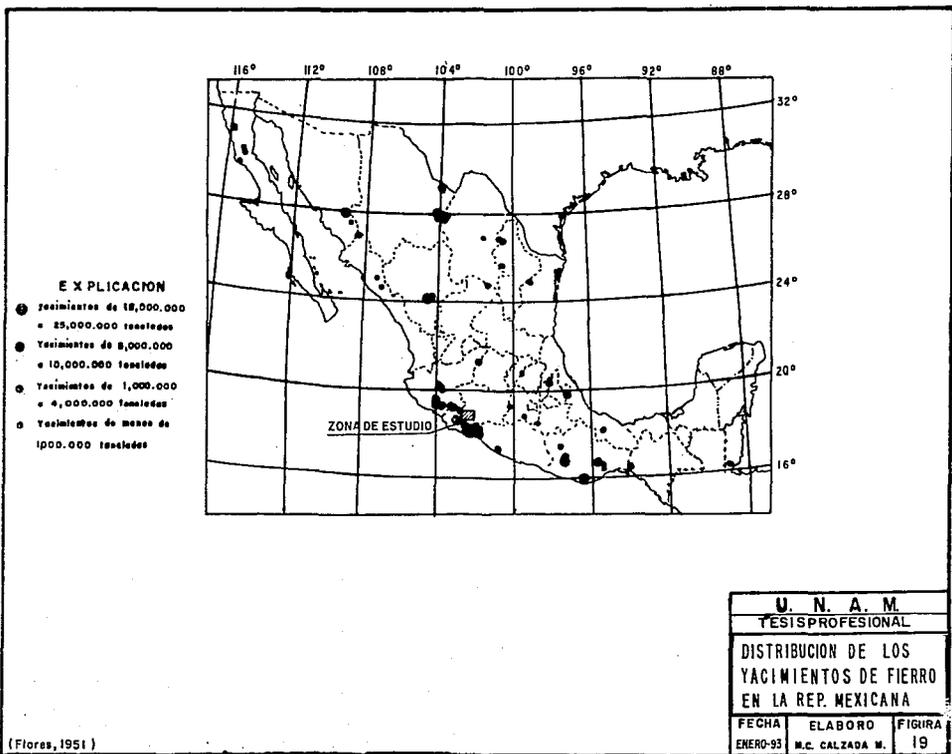
El hierro colado se obtiene mezclando el de lingote en un horno de cúpula. Para ciertas fundiciones, el hierro de lingote puede ser purificado o añadirsele otros ingredientes. Para el hierro de forja, que es bastante puro, el de lingote pasa a un horno de pudelado, donde se escorifican las impurezas por agitación, y modela el hierro puesto al rojo vivo. El hierro forjado es maleable, dúctil, y resiste a la corrosión.

El acero es hierro aleado con carbono, que generalmente está en una proporción inferior al 1 por ciento, pero que puede llegar a 1.6. Los aceros "suaves" con bajo contenido de carbono se parecen al hierro de forja. El acero se obtiene por medio de varios procesos. En el método de hogar abierto, el hierro

de lingote fundido se mezcla con oligisto y caliza en un horno de reverbero; el exceso de carbono y silicio es escorificado por el oxígeno del oligisto; el azufre es vaporizado y se une también con manganeso para formar SMn. El fósforo se elimina uniéndose con el calcio procedente del recubrimiento de ladrillos refractarios, a fin de evitar que el acero sea frágil. El hierro de lingote con elevado contenido de fósforo es tratado en un horno abierto básico o revestido de ladrillo básico. Se emplea un horno ácido abierto para bajos contenidos de fósforo. En el proceso Bessemner con bajos contenidos de fósforo y azufre se convierte en acero en un horno Bessemer a través del cual se inyecta aire, carbono y manganeso para escorificar las impurezas. Para las diferentes aleaciones de hierro se añaden cantidades adecuadas de metales de alteración para obtener el tipo de acero que se desee (Bateman 1974).

5.2 RESERVAS DEL YACIMIENTO

En la porción NE y costera del país, existen yacimientos de hierro de primera magnitud (de 15 a 25 millones de toneladas) como Cerro del Mercado, Durango, Las Truchas, Mich. y El Plutón, Gro; de segunda magnitud de 5 a 10 millones de toneladas) como La Perla, Chih; Hercules, Coah; de tercera magnitud (de 1 a 4 millones de toneladas), como Piscila, Colima, El Capiro, Gro, Picha Juan, Jal. etc); de cuarta magnitud (menores de 1 millón de toneladas), como La Mora, Jal, Rosario, Baja California, Río Conchos, Chih. (T. Flores 1951) (Fig. 19). Tomando en cuenta lo anteriormente descrito, las reservas calculadas



para el yacimiento de Los Pozos, lo ubica dentro de los yacimientos de primera magnitud.

Para el cálculo de reservas se tomaron en cuenta además del cuerpo formal de fierro, la roca encajonante con impregnaciones de fierro en diferentes cantidades, con lo cual se clasificaron tres tipos de mena:

- A) Fe > 40%
- B) Roca con fierro de 20 a 40%
- C) Roca con fierro de 10 a 20%

Para el cálculo de reservas se dividieron los afloramientos de los cuerpos de fierro en zonas más o menos homogéneas y regulares de acuerdo con áreas de influencia de cada barreno y auxiliándose de las secciones transversales de los barrenos.

El producto del área obtenida en las secciones perpendiculares del barreno y de la longitud observada en superficie, proporciona un volumen que al multiplicarlo por el peso específico del mineral de fierro, que en este caso es de 4.3, da por resultado el tonelaje indicado.

$$A \times L \times PE = T.$$

De acuerdo con estos cálculos se obtuvieron las siguientes cantidades para los diversos tipos de menas.

MENA	RESERVAS			
	POSITIVAS	PROBABLES	POSIBLES	TOTALES
TIPO A Fe > 40%	356,126.00	15'074,091.00	941,130.25	16'371,347.00
TIPO B 20-40% Fe	22,919.00	792,076.12	166,195.00	981,190.12
TIPO C 10-20% Fe	31,282.00	702,297.50	344,349.38	1'077,928.90
TOTALES S:	410,327.00	16'568,464.00	1'451,674.50	18'430,466.00

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en la geología superficial, geofísica, barrenación de diamante y estudios de laboratorio (petrográficos, minerográficos y rayos X), se logró evaluar el yacimiento ferrífero de Los Pozos, definir la morfología del mismo y sus características geológicas que permitieron determinar sus etapas de formación.

Geológicamente el área esta constituida por un basamento metamórfico pelítico, una secuencia volcanosedimentaria metamorfozada intrusionada por rocas de naturaleza granítica-diorítica que dan como resultado la formación de rocas de metamorfismo de contacto (hornfels y mármol).

Estructuralmente la zona esta constituida por tres sistemas principales de fracturamiento que son las siguientes:

- 1.- Un sistema con dirección NE 10° - 80° SW.
- 2.- Un sistema con dirección NW 20° - 80° SE.
- 3.- Un fracturamiento circular, semicircular y elíptico.

El fracturamiento de importancia relacionado con la mineralización ferrífera corresponde al de orientación NW-SE.

El cuerpo ferrífero se encuentra encajonado en la secuencia volcanosedimentaria metamorfozada a la cual se le ha asignado una edad Cretácica, emplazandose en una fractura con rumbo NW 70°SE con inclinaciones tendientes a la vertical. Tiene una longitud de 600 m. El cuerpo se conoce a una profundidad promedio de 200 m, con espesor de 20 a 100 m; a profundidad presenta gran cantidad de intrusiones dioríticas en forma de diques y caballos de roca estéril y mineralizada. Está afectado por fracturas y fallas que en ciertas porciones lo dislocan y lo desplazan.

El mineral de mena es la magnetita en forma masiva. Asociados a estos óxidos se tiene hematita, sulfuros (pirrotita, pirita, calcopirita y esfalerita) e hidróxidos de fierro. La mayor concentración de sulfuros se presenta en la parte central del cuerpo, disminuyendo en los extremos, observación realizada en base a la barrenación a diamante. La relación espacial que guardan los sulfuros con los óxidos es que los primeros aumentan su proporción en las partes más potentes del cuerpo.

La pirrotita es el sulfuro que acompaña más frecuentemente a la mena y se observa en forma masiva, en bandas de aspecto fluidal y diseminada en la roca.

La textura que comunmente se presenta es la de relleno de cavidades y de reemplazamiento en forma de islas y continentes.

Las alteraciones presentes en la roca encajonante son silicificación, epidotización, cloritización, carbonatación, sericitización, oxidación y caolinización, acentuándose las primeras en ciertas porciones del yacimiento.

El yacimiento fue formado por dos procesos fundamentales; por segregación e inyección magmática con formación de zonas reducidas de skarn y una actividad hidrotermal posterior.

El yacimiento cumple con las especificaciones requeridas para la industria siderúrgica en cuanto al contenido de impurezas como fósforo, azufre, sílice, y manganeso.

Se realizó una evaluación de reservas tomando en cuenta sus leyes de fierro, obteniendose tres tipos de mena:

Tipo A con ley mayor a 40% de fierro total	16,371,347 Ton*
Tipo B con leyes de 20 a 40% de fierro total	981,190.12 Ton*
Tipo C con leyes de 10 a 20% de fierro total	1,077, 928.90 Ton*

* Incluyen reservas positivas, probables y posibles.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con la exploración al poniente del yacimiento en el cerro El Organal, ya que en esta zona la estructura de fierro continúa en una longitud aproximada de 600 m, para lo cual se sugieren las siguientes actividades, con lo que se incrementaría el tonelaje conocido:

- Geología a semidetalle y detalle, así como barrenación a diamante en el cerro El Organal.
- Barrenación a diamante, en el cerro Blanco Sur con la finalidad de conocer totalmente la morfología del cuerpo a profundidad

BIBLIOGRAFIA

- Barrera T. Segura D. 1927 Itinerario Geológico en el estado de Michoacán. Boletín 47 Edit. Inst. Geológico de México.
- Bastida J. R. 1990 Informe final del proyecto "Los Pozos Fe" Mpio. de Artega, Mich. C.R.M.
- Bateman M. A. 1974 Yacimientos minerales de rendimiento económico. Ediciones OMEGA, S.A.
- Boyle R. W. 1979 The Geochemistry of Gold and its Deposits (together with a chapter on geochemical prospecting for the element). Geological Survey Bulletin 280 Canada. Minister of Supply and Services Canada.
- Campa M. F. Ramírez J. 1979 La Evolución geológica y de metalogénesis del Noroccidente de Guerrero; Univ. Aut. Gro; serie Técnico Científico, No. 107 p. Plan Piloto Proy. Rec. Nat. del Edo. de Guerrero.
- Campa M. F. Ramírez J. Blome C. 1982 La secuencia volcano sedimentaria metamorfozada del Triásico (Ladiano-Carbónico) de la región de Tumbiscatio Michoacán Sociedad Geológica Mexicana. Memorias.
- Cárdenas V. J. 1970 Resultados del proyecto de exploración en las Truchas, Mich. Memorias del II seminario sobre exploración geológica minera C.R.N.N.R.
- C.F.E. 1979 Manual de diseño de obras civiles Geotécnica BI-3
- Damon PE. Shafiqullah M, Clark K. F. 1981 Evaluación de los arcos magmáticos en México y su relación con la metalogénesis. Univ. Nal. Aut. Mex. Inst. Geología. Rev. Vol. 5 No. 2 pág. 223-238

- Flores T. 1951 Geología, Génesis y Condiciones Estructurales de los Yacimientos de Hierro de Mex. Boletín Núm 29. Instituto Nacional para las Investigaciones de Recursos Minerales.
- Grajales N. M, López J. M. 1980 Nuevos datos K-Ar y petrografía de las rocas ígneas y metamórficas de la región sudoccidental del estado de Michoacán. Resúmenes de la Soc. Geol. Mex.
- González P. Torres R. 1987 Evolución tectónica de la porción Centro Occidental de México y su relación con los yacimientos minerales asociados. Instituto de Geofísica Vol. 27-4 U.N.A.M. Pág. 543-581.
- INEGI 1985 Síntesis Geográfica del Estado de Michoacán.
- Ineson P. R. 1989 Introduction to practical ore microscopy Edit Longman earth science series, 181 pag.
- Kerr P. F. 1965 Mineralogía Óptica. Edit. Mc Graw-Hill book Company, Inc.
- López M. H. 1967 Estudio geológico magnetométrico del yacimiento ferrífero de Los Pozos Mpio. de Artega, Mich. C.R.N.N.R.
- Mapes V. E. 1959 Depositos ferríferos de Las Truchas Michoacán. Bol. 46. C.R.N.N.R.
- Mújica M. R. 1980 Determinación de edades por el método de K-Ar de rocas ígneas intrusivas y metamórficas del área de Artega, suroeste del edo. de Michoacán, México. Resúmenes de la Soc. Geol. mex. V Convención Nal.

- | | | |
|---|------|---|
| Petrascheck E. W | 1965 | Yacimientos y criaderos
Edit. Omega S.A. |
| Shimazaki H. | 1981 | Skarn Deposits and Related acid igneous activities
Edit. Dirección de Minería Geología y Energéticos. Gobierno del Edo. de Sonora. |
| Smirnov | 1982 | Geología de yacimientos minerales
Edit. M.I.R. |
| Spry A. | 1979 | Metamorphic Texturas.
Edit. Pergamon Press |
| Torres R. V. Hernández F.
y Santamaría | 1988 | Criterios metalogenéticos por mineral de hierro (porción costera de Michoacán, Guerrero, México)
Lithosfera Vo. 2 No. 1 |
| Williams H. Turner F.
Gilbert c. | 1980 | Petrografía. Introducción al estudio de rocas en secciones delgadas.
Edit. W. H. Freeman and Company
C.E.C.S.A. |
| Yardley B. W. D. | 1989 | An Introduction to Metamorphic Petrology.
Edit. Logman, Essex. |

APENDICE

(PETROGRAFICO - MINERAGRAFICO)

4.2 APENDICE PETROGRAFICO TABLA N°. 2 MUESTRAS DE NUCLEOS DE BARRENO Y AFLORAMIENTO DEL YACIMIENTO "LOS POZOS", MICH.

MUESTRAS N°	CLAVE LOCALIZACION PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION MACROSCOPICA COLOR ESTRUCTURA TEXTURA	DESCRIPCION MICROSCOPICA				CLASIFICACION	ORIGEN	OBSERVACIONES	
			TEXTURA	MINERALES						
				ESSENCIALES	ACCESORIOS	SECUNDARIOS				
1	BD-1 C. Orginal Prof.100.2m	- Verde con fragmentos blancos. - Semicompacta - Brechosa	Cataclásica	Fragmentos de roca con plagioclasas, cuarzo y epidota incluídos en una matriz cloritada.			Diorita	Brecha cloritada	Dinamometamor firme en rocas volcánicas.	Roca de falla con hidrotermalismo posterior.
5	BD-1 C. Blanco Sur Prof.89.40m	- Gris verdosa de aspecto manchado - Compacta - Porfídica	Holocristalina Hidromáfica Porfídica	Andesita Oligoclasa Feldespato K Cuarzo	Mín. opaco Augita	Diorita Epidota Tremolita Clinocroita	Microgranodiorita epidotizada.	Ígneo hipabasal		La epidota se encuentra reemplazando a la plagioclasa la cual se observa rota y deformada, lo que implica que la roca estuvo sometida a esfuerzos laterales.
8	BD-3 C. Blanco Sur Prof.30.55m	- Verde - Compacta - Porfídica foliada.	Porfídica Foliada	Andesita alterada	Biotita Esfeno Hornblenda Cuarzo	Epidota Sericita Clorita Tremolita Clinocroita Mín. arcillosos	Andesita metamorfizada.	Vulcánica con metamorfismo regional.		Las plagioclasas están orientadas y alteradas. Existen fracturas rellenas de epidota. La matriz está compuesta de diorita sericita y ferromagnesianas.
12	BD-3 C. Blanco Sur Prof.202.50m	- Gris verdosa - Compacta - Fanéctica porfídica.	Holocristalina Hidromáfica Porfídica	Andesita-oligoclasa.	Hornblenda Esfeno Cuarzo	Diorita Epidota Sericita Tremolita	Microdiorita porfídica.	Ígneo hipabasal		La epidota se encuentra reemplazando a la plagioclasa. La hornblenda se está alterando a tremolita y diorita.
17	BD-4 C. Blanco Sur Prof.94.8m	- Verde - Compacta - Fanéctica	Holocristalina Hidromáfica Equigranular	Andesita-oligoclasa	Hornblenda Cuarzo zonado	Epidota	Diorita	Intrusiva		Se observó una incipiente recristalización en la roca.
18	BD-4 C. Blanco Sur Prof.97.85m	- Gris verdosa - Compacta - Fanéctica foliada	Microfídica Foliada	Andesita oligoclasa	Hornblenda Esfeno Cuarzo	Sericita Clorita Biotita	Andesita metamorfizada	Vulcánica con metamorfismo regional.		Las plagioclasas se encuentran en fenocristales muy alterados. La biotita es de origen hidrotermal.
19	BD-4 C. Blanco Sur Prof.89.5m	- Grisáceo - Compacta - Fanéctica	Holocristalina Hidromáfica Equigranular	Andesita	Mín. opaco Hornblenda Esfeno Biotita Cuarzo	Sericita Clorita Mín. arcillosos	Diorita	Intrusiva		Las plagioclasas se encuentran en fenocristales subhaciales muy alterados, y el cuarzo en pequeños cristales amorfo.

MUESTRAS N°	CLAVE LOCALIZACION PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION MACROSCOPICA COLOR ESTRUCTURA TEXTURA	DESCRIPCION MICROSCOPICA				CLASIFICACION	ORIGEN	OBSERVACIONES
			TEXTURA	MINERALES					
				ESENCIALES	ACCESORIOS	SECUNDARIOS			
20	BD-4 C. Blanco Sur Prof.110,7m	- Gneiso - Compacta - Faneítica	Holocristalina Pseudomórfica Equigranular	Andesina	Cuerto Hornblenda Mn. opaco	Sericitas Clorita	Dorta	Intejuvo	La hornblenda se encuentra identificada.
22	BD-4 C. Blanco Sur Prof.154,25m	- Gne - Compacta - Faneítica	Holocristalina Hidromórfica Equigranular	Andesino-oligoclasa	Hornblenda Esfena Cuerto	Sericitas Calotas Clorita Cincozetas	Dorta	Intejuvo	La plagioclasa se encuentra alterada. La calota se presenta en bandas.
24	BD-4 C. Blanco Sur Prof.218,50m	- Gne Blancaqueña - Compacta - Faneítica foliada	Microfítica Foliada	Andesina	Esfena Augita Cuerto	Calotas Sericitas Clorita	Andesita metamorfizada	Volcánica con metamorfismo regional	Presenta matriz microcristalina de cuarzo plagioclasa y sericita. La calota se encuentra rellenando fracturas.
27	BD-4 C. Blanco Sur Prof.225,25m	- Blancaqueña con fragmentos verdes - Semicomcompacta - Brechada	Granoblástica	Ferromagneisano Fragmentos de roca.	Mn. opaco	Dorta Mn. opacos Calotas	Brecha calcárea	Hidrotermal	
29	BD-4A C. Blanco Sur Prof.54,0m	- Verde clara - Compacta - Porfídica foliada	Porfídica Foliada	Andesina	Biotita Esfena Augita Cuerto Calotas	Tremolita Sericitas Clorita Epidota	Andesita metamorfizada	Volcánica con metamorfismo regional.	El proceso en parte se está atenuando a biotita y se presenta en fenocristales cuadradoes. Se observan plagioclasas deformadas.
35	BD-9 C. Blanco Sur Prof.52,5m	- Gne verdes - Muy compacta - Faneíticas de grano fino.	Holocristalina Hidromórfica Equigranular	Oligoclasa-andesina	Hornblenda Esfena Biotita Cuerto	Sericitas Clorita Mn. opaco	Microdorta	Ígneo hipabisal.	El cuarzo se encuentra en pequeños cristales rotos.
36	BD-9 C. Blanco Sur Prof.62,3m (Foto 19)	- Gne verdes - Compacta - Porfídica de grano fino.	Holocristalina Hidromórfica Porfídica	Oligoclasa-andesina	Hornblenda Esfena Cuerto	Clorita Sericitas	Microdorta	Ígneo hipabisal.	La hornblenda se encuentra alterada en pequeños cristales rotos. Las fracturas están rellenas de ferromagneisano.
38	B-2 Al norte del BD-2	- Gne Verdes - Compacta - Faneítica	Microfítica	Andesino-oligoclasa	Mn. opaco Esfena Cuerto	Tremolita Actinolita Clorita Cincozetas	Andesita cloritizada	Volcánico hipabisal	Los procesos están rotos y alterados así como las plagioclasas, ambos están siendo reemplazados por clinoclorita y tremolita.

MUESTRAS N°	CLAVE LOCALIZACIÓN PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA COLOR ESTRUCTURA TEXTURA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA				CLASIFICACIÓN	ORIGEN	OBSERVACIONES
			TEXTURA	MINERALES					
				ESENCIALES	ACCESORIOS	SECUNDARIOS			
39	B-2 Al norte del BD-2 (Foto B)	- Verde con minerales blancos - Compacta - Fesfática	Holocristalina Hedromórfica Equigranular	Oligoclase-andesina	Hornblenda Augita Cuervo Esfena	Tremolita Clorita Epidota	Diorita epidotizada	Ígneo hipobasal	La epidota se encuentra reflejando fracturas y manteniéndose a la plagioclase. Se observa una moderada recristalización.
40	B-3 1-5 80 m al sur del BD-3	- Verde obscuro - Compacta - Alambros feldsita con minerales color verde abrazados de forma acicular	Porfídica Feldsita	Andesita	Mtl. opaca Esfena Apatito Dioxisa Cuervo Hornblenda	Tremolita Actinolita Clorita Epidota	Andesita metamorfizada	Volcánica con metamorfismo regional.	Se observa una moderada alteración. La plagioclase se encuentra deformada y recristalizada por la epidota.
41	B-3 2-5 Aprox. 100 m al sur del BD-3	- Gris clara - Compacta - Fesfática	Holocristalina Hedromórfica Equigranular	Oligoclase-andesina	Hornblenda Biotita Augita Esfena Cuervo	Epidota Calcita Tremolita	Microdiorita deformada	Ígneo hipobasal	Las plagioclases se encuentran en parte recristalizadas por hornblenda, esfena y calcita; rotas y con aspecto fudal disponiéndose al igual que el cuervo y la hornblenda. La roca está moderadamente silicatada y recristalizada.
42	7H-1-2) Aprox. 100 m al norte del BD-4	- Verde clara - Compacta - Fesfática	Microfídica	Andesita-oligoclase	Hornblenda Esfena Augita	Clorita esta última reflejando vesículas.	Andesita deformada	Volcánico	Las plagioclases se observan en fenocristales y algunas se encuentran rotas. La roca presenta el fenómeno de diorización por efecto hidrotermal presente al metamorfismo.
43	B4-2N al norte del BD-4	- Verde clara - Compacta - Fesfática de grano fino	Holocristalina Hedromórfica Equigranular	Oligoclase-andesina	Hornblenda Cuervo Esfena	Diorita Dioxisita Tremolita	Microdiorita diorítica	Ígneo hipobasal	La plagioclase esta moderadamente recristalizada por la tremolita y dioxisita. La roca está de moderada a fuertemente silicatada y recristalizada.

MUESTRAS N°	CLAVE LOCALIZACION PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION MACROSCOPICA COLOR ESTRUCTURA TEXTURA	DESCRIPCION MICROSCOPICA				CLASIFICACION	ORDEN	OBSERVACIONES
			TEXTURA	MINERALES					
				ESENCIALES	ACCESORIOS	RECLAMANDOS			
44	B-5 L-3 Planta del BD-5	- Verde clara - Compacta - Fanerítica de grano fino.	Microfítica	Andeana	Cuero Aguja Hornblenda Esfena Anortita	Escapolita	Andeíta sclerizada	Volcánico.	La matriz está compuesta de monocrystalos de cuarzo y ferromagnesianos. Se observa una fuerte silificación y fragmentos de roca. La aguja se ve reemplazada en el centro por plagioclasa.
46	B-9 1-5 Aprox. 150 m al sur del BD-9 arroyo La Puerta (Foto No. 8 y 9)	- Verde con minerales blancos. - Compacta - Fanerítica foliada con minerales orientados y alineados. Alteramiento con rumbo de foliación N77°E 53° NW de aspecto acólomo.	Microfítica Foliada	Andeana	Hornblenda Min. opacos	Sericitas Clorita	Andeíta metamorfizada	Volcánico con metamorfismo regional.	Las plagioclasas aboradas de estar alineadas, orientadas y sericitizadas. La clorita se observa como estración de ferromagnesianos, los cuales tienen un aspecto fúal alineado y están bordando a las plagioclasas.
47	L-88 B-9 arroyo La Puerta al sur de BD-9	- Verde con minerales blancos. - Compacta - Fanerítica foliada	Microfítica Foliada	Oligoclasa-andeana	Hornblenda Cuero Esfena	Diclorita Clorita Tremolita	Andeíta metamorfizada	Volcánico con metamorfismo regional.	Presenta una matriz microcrystalina con cuarzo. La tremolita y la diclorita están reemplazando a las plagioclasas.
48	B-9 5-5 Aprox. 70 m al sur del BD-9	- Verde oscura - Compacta - Afanítica con minerales verdes alargados y orientados	Porfítica Foliada	Oligoclasa-andeana	Tremolita-actinolita de forma alargada y orientada. Cuero, Esfena	Sericitas Clorita	Andeíta metamorfizada y alterada.	Volcánico con metamorfismo regional e hidrotermalismo.	Roca muy cloritizada con residuos de algunos fencristales.
50	J5 Al oriente del yacimiento	- Verde con min. blancos - Compacta - Fanerítica	Hidroxistalita Hidroxidulita Equigranular	Andeíta-oligoclasa	Esfena Aguja Hornblenda Cuero	Clorita Clorita Tremolita Escapolita	Dorita	Intrusivo	La hornblenda está alterada a tremolita-actinolita.
53	BRV/1 En el parte-que de la parte sur del cerro Blanco	- Verde clara - Compacta - Fanerítica foliada	Microfítica Foliada	Andeana	Cuero Min. opacos	Clorita Calcita Sericitas Borita rellenando fracturas	Andeíta metamorfizada	Volcánico con metamorfismo regional.	Las plagioclasas se observan orientadas y alteradas a sericitas y clorita. Existe una matriz microcrystalina.

MUESTRAS N°	CLAVE LOCALIZACION PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION MACROSCOPICA COLOR ESTRUCTURA TEXTURA	DESCRIPCION MICROSCOPICA				CLASIFICACION	ORDEN	OBSERVACIONES
			TEXTURA	MINERALES					
				ESDICALES	ACCESORIOS	SECUNDARIOS			
54	20 Al sur del BD-9 En el río Chuta y el arroyo de Baranca Blanca	- Crema con mín. verdes - Muy compacto - Fanérfica	Holocristalina Hipidiomórfica Porfídica	Dioctosil-andésina	Efesa Homblenda	Clorita Serizita Trimitita Clorita Cincozaita Cuarcio	Dorita esclifada	Intiuivo	Los ferromagnesios se encuentran en pequeños cristales alargados en forma de espejes.
59	84-9 Río Chuta al sur del BD-2	- Gris verdoso - Compacta - Fanérfica	Holocristalina Hipidiomórfica Porfídica	Andrésina-dioctosil	Borita Apostita Homblenda	Clorita Sáica Trimitita Acroditita Epidota Mín. opacos	Microdorita	Igneo hipabial.	Microscópicamente se observa una matriz microcristalina de plagioclasa y albita, así como fracturas raras de esfoides.
MR-17	BD-2 Prof. 81.85m	- Gris claro - Compacta - Porfídica	Holocristalina Hipidiomórfica Porfídica	Dioctosil-andésina	Homblenda	Clorita Epidota Clorita Mín. opacos Mín. arcillosos	Dorita de homblenda	Plutónico	
MR-18	BD-2 Prof. 99.40m	- Gris - Compacta - Afanítica Mín. obs: súbdos, clorita	Holocristalina Hipidiomórfica Equigranular	Dioctosil-andésina	Homblenda Borita	Clorita Epidota Mín. opacos Mín. arcillosos	Dorita de homblenda	Plutónico	La roca presenta fuerte alteración, epizotización y doritización.
MR-22	BD-2 Prof. 124.75m	- Gris verdoso - Compacta - Afanítica Mín. obs: clorita, perita.	Holocristalina Hipidiomórfica Porfídica	Dioctosil-andésina	Homblenda	Clorita Epidota Epidota Mín. opacos Mín. arcillosos	Dorita porfídica de homblenda.	Hipabial	
MR-24	BD-2 Prof. 144.10m	- Gris con tintas verdes - Compacta - Afanítica Mín. obs: perita, clorita	Holocristalina Hipidiomórfica Porfídica	Dioctosil-andésina	Homblenda Borita	Escapolita Clorita Clorita Epidota Mín. opacos Mín. arcillosos	Dorita porfídica	Hipabial	
MR-25	BD-2 Prof. 148.85m	- Gris obscuro - Compacta - Afanítica Mín. obs: clorita, ferromagnesios	Holocristalina Hipidiomórfica Porfídica	Dioctosil-andésina	Homblenda	Clorita Epidota Mín. opacos Mín. arcillosos	Dorita porfídica	Hipabial con endometamorfis- mo	

MUESTRAS N°	CLAVE LOCALIZACION PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION MACROSCOPICA COLOR ESTRUCTURA TEXTURA	DESCRIPCION MICROSCOPICA				CLASIFICACION	ORIGEN	OBSERVACIONES
			TEXTURA	MINERALES					
				ESPECIALES	ACCESORIOS	SECUNDARIOS			
MR-20	BD-2 Prof.158.10m	- Grs verdoso - Compacta - Afanítica Min. obs: clorita, feldsp	Holocristalina Hipocristalina Porfídica	Dioctaedro-andesina	Hornblenda Biotita	Epidoto Clorita Min. opacos Min. arcillosos	Diorita porfídica	Hipobasal	
MR-30	BD-2 Prof.105.00m	- Grs - Compacta - Afanítica Min. obs: epidoto, clorita	Holocristalina Hipocristalina Porfídica	Dioctaedro-andesina	Hornblenda Biotita	Epidoto Clorita Calcita Min. opacos Min. arcillosos	Diorita porfídica	Hipobasal	
MR-30	A 60 m al S 30° E del BD-3	- Grs verdoso - Compacta - Afanítica	Holocristalina Hipocristalina Equigranular	Dioctaedro-andesina	Epidoto Hornblenda Cuarcita	Clorita Biotita Min. opacos Min. arcillosos	Microdiorita de hornblenda	Hipobasal	

4.2 APENDICE PETROGRAFICO TABLA N°. 2 MUESTRAS DE NUCLEOS DE BARRENO Y AFLORAMIENTO DEL YACIMIENTO "LOS POZOS", MICH.

MUESTRAS N°	CLAVE LOCALIZACION PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION MACROSCOPICA COLOR ESTRUCTURA TEXTURA	DESCRIPCION MICROSCOPICA		CLASIFICACION	ORIGEN	OBSERVACIONES
			TEXTURA	MINERALOGIA			
2	BD-01 C. Orginal Prof.116,7m	- Gris clara - Compacta - Granoblastica	Hornofálica	Oligoclase-andesina Tranmite-actinolita Cuervo Sericita Mín. opacos Mín. arbolescos Esfena Calcita	Hornfels de tranmite.	Metamorfismo de contacto en roca volcánica básica.	Los plagioclasas se encuentran muy alterados e sanos. El cuervo y la calcita estan rellenando fracturas. Se observó una fuerte recristalización.
3	DB 1P.1 C. Orginal Prof.200,0m	No existe muestra	Ralita hornofálica	Oligoclase-andesina Cuervo Esfena Augita Hornblenda Calcita Tranmite Clorita Cincozoisita Mín. opacos Sericita	Hornfels	Metamorfismo de contacto en roca volcánica básica.	Se observó una recristalización y silificación. Las fracturas estan rellenas de cincozoisita, esta última se encuentra dentro de fenocristales de plagioclasas los cuales se ven rotos y con fracturas.
4	DB 1P.2 C. Orginal Prof.205,0m	No existe muestra	Ralita hornofálica	Andesina Cuervo Esfena Hornblenda Mín. opacos	Hornfels de hornblenda.	Metamorfismo de contacto en roca volcánica básica.	Semejante a la anterior.
6	BD-3 C. Blanco Sur Prof.19,35m	- Verde - Compacta - Granoblastica	Hornofálica	Andesina Cuervo tonado Mín. opacos Hornblenda Epidota Tranmite Sericita Clorita	Hornfels alterado clorizado	Metamorfismo de contacto en roca volcánica básica.	Se observan huecos de fenocristales tal vez de plagioclasas en las cuales se observan epidota como residuo de alteración lo cual se tiene también en la parte. La roca se encuentra moderadamente recristalizada.
7	BD-3 C Blanco Sur Prof.25,20m	- Gris verdosa - Compacta - Granoblastica	Hornofálica	Cuervo Tranmite-actinolita Hornblenda Esfena Apatito Sericita Clorita Mín. arbolescos	Hornfels de tranmite- actinolita	Metamorfismo de contacto en roca volcánica básica.	Los arbolitos se estan alterando a arcillas las cuales forman parte de la matriz.

MUESTRAS N°	CLAVE LOCALIZACION PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION MACROSCOPICA COLOR ESTRUCTURA TEXTURA	DESCRIPCION MICROSCOPICA		CLASIFICACION	ORIGEN	OBSERVACIONES
			TEXTURA	MINERALOGIA			
9	BD-3 C. Blanco Sur Prof.34.05m	- Verde - Compacta - Granoblérica	Roleta hornblérica	Plag. (andesina y labradorita) Min. opacos Esfena Biotita Hornblenda Tranoblita Epidota Sericita Cincozoita	Hornfels de tranoblita-actinolita	Metamorfismo de contacto en roca volcánica básica.	Se observa la roca con moderada reorientación. La matriz microcristalina esta compuesta de epidota y plagioclasa.
10	BD-3 C. Blanco Sur Prof.57.75m	- Gris - Compacta - Granoblérica	Roleta hornblérica	Andesita (en fenocristales alterados) Min. opacos Sericita Epidota	Hornfels blanco	Metamorfismo de contacto en roca volcánica básica.	Presenta una matriz microcristalina de plagioclasa y epidota.
11	BD-3 C. Blanco Sur Prof.71.50m (Foto 5)	- Gris - Compacta - Granoblérica	Roleta hornblérica	Tranoblita Plagioclasa alterada Min. opacos Biotita Cuarzo Esfena Sericita Calcita Epidota Clorita Min. arcillosos	Hornfels de tranoblita.	Metamorfismo de contacto en roca volcánica básica.	La roca se observa muy alterada con fracturas rellenas de calcita y cuarzo. Las plagioclasas estan alteradas a esmalta.
13	BD-3 C. Blanco Sur Prof.288.95m	- Verde claro - Semicompacta de aspecto terso. - Granoblérica	Granoblérica	Diópsida Cuarzo Hornblenda Anzita Tranoblita-actinolita Calcita Epidota Min. opacos	Suav de tranoblita-actinolita	Metamorfismo de contacto en roca volcánica básica.	La calcita esta rellenando fracturas. La matriz se llega observar de color amarillo con bordes de color azul.
14	BD40-1 C. Blanco Sur	Sin muestra de mano	Roleta hornblérica	Andesita Diópsida Cuarzo Esfena Anzita Tranoblita Sericita Clorita Epidota	Hornfels blanco	Metamorfismo de contacto en roca volcánica básica.	Las plagioclasas se observa en fenocristales muy alterados. Se observa una moderada reorientación.

MUESTRAS N°	CLAVE LOCALIZACION PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION MACROSCOPICA COLOR ESTRUCTURA TEXTURA	DESCRIPCION MICROSCOPICA		CLASIFICACION	ORIGEN	OBSERVACIONES
			TEXTURA	MINERALOGIA			
15	BD-4 C. Blanco Sur Prof. 77.4m	- Verde - Compacta - Granoblástica	Fielita hornblética	Tremolita Mn, opacos Hornblenda Epidota	Hornfels de tremolita-actinolita.	Metamorfismo de contacto en roca volcánica básica.	Se observó una matriz tipo mosaico.
16	BD-4 C. Blanco Sur Prof. 88.3m	- Verde - Compacta - Granoblástica	Granoblástica	Calcita en fenocristales Mn, opacos Epidota	Mármol	Metamorfismo de contacto en caliza.	La roca que originalmente fue caliza, sufrió una recristalización convirtiéndose en mármol.
21	BD-4 C. Blanco Sur Prof. 149.4m	- Verde oscuro - Compacta - Granoblástica	Granoblástica	Epidota Cuerno Epidota Tremolita-actinolita	Sium de epidota tremolita	Metamorfismo de contacto	El cuerpo se encuentra dentro de los cristales de la actinolita y ambos están rellenando fracturas. Clase química: calcositasusa
23	BD-4 C. Blanco Sur Prof. 190.85m	- Gris verdoso obscuro - Compacta - Hornblética	Hornblética	Andesina Epidota Hornblenda Tremolita Calcita Clorita	Hornfels de epidota y tremolita	Metamorfismo de contacto en roca volcánica básica.	Composición básica
25	BD-4 C. Blanco Sur Prof. 219.0m	- Verde - Compacta - Granoblástica	Granoblástica	Epidota Mn, opacos Calorita	Sium de epidota	Metamorfismo de contacto	Clase química: calcositasusa
26	BD-4 C. Blanco Sur Prof. 220.6m	- Gris verdoso - Compacta - Afanítica	Hornblética	Cuerno zonado Andesina-oligoclase Epidota Augita Calcita Epidota Omnoclasita Unita	Hornfels de epidota	Metamorfismo de contacto en roca volcánica básica.	Alrededor de los ferromagnesios se observa alteración por oxidación y la hematización. La augita se observa en partes como unitarizada.
28	BD-4 C. Blanco Sur Prof. 225.0m	- Verde - Compacta - Granoblástica	Hornblética	Diópsida Cuerno Mn, opacos Hornblenda Botrita Calorita Tremolita Epidota	Hornfels de diópsida-epidota	Metamorfismo de contacto en roca volcánica básica.	Composición básica. Se observó textura de mosaico y bordes de carbonatos.
30	BD-4A C. Blanco Sur Prof. 168.0m (Foto 4)	- Gris Oscura con minerales claros. - Compacta - Granoblástica	Granoblástica	Calcita Augita Diópsida Mn, opacos Actinolita Epidota	Sium de epidota, diópsida y hornblenda	Metamorfismo de contacto	Los Mn, opacos se encuentran en vetillas y desmenuzos. Los carbonatos presentan un color oscuro debido a la presencia de hierro.

MUESTRAS N°	CLAVE LOCALIZACION PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION MACROSCOPICA COLOR ESTRUCTURA TEXTURA	DESCRIPCION MICROSCOPICA		CLASIFICACION	ORIGEN	OBSERVACIONES
			TEXTURA	MINERALOGIA			
31	BD-4A C. Blanco Sur Prof. 198,0m	- Omi Claro blanqueana - Compacta - Granoblástica	Granoblástica	Calote Min. opacos Esfena	Mármol.	Metamorfismo de contacto en calote.	Se observó fracturas y zonas de esfuerzos.
32	BD-5 C. Blanco Sur Prof. 104,0m	- No existe muestra	Granoblástica	Azneta Augita Cuervo Min. opacos Calote	Slam de azneta	Metamorfismo de contacto	Composición química: calcocelastada.
33	BD-5A C. Blanco Sur Prof. 105,2m	- Verde oscura - Compacta - Granoblástica	Granoblástica.	Calote Tremolita actinolita Min. opacos Esfena Azneta Epidota	Slam de tremolita- actinolita	Metamorfismo de contacto	Composición química: calcocelastada.
34	BD-8 C. Blanco Sur Prof. 57,1m (Foto 7)	- Verde oscura - Compacta	Granoblástica	Cuervo Min. opacos Dápsida Tremolita-actinolita Epidota Clorita Calote	Hornfels básico de epidota y clorita	Metamorfismo de contacto	La roca presenta una fuerte recristalización (intenso metamorfismo).
37	B6P-10 (Foto 1)	en muestra (fotografía No. 1)	Relicta hornblástica	Tremolita actinolita Cuervo Andesina Hornblenda Augita Epidota	Hornfels básico	Metamorfismo de contacto en roca volcánica básica.	
45	B-8 3N Apres. 75m al norte del BD-8	- Verde oscura - Compacta - Alfarbica	Relicta hornblástica	Epidota Cuervo Hornblenda Andesina Cuervo Tremolita-actinolita Clorita Min. opacos Calote	Hornfels de tremolita- actinolita	Metamorfismo de contacto en roca volcánica básica.	

MUESTRA N°	CLAVE LOCALIZACION PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION MACROSCOPICA COLOR ESTRUCTURA TEXTURA	DESCRIPCION MICROSCOPICA		CLASIFICACION	ORIGEN	OBSERVACIONES
			TEXTURA	MINERALOGIA			
49	B-9 P-0 Aprox. 50 m al sur del BD-9	- Gris obscuro - Compacta - Granoblástica	Relicta Hornblenda	Oligoclasa Biotita Hornblenda Esfena Min. opacos Calcita Cuarcita Cincozinta	Hornfels	Metamorfismo de contacto en roca volcánica básica.	La biotita, calcita y cincozinta están reemplazados a la plagioclasa. La esfena se presenta como fenocristales y como segregados. Se observan algunos fragmentos fósiles alterados.
51	B-9 I-N Aprox. 40 m al norte del BD-9	- Verde grisáceo con manchas oscúras - Granoblástica	Hornblenda	Andesita-oligoclasa Cuarcita Alúmina Esfena Hornblenda Calcita Tronolita-actinolita Epidota Min. opacos Cincozinta Clorita	Hornfels de epidota	Metamorfismo de contacto en roca volcánica básica	La plagioclasa está siendo reemplazada por la hornblenda y la cincozinta. La roca está fuertemente silicificada y moderadamente recristalizada.
52	B-9 4N Aprox. 80 m al norte del BD-9	- Verde obscura - Compacta - Granoblástica	Relicta hornblenda	Hornblenda Tronolita Plagioclasa alterada Cuarcita Min. opacos Biotita Esfena Cincozinta	Hornfels de tronolita	Metamorfismo de contacto en roca volcánica básica.	La plagioclasa está siendo reemplazada por la tronolita. Se observa una moderada recristalización.
55	M-0 Arroyo Orgual y río Chuta	- Blanco grisáceo - Compacta - Granoblástica	Granoblástica	Calcita Muscovita Cuarcita Biotita	Mármol	Metamorfismo de contacto en caliza.	Roca encontrada en el contacto con el hierro (al alto del cuerpo)
56	M-2 Arroyo Orgual y río Chuta	- Verde obscura con manchas verde claro. - Compacta - Granoblástica (ferromagnesianas)	Relicta hornblenda	Epidota Tronolita-actinolita Calcita Clorita	Hornfels de epidota- tronolita	Metamorfismo de contacto en roca volcánica básica.	Roca en contacto con el hierro.

MUESTRAS N°	CLAVE LOCALIZACION PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION MACROSCOPICA COLOR ESTRUCTURA TEXTURA	DESCRIPCION MICROSCOPICA		CLASIFICACION	ORIGEN	OBSERVACIONES
			TEXTURA	MINERALOGIA			
57	M-3 Arroyo Organal y Rio Chuta	- Blanqueos amarillentos con bandas gris metálicas, verdes y café anido. - Compacta bandeada - Granoblástica	Granoblástica	Calota Mineral opaco rellenando fracturas	Márfol con bandas de óxidos de hierro.	Metamorfismo de contacto en caliza.	Roca encontrada dentro del márfol que está encajonando al fierro
58	M-5 Arroyo Organal y Rio Chuta	- Verde obscuro - Compacta - Granoblástica	Reacta hornblaca	Tremolita-actinolita Biotita Clorita Epidota	Hornfels de tremolita- actinolita	Metamorfismo de contacto en roca volcánica básica.	Roca encajonando al fierro (a bajo del cuerpo).
60	M-9 Arroyo al oriental del BO-9	- Verde obscuro - Compacta Altafica con puntos verde claro (epidota), sulfuros (pirita), óxidos (hematita y goethita)	Reacta hornblaca	Tremolita-actinolita Cuarczo Esfene Hornblenda Clorita Muscovita Epidota Mín. opaco	Hornfels de tremolita- actinolita	Metamorfismo de contacto en roca volcánica básica.	Muestra en contacto con la roca con fierro.
MR-1	BD-2 Prof. 4,80 m	- Gris verdoso - Compacta - Altafica Mín. obs: clorita y hornblenda	Hornblástica	Plagioclasa Tremolita-actinolita, Calota Epidota Mín. opacos Mín. arcillosos	Hornfels de actinolita- tremolita.	Metamorfismo de contacto	Facies de albite-epidota.
MR-2	BD-2 Prof. 11,20m	- Gris con tonos verdes - Compacta - Altafica	Hornblástica	Plagioclasa Actinolita-tremolita Cuarczo Epidota Calota Mín. opacos Mín. arcillosos	Hornfels de actinolita- tremolita.	Metamorfismo de contacto	Facies de albite-epidota.
MR-3	BD-2 Prof. 17,50m	- Gris - Compacta - Altafica Mín. obs: pirita actinolita-tremolita.	Hornblástica	Cuarczo Actinolita-tremolita Plagioclasas Biotita Clorita Epidota Mín. opacos Mín. arcillosos	Hornfels	Metamorfismo de contacto	Facies de albite-epidota.

MUESTRAS Nº	CLAVE LOCALIZACION PROFUNDIDAD [m]	DESCRIPCION MACROSCOPICA COLOR ESTRUCTURA TEXTURA	DESCRIPCION MICROSCOPICA		CLASIFICACION	ORIGEN	OBSERVACIONES
			TEXTURA	MINERALOGIA			
MR4	RD-2 Prof. 24,50m	- Gris - Compacta - Porfídica Mn. obs: hornblenda, clorita.	Hornbléica	Actinolita tremulita Fajonitas Biotita Clorita Mn. opacos Mn. arcillosos	Hornblé	Metamorfismo de contacto	Facies de albite-epidota.
MR5	RD-2 Prof. 30,40m	- Gris - Compacta - Alfarfaca Mn. obs: pirita, epidota.	Granobléica	Actinolita tremulita Cuervo Biotita Epidota Calota Mn. opacos Mn. arcillosos	Siam de actinolita- tremulita	Metamorfismo de contacto	Claes química: calcocelastita
MR6	RD-2 Prof. 32,20m	- Negro - Compacta - Alfarfaca Mn. obs: pirita, magnetita, calota.	Granobléica	Actinolita tremulita Cuervo Epidota Clorita Mn. opacos Mn. arcillosos	Siam de actinolita- tremulita	Metamorfismo de contacto	Claes química: calcocelastita
MR7	RD-2 Prof. 35,90m	- Negro con tonos amarillos pardoscos - Compacta - Alfarfaca Mn. obs: pirita.	Granobléica	Cuervo Calota Epidota Clorita Mn. opacos Mn. arcillosos	Siam mineralizado	Metamorfismo de contacto	Claes química: calcocelastita
MR8	RD-2 Prof. 40,50m	- Gris verdoso - Compacta - Alfarfaca Mn. obs: epidota, pirita.	Hornbléica	Cuervo Biotita Clorita Epidota Mn. opacos Mn. arcillosos	Hornblé bandado	Metamorfismo de contacto	Claes química: biotita Facies de albite-epidota
MR9	RD-2 Prof. 43,00m	- Gris verdoso - Compacta - Alfarfaca Mn. obs: pirita, clorita.	Hornbléica	Cuervo Biotita Clorita Epidota Mn. opacos Mn. arcillosos	Hornblé	Metamorfismo de contacto	Claes química: biotita Facies: hornblé de epidota

MUESTRAS Nº	CLAVE LOCALIZACION PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION MACROSCOPICA COLOR ESTRUCTURA TEXTURA	DESCRIPCION MICROSCOPICA		CLASIFICACION	ORIGEN	OBSERVACIONES
			TEXTURA	MINERALOGIA			
MR-10	BD-2 Prof. 48,70m	- Negro con amarillo mateico. - Compacta - Afanítica Mn. obs: pirita, calcita.	Granulácea.	Cuadro Actinóita Mn. opaco Calcita Clorita Epídota Mn. arcillosos	Slam	Métamorfismo.	Clase química: calcosiderita
MR-11	BD-2 Prof. 54,50m	- Gris verdoso - Compacta - Afanítica Mn. obs: clorita, calcita.	Hornílica	Cuadro Tramita-actinóita Clorita Epídota Mn. opaco Mn. arcillosos	Hornílica de clorita.	Métamorfismo de contacto.	Clase química: blanca Facies: albita-epidota
MR-12	BD-2 Prof. 60,20m	- Gris - Compacta - Afanítica Mn. obs: clorita y mnt. arcillosos.	Hornílica	Cuadro Tramita-actinóita Biotita Epídota Clorita Mn. opaco Mn. arcillosos	Hornílica de actinóita- tramita	Métamorfismo de contacto.	Clase química: blanca Facies: albita-epidota
MR-13	BD-2 Prof. 67,75m	- Gris - Compacta - Afanítica Mn. obs: cuarta, hornblenda	Hornílica	Tramita-actinóita Cuadro Mn. opaco Clorita Epídota Mn. arcillosos	Hornílica	Métamorfismo de contacto.	Clase química: blanca Facies: albita-epidota
MR-14	BD-2 Prof. 79,00m	- Gris - Compacta bandeada Mn. obs: hornblenda, pirita y clorita.	Hornílica	Actinóita-tramita Cuadro Biotita Clorita Mn. opaco Mn. arcillosos	Hornílica	Métamorfismo de contacto	Clase química: blanca Facies: albita-epidota
MR-15	BD-2 Prof. 83,00m	- Gris verdoso con tirtes blancos - Compacta - Afanítica Mn. obs: calcita, pirita.	Granulácea	Actinóita-tramita Calcita Clorita Mn. opaco Mn. arcillosos	Slam de tramita- actinóita	Métamorfismo de contacto	Clase química: calcosiderita

MUESTRAS N°	CLAVE LOCALIZACION PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION MACROSCOPICA COLOR ESTRUCTURA TEXTURA	DESCRIPCION MICROSCOPICA		CLASIFICACION	ORIGEN	OBSERVACIONES
			TEXTURA	MINERALOGIA			
MR-16	BD-2 Prof. 88.25m	- Negro - Compacta - Afanítica Min. obs: pírita	Granoblástica	Actinolita-tronolita Calcita Clorita Min. opacos Min. arcillosos	Silm de actinolita-tronolita	Metamorfismo de contacto	Clase química: calcocolcalada
MR-19	BD-2 Prof. 105.85m	- Negro - Compacta bandeada Min. obs: pírita, ferromagnesiano	Folada	Cuervo Biotita Clorita Min. opacos Min. arcillosos	Esquisto de biotita	Metamorfismo regional	Clase química: pefítica Folios, esquisto verde
MR-31	BD-4 a 75m al N del BD-4	- Verde obscuro - Compacta - Afanítica Min. obs: clorita, ferromagnesiano, plagioclasas	Granoblástica	Epídoto Actinolita-tronolita Esfena Min. opacos Clorita	Silm de epídoto	Metamorfismo de contacto	Clase química: calcocolcalada
MR-32	A 30m al N 52°E del BD-4	- Verde - Compacta - Porfírbolítica Min. obs: ferromagnesiano, plagioclasas	Granoblástica	Actinolita-tronolita Plagioclasas Esfena Min. opacos Clorita Min. arcillosos	Silm de actinolita-tronolita	Metamorfismo de contacto	Clase química: calcocolcalada
MR-33	A 75m al N 10°W del BD-3	- Gris verdoso - Compacta - Porfírbolítica Min. obs: plagioclasas, cuervo, ferromagnesiano	Granoblástica Porfírbolítica	Cuervo Escapolita Plagioclasas Esfena Apretito Epídoto Clorita Cincozoleta	Silm de escapolita	Metamorfismo de contacto	Clase química: calcocolcalada
MR-34	En la planicie del BD-2	- Gris verdoso - Compacta - Granoblástica Min. obs: dóspida, plagioclasas, pírita, especularita.	Granoblástica	Escapolita Tronolita-actinolita Plagioclasas Epídoto Cincozoleta	Silm de escapolita	Metamorfismo de contacto	Clase química: calcocolcalada

MUESTRAS N°	CLAVE LOCALIZACION PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION MACROSCOPICA COLOR ESTRUCTURA TEXTURA	DESCRIPCION MICROSCOPICA		CLASIFICACION	ORIGEN	OBSERVACIONES
			TEXTURA	MINERALOGIA			
MR-35	A 200m al N 10° E del BD-6	- Verde obscuro - Compacta - Alfanca Min. obs: Ferromagnesianos, plagioclasas.	Hornblenda	Actinoto-tranchoíta Cuerto Esfena Epídota Min. opacos Cristos	Skaen de actinoto- tranchoíta	Metamorfismo de contacto	Clase química: calcocalcada
MR-36	A 200m al N 10° E del BD-7	- Verde obscuro - Compacta - Alfanca Min. obs: Ferromagnesianos, plagioclasas, clorita, pirla.	Granoblenca	Cuerto Epídota Tranchoíta-actinotoíta Esfena Min. opacos Cincoesca	Skaen de epídota	Metamorfismo de contacto	Clase química: calcocalcada
MR-37	Río Chuta y Alroyo del Orgual.	- Verde - Compacta - Granoblenca Min. obs: Ferromagnesianos, plagioclasas	Granoblenca	Cuerto Esfenotoíta Tranchoíta-actinotoíta Esfena Epídota Clorita Sarcota	Skaen de tranchoíta- actinotoíta lateral	Metamorfismo de contacto	Clase química: básica
MR-39	A 12 m al N del BD-3	- Verde - Compacta - Alfanca	Hornblenda	Plagioclasas Cuerto Hornblenda Epídota Min. opacos Sarcota Min. arcillosos	Hornblenda	Metamorfismo de contacto	Clase química: básica Facies: sbita-epídota
MR-40	A 100 m al N del BD-3	- Verde obscuro - Compacta - Alfanca	Granoblenca	Dipídota Hornblenda Epídota Min. opacos Min. arcillosos	Skaen de hornblenda y epídota	Metamorfismo de contacto	Clase química: básica
MR-41	A 10 m al W del BD-2	- Gris obscuro - Compacta - Esquizotoíta	Folada	Cuerto Muscovita Sarcota Clorita Min. opacos Min. arcillosos	Féls (esquejo de sarcota)	Metamorfismo regional	Facies: esquizonte verde Subfacies: muscovita-clorita

TABLA N° 3 APENDICE MINERAGRAFICO PARAGENESIS DEL YACIMIENTO FERRIFERO DE "LOS POZOS", MICH.

MUESTRA N°	LOCALIDAD BARRIO Y PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION MAGNOSCOPICA			DESCRIPCION MICROSCOPICA			RELACIONES TEXTURALES	OBSERVACIONES
		COLOR	TEXTURA	MINERALOGIA	MINERALES				
					HIPOCENTRICOS	SUPERFICIOS	TRANSPARENTES		
01	BD.4A Prof.69,00m	Amarillo bronce	Relleno de fracturas	Pirrotita y calcita	Pirrotita Calcopirita Pirita Esferulita Magnetita		Calcita	La masa de pirrotita, presenta fracturas rellenas de mineral transparente en cuyos bordes se observan pequeñas cristales subédicos de pirita y algunos manchones de calcopirita. También se observan pequeñas cristales de magnetita y esferulita.	Foto 12 La calcopirita, está engastada por mineral transparente la cual indica que esta última se formó después de la calcopirita
02	BD.5 Prof.47,00m	Gris metálico con bandas color amarillo metálico de aspecto lúcido.	Relleno de fracturas	Magnetita Pirrotita	Magnetita Pirrotita en bandas alineadas paralelas y algunas transversales a las primeras		Calcita	La masa masiva de magnetita y hematita está intercalada con bandas de pirrotita, las cuales según se presentaran con minerales transparentes.	
03	BD.5A Prof.177,00m	Gris metálico	Masiva con relleno de fracturas	Magnetita con halos de pirrotita	Magnetita Pirrotita Pirita Calcopirita Esferulita	Hematita	Cuarta	Intercalamientos de magnetita y hematita con reemplazamientos de pirrotita, calcopirita y esferulita, con mineral transparente y rellenando algunas fracturas de la masa cristalina.	Foto No. 10, 11
04	M-1 Aforamiento al norte del BD-6	Gris obscuro	Fenética cristalina	Magnetita masiva con fracturas oxidadas	Magnetita Pirrotita	Limonita Hematita (con aspecto de agujas color azul)	Cuarta y calcita	La magnetita está siendo ahogada a hematita. La pirrotita se encuentra como cristales redondeados en la magnetita.	Foto No. 14 La magnetita masiva se está oxidando principalmente en sus fracturas y se observa un leve reemplazamiento de la goethita en la hematita y en la magnetita.
05	BD.8 Prof.133,00m	Gris obscuro		Epídota Magnetita Pirrotita	Magnetita Pirrotita Pirita	Hematita	Epídota y calcita	La magnetita y la pirita se encuentran parcialmente reemplazadas por la pirrotita. De la pirita solo se observan los bordes del cristal subédico con mineralización de pirrotita en el centro.	
06	BD.3 Prof.188,50m	Negro metálico con fracturas rellenas de pirita.	Relleno de fracturas	Magnetita Pirita	Magnetita masiva Pirita Pirrotita Calcopirita	Hematita	Calcita	Magnetita masiva con fracturas rellenas de pirrotita la cual presenta un aspecto azulado con un fracturamiento a lo largo de su cruzado, dichas fracturas están rellenas de mineral transparente.	Foto No. La roca estuvo sujeta a un esfuerzo al cual arrojó sus pliegos de debilidad los cuales fueron rellenados nuevamente por pirrotita

MUESTRA Nº	LOCALIDAD BARRENO Y PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION MACROSCOPICA			DESCRIPCION MICROSCOPICA			RELACIONES TEXTURALES	OBSERVACIONES
		COLOR	TEXTURA	MINERALOGIA	MINERALES				
					HIPOCROMOS	SUPER- NICROS	TRANSPARENTES		
67	BD-3 Prof.201.00m	Negro metálico con hilos amarillo metálico.	Relleno de fracturas	Magnetita Pirota	Magnetita menuda Pirota Pinta Calcopita	Hematta	Calota y cuarzo	La magnetita es reemplazada por la pirota, y esta a su vez por la calcopita.	Foto No. 13
68	BD-4 Prof.114.00m	Gris metálica con manchas blancas y amarillas de aspecto fosforesc.	Relleno de fracturas	Magnetita Pirota Calota	Magnetita Pirota en bande con cristales de pinta y mineral transparente.	Hematta	Calota	La magnetita menuda es sustituida por bandes de pirota, ambas son invadidas por soluciones hidrotermales ricas en carbonatos. Entre también hematta dentro de la pirota.	
69	M-1 Microcimentado de hierro del cerro del Oginal	Blanco con minerales opacos silíceos.	Ferrolítica de grano fino	Cuarzo Magnetita	Magnetita Pinta Pirota	Hematta	Cuarzo	Roca silicificada con impregnaciones de magnetita, y pinta. La magnetita presenta una textura granular. La pinta se presenta como cristales subhédros.	
70	BD 8 Prof.132.00m	Gris oscura con manchas verdes y amarilla metálica.	Alambrica con relleno de fracturas	Pirota Magnetita Epidota	Magnetita Pirota ralla- nando fracturas	Hematta	Epidota	Roca spotuzada con impregnaciones de magnetita, hematta, con fracturas rellenas de pirota. La hematta esta reemplazando a la pirota.	
71	BD-6 A Prof.278.00m	Gris metálico	Relleno de fracturas	Magnetita Pinta	Magnetita Pirota Pinta	Hematta	Calota y cuarzo	Mineralización homogénea de magnetita y hematta. La pinta se encuentra asociada a minerales transparentes dando una textura parecida a la vermicular. La pirota está reemplazando a la magnetita.	
72	MYR Partague de la fina del cerro Blanco Sur.	Verde Grúscas	Esqueletal	Plagioclasas Clorita Ferromagnesianos Magnetita Cuarzo Epidota	Magnetita la cual se encuentra como impregnaciones en la roca		Cuarzo y plagioclasas Calota	Roca con fracturas rellenas de mineral transparente con magnetita que a su vez es reemplazada parcialmente por otra infiltración de calota.	La magnetita se observa de formas subhédros rombicis y en partes rotas, alteradas o reemplazadas por material transparente (calota)
73	MA-4 BD 4A	Gris verdoso con juntas metálicas gris y amarillo.		Magnetita Pirota	Ferromagnesianos Magnetita Pirota		Calota y cuarzo	Roca con impregnaciones de magnetita, con infiltración de pirota.	
74	BD 4 SR-2 Prof.115.00m	Negro	Relleno de cavidades	Magnetita Pirota Calcopita	Magnetita menuda Pirota Calcopita		Calota	La magnetita se encuentra en forma menuda con fracturas rellenas de mineral transparente lútil con cristales de calcopita y pirota.	

MUESTRA Nº	LOCALIDAD BARRIO Y PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA			DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA			RELACIONES TEXTURALES	OBSERVACIONES
		COLOR	TEXTURA	MINERALOGÍA	MINERALES				
					HIPOGENICOS	SUPERGENICOS	TRANSPARENTES		
75	BD-9-BH Al norte del BD-9	Verde oscuro con manchas verde claro y con minerales gris metálico y café claro.		Epidota Fermomagnesiano Magnetita Hematita	Magnetita Piroxita	Hematita	Cuarzo	Roca nodulizada con impregnaciones de magnetita que se observan parcialmente alterada. Existen fracturas rellenas de hematita y cuarzo.	
76	BD-4 Prof. 97,00m	Gris metálico con minerales blancos y verdosos.	Fanérfica	Magnetita Plegoclasas Clorita	Magnetita Piroxita Epidota		Clorita	Roca impregnada de magnetita la cual está parcialmente reemplazada por la piroxita.	Roca en contacto con el cuerpo de hierro.
77	BD-2 Prof. 112,25m	Negro	Compacta Alfanítica	Pirita Fermomagnesiano Oxiditos	Magnetita Piroxita Calcopirita Pirita		Calcita Actinolita Cuarzo Hedbergita	Textura cristalina xenomórfica	Mená de hierro.
78	BD-2 Prof. 118,85m	Negro	Compacta Alfanítica	Pirita Magnetita	Magnetita Trasas de calcopirita		Calcita Cuarzo Actinolita Epidota Hedbergita	Textura cristalina xenomórfica	Mená de hierro.
79	BD-2 Prof. 132,10m	Negro con arenado metálico.	Compacta Alfanítica	Pirita Oxiditos	Magnetita Arenopirrita Pirita Calcopirita	Hematita Limonita	Cuarzo Calcita Actinolita Dolómita Mn., arcillosos	Textura cristalina xenomórfica	Mená de hierro.
80	BD-2 Prof. 188,20m	Negro	Compacta Alfanítica	Pirita Oxiditos	Magnetita Calcopirita Pirita Epidota	Hematita Limonita	Tremolita Cuarzo Mn., arcillosos	Textura cristalina xenomórfica	Mená de hierro.
81	BD-2 Prof. 188,50m	Negro con lentes arenado metálico.	Compacta Alfanítica	Pirita Magnetita	Magnetita Piroxita Calcopirita	Hematita Limonita	Calcita Actinolita Cuarzo Plegoclasas Mn., arcillosos	Textura cristalina xenomórfica	Mená de hierro.