



2ej 9

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

ANALISIS LITOLÓGICO - ESTRUCTURAL DEL
YACIMIENTO DE SAN PEDRO,
MEZCALA, GUERRERO

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de
INGENIERO GEOLOGO
P r e s e n t a

HECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

I N D I C E

I LOCALIZACION

I.1. Localización Geográfica

I.2. Localización Geológica y Fisiográfica

II LITOLOGIA

II.1. Expresión Geomorfológica

II.2. Descripción de las Rocas

III ESTRUCTURAS

III.1. Estructuras Regionales

III.2. Estructuras Locales

III.3. Análisis Estructural de Fallas y Fracturas Locales

IV CARACTERISTICAS DEL YACIMIENTO

IV.1. Mineralogía

IV.2. Geometría de la Mineralización

IV.3. Alteraciones

V HIPOTESIS GENETICA

V.1. Resumen de Observaciones

V.2. Desarrollo de la Hipótesis Genética

V.3. Resumen de la Secuencia Propuesta de la Etapas de Formación -
del Yacimiento

VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APENDICES

-- Petrográfico

-- Mineragráfico

-- De Difracción de Rayos X

-- De Planos Geológicos

PLANOS

- Geología Regional
- Geología Superficial
- Nivel Alianza 000 (altura s.n.m. 1321.6 m)
- Nivel Capire (altura s.n.m. 1382.3 m)
- Nivel 33 (altura s.n.m. 1402.8 m)
- Nivel 32 (altura s.n.m. 1423.4 m)
- Nivel 21 (altura s.n.m. 1443.2 m)
- Nivel 22 (altura s.n.m. 1459.5 m)
- Secciones Geológicas

FIGURAS

- 1 Plano de Localización Geográfica
- 2 Plano de Localización Fisiográfica del Yacimiento
- 3 Orientación de Estructuras a Nivel Regional (E 1:500 000)
- 4 Orientación de Estructuras a Nivel Regional (fotos ERTS I)
- 5 Orientación de Fracturas Premineralización
- 6 Orientación de Fallas Premineralización
- 7 Orientación de Fracturas Postmineralización
- 8 Orientación de Fallas Postmineralización
- 9 Orientación de Afollamiento
- 10 Orientación de Fracturamiento
- 11 Diagrama Paragenético
- 12 Gráfica $P_{H_2O} - T$ de las Curvas de Inicio de Fusión del Granito y Toleita
- 13 Gráfica $f_{O_2} - T$ con Campos de Estabilidad de la Andradita y de la Hedembérgita
- 14 Gráfica $f_{O_2} - T$ con Campos de Estabilidad del Hierro y Oxidos de Hierro
- 15 Gráfica Eh - pH con Relaciones de Estabilidad de Oxidos y Sulfuros de Fe en H_2O (act. S = 10^{-6} $CO_3 = 10^0$)
- 16 Gráfica Eh - pH con Relaciones de Estabilidad de Oxidos y Sulfuros de Fe en H_2O (act. S = 10^{-6})
- 17 Gráfica Eh - pH con Relaciones de Estabilidad de Oxidos y Sulfuros de Fe en H_2O (act. S = 10^{-1})

CAPITULO I

Localización.

I.1 Localización Geográfica.- El area de trabajo está comprendida - entre los paralelos 17°53' y 17°49' de Latitud Norte y los meridianos -- 99°39'54" y 99°43'30" de Longitud Oeste. La zona está ubicada en la parte central del estado de Guerrero.

Se encuentra comunicado con el poblado de Mezcala por una brecha, - transitada todo el año, de una longitud aproximada de 16 Kms. y con el poblado de Xochipala por una vereda de aprox. 10 Kms. Mezcala está localizada a 1 Km. de la carretera federal # 95 México-Acapulco, están unidos por una brecha, a la altura del Km. 220, esta carretera lo comunica con las ciudades de Iguala y Chilpancingo (figura 1).

El clima de la zona según la clasificación de Köppen, pertenece al tipo BS₁(h')w(w)(i')g, que corresponde a un clima seco, semiárido, muy - cálido y con temperatura media anual mayor de 22 °C con una oscilación - de 5° - 7 °C, el mes más caliente es antes de Junio, con lluvias principalmente en verano y escasas en invierno.

I.2 Localización Geológica y Fisiográfica.- Geológicamente la zona de estudio está situada muy cerca del eje de un sinclinal que a su vez está comprendido en un grupo de anticlinales y sinclinales que tienen aproximadamente la misma orientación NE 17° SW; este grupo de estructuras está limitado al NW por un anticlinal recostado de gran magnitud y al SE por un anticlinal mayor.

A nivel regional, en la zona se encuentra una acumulación de pequeños troncos de composición granítica y de edad similar al de la zona de interés. Al NW de la región se reporta una acumulación de rocas ígneas de origen volcánico pertenecientes al Cenozoico Superior. Todos los pequeños troncos están intrusionando a las calizas de la Formación Morelos (plano 1).

Fisiográficamente el area está ubicada en la parte Sur de la subprovincia de la Cuenca del Balsas-Mezcala, que a su vez pertenece a la provincia de la Sierra Madre del Sur (figura 2).

PLANO DE LOCALIZACION GEOGRAFICA

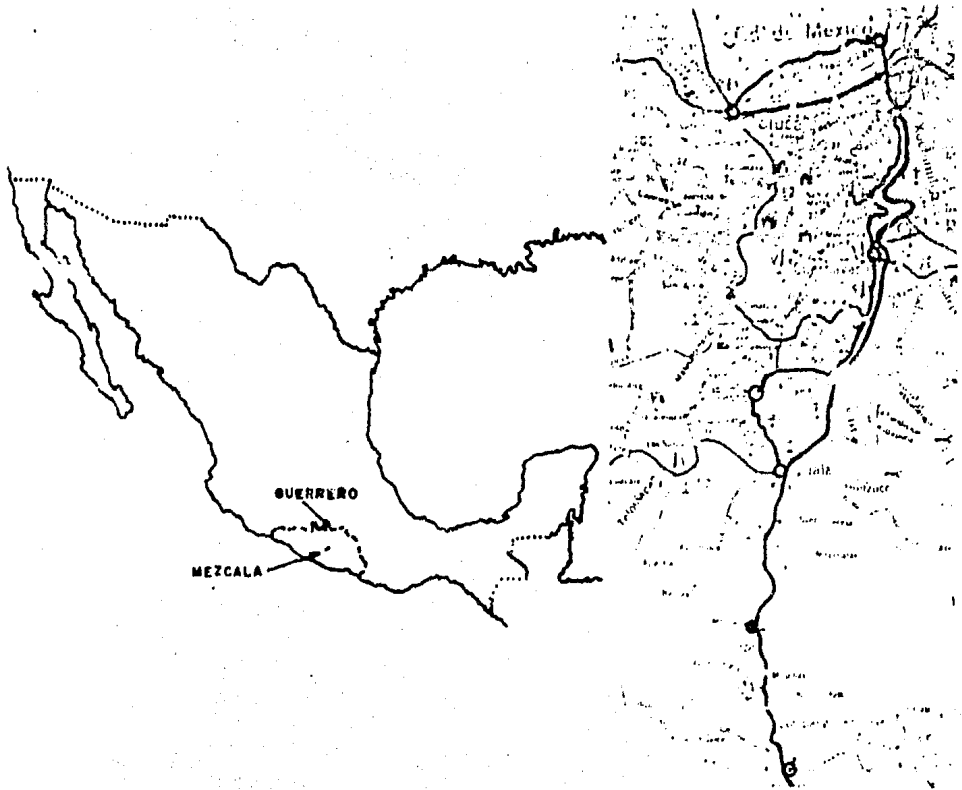


Figura 1

PLANO DE LOCALIZACION

FISIOGRAFICA

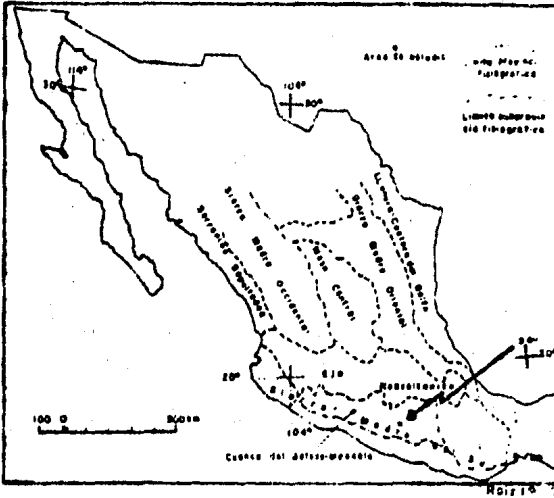


Figura 1

CAPITULO II

Litología.

Las rocas que se encuentran en el yacimiento son: Tonalita, Caliza (de la Formación Morelos), Marmol, Skarn, Breccia de Falla y Aplita.

II.1. Expresión Geomorfológica.- La expresión geomorfológica de las rocas presentes en el area es la siguiente:

El cuerpo intrusivo Tonalítico está formando un pequeño tronco (a---prox. 1 Km.²) que levantó a las calizas, por lo que estas rocas se encuentran rodeando a la roca ignea. El contacto entre ambas rocas está bien definido (como dato interesante, donde hay caliza, se encuentra palmilla verde -Brahea Dulcis- que contrasta fuertemente con el color pardo de la vegetación que está sobre la roca ignea); el cambio de litología en el contacto produce un marcado cambio de pendientes, siendo suave y --de formas redondeadas en las rocas carbonatadas, fuerte y de formas irregulares en la Tonalita, la cual muestra diferente resistencia al intemperismo provocada por el fracturamiento y afallamiento así como por las variaciones texturales y mineralógicas que posee.

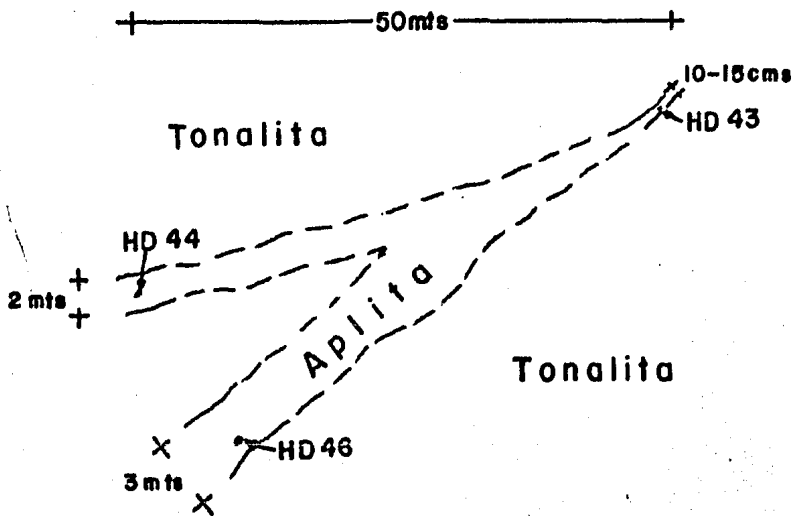
Las calizas no están muy alteradas, incluso cerca del contacto con la Tonalita, ya que la aureola de de metamorfismo es reducida en superficie.

El Marmol está en zonas muy reducidas, por lo que no es marcada su presencia en el plano de geología superficial (plano 2).

El tipo de Skarn que aflora en superficie es Endoskarn y se presenta en formas de vetas o bandas dentro del intrusivo, en ocasiones estas vetas sobresalen notablemente de la roca formando delgados horizontes..

La Breccia de falla no se presenta en superficie.

La Aplita se encuentra dentro de la Tonalita cerca del contacto con las Calizas, se presenta como un cuerpo tabular de 10 a 15 centímetros - que posteriormente se bifurca para formar dos cuerpos de aproximadamente 2 a 3 metros como se observa a continuación.



El contacto entre la Aplita y la Tonalita está bien definido.

II.2. Descripción de las Rocas.- A continuación se mencionan las características texturales, mineralógicas, estructurales y alteraciones de las rocas presentes en el yacimiento.

II.2.1. Tonalita.- La roca que constituye al stock es una Tonalita (HD29), según la clasificación de Streckeisen.

Mineralogía.- Se determinó la siguiente composición mineralógica modal: Plagioclasa An_{35} 62 %, Cuarzo 22 %, Hornblenda 8 %, Biotita 7 % (en ocasiones llega a tener hasta 20 %), Apatita, Zircón y Minerales opacos 1%. Los porcentajes se determinaron por conteo de puntos (3300 puntos - en las laminas observadas).

Textura.- La Tonalita muestra una textura fanerítica, holocristalina, hipidimorfica.

Variaciones.- En este cuerpo igneo se observan variaciones en las características texturales y mineralógicas que ocasionan un cambio en la composición de la Tonalita. La variación observada corresponde a la cuarzodiorita (HD132). Megascópicamente presenta color gris oscuro, tex

-----tura fanerítica de grano más grueso que el de la Tonalita, siendo la cuarzodiorita más resistente al intemperismo. Las características de la cuarzodiorita se dan posteriormente.

Alteraciones Hidrotermales.- a) Eliminación de máficos esta alteración ocasiona que la Tonalita semeje diques de diferentes formas y tamaños, con una textura porfídica y composición esencialmente cuarzofeldespática HD(59, 88, 93, 117, 123, 124, 149, en los niveles Capire, Alianza 000, 21 y 32).

b) Skarnificación.- Otra alteración presente consiste en el reemplazamiento parcial o total (skarnificación) de la Tonalita, el reemplazamiento parcial provoca que la Tonalita tenga una coloración verdosa y los siguientes minerales producto del fenómeno metamórfico: Epidota, Clorita, Calcita. El reemplazamiento total provoca un cambio brusco de textura y composición que da origen al Skarn. La alteración del cuerpo intrusivo es indicativo de que la Tonalita solidificó antes que el proceso metamórfico fuese completado.

c) Formación de Halloysita.- Consiste en el reemplazamiento de las plagioclasas de la Tonalita por halloysita (determinación mineralógica hecha por medio de la Difracción de Rayos X de la muestra HD171), ésta se presenta en las cercanías de algunos de los cuerpos mineralizados.

d).- Alteración Cálctica.- Consiste en el aumento en el contenido de calcio de las plagioclasas, en la mayor abundancia de hornblenda y en la disminución de Cuarzo por metasomatismo. Esta alteración ocasiona que la Tonalita cambie a Cuarzodiorita.

Distribución.- La posición de la Tonalita está bien definida ya que ella forma al tronco intrusivo. En ocasiones se encuentran "islas" de Tonalita dentro de los cuerpos mineralizados que están dentro del intrusivo y sus bordes.

Estructuras.- Las estructuras que muestra la Tonalita son fallas y fracturas. Los sistemas de fracturamiento ocasionan que la Tonalita en ocasiones adquiera la forma de bloques o capas, en lugares donde hay sistemas bien definidos y la separación de las fracturas es pequeña 20-50 centímetros, la roca da la apariencia de estar en capas, en zonas donde se intersectan 2 o más sistemas la roca se muestra en forma de bloques

—grandes ó pequeños, dependiendo de la separación de las fracturas - de cada sistema que se intersecta.

En el caso de fallas, la roca no muestra una forma definida, comúnmente provocan que la Tonalita sea deleznable y en ocasiones está formando lajas de diferentes tamaños, dando la apariencia de breccia.

En las fallas y fracturas dentro de la Tonalita hay arcillas, como producto del intemperismo, vetas de hematita-magnetita, vetas ó bandas - de skarn, vetas de clorita, vetas de clorita con cuarzo, piritita, calcopiritita y skarn.

Contactos.- El contacto Caliza-Tonalita es observado unicamente en superficie y está bien definido.

Los contactos de la Tonalita con la Cuarzodiorita, el Skarn y la mineralización pueden ser bien definidos, transicionales ó abruptos (causados por afallamiento). En los contactos transicionales ocasionalmente se encuentran "islas" de Tonalita dentro del Skarn, dentro de la Cuarzodiorita y dentro de la mineralización.

El contacto de la Tonalita con el Marmol casi no se presenta ya que hay mineralización entre ellas.

II.2,1a. Cuarzodiorita.- Esta roca es una alteración de la Tonalita. La clasificación de la Cuarzodiorita (HD 132) como tal, fué realizada - utilizando la clasificación de Streckeisen.

Mineralogía.- La composición modal de la roca es la siguiente: Plagioclasa An_{42} 59%, Cuarzo 10%, Biotita 4%, Hornblenda 23%, Augita 1%, Apatita, Esfena y Zircón 1%, Minerales Opacos 2%. Los porcentajes se determinaron por conteo de puntos (3350).

Textura.- La Cuarzodiorita muestra una textura fanerítica, holocristalina, hipidimórfica.

Alteraciones Hidrotermales.- La alteración que comúnmente presenta la Cuarzodiorita es el reemplazamiento por Skarn. La Cuarzodiorita parcialmente skarnificada (HD 89), tiene las siguientes características: color verde oscuro a gris oscuro, textura fanerítica en la parte gris oscuro y de grano fino en la parte verde, mineralogía: Plagioclasa An_{28} 47%,

-----Cuarzo 7%, Biotita 4%, Hornblenda < 1%, Epidota 15%, Hedenbergita 10% Calcita 14%, Clorita 6%, Apatita 1%, otro producto de la skarnificación de la Cuarzodiorita son los granates (variedad grosularita-andradita), - que están dentro de la Cuarzodiorita cuando ésta se encuentra en contacto con el Marmol.

Distribución.- La posición de la Cuarzodiorita no sigue un patrón - definido dentro de la Tonalita ya que está dentro de ella ó en sus bor - des.

Estructuras.- Las estructuras que presenta la Cuarzodiorita son si - milares a las estructuras de la Tonalita.

Contactos.- El contacto de la Cuarzodiorita con la Tonalita y el - Skarn puede ser bien definido, transicional ó abrupto, este último causa do por afallamiento. En el contacto transicional Cuarzodiorita-Skarn, la Cuarzodiorita en ocasiones está dentro del Skarn en forma de "islas".

La Cuarzodiorita raramente está en contacto con el Marmol y con la mineralización.

II.2.1b. Tonalita con eliminación de máficos (roca porfídica esen - cialmente cuarzo-feldespática).- Esta roca, como se mencionó en la des - cripción de la Tonalita, es producida por alteración hidrotermal y tiene la apariencia de estar en "diques".

Mineralogía.- Por medio del microscopio petrográfico se determinó - la mineralogía de las rocas HD 59, 93B, 117, 123, 124, 149; y por medio de la Difracción de Rayos X la mineralogía de HD 59, 88; su composición mineralógica es: mayormente matriz de Cuarzo y Plagioclasa 65%, Biotita 8%, Piroxenos alterados 1%, Clorita 5%, Sericita 4%, Calcita 3%, Caoli nita 9%, Montmorillonita 5%, Apatita 1%.

Textura.- La textura que presenta es porfídica, holocristalina, en ocasiones con fragmentos de fenocristales de biotita y plagioclasa, con vetillas de cuarzo y calcita.

Distribución.- Esta roca no muestra una distribución definida.

Estructuras.- La mayoría de los cuerpos de la roca alterada hidro - termalmente observados, dan la apariencia de estar en capas.

Contactos.- Los contactos de esta roca son bien definidos, abruptos ó transicionales, siendo este último el más abundante. Está principalmente dentro de la Tonalita y en ocasiones está en contacto con los cuerpos mineralizados y con el Skarn.

La roca porfídica cuarzo-feldespática a veces está mezclada con la Tonalita, Cuarzodiorita, Skarn, esta mezcla de rocas no muestra un arreglo definido y se presenta en algunos contactos Skarn-mineralización.

II.2.1c Tonalita parcialmente Skarnificada.- La skarnificación parcial de la Tonalita provoca que la roca adquiera un tono verdoso y que sea más resistente al intemperismo.

Mineralogía.- La composición mineralógica modal de la Tonalita parcialmente skarnificada (HD 140) es: Plagioclasa An_{32} 55%, Ortoclasa 2%, Cuarzo 10%, Biotita 1%, Apatita 1%, Zircón 1%, Epidota 9%, Clorita 2%, Calcita 5%, Sericita 5%, Piroxenas alteradas 8%.

Textura.- La textura que presenta es holocristalina, hipidiomórfica (con cristales bien desarrollados -minerales originales de la roca- y minerales en forma masiva -minerales producto de metasomatismo-).

Distribución.- La Tonalita parcialmente skarnificada está comunmente cerca del contacto de alguno de los cuerpos mineralizados. Puede estar en contacto con la mineralización ó existe una porción de skarn entre ella y la mineralización. En algunas partes se observa la secuencia: Tonalita--- Tonalita parcialmente skarnificada--- skarn--- mineralización.

Estructuras.- Las estructuras que presenta la Tonalita parcialmente skarnificada son similares a las estructuras de la Tonalita.

Contactos.- El contacto de la Tonalita parcialmente skarnificada con la Tonalita y con el Skarn pueden ser bien definidos, transicionales ó abruptos.

II.2.2. Skarn.- El Skarn megascópicamente es verde, de textura granoblástica con diferente tamaño de grano, desde muy fino a grano grueso.

Mineralogía.- La mineralogía del Skarn es la siguiente: Granates (variedad grosularita-andradita), Hedenbergita, Diópsida, Epidota, Calcita-Cuarzo, Plagioclasa, Ortoclasa, Apatita, Zircón, Esfena. Dentro de los cuerpos de Skarn se encuentran vetas de clorita, pirita, magnetita-hematita; de clorita con epidota; de cuarzo. Apatita, Esfena y Zircón son minerales que pertenecen al cuerpo intrusivo y que no fueron reemplazados durante la skarnificación.

Considerando la mineralogía que presenta el Skarn podemos decir que se trata de un Skarn cálcico.

Textura.- La textura que presenta el Skarn es granoblástica, xenomórfica.

Variaciones.- Las variaciones observadas en el Skarn son ocasionadas por la abundancia de alguno de los minerales que presenta. Fueron clasificados diferentes tipos de Skarn: Skarn de Granate (HD 50, 63, 101), Skarn de Hedenbergita (HD 33), Skarn de Clorita y Calcita (HD 119a).

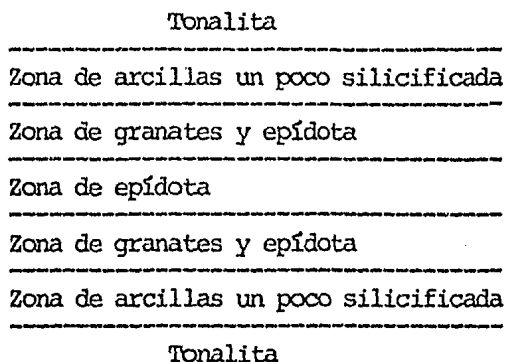
En algunas partes del yacimiento se puede definir que se trata de un Endoskarn (HD 50, 63, 89, 99), ya que muestran textura fanerítica relictiva ó está en forma de bandas dentro de la Tonalita. Mientras que en algunos cuerpos de skarn no es posible determinar si se trata de un Endo ó de Exoskarn.

En el yacimiento no se pudo definir algún patrón de zomeamiento metamórfico, solo se observaron algunas variaciones como: a) la abundancia de algún mineral en diferentes zonas del Skarn; b) cambios en el color y tamaño de los granates dentro del Skarn, Tonalita y mineralización.

Distribución.- El comportamiento del Skarn está bien definido ya que principalmente se localiza entre la Tonalita y los óxidos de Fe con diferentes formas y tamaños. Otros lugares donde se encuentra el Skarn son: a) dentro de la Tonalita en forma de bandas (que en ocasiones sigue direcciones de fracturamiento); b) formando bolsas de diferentes tamaños (desde unos centímetros hasta varios metros), dentro de la Tonalita, Cuarzodiorita y la mineralización.

Estructuras.- Las estructuras que presenta el Skarn son:

----- a) bloques de diferentes formas y tamaños (desde unos centímetros hasta 2 mts.) dentro de la mineralización; b) una fina red de vetillas de hematita-magnetita entrelazadas; c) vetas ó bandas dentro de la Tonalita. Las bandas tienen la siguiente disposición mineralógica:



Al microscopio esta roca presenta textura granoblástica, xenomórfica y su mineralogía es la siguiente: Granate, Epidota, Diópsida, Clorita, Calcita, Hornblenda, fragmentos de Anfíbolos y de Feldespatos.

Otras estructuras que muestra el Skarn son similares a las que presenta la Tonalita.

Contactos.- El Skarn está en contacto con la Tonalita y Cuarzodiorita, con la mineralización; los contactos son transicionales, bien definidos ó abruptos.

En los contactos transicionales Skarn-Tonalita en ocasiones se presentan a) la Tonalita (y Cuarzodiorita) en forma de "islas" dentro del Skarn; b) óxidos de Fe, pirita, calcopirita; c) Skarn con textura fanerítica relicta. En algunos contactos transicionales óxidos de Fe-Skarn, se puede observar la siguiente secuencia: mezcla Tonalita Skarn----- Skarn----- mezcla Skarn mineralización----- mineralización.

II.2.3. Calizas.- Las calizas que existen en el área pertenecen a la formación Morelos (Orozco S.M. 1970 y García H.G 1981), y se encuentran cubiertas por aluvión calichoso.

Características Megascópicas

Mineralogía.- Las Calizas son blancas y están compuestas principalmente por calcita y una pequeña cantidad de arcillas.

Textura.- La text. que presenta la roca varía de mudstone a wackstone, en algunas partes presenta un aspecto aporcelanado.

Distribución.- Las Calizas se encuentran bordeando a la Tonalita, - en superficie en ocasiones aflora Marmol entre ellas.

Estructuras.- La estructura que presenta esta roca es la tendencia a tomar echados intensos alrededor de la Tonalita.

Contacto.- El contacto entre la Tonalita y las Calizas está bien de finido.

II.2.4. Marmol.- Esta roca producida por la intrusión de la Tonalita en las Calizas, presenta las siguientes características:

Mineralogía.- Carbonatos, Clorita y Minerales opacos (HD 18, 106).

Textura.- Megascópicamente se observan 2 texturas, granoblástica y sacaroidal, pero al microscopio presenta textura granoblástica y porfido blástica.

Variaciones.- Las variaciones observadas corresponden a la textura granoblástica y sacaroidal y a su color, los colores en que se presenta el Marmol son blanco, negro (ambos de textura granoblástica) y blanco ro sado (de textura sacaroidal).

Distribución.- La posición de esta roca está en general bien definida ya que se encuentra bordeando al cuerpo tonalítico y en ocasiones se encuentran "islas" de diferente forma y tamaño dentro de los óxidos de - Fe, también fueron observadas "islas" de óxidos de Fe dentro del Marmol.

Estructuras.- El Marmol en algunas partes está intensamente fracturado formando pequeñas lajas. El fracturamiento en ocasiones es paralelo al contacto de la mineralización con el Marmol.

Quando el Marmol está afallado, en las cercanías de la falla, el Marmol está muy fracturado. La estructura escarapelada en el Marmol se presenta en los contactos transicionales (mineralización-Marmol).

Contactos.- El Marmol se observa en contacto con la mineralización con el Skarn, raramente con la Tonalita. Con respecto al contacto mineralización-Marmol puede ser bien definido, transicional ó abrupto.

II.2.5. Aplita.- Esta roca es producida por la separación de una "fase vapor" del cuerpo tonalítico y se emplazó siguiendo zonas de debilidad dentro de la roca que la originó.

Mineralogía.- A continuación se da la composición mineralógica modal de las 3 muestras colectadas.

HD 43 se observa el contacto Aplita-Tonalita

<u>Tonalita</u>	<u>Aplita</u>
Plagioclasa An ₂₂ 51%	Plagioclasa An ₂₂ 22%
Ortoclasa 5%	Cuarzo 39%
Cuarzo 3%	Biotita 39%
Biotita 6%	Apatita 1%
Hornblenda 3%	
Clorita 2%	
Min. opacos 1%	

HD 44 Aplita "foliada"

Plagioclasa An ₄₅ 8%
Cuarzo 50%
Biotita 26%
Epidota 3%
Clorita 5%
Hornblenda 5%
Sericita 2%
Min opacos 1%

HD 46 Aplita de grano grueso

Plagioclasa An ₃₀ 10%
Cuarzo 20%
Hornblenda 25%
Aegirina 25%
Biotita 16%
Clorita 3%
Apatita 1%
Ortoclasa 1%

Variaciones.- Se determinó una variación notable en la composición de la plagioclasa del cuerpo intrusivo ya que aumenta en sodio en el contacto con la aplita. Otra variación consiste en la presencia de ortoclasa en la Tonalita en contacto con la aplita.

Al igual que el cuerpo intrusivo, en la aplita hay variación en la composición de la plagioclasa, siendo plagioclasa An₂₂₋₂₅ cerca del contacto con la Tonalita (HD43), plagioclasa An₃₀ para la aplita de grano grueso (HD46) y de plagioclasa An₄₅ para la aplita "foliada".

Existe una variación en la forma de expresión de la aplita. Esta variación se presenta como cuerpos de cuarzo arenoso de grano grueso y fino y en ocasiones presenta algunos cristales perfectamente desarrollados, con acumulaciones locales de biotita en cristales pseudohexagonales, con "islas" de mamol, vetas de hematita-magnetita que parecen estar deformadas ya que presentan una forma sinuosa (estas vetas están parcialmente alteradas a goethita). Dicha variación fué observada en el nivel 32, 100 metros mas abajo del afloramiento de la aplita. La estructura - mas común que forma el cuarzo arenoso son bolsas; estas bolsas en general de pequeña magnitud se encuentran en varios niveles 21, 22, etc. pero en el nivel 32 existe una bolsa de mayor magnitud, de 25 x 32.5 mts. (esta bolsa está situada abajo de la aplita) que está acompañada de otras pequeñas bolsas en su vecindad. En general los contactos de las bolsas - son transicionales.

La presencia de las bolsas de cuarzo es importante ya que en ocasiones estos cuerpos, cuando hay asociados óxidos secundarios de Fe, presentan en su interior clavos de altas leyes de oro.

Distribución.- Esta roca se presenta dentro de la Tonalita cerca -- del contacto con las Calizas.

Estructuras.- La aplita forma un cuerpo tabular de 10-15 cm. que -- posteriormente se bifurca para formar 2 cuerpos de 2 y 3 mts. aprox.

Contacto.- El contacto Tonalita-aplita está bien definido y al mi-- croscopio se denota por la abundancia de biotita en la aplita y por la -- diferencia de tamaño de grano, siendo de grano grueso para la Tonalita, 400-1500 micras y de grano fino para la aplita 100-200 micras.

II.2.6 Breccia de falla.- Esta roca producida por el afallamiento - de las rocas se presenta con diferentes características, debido a que se forman de diferentes rocas.

Mineralogía.- La composición de las breccias es: Caolinita, Cuarzo, Talco, Malaquita, Calcita, Limonita, Fragmentos de Skarn, Tonalita y Mi-- neralización.

Textura.- El tamaño de grano de la breccia cambia de limo a grava.

Variaciones.- Las variaciones que presenta la breccia corresponden al cambio de color y en la mayor o menor abundancia de los componentes anteriormente mencionados.

Estructuras.- La breccia se presenta comunmente como cuerpos tabulares de espesor variable, desde 2mts. hasta 30 cm.

Distribución.- Las breccias no muestran una distribución definida - sólo están presentes en algunas fallas.

Contactos.- La breccia esta en contacto con la mineralización con - el Marmol, con los cuerpos de cuarzo arenoso, con la Tonalita y con el - Skarn. Casi todos los contactos que presenta son bien definidos.

CAPITULO III

Estructuras.

III.1. Estructuras Regionales.

a) Anticlinales y Sinclinales.- En la región se encuentra un grupo de anticlinales y sinclinales normales y recostados, la orientación de los ejes es N 11°E a N 23°E, esta orientación es mostrada en la figura 3 (datos tomados de la carta geológica del Estado de Guerrero E 1:500 000).

El yacimiento está localizado muy cerca del eje de un sinclinal.

b) Fallas y Fracturas.- En las fotografías de satélite de la provincia de la Sierra Madre del Sur, se observan 3 direcciones de fallas y -- fracturas, una que va de N 14°W a N32°E otra casi perpendicular a la anterior, N 60°W a N88°W y una tercera que va de N 60°E a N 70°E.

Las orientaciones de las fallas y fracturas existentes en un área -- de 200Km. alrededor del yacimiento son mostradas en la figura 4 (datos -- tomados de las fotografías de satélite ERTS I publicadas en la carta y -- Provincias metalogenéticas de la República Mexicana).

c) Intrusiones.- Muy cerca del yacimiento existe una acumulación de pequeños troncos de composición granítica y de edad similar a la del yacimiento.

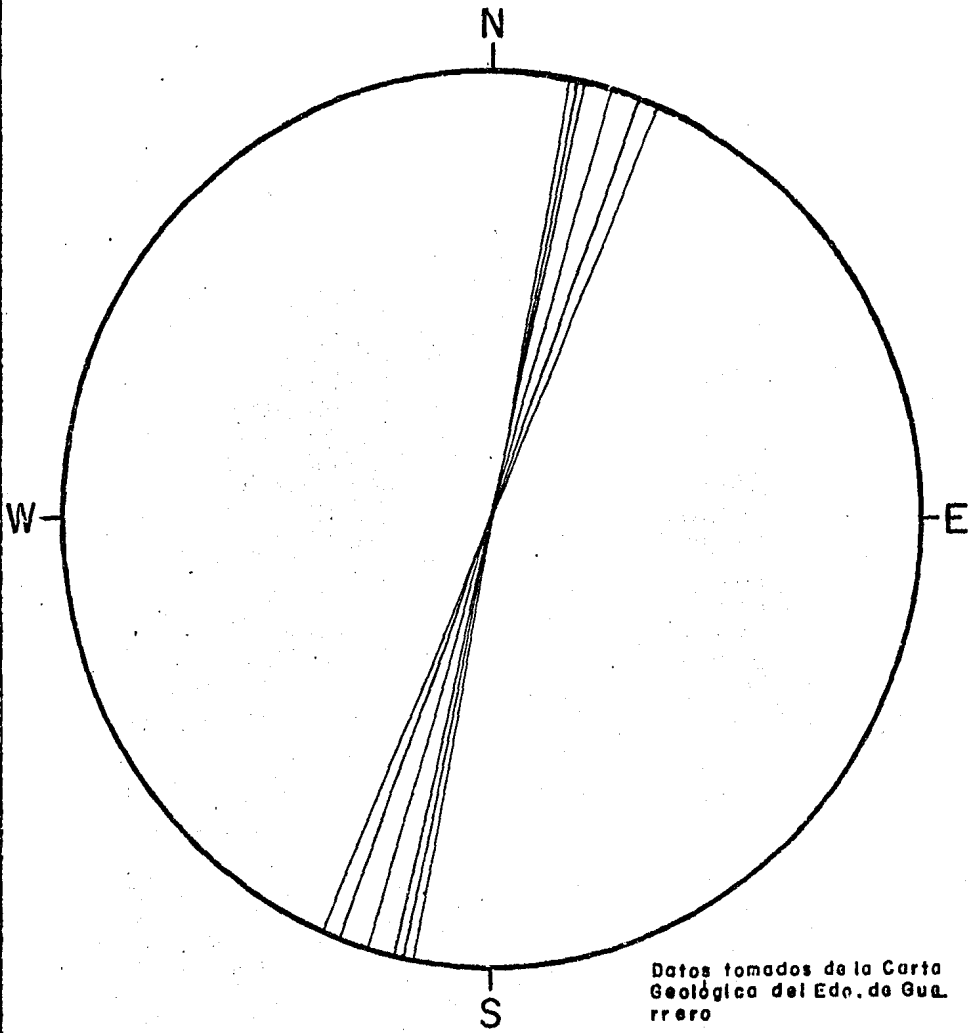
En toda la región se reportan rocas ígneas de origen volcánico e intrusivas en forma de troncos. Las rocas intrusivas varían de composición, granitos, Tonalitas, Piroxenitas. La distribución de las rocas ígneas puede ser observada en el plano 1.

III.2. Estructuras Locales.

a) Intrusión Tonalítica.- La principal estructura en la zona es sin duda, la producida por el emplazamiento del cuerpo Tonalítico en forma de tronco, este cuerpo ígneo levantó y alteró a las calizas, las cuales cerca del contacto tomaron echados intensos, mayores de 50°.

El contacto entre el cuerpo ígneo y las rocas carbonatadas en su---

ORIENTACION DE ESTRUCTURAS A NIVEL REGIONAL



Datos tomados de la Carta
Geológica del Edo. de Gua.
rrero

Figura 3

Tesis Profesional UNAM

Diaz Garcia

ORIENTACION DE ESTRUCTURAS A NIVEL REGIONAL

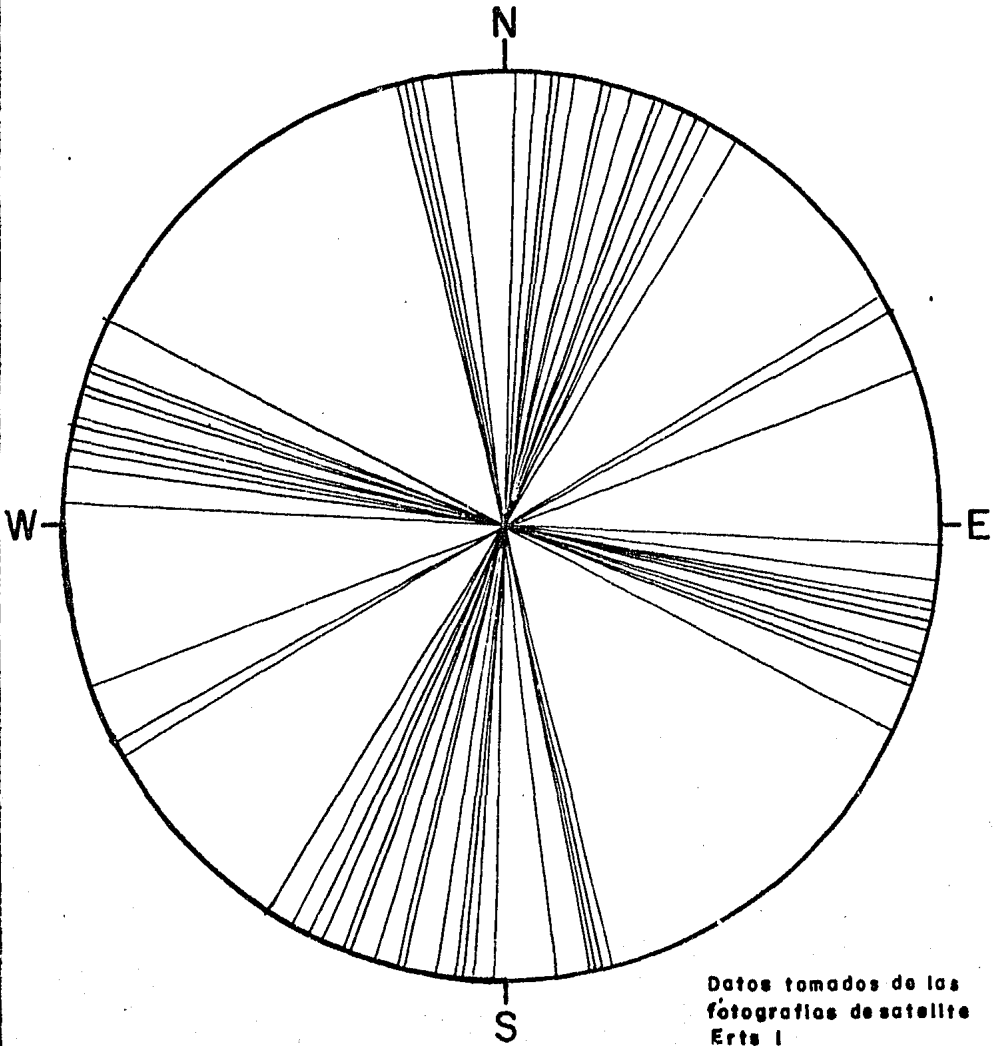


Figura 4

perficie fue observado como una estructura abierta en forma de U, con una orientación hacia el NE (plano 2).

b) Fallas y Fracturas.- Las fallas y fracturas presentes en el yacimiento fueron ocasionadas principalmente por el tectonismo que sufrió la región y en menor importancia por el enfriamiento y el proceso hidrotermal. El fracturamiento y afallamiento no producido por tectonismo, puede ser ejemplificado con las fallas y fracturas que unicamente se localizan dentro del cuerpo igneo.

Las fracturas son el rasgo que se denota con mayor abundancia en su superficie, notandose muy bien definidas en la dirección NW-SE con echados hacia el SW o NE, otra dirección de fracturamiento es de NE-SW, pero está menos definida que la anterior. En algunos fracturamientos se observaron ambas direcciones de fracturamiento.

De acuerdo al comportamiento de las fallas y fracturas, estas se pueden dividir en pre y postmineralización.

Las observaciones que fueron tomadas como referencia para determinar que una falla, fractura o sistema de ellas era anterior a la etapa de mineralización son:

Fracturas.- Las fracturas premineralización pueden quedar evidenciadas por:

1.- Aquellas fracturas que al llegar al contacto con los cuerpos mineralizados "desaparecen".

2.- La presencia de vetas de mineralización siguiendo direcciones de fracturamiento (también se observaron vetas de clorita, de Skarn), algunas vetas siguen mas de una dirección de fracturamiento y fueron observadas principalmente dentro del cuerpo Tonalítico.

3.- La presencia de numerosas vetas de mineralización que atraviezan a los diferentes sistemas de fracturas.

La orientación de las fracturas premineralización esta mostrada en la figura 5.

Fallas.- Los caracteres principales para considerar una falla como premineralización son:

1.- Cuando la mineralización sigue caminos de falla o se comporta de acuerdo a la geometría de las diferentes fallas que existen en la zona

2.- La presencia de fallas que al llegar al cuerpo mineralizado "desaparecen", es decir, no fue posible continuarlas después del contacto con la mineralización.

3.- Cuando se presentan fallas que no estan completamente rellenas

ORIENTACION DE FRACTURAS PREMINERALIZACION

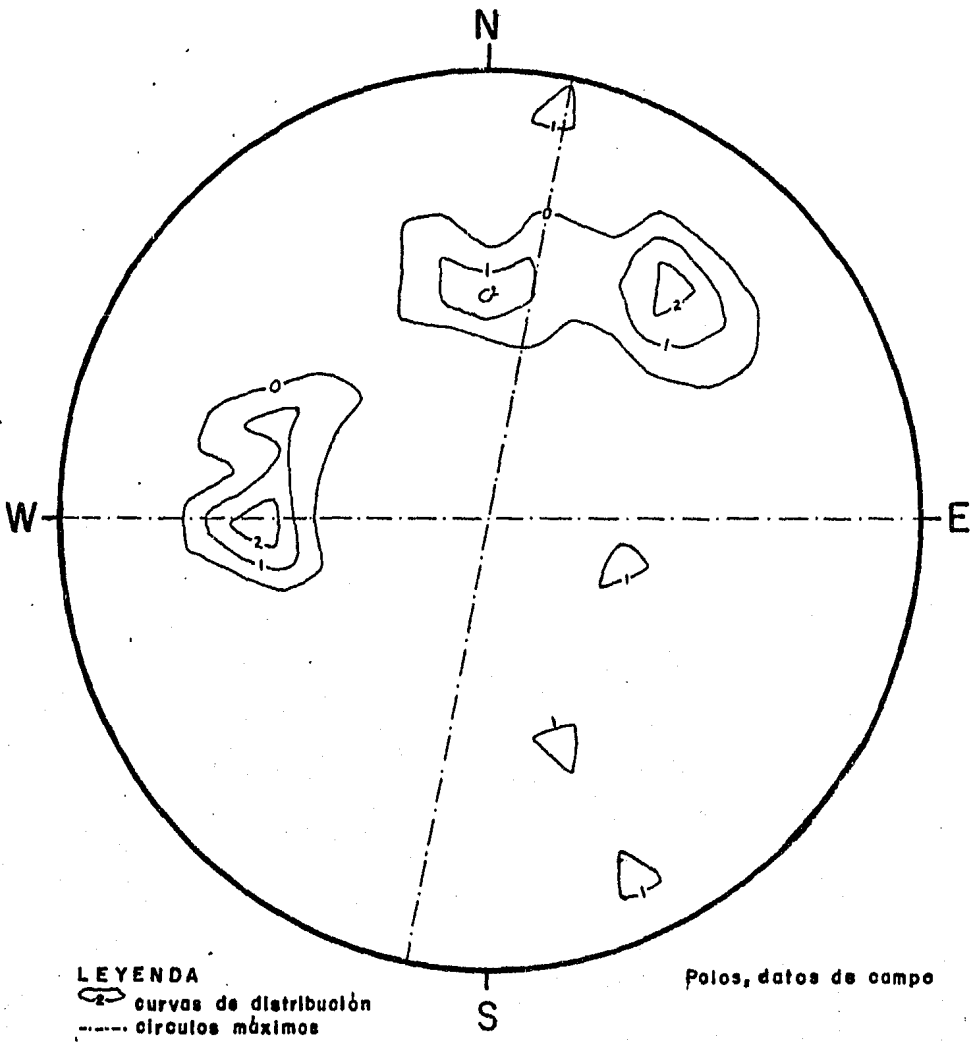


Figura 5

ORIENTACION DE FALLAS PREMINERALIZACION

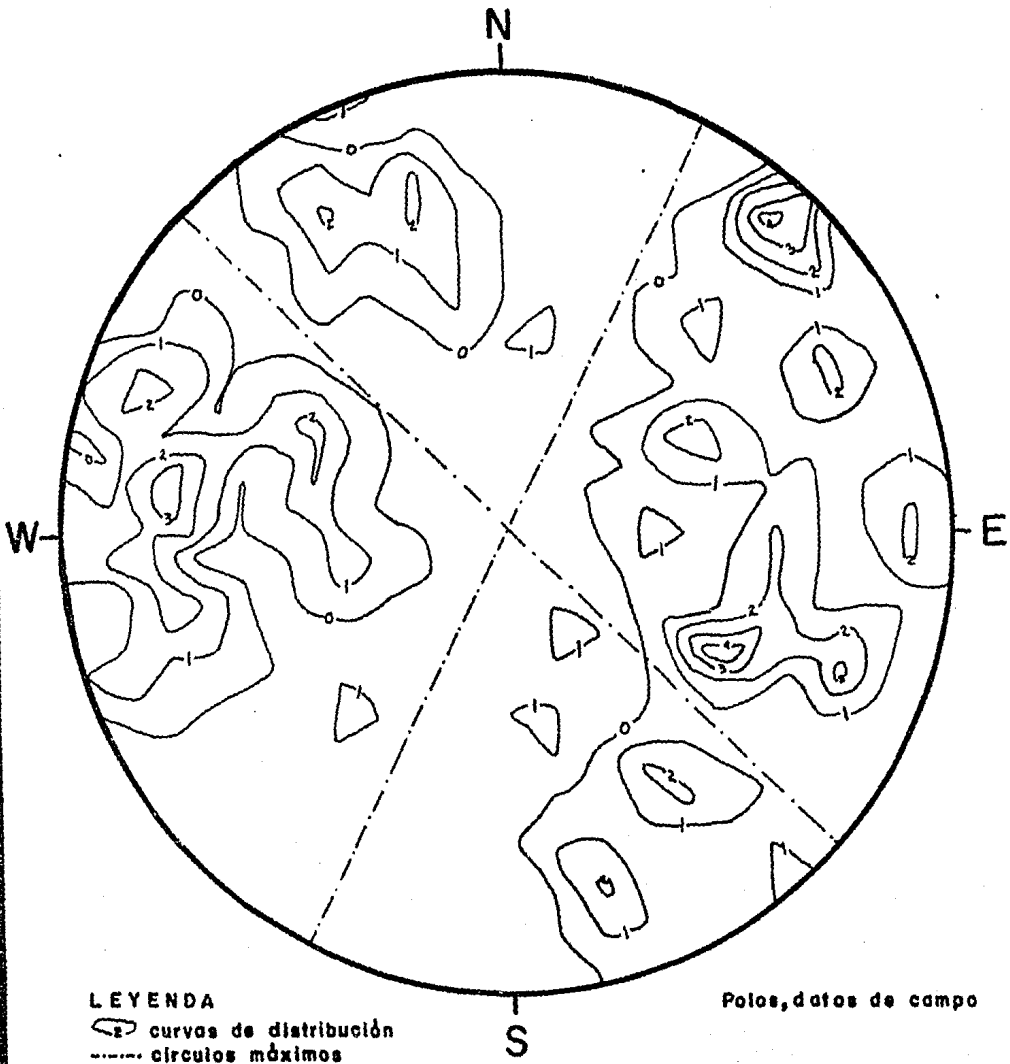


Figura 6

en donde no existía mineralización se encontraba caolinita.

La orientación de las fallas premineralización está mostrada en la figura 6.

Fallas y Fracturas Postmineralización.

Para la determinación de estas fallas y fracturas se tomó como criterio principal a todas aquellas que afectan a los cuerpos mineralizados.

Fracturas.- Estas pueden quedar evidenciadas por:

1.- Las fracturas y sistemas de ellas que afectan la mineralización y provocan que esta tenga un aspecto lajeado o que tome la apariencia de estar en capas.

2.- Las fracturas que dentro de los cuerpos mineralizados están rellenas parcialmente de clorita, formando vetillas.

3.- Las fracturas que afectan uniformemente a la mineralización y a la roca que está en contacto con ella, ya sea que fuese Skarn, Marmol o Tonalita.

La orientación de las fracturas postmineralización está mostrada - en la figura 7.

Fallas.- El criterio utilizado principalmente para definir una falla como postmineralización, es el hecho de encontrar mineralización estríada, "embarrada" en el plano de falla. Otros criterios son:

1.- La presencia de breccias de falla que contienen fragmentos de la mineralización.

2.- La presencia de fracturas en la mineralización junto a las fallas.

3.- La dislocación de la mineralización en tal forma que hay un cambio abrupto en la forma de la mineralización.

La orientación de las fallas por mineralización está mostrada en - la figura 8.

Muchas fallas y fracturas no es posible considerarlas como pre o - postmineralización ya que no tienen relación alguna con los cuerpos mineralizados.

La orientación de todas las fallas y fracturas (pre y postmineralización y aquellas que no pudieron ser clasificadas como tales) están representadas en las figuras 9 y 10 respectivamente.

ORIENTACION DE FRACTURAS POSTMINERALIZACION

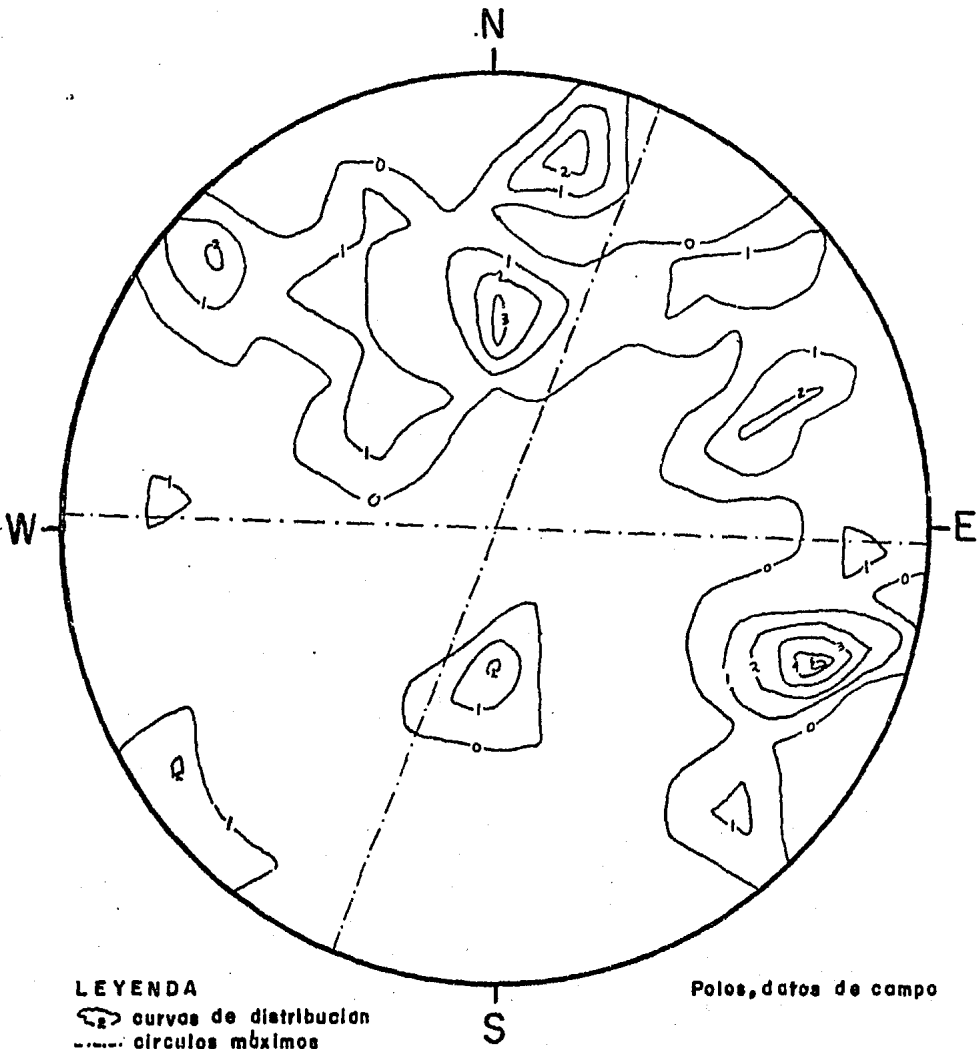


Figura 7

Tesis Profesional UNAM

Diaz Garcia

ORIENTACION DE FALLAS POSTMINERALIZACION

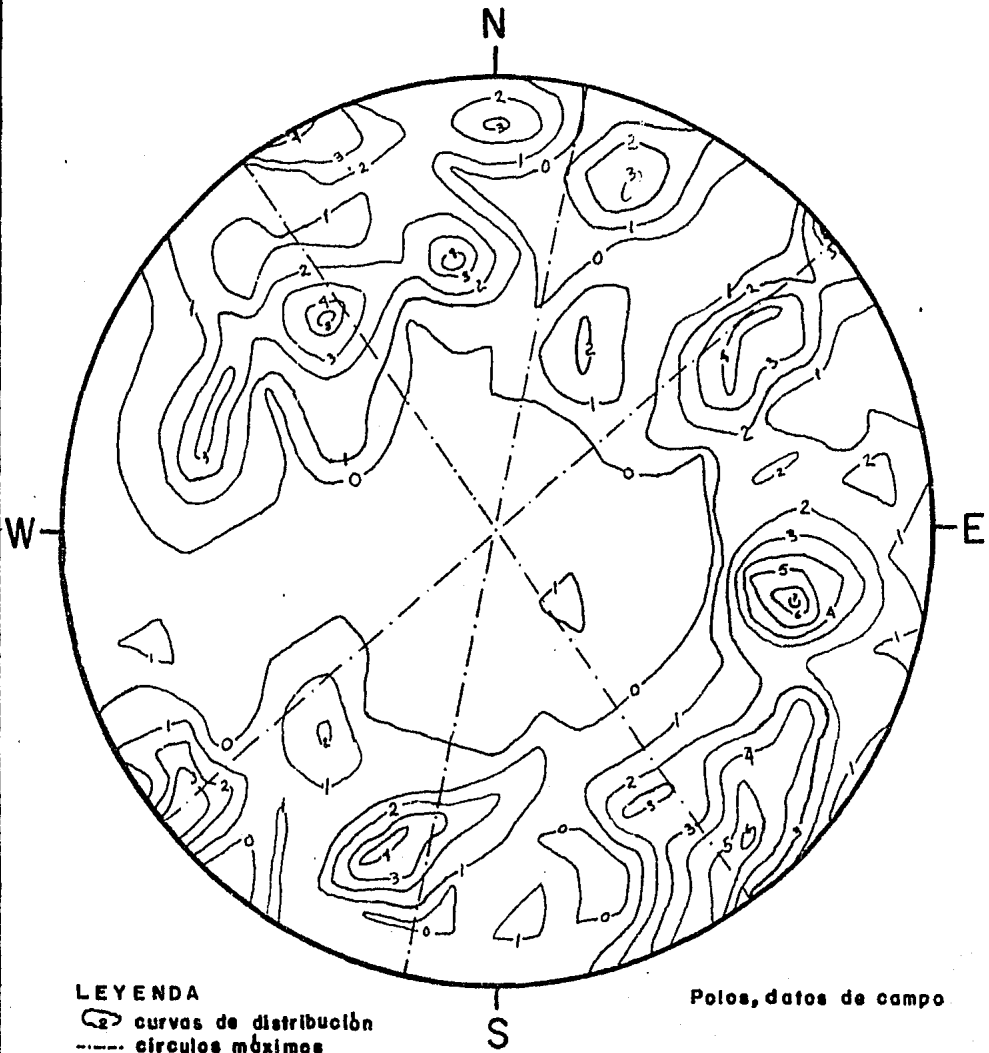


Figura 8

III.3. Análisis Estructural de Fallas y Fracturas Locales.

a) Objetivos. -

Este análisis estructural consiste básicamente en examinar cuidadosamente las orientaciones de las fallas y fracturas locales representadas en un diagrama de polos, se utiliza dicho diagrama debido a que pueden registrarse gran número de datos sobre un solo diagrama pudiéndose por lo tanto realizar el análisis geométrico con alto grado de precisión. Los objetivos del análisis son:

1.- Determinar si existen direcciones preferenciales de fracturamiento y afallamiento.

2.- Determinar si existe alguna relación entre las posibles direcciones preferenciales de fracturamiento y afallamiento local con las direcciones de fracturamiento y afallamiento regional.

3.- Una vez cubiertos los objetivos anteriores, establecer la edad relativa del cuerpo Tonalítico con respecto a las estructuras regionales.

b) Procedimiento.-

Para llevar a cabo dicho análisis se siguieron los pasos que se enuncian a continuación:

1.- Clasificar todos los datos de fallas y fracturas medidos en el terreno, de acuerdo a los criterios anteriormente expuestos.

2.- Representar los datos mediante un diagrama de polos para facilitar su manejo, utilizando una estereofalsilla equiareal o de Schmidt.

3.- Conteo de puntos por medio de la falsilla Kalsbeek y trazo de las curvas de distribución correspondientes.

4.- Comparar las orientaciones locales con las orientaciones regionales; para hacer dicha comparación se trazaron los círculos máximos de las orientaciones principales de las estructuras locales ya que únicamente se cuentan con los rumbos de las estructuras a nivel regional y no se pudieron representar por medio de diagramas de polos (los datos a nivel regional que se obtuvieron de la Carta Geológica del Estado de Guerrero y de fotografías de satélite de la región contenidas en la Carta y Provincias Metalogenéticas de la República Mexicana).

c) Conclusiones.-

Las direcciones preferenciales de fracturamiento y afallamiento son:

1.- A nivel local.-

ORIENTACION DE AFALLAMIENTO

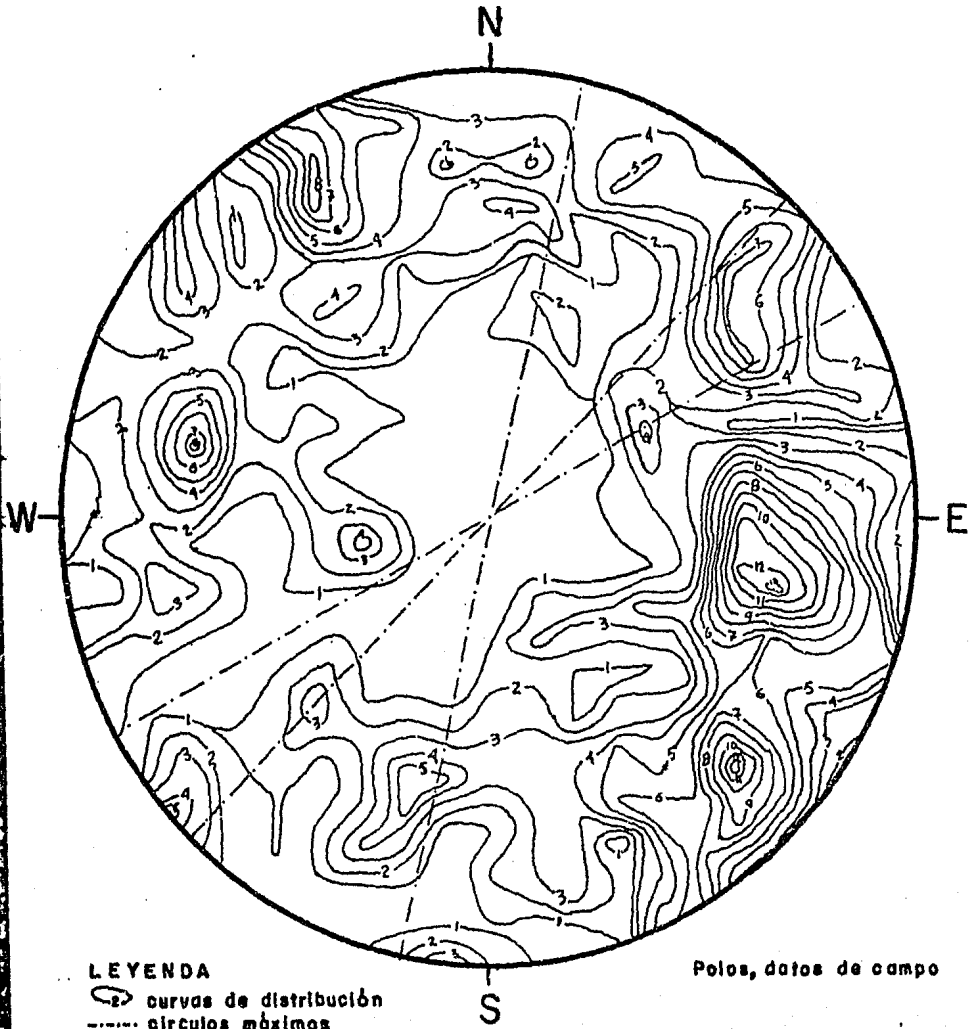


Figura 9

Tesis Profesional UNAM

Diaz Garcia

ORIENTACION DE FRACTURAMIENTO

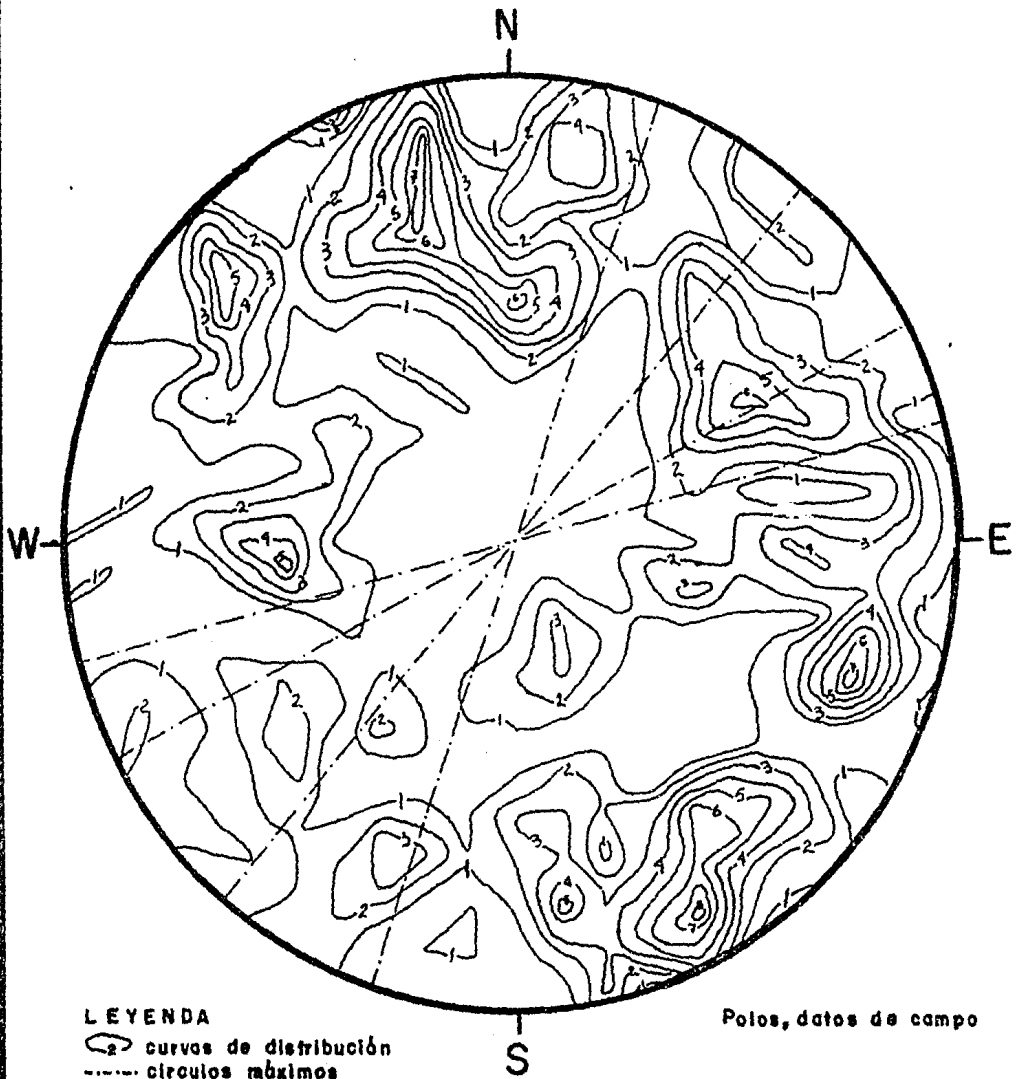


Figura 10

Fracturas.- Dirección principal varía de NE 65° SW 52°- 90° NW a NE 75° SW 48° - 90° SE.

Fallas.- Dirección principal varía de NE 13° SW 52°- 74° SE a NE 13° - SW 52° - 80° NW.

2.- A nivel regional.-

Fallas y Fracturas.- a) N 14° W a N 32° S (principal)
b) N 60° W a N 88° W
c) N 60° E a N 70° E

De acuerdo a los datos anteriores se concluye que todas las direcciones principales de fracturamiento y afallamiento pre y postmineralización son similares o coinciden, son paralelas o sensiblemente paralelas a las estructuras regionales.

Todo esto evidencia que la formación del yacimiento es contemporánea a la deformación tectónica de la región y sucedió seguramente durante la etapa tardía de esta deformación.

CAPITULO IV

Características del Yacimiento

A continuación se describen algunas características más importantes del yacimiento como son: composición, geometría de la mineralización, paragénesis, así como alteraciones observadas en el yacimiento y relaciones de la mineralización con las rocas encajonantes.

IV.1. Mineralogía

La composición mineralógica de la mena es: Hematita, Magnetita, Calcopirita, Covelita, Digenita, Piritita, Esfalerita, Galena, Oro, Plata (este metal no fué observado en las superficies pulidas analizadas en el laboratorio, pero ha sido reportado por Orozco 1970 y García 1981) y minerales transparentes. Como minerales secundarios se presenta la Goethita, Maghemita, Azurita, Malaquita y Crisocola. Los minerales que son explotados en el yacimiento son el oro y la plata y en ocasiones cobre y plomo cuando se presentan acumulaciones de alta ley. Los minerales metálicos más abundantes en el yacimiento son la Hematita y la Magnetita.

El orden cronológico de depósito y las características texturales de los minerales que conforman a la mena son descritos a continuación: Magnetita.- Se presenta en diferentes formas, granos tabulares, xenomórficos, cristales idiomórficos y como agregados masivos. Su tamaño es muy variable, desde 6 micras para los granos individuales, hasta 2mm para los agregados masivos. Las texturas que presenta son las siguientes: a) "islas de minerales transparentes" en un "mar" de magnetita; b) en bandas, los minerales transparentes están siendo rodeados por bandas de magnetita y éstas a su vez están rodeadas por bandas de hematita; c) escarapel, en este caso la magnetita está formando las finas vetillas que se entrelazan en una matriz de minerales transparentes; d) reemplazamiento de los minerales transparentes siguiendo sus contornos. Las texturas que presenta la magnetita evidencian el proceso de reemplazamiento que tuvo lugar en el yacimiento.

La magnetita en ocasiones está alterada a goethita y a maghemita. Esta alteración ocurre en parte de la magnetita ó en su totalidad (pseudomorfos). La magnetita también presenta bordes de corrosión, es decir, la goethita y/o maghemita se presentan a lo largo de sus contornos y en zonas

-----fracturadas

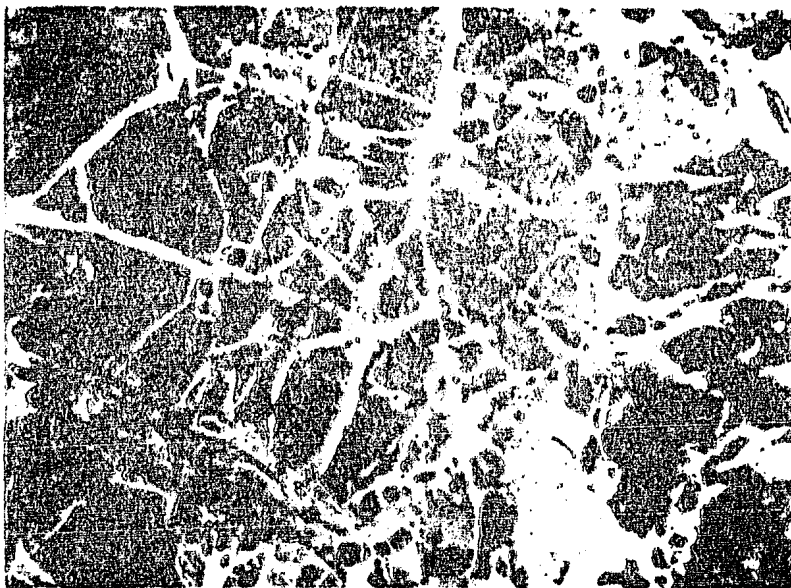
Hematita.- Muestra características similares a la magnetita. La magnetita y la hematita se presentan comúnmente mezclados. En diferentes partes del yacimiento se encuentran grandes cuerpos de hematita. La hematita no muestra alteración a maghemita y comúnmente está más alterada a goethita que la magnetita.



Magnetita y Hematita reemplazando a los Minerales Transparentes siguiendo sus contornos (Obj. 20x)



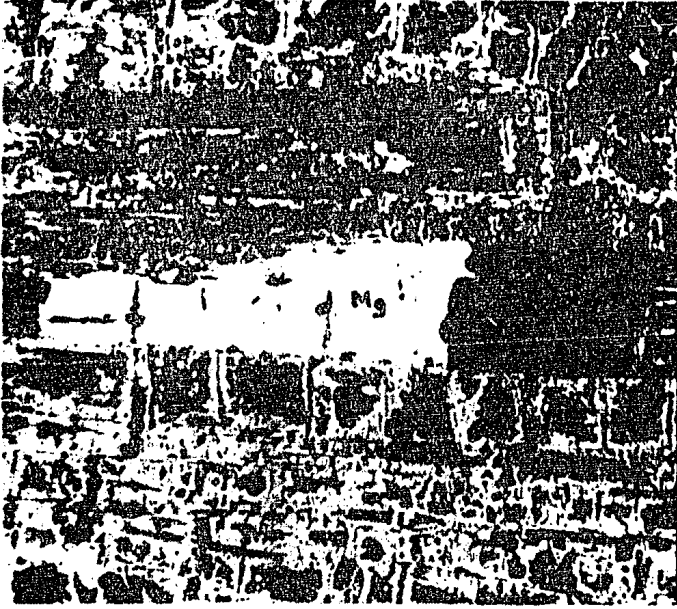
Bandas de Hematita y Magnetita rodeando a los Minerales Transparentes.



Textura Escarapelada- La Magnetita está formando las -
vetillas que se entrelazan (Obj. 20x).



Textura de islas de Minerales Transparentes (parte Ne-
gra) rodeada de Magnetita (Obj. 20x).



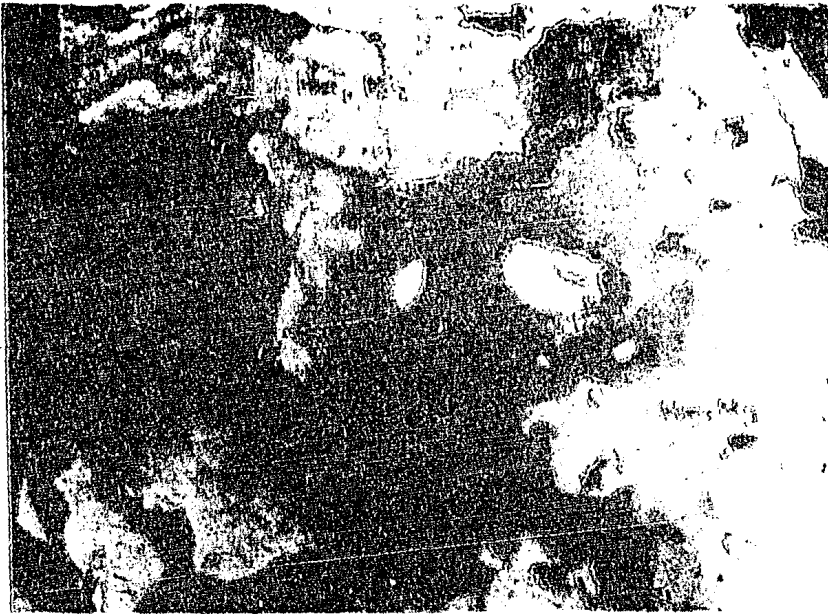
Magnetita con Hematita en su vecindad. La Hematita es est
tá encerrando a los Minerales Transparentes (Obj. 20x).

Pirita.- Se presenta con diferentes hábitos ó formas, como granos xenomórficos, agregados masivo y como cristales bien desarrollados. Los granos - xenomórficos varían de tamaño desde 1 a 100micras. Los agregados masivos se presentan con un valor máximo de 1700micras, los cristales idioblásticos se presentan con un rango de tamaño de 330 a 840 micras. Las relaciones texturales son: a) granos de pirita xenomórfica rodeada por esfalerita; b) pirita intercrecida con esfalerita y con minerales transparentes; c) pirita con fracturas rellenas ó parcialmente rellenas de covelita, esfalerita, calcopirita; d) pirita mezclada con la magnetita-hematita y se encuentra además en forma de pequeñas "islas" dentro de los óxidos de Fe; e) emplazamiento selectivo de la pirita dentro de los minerales transparentes a lo largo del contacto con la magnetita-hematita; f) pirita relleno de fracturas en los óxidos de Fe y en los minerales transparentes; g) islas de pirita en "mar" de goethita.

La pirita está alterada a goethita y en multiples ocasiones se presentan pseudomorfos de goethita.



Pirita (Py) en fracturas de los óxidos de Fe (Magnetita (Mg) - Hematita (Hm)) (Obj. 20x).



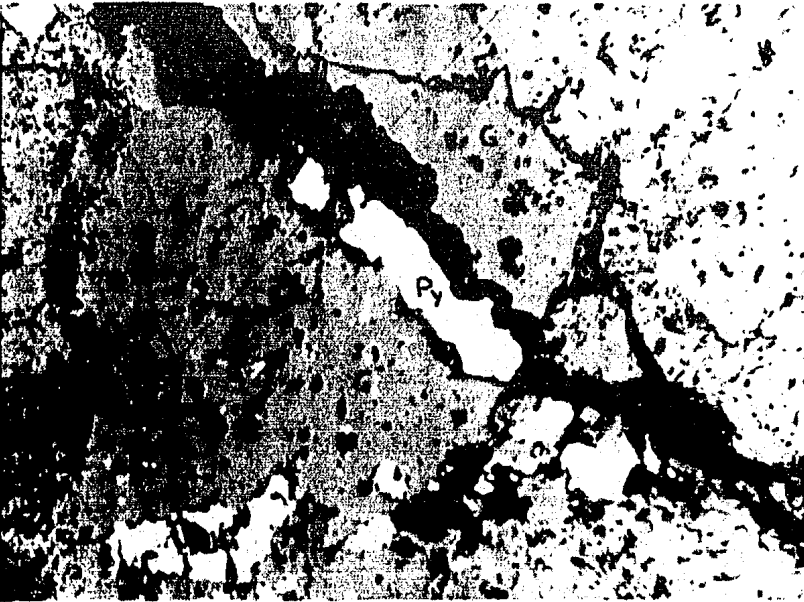
Pirita (Py) rodeada de Esfalerita (Sph) y ambas están dentro de la Hematita (Hm) - Magnetita (Mg) (Obj. oel 50x/0.85) .



Pirita (Py) mezclada con Hematita (Hm) - Magnetita - (Mg) en forma de una "isla" pequeña (Obj. 20x) .

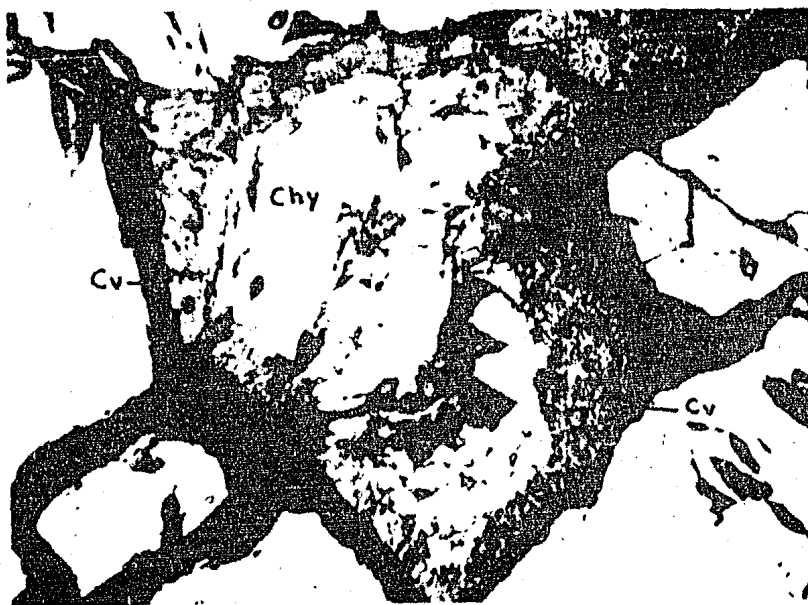


Pirita (Py) con fracturas parcialmente rellenas de Calcopirita (Chy) y Esfalerita (Spha) (Obj. 20x) .



Pirita en fracturas de los Minerales Transparentes -- (Obj. 20x) .

Calcopirita.- Se presenta en granos xenomórficos con un tamaño de 2 a 60 micras y como grandes cristales subhedrales de 100 micras, algunas de sus relaciones texturales son: a) está dentro de los óxidos de Fe; b) rodeada de franjas de covelita y está como "islas" en un mar de covelita; c) rodeada a óxidos de Fe (granos); d) presenta exsoluciones de esfalerita de tamaño 0.5-2 micras.



Franja de Covelita (Cv) rodeando a Calcopirita (Chy)
(Obj. 20x) .



Calcopirita (Chy) y Covelita (Cv) dentro de Minerales
Transparentes (Obj. 20x) .



Calcopirita (Chy) entre los huecos de la Hematita-Mag
netita (Obj. oel 50x/0.85) .

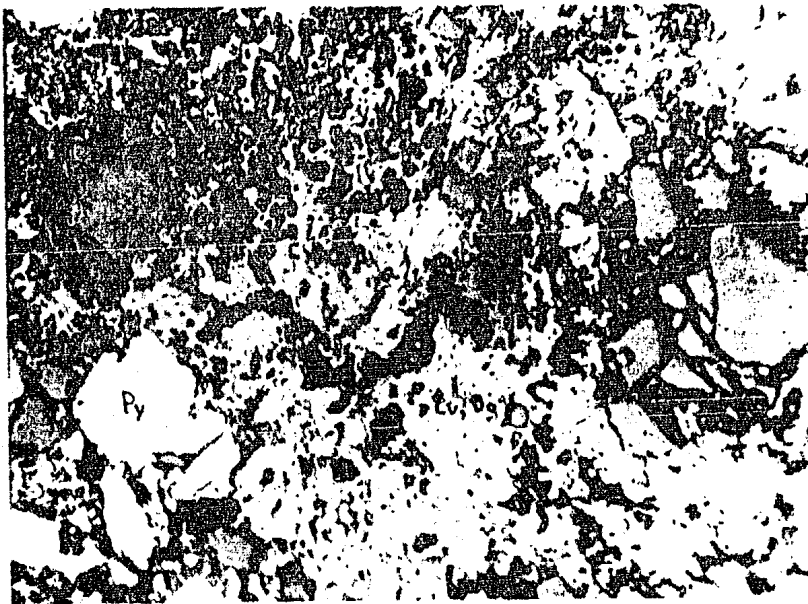
Covelita.- Se presenta como granos xenomórficos, granos tabulares, de tamaño variable de 2-100 micras, como agregados masivos de diferentes tamaños 100-300 micras y como franjas 12-40 micras rodeando principalmente a la calcopirita (en ocasiones rodea a los minerales transparentes). Algunas veces se ve intercrecida con digenita.

Los granos xenomórficos y agregados masivos de covelita están dentro de los minerales transparentes; está rellenando "huecos" de los óxidos de Fe; presenta la textura de islas en mar con la pirita y con la calcopirita (en ambos casos la covelita está formando al mar); también está reemplazando a los minerales transparentes.



Islas de Calcopirita (Chy) en mar de Covelita (Cv) y granos xenomorficos de Covelita dentro de los Minerales Transparentes (Obj. 20x) .

Digenita.- Se presenta como granos xenomórficos y agregados masivos, comúnmente está intercrecida con covelita pero se presenta también sola; en general tiene características similares a la covelita.



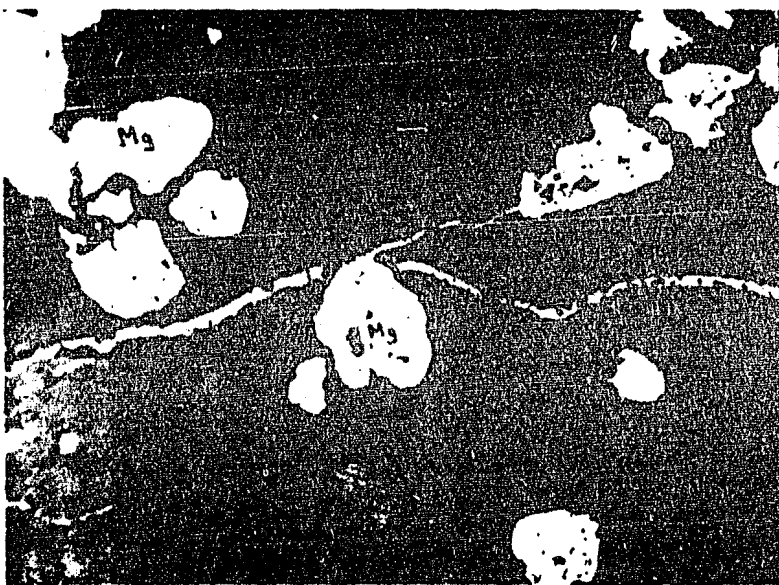
Digenita (Dg) y Covelita (Cv) Mezcladas, ambas rodeando a Pirita (Py) (Obj. 20x) .

Galena.- Se presenta como granos xenomórficos de 2 a 10 micras, es escasa y está asociada estrechamente con la pirita, ya que está en contacto con ella y como "islas" dentro de la pirita; se encuentra también en granos rodeados por la covelita.



Galena (Glna) dentro de la Pirita (Py) (Obj. 50x/0.85)

Esfalerita.- Es escasa y se presenta en granos y vetillas, los granos varían de 2 a 4 micras y son de forma irregular, xenomórfica. Está asociada con la pirita ya que está rodeandola ó intercrecida con ésta; cuando se encuentra en forma de vetillas éstas atraviesan a la magnetita y a los minerales transparentes (se encuentra siguiendo los contornos de los granos que forman a los minerales transparentes).



Vetillas de Esfalerita (Spha) en fractura de Mineral - Transparente, la vetilla rodea a la Magnetita (Mg) (Obj. 20x)

Goethita, Maghemita.- Se encuentran principalmente como producto de alteración de la hematita-magnetita. La goethita también es producto de alteración de la pirita, en forma de pseudomorfos en ocasiones cúbicos. Cabe mencionar que en las zonas donde hay mayor cantidad de óxidos secundarios de Fe, es donde se concentran los mayores valores de oro.

Minerales transparentes.- Consiste principalmente de calcita, cuarzo, granates, clorita, epidota, arcillas (caolinita, montmorillonita, halloysita) talco y yeso.

Las texturas de islas en mar y escarapel que frecuentemente presentan los minerales transparentes y la presencia de óxidos de Fe sin mostrar evidencia de reemplazamiento determina al menos 2 edades de emplazamiento de los minerales transparentes con respecto a la mineralización de Fe, -- una premineralización y una durante la mineralización (tal vez, también-posterior a ella).



Islas de Pirita (Py) en mar de Goethita (Gta), Goethita conservando la forma original de la Pirita (Obj. 20x) .



Granos de Magnetita (Mg) con Maghemita (Mgh) (Obj. 20x)



Dos tipos de Minerales Transparentes: G₁- acompañada de Magnetita-Hematita, G₂- sin mineralización (Obj. 20x) .

DIAGRAMA PARAGENETICO

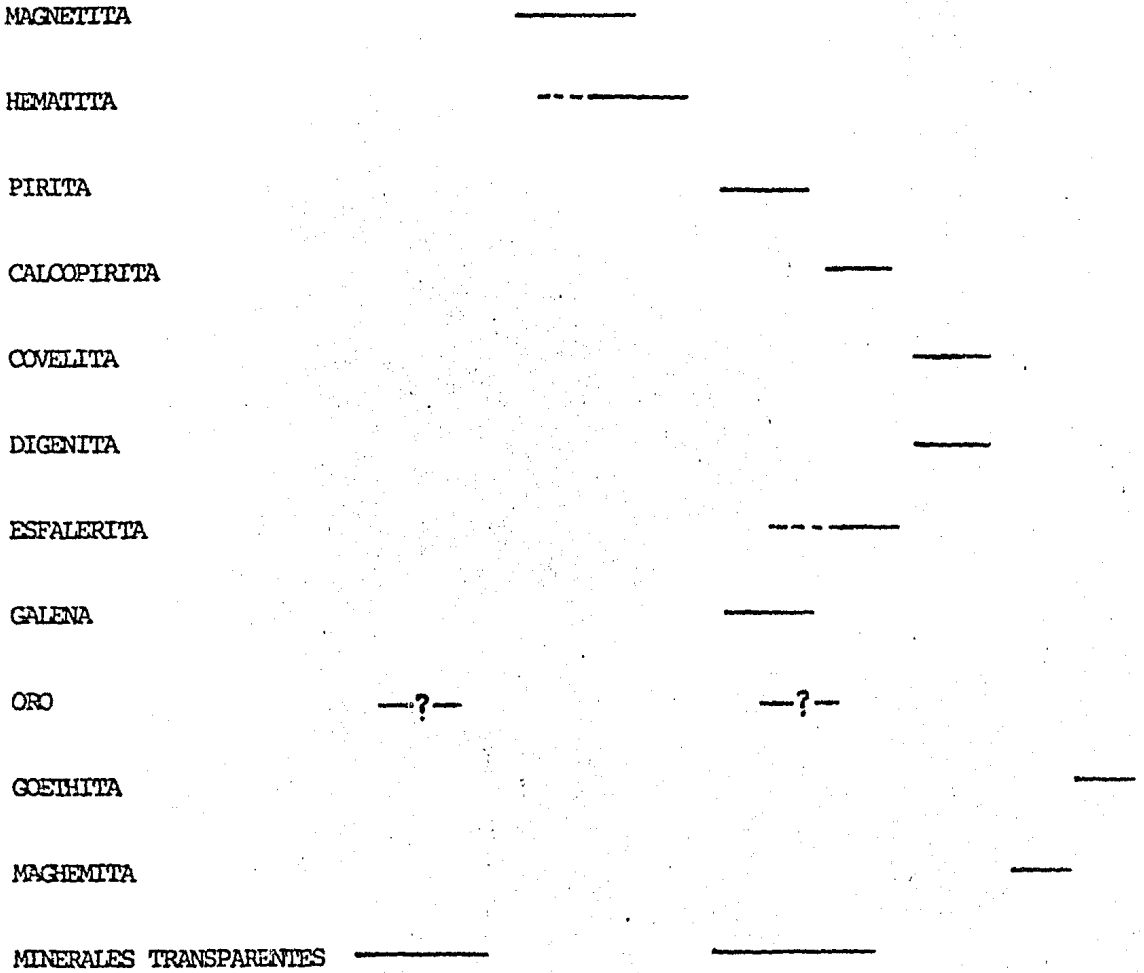


Figura 11

IV.2. Geometría de la Mineralización.- La principal forma de la mineralización, es la de cuerpos irregulares de diferentes magnitudes. Otras formas menos frecuentes que presenta son bolsas de diferentes tamaños, vetas dentro del marmol, tonalita y skarn.

Las mayores acumulaciones de los óxidos de Fe en el yacimiento, están distribuidas irregular pero principalmente en la periferia del cuerpo intrusivo tonalítico y están rodeadas de marmol, skarn y tonalita.

Dentro de los óxidos de Fe que son los minerales más abundantes (de la mineralización), se encuentran la pirita, calcopirita, covelita, esfalerita, digenita, galena, oro. Los sulfuros están en forma de vetas y bolsas. Dentro de la Tonalita los sulfuros están principalmente en forma de vetas, estas vetas pueden ser unicamente de sulfuros ó pueden estar acompañadas de clorita, calcita, cuarzo, skarn, los sulfuros son de tamaño pequeño y medianamente desarrollados. Dentro del skarn los sulfuros se comportan en forma similar que en la Tonalita pero es más frecuente que existan cristales de mayor tamaño y que se presenten en forma de acumulaciones irregulares.

En ocasiones se presentan clavos de oro, plomo y cobre, algunas de estas acumulaciones se localizan cerca de fallas con gran cantidad de talco y clorita.

En varios sitios del yacimiento la forma y distribución de la mineralización se encuentra modificada por afallamiento; estos cambios pueden ser vistos en diferentes niveles del yacimiento, por ejemplo, en el nivel Capire parte norte y central; nivel 32 parte sur; nivel 33 parte central (para mayor información ver planos correspondientes y secciones).

IV.3. Alteraciones.- Las alteraciones que se presentan en el yacimiento son:

a) Skarnificación.- Se reconoció endoskarn y existen cuerpos grandes de Skarn que no fueron distinguidos como exo ó endoskarn.

b) Marmolización.- Recristalización de las calizas encajonantes.

c) Argilización.- Está como cuerpos de arcillas y como reemplaza miento selectivo de las plagioclasas de la Tonalita.

d) Silicificación.- Cuarzo en forma de vetas y reemplazando a la Tonalita.

e) Cloritización.- La clorita está como vetas y bolsas dentro de la

—mineralización, Tonalita y Skarn.

f) Meteorización.- Intemperismo de la mineralización produciendo goethita principalmente y limonita. También ocasionó enriquecimiento secundario.

A continuación se enuncian las características de cada una de las alteraciones del yacimiento.

IV.3.1. Skarnificación.- La formación del Skarn es el principal tipo de alteración hidrotermal que se desarrolló en la zona.

Las asociaciones mineralógicas determinadas son las siguientes:

(HD 33, 101) hedenbergita, calcita, clorita, epidota, granate, cuarzo.

(HD 50) granate, clorita, epidota, diópsida, cuarzo, calcita (endoskarn).

(HD 63) granate, epidota, diópsida, clorita, calcita (endoskarn).

(HD 119a) clorita, calcita, cuarzo, minerales opacos.

(HD 127) granate, vesuvianita, calcita (banda de endoskarn).

(HD 89) hedenbergita, epidota, calcita, clorita (r. ignea skarnificada).

La presencia de estos minerales es una clara evidencia de las reacciones metascámicas que hubo entre los fluidos hidrotermales, la Tonalita y la roca carbonatada.

La skarnificación se presenta como reemplazamiento parcial y total de las rocas y en forma de vetas ó bandas dentro de la Tonalita. El reemplazamiento total de la roca no permite en muchas ocasiones determinar cual era la roca original, únicamente se puede asegurar que la skarnificación afectó a la Tonalita y Cuarzodiorita, ya que se observa textura fanerítica relictas en algunas partes del Skarn. Otra característica de la skarnificación consiste en la presencia de granates en la Tonalita y en la mineralización, las características de los granates varían en las diferentes partes del yacimiento donde se encuentran. El granate dentro de la Tonalita puede estar solo y bien cristalizado ó puede estar acompañando a las vetas de clorita y epidota en forma masiva -este granate es pardo a pardo verdusco, en el límite de la Tonalita los granates son verde claro y bien cristalizados y no se observa que tengan una disposición regular-. Dentro de la mineralización los granates son pardos y pueden presentarse en forma masiva ó bien cristalizados (la primera forma es la más común), los granates pueden estar solos ó acompañados de calcita y piroxenas.

Dentro de las zonas skarnificadas existen partes con mayor cantidad de algún mineral, lo que nos puede indicar que en el yacimiento existe zoneamiento, pero este zoneamiento no pudo ser delineado. En el capítulo de Litología se describen otras características del skarn.

La skarnificación se presenta en general en la periferia del cuerpo Tonalítico. La mayoría de los cuerpos de Skarn están en contacto con la mineralización (el Skarn está entre la Tonalita y la mineralización). El Skarn también se presenta como "islas" dentro de la Tonalita, mineralización y Cuarzodiorita.

La skarnificación está estrechamente ligada con la mineralización ya que son penecontemporneas (la skarnificación precedió a la mineralización por un margen pequeño). Lo anterior es avalado por el comportamiento de la mineralización que está contenida en el Skarn y por la coexistencia de minerales propios de Skarn con los de la mineralización.

Su importancia radica en que la mineralización sigue comúnmente zonas definidas por el Skarn.

IV.3.2. Cloritización.- Esta alteración presenta diferentes alteraciones que son:

- a) clorita, cuarzo, calcita, epidota, óxidos de Fe en menor cantidad
- b) clorita y cuarzo
- c) clorita con piritita
- d) clorita, piritita, fragmentos de Cuarzodiorita y Skarn
- e) clorita y epidota

La cloritización se presenta de las siguientes formas:

a) alterando a las plagioclasas y ferromagnesianos de la Tonalita y a las piroxenas del Skarn.

b) en forma de vetas dentro de la Tonalita, Skarn y mineralización (las vetas en la Tonalita en la Tonalita en ocasiones tienen vetas de mineralización adjuntas).

c) como bolsas dentro de la mineralización (una muestra de la bolsa de clorita del nivel 21 analizada por Difracción de Rayos X proporcionó la mineralogía de clorita -variedad - y cuarzo). La clorita cristalizó como un mineral primario de un líquido residual rico en Hierro (Battey 1956, citado por Deer y Zussman pg. 152).

La cloritización no muestra una distribución definida. Las vetas de clorita en ocasiones se alojan en fallas y fracturas y se presenta acompañando al talco en la mayoría de las fallas del yacimiento.

La presencia de óxidos de Fe en las vetas de clorita, las vetas y - bolsas de clorita dentro de los cuerpos de óxidos de Hierro nos indican - que la cloritización se desarrolló en las últimas etapas de depósito de - los óxidos de Fe y posteriormente a ellos.

No se considera importante como guía de la mineralización. Es impor - tante hacer notar que la clorita varía en color reflejando cambios en su composición, pues la clorita que está alojada en forma de vetas dentro de la Tonalita es verde claro y la clorita que está en bolsas dentro de la - mineralización es verde oscuro, propio de su mayor contenido de Hierro. Las variaciones en la cloritización y skarnificación nos indican que en - el yacimiento existe un arreglo zonal de alteraciones hidrotermales.

IV.3.3. Marmolización.- La recristalización de las Calizas se obser - va perfectamente en las obras interiores, pero no es común en superficie.

La mineralogía de esta alteración consiste en carbonatos y clorita. El Marmol se presenta blanco, negro, con textura granoblástica y sacaroi - dal.

La distribución del Marmol está bien definido ya que se encuentra - en la periferia de la Tonalita y está en contacto con la mineralización. La distribución del Marmol negro- Marmol blanco no sigue un patrón defini - do.

La relación que existe entre la mineralización y el Marmol es estre - cha, ya que la mineralización en general se encuentra en el contacto Tona - lita- Marmol.

La importancia de esta alteración consiste en que la mineralización está comúnmente en contacto con el Marmol.

IV.3.4. Alteración Argílica.- La asociación mineralógica de esta al - teración fué determinada por Difracción de Rayos X de la muestra HD 75 y resultó ser principalmente caolinita, con cantidades menores de fesldepa - tos, montmorillonita y cuarzo. Otro mineral de esta alteración pero se - presenta separado de la asociación anterior, es la halloysita.

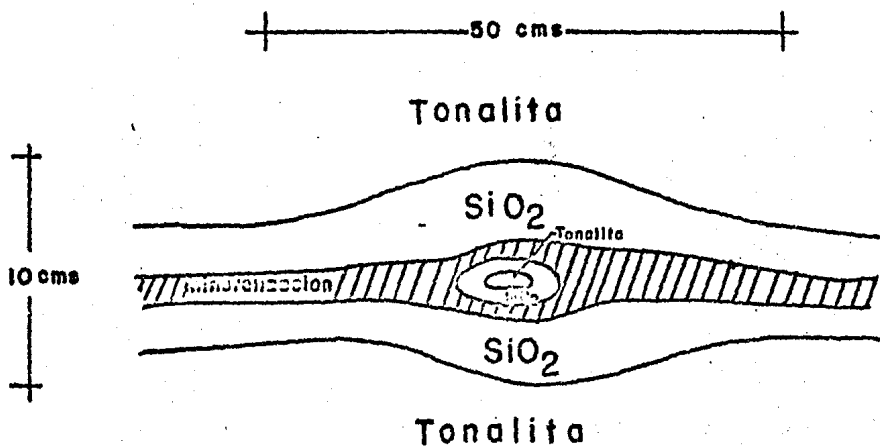
La asociación se presenta comúnmente como una "capa" ó franja de un material arcilloso blanco, suave y un poco sedoso, menos comúnmente en - forma de bolsas y vetas dentro de la mineralización. La halloysita se pre - senta verde azulado, de lustre ceroso y al tacto es jabonosa; se presenta - en bolsas, vetas y reemplazando selectivamente a las plagioclasas de la Tona - lita en algunas partes cercanas a los cuerpos mineralizados.

La argilización se presenta comúnmente en los bordes y dentro de los cuerpos mineralizados, aunque en ocasiones se encuentra independiente de la mineralización, está a lo largo de fallas ó contactos.

La presencia de zonas con esta alteración acompañadas parcial ó totalmente de mineralización, así como su presencia dentro de la mineralización nos indica que esta alteración es anterior y contemporánea a la mineralización. Las zonas estériles se deben probablemente a la falta de acceso para las soluciones mineralizantes posteriores.

IV.3.5. Silicificación.- Esta alteración es monomineralica, su constituyente es el cuarzo.

La silicificación se presenta como vetas y reemplazamiento masivo de la Tonalita. Las vetas de cuarzo en ocasiones están mineralizadas. La Tonalita silicificada tiene un aspecto masivo, masivo porfídico y una gran dureza ó resistencia, lo que hace difícil su muestreo. Una de las vetas con mineralización, en el nivel Alianza 000 presenta el siguiente aspecto



La silicificación fué observada únicamente dentro de la Tonalita sin mostrar algún patrón definido de distribución. Las vetas se emplazaron en ocasiones en las fracturas de la Tonalita.

La silicificación es penecontemporánea con la mineralización.

Esta alteración no tiene importancia como guía de la mineralización ya que puede estar ó no acompañando a la mineralización, además de no estar ampliamente difundida.

IV.3.6. Alteración Meteórica.- Oxidación: dentro de los cuerpos mineralizados se encuentran zonas alteradas diferencialmente por intemperismo es decir, hay partes donde la mineralización es muy dura ó es muy deleznable.

La asociación mineralógica corresponde a goethita principalmente y limonita; goethita con oro. En algunas partes la goethita se presenta — acompañada de sulfatos y carbonatos de cobre, en forma de cristales aciculares de calcantita y cristales de azurita. También se encuentran masas — de azurita y malaquita microcristalinas.

La oxidación se presenta como bolsas irregulares dentro de la mineralización tanto donde hay fallas y fracturas como donde no las hay.

No se observa una distribución definida de la oxidación.

Esta alteración por su origen se desarrolló posteriormente a la formación del yacimiento.

Esta alteración es la más importante desde el punto de vista económico, ya que el oro se extrae de las zonas de mayor oxidación en donde se encuentran con mayor concentración como enriquecimiento supergénico residual.

IV.4. Relación de la mineralización con las rocas encajonantes.- En las principales zonas de depósito de la mineralización se observan diferentes comportamientos de ésta y de las rocas encajonantes.

El contacto mineralización-Marmol se presenta de diferentes formas

a) contacto transicional.- la mineralización se mezcla gradualmente con la roca hasta el grado de hacer que el Marmol tenga la apariencia de mineralización con cristales idiomórficos de hematita-magnetita.

b) mineralización parcial del Marmol.- debido a una falla, fractura ó sistema de ellas (actuando como obstáculo que impidió el paso de fluidos mineralizantes a través de la roca).

c) Marmol en forma de islas dentro de la mineralización, las islas son de diferentes tamaños, desde observables en muestra de mano hasta 1 ó 2 metros.

d) contacto abrupto causado por afallamiento

Contacto mineralización- Skarn.- Este contacto presenta características similares al contacto mineralización- Mármol.

Contacto mineralización- Tonalita.- En este contacto comúnmente se encuentra una franja de Skarn que varía desde unos decímetros hasta varios metros de anchura. En muchas ocasiones se puede observar únicamente el contacto mineralización- Skarn y no se puede determinar la posición de la roca intrusiva.

Dentro de la Tonalita la mineralización se presenta en forma de vetas acompañadas de a) cuarzo; b) Skarn; c) clorita, cuarzo, pirita y calcopirita.

Otras características del contacto Tonalita-mineralización son similares a las características que presenta el contacto Mármol-mineralización

CAPITULO V

Hipótesis Genética

V.1. Resumen de Observaciones.- A continuación se hace un breve resumen de las características que se consideran importantes para la formulación de la Hipótesis Genética.

V.1.1. Litología.- Las rocas existentes en el yacimiento son la Tonalita (con importantes alteraciones hidrotermales), Aplita, Caliza, Mármol, Skarn y Breccia de falla.

Tonalita.- Esta roca constituye al cuerpo igneo y presenta variaciones texturales y mineralógicas que hacen que varíe a Cuarzodiorita y Aplita. Las alteraciones que presenta son: skarnificación (parcial y total)-metasomatismo de plagioclasas y anfíbolos, reemplazamiento por cuarzo y plagioclasas y reemplazamiento de las plagioclasas por halloysita.

Caliza.- La aureola de metamorfismo no es extensa, por lo que en su superficie se observan las Calizas cercanas al contacto con la Tonalita, mientras que en las obras interiores no se observa la Caliza, solo el Mármol.

Mármol.- El mármol aflora escasamente en superficie, mientras que en las obras interiores se encuentra bordeando al cuerpo intrusivo. Existen "islas" de Mármol dentro de los óxidos de Fe y bolsas de óxidos de Fe dentro del Mármol. El Mármol presenta la estructura de escarapel en los contactos transicionales con los óxidos de Hierro.

Skarn.- El Skarn presenta variaciones por la abundancia de alguno de los minerales que posee (clorita, granate, epidota, etc.). La abundancia de alguno de los minerales en diferentes zonas nos indica que en el yacimiento no es homogéneo. El Skarn comúnmente se encuentra entre la Tonalita y los óxidos de Fe y en ocasiones es posible definir al Skarn como endoskarn. Es importante mencionar que existen zonas en las que se mezclan los minerales de Skarn con los óxidos de Fe.

Aplita.- Esta roca aflora como un cuerpo tabular dentro de la Tonalita cerca del contacto con las rocas carbonatadas. Debajo de ella, a 100 mts. aproximadamente existe un cuerpo de cuarzo arenoso con acumulaciones de biotita bien cristalizada, que fué considerado como una expresión diferente de la misma Aplita.

Breccia de falla.- Únicamente se observa en el interior de la mina y su composición varía según el material que esté afectando la falla.

V.1.2. Estructuras.- La intrusión Tonalítica está en forma de un pequeño tronco que levantó y alteró las Calizas, tomando éstas echados intensos, mayores de 50°. La zona se encuentra muy fracturada y afallada, - el fracturamiento es el rasgo que se observa con mayor abundancia en superficie. Las direcciones preferenciales de fracturamiento y afallamiento definidas en la zona son:

- a) fracturamiento, varía de NE 65°SW 52°-90°NW a NE 75°SW 48°-90°SE
- b) afallamiento, varía de NE 13°SW 52°-74°SE a NE 13°SW 52°-80°NW

Las direcciones preferenciales de fracturamiento y afallamiento regionales coinciden con las direcciones preferenciales locales, por lo que se puede decir que el yacimiento se formó contemporáneamente al proceso de deformación regional.

V.1.3. Características del Yacimiento.- La composición de la mineralización es la siguiente: magnetita, hematita, covelita, digenita, calcopirita, esfalerita, galena, oro y plata. Los minerales más abundantes son la magnetita y la hematita. Los óxidos de Fe se depositaron antes que los sulfuros, aunque existió un pequeño depósito contemporáneo de sulfuros y óxidos.

Las mayores acumulaciones de la mineralización, de formas irregulares y de diferentes magnitudes, están distribuidas irregular pero principalmente en la periferia del cuerpo intrusivo Tonalítico.

Comúnmente la magnetita y la hematita se encuentran mezcladas, pero hay grandes zonas donde únicamente existe hematita. Los sulfuros que están dentro de los óxidos son pequeños, mientras que los que se encuentran dentro del Skarn (principalmente pirita) son de mayor tamaño.

En varios sitios del yacimiento la forma y distribución de la mineralización se encuentra modificada abruptamente por afallamiento.

Las alteraciones que se presentan en el yacimiento son las siguientes; a) skarnificación.- se presenta como reemplazamiento total y parcial de las rocas; el reemplazamiento parcial es observado en la Tonalita y total tanto en la Caliza como en la roca ígnea. La skarnificación es contemporánea a la etapa de depósito de los óxidos de Fe y el oro.

b) mamolización.- la recrystalización de las Calizas está íntimamente ligada a la mineralización ya que en general está en contacto con

----- ella.

c) argilización.- la argilización se presenta comúnmente en los bordes y dentro de los cuerpos mineralizados como capas ó franjas y menos - comúnmente en bolsas, en ocasiones se encuentra también independiente de la mineralización a lo largo de fallas y fracturas. La presencia de zo-- nas con esta alteración acompañadas parcialmente de mineralización se debe probablemente a la falta de acceso para las soluciones mineralizantes posteriores.

d) silicificación.- la silicificación se presenta como vetas y como reemplazamiento masivo de la Tonalita. No muestra distribución alguna y en ocasiones está acompañada de mineralización.

e) cloritización.- se presenta alterando a las plagioclasas y ferro-- magnesianos de la Tonalita y a las piroxenas del Skarn, también se en -- cuenta dentro de los cuerpos de magnetita y hematita. La cloritización-- se desarrolló en las últimas etapas de depósito de los óxidos de Fe y -- posteriormente a ellos.

f) alteración meteórica.- la oxidación de los cuerpos mineralizados no muestra un patrón definido de distribución y se presenta formando bol-- sas irregulares. En las zonas oxidadas es donde se encuentran los mayo-- res valores de oro.

V.2. Desarrollo de la Hipótesis Genética

V.2.1. Intrusión Tonalítica de las Calizas de la Fm. Morelos.- La - intrusión Tonalítica se llevó a cabo contemporaneamente al proceso de deformación regional, ya que la orientación de las estructuras locales co-- incide con la orientación de las estructuras regionales. Pero a pesar de ésto la Tonalita presenta una forma discordante, sin foliación y las Ca-- lizas alrededor de ella tienen fuertes echados.

Temperatura y Profundidad de emplazamiento de la Tonalita

Profundidad.- Para estimar la profundidad de emplazamiento de la Tonalita se utilizan las columnas estratigráficas definidas para las zonas de Taxco y Chilpancingo.

----- ella.

c) argilización.- la argilización se presenta comúnmente en los bordes y dentro de los cuerpos mineralizados como capas ó franjas y menos - comúnmente en bolsas, en ocasiones se encuentra también independiente de la mineralización a lo largo de fallas y fracturas. La presencia de zo-- nas con esta alteración acompañadas parcialmente de mineralización se de be probablemente a la falta de acceso para las soluciones mineralizantes posteriores.

d) silicificación.- la silicificación se presenta como vetas y como reemplazamiento masivo de la Tonalita. No muestra distribución alguna y en ocasiones está acompañada de mineralización.

e) cloritización.- se presenta alterando a las plagioclasas y ferro magnesianos de la Tonalita y a las piroxenas del Skarn, también se en -- cuentra dentro de los cuerpos de magnetita y hematita. La cloritización-- se desarrolló en las últimas etapas de depósito de los óxidos de Fe y -- posteriormente a ellos.

f) alteración meteórica.- la oxidación de los cuerpos mineralizados no muestra un patrón definido de distribución y se presenta formando bol -- sas irregulares. En las zonas oxidadas es donde se encuentran los mayo-- res valores de oro.

V.2. Desarrollo de la Hipótesis Genética

V.2.1. Intrusión Tonalítica de las Calizas de la Fm. Morelos.- La - intrusión Tonalítica se llevó a cabo contemporaneamente al proceso de de -- formación regional, ya que la orientación de las estructuras locales co -- incide con la orientación de las estructuras regionales. Pero a pesar de ésto la Tonalita presenta una forma discordante, sin foliación y las Ca -- lizas alrededor de ella tienen fuertes echados.

Temperatura y Profundidad de emplazamiento de la Tonalita

Profundidad.- Para estimar la profundidad de emplazamiento de la To -- nalita se utilizan las columnas estratigráficas definidas para las zonas de Taxco y Chilpancingo.

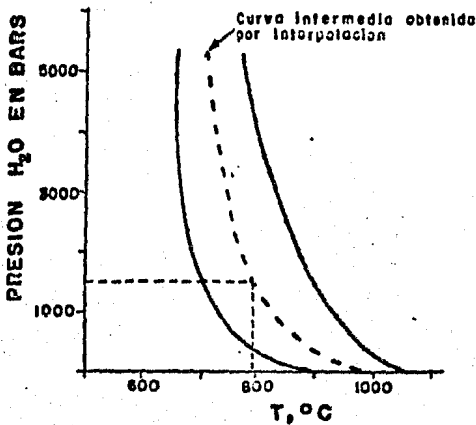
COLUMNA ESTRATIGRAFICA

Taxco		Chilpancingo
Aluvi3n		Aluvi3n
Fm. Cuernavaca		Fm. Chilpancingo
Serie volc3nica Buenavista		Serie volc3nica Agua de Obispo
Serie riol3tica Tilzapotla		
Grupo cl3stico Balsas	0-2500 mts.	Grupo cl3stico Balsas
Fm. Mezcala	0-1200 "	Fm. Mezcala
Fm. Cuautla	0- 750 "	Fm. Cuautla
Fm. Morelos	0- 900 "	Fm. Morelos
	5350 mts.	

De acuerdo a las columnas anteriores la Tonalita se emplaz3 a una profundidad m3xima de 5.35 km. la presi3n confinante a esta profundidad es de aproximadamente 1.5 kbars. Las rocas posteriores al grupo cl3stico Balsas son posteriores a la deformaci3n.

Temperatura.- Para estimar la temperatura del intrusivo se utiliza la gr3fica siguiente:

DETERMINACION DE LA TEMPERATURA DE INTRUSION DE LA TONALITA



Curvas de inicio de fusión del Granito y Tonalita de olivino

(YODER y TILLEY modificado por SAUGSTER 1969)

Figura 12

Se considera una presi3n de H₂O de 1.5 kbars, considerando $P_T = P_{H_2O}$ max. (aunque la presi3n de H₂O fu3 menor que la presi3n confinante, ya que en

el yacimiento no se observan estructuras que demuestren que la presión - de H_2O haya sido mayor que la presión confinante). El magma contenía - cuando menos un 3% de H_2O ya que " la presencia de hornblenda en un granito requiere que el magma haya tenido 3% H_2O disuelto en un sistema pobre en fluoruro (con fugacidades mayores de fluoruro puede ser estable - con menor cantidad de H_2O)" (Holloway citado por Querol S.F. 1980).

Para la presión de H_2O considerada, la temperatura de inicio de fusión es $795^{\circ}C$. Ya que la temperatura de intrusión debe haber sido mayor a la temperatura de inicio de fusión de la Tonalita, la temperatura probable del intrusivo será igual ó mayor de $795^{\circ}C$.

V.2.2. Metamorfismo de Contacto.- La recristalización de las Calizas es uno de los efectos producidos por la intrusión de la Tonalita. Considerando que las Calizas a la profundidad estimada poseen una temperatura máxima, antes de la intrusión, de aproximadamente $160^{\circ}C$, para producir el efecto de recristalización se debe aumentar considerablemente la temperatura, dicho incremento lo causará la presencia de la Tonalita. Con tal incremento de temperatura y con el H_2O intraformacional, los constituyentes de las rocas carbonatadas podrán reordenarse y reagruparse para producir el crecimiento de los cristales. El efecto de tal recristalización (textura granoblástica) se puede observar en las zonas de contacto-Tonalita-Caliza.

V.2.2a. Separación de los fluidos magmáticos que combinados con los fluidos intraformacionales de los sedimentos calcareos generan un sistema hidrotermal.- La generación del sistema hidrotermal es ocasionada por la presencia del intrusivo Tonalítico ya que proporciona una cierta cantidad de fluidos magmáticos "la cristalización magmática a profundidad - puede suministrar fluido formador de Skarn con importantes contribuciones hechas por las aguas meteóricas" (Burnham y Taylor, citados por Burt 1982) pero principalmente activa las aguas intraformacionales de las Calizas, - "cuando los estratos que contienen aguas connatas (fósiles) sufren metamorfismo, se calientan y activan; cuando son activadas llegan a ser fuertes solventes de los metales puesto que contienen grandes cantidades de cloro. Ellas , por lo tanto son una fuente de fluidos hidrotermales" (- Park y McDiarmid 1975, pg 25).

La composición de los fluidos hidrotermales probablemente quedó definida por la mezcla ó combinación de los constituyentes de los fluidos-

magnáticos (incluyen H_2O , H_2S , CO_2 , HCl , H_2 , Burnham 1979, pgs. 71,72) y de los componentes de las agua fósiles ("que son anormalmente ricas en - Na, Cl, pero también tiene considerables cantidades de Ca, Mg, HCO_3 , -- Park y McDiarmid 1975, pg 25).

Los fluidos hidrotermales se enriquecieron en CO_2 ya que durante el metamorfismo de contacto de las Calizas se produce la liberación de éste volátil.

El principal volátil de los fluidos hidrotermales es el H_2O como lo demuestra la abundancia de minerales hidratados, clorita, epidota, etc.

Otro volátil que también fué abundante es el Cl ya que el Hierro se transporta en solución más efectivamente en soluciones ricas en HCl. "A altas presiones y temperaturas existe un incremento en la concentración de Fe con el incremento de la concentración de HCl" (Holser y Schneer -- 1961).

V.2.3. Fracturamiento y Afallamiento no producidos por tectonismo.- El fracturamiento y afallamiento producidos por la disminución de la temperatura y principalmente por la separación de una fase vapor, pueden ejemplificarse con las fallas y fracturas que unicamente se localizan -- dentro del cuerpo igneo.

La formación de la "fase vapor" es ocasionada por los diferentes - procesos de diferenciación magnética, Cuando dicha diferenciación llega a sus últimas etapas, los volátiles que originalmente estaban formando - al magma y que no alcanzaron a formar fases minerales, se concentraron en un volumen ó espacio progresivamente más pequeño y ocasionaron la formación de la fase vapor.

Al separarse la fase vapor ocupará un volumen mayor, aproximadamente 10% más que cuando estaba mezclada con el magma, rompe las partes del - cuerpo igneo que ya se habían cristalizado.

Otra causa que debe haber jugado un papel importante en este proceso, es que cuando el cuerpo Tonalítico fué emplazado en las Calizas, saturadas de aguas connatas, se crearon corrientes de convección y los fluidos de éstas corrientes al llegar al cuerpo igneo se calentaron a temperaturas que pueden haber excedido la ebullición y haber provocado su expansión que produjo el rompimiento de la roca.

V.2.3a. Formación de la Cuarzodiorita.- La variación en composición mineralógica que provoca que la Tonalita pase a ser una Cuarzodiorita --

-----puede ser explicado de la siguiente forma:

a) la Cuarzodiorita es un producto de la alteración metasomática de la Tonalita (Querol S.F. comunicación personal).

b) la Cuarzodiorita es un producto de la diferenciación magmática - que sufrió el cuerpo Tonalítico.

Las diferencias mineralógicas de la Tonalita y Cuarzodiorita son:

Tonalita: plagioclasa An_{32-35} 55% biotita 15% hornblenda 8% cuarzo 22%
Cuarzodiorita: plagioclasa An_{42} 59% biotita 4% hornblenda 23% cuarzo 10%

a) la Cuarzodiorita es un producto de metasomatismo.- Su formación es uno de los primeros efectos del sistema hidrotermal, los minerales de la Tonalita que fueron afectados por el hidrotermalismo fueron aquellos que podían aceptar ó ceder parte de sus constituyentes ó aquellos pudieron ser asimilados totalmente por los fluidos hidrotermales (biotita ?). Estos minerales al combinarse con los constituyentes del sistema hidrotermal sufrieron cambios en su composición química (plagioclasa) ó formaron nuevos minerales (hornblenda). Las plagioclasas sufrieron un incremento en el contenido de calcio, el cambio se llevó a cabo por la sustitución de Na por Ca dicho cambio se desarrolló por el incremento de la actividad del Ca con respecto a la actividad del Na producido por la interacción de las aguas hidrotermales con la Caliza. La hornblenda incrementó su abundancia pues se trata de un mineral muy sensible al aumento de la fugacidad de H_2O en el sistema, así como a la presencia del calcio. El hecho de que exista menor cantidad de cuarzo en la Cuarzodiorita se debe a que la actividad del SiO_2 en las aguas hidrotermales era baja (por su origen sedimentario) y el SiO_2 fué lixiviado para formar el Skarn.

b) la Cuarzodiorita es un producto de diferenciación magmática.- Sus diferencias mineralógicas pueden ser explicadas con las series de reacción de Bowen, puesto que los minerales de la Cuarzodiorita se formaron antes que la Tonalita, éstos se separaron y formaron a la roca.

Dado el tamaño tan pequeño del cuerpo intrusivo, la evidencia favorece más la primera hipótesis pues un fenómeno de diferenciación no es concebible a esta escala y tomando en cuenta que el metasomatismo está actuando casi simultáneamente.

Como la skarnificación está afectando a la Tonalita y Cuarzodiorita podemos afirmar que ambas rocas se formaron antes de que el proceso metasomático fuese completado.

V.2.4. Desarrollo del proceso de formación de Skarn y penecontemporáneamente ocurre el depósito de los óxidos de Fe. La alteración argílica se desarrolla antes y contemporáneamente al depósito de los óxidos de Fe.

La formación del Skarn se llevó a cabo por la interacción de la Caliza, Tonalita y las soluciones hidrotermales.

Debido a que la roca ignea fué reemplazada también por los fluidos-formadores de Skarn, se puede afirmar que el proceso de formación de Skarn se llevó a cabo a menor temperatura que la del magma Tonalítico.

Se considera que la mineralización es penecontemporánea con la formación de Skarn debido a que se encuentran minerales propios de Skarn (granates, piroxenas, etc.) dentro de los cuerpos mineralizados y porque la mineralización comúnmente sigue el comportamiento del Skarn. En algunas partes del yacimiento la mineralización presenta la estructura escarpel dentro del Skarn.

La alteración argílica se desarrolló antes y después de que se iniciara el depósito de la mineralización. Lo anterior se afirma puesto que en varios lugares del yacimiento, la mineralización está siguiendo zonas donde existe esta alteración y/o están mezclados (la mineralización y las arcillas).

A continuación se indican las condiciones de formación del Skarn de acuerdo a las asociaciones mineralógicas determinadas y a las condiciones de presión y temperatura estimadas para el cuerpo Tonalítico.

Condiciones de Formación del Skarn

Las asociaciones mineralógicas determinadas para el Skarn fueron enunciadas en la parte referente a Alteraciones. Dichas asociaciones serán utilizadas para definir las condiciones de formación del Skarn.

Debido a que la presión de H_2O juega un papel determinante en la variación de la temperatura de formación de los diferentes minerales que se encuentran en el Skarn, se estimará la presión de H_2O cualitativamente "si la presión confinante durante la skarnificación es de 1.5 kbars (presión en el yacimiento) la presencia abundante de piroxena nos indica una presión de H_2O más baja que ésta" (Sangster 1969). Como la presión de H_2O debe ser menor que 1500 bars la presión del fluido que se manejará para estimar otros datos será 1000 bars.

"...Pero la grosularita no puede formarse en presiones de H_2O menores de 1,500 bars, abajo de ésta presión, a temperatura constante el mineral se rompe para formar wollastonita, anortita" (Sangster 1969). De-

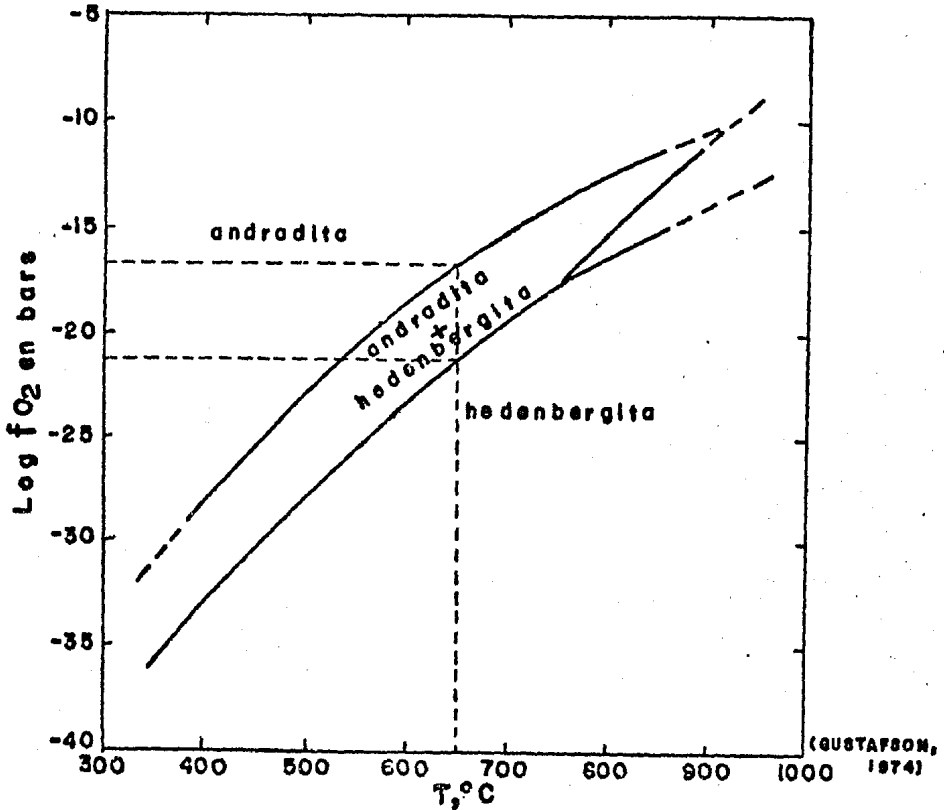
----- acuerdo a lo anterior en el yacimiento hubo variación de presión - del fluido, que fué igual a 1.5 kbars y menor a esta cantidad.

Dado que la temperatura disminuye con el tiempo, la temperatura de formación de skarn tendrá como límite máximo la temperatura a la que empezó a solidificar la Tonalita (temperatura menor a la temperatura de intrusión , aprox. 795°C) por lo que el límite máximo de temperatura de formación del Skarn probablemente sea alrededor de los 700°C. El tipo de Skarn que se desarrolla en esta etapa es producido por "el intercambio local a altas temperaturas de componentes entre magmas y rocas carbonatadas y es llamado Skarn de etapa magmática" (Einaudi, Meinert, Newberry-1981). Y el límite mínimo será la temperatura de formación de la epidota puesto que "este mineral de Skarn generalmente es el último silicato de calcio que se forma. La temperatura de formación de la epidota es de 400 °C en P= 1 atm; a 1kbar el límite de este mineral es 480°C" (Sangster -- 1969). De acuerdo a los datos anteriores el rango de temperatura de formación de Skarn es 700-480°C.

Tomando en cuenta el rango de presión del fluido estimado y la temperatura de formación del Skarn así como las asociaciones mineralógicas presentes se estimará la fugacidad del oxígeno. Este volátil es sin duda el elemento de mayor importancia ya que es determinante en la formación de los principales minerales de Skarn y en los minerales metálicos más abundantes, hematita y magnetita, del yacimiento.

Puesto que la asociación grosularita, andradita- hedenbergita se forma a altas temperaturas y la presión de estabilidad del granate es de 1 500 bars, del siguiente diagrama se obtendrán los valores de fugacidad de O₂ durante la formación del Skarn que contiene estos minerales.

DETERMINACION DE LA f_{O_2}



Campos de Estabilidad de Andradita y Hedbergita $P_{\text{fluido}} = 1.5 \text{ kb}$

Figura 13

Temperatura 650 °C - fugacidad de O_2 10^{-17} a 10^{-21} bars.

Origen, Transporte y Depósito de los Oxidos de Fe

Origen.- Las fuentes probables del hierro (y de todos los metales) en el yacimiento son: a) el cuerpo intrusivo tonalítico; b) las Calizas- "Los yacimientos metamórficos de contacto son más comunes adjunto a las intrusiones de composición intermedia" (Sangster 1969). Esta roca, la Tonalita es la fuente más probable de los metales que se concentraron en su vecindad.

"En una serie de experimentos Stansfield 1928 y Ovchinnikov 1959 de

mostraron que el hierro puede ser separado de una fusión silicatada que está asimilando Caliza y enfriando gradualmente la fusión, el Fe se separó de la fusión y fué transportado hacia arriba. Dependiendo de la presión parcial de O_2 el hierro metálico formará magnetita ó hematita... En tonces el hierro pudo haber sido concentrado residualmente para más tarde transportarse en un fluido hidrotermal" (Sangster 1969).

Considerando lo anteriormente expuesto, la fuente más probable de los metales del yacimiento por orden de importancia son: la Tonalita y la combinación Tonalita-Caliza. Si la Tonalita es la fuente de origen de el hierro, el hierro original era del tipo ferroso ya que "en la mayoría de los magmas profundos el óxido ferroso excede grandemente al óxido férrico" (Shand 1947).

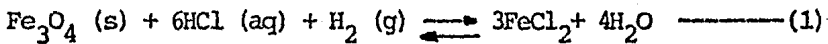
Transporte.- El medio de transporte de los óxidos de Fe y en general de los metales, corresponde a los fluidos del sistema hidrotermal generado por la presencia del cuerpo Tonalítico.

Para proponer el probable mecanismo por el cual se transportó el Fe serán utilizados los resultados de los experimentos realizados por W.T. Holser y C.J. Schner, 1961. Ellos encontraron que el hierro se transporta en Fe ferroso en soluciones de HCl. El mayor valor de concentración del Fe en soluciones de HCl fué de 300 ppm en 0.0002 M de HCl a 390°C y 440 bars. Se realizaron otros experimentos con: a) una solución de 0.0008 M de NaOH en un rango de 350-550°C y alrededor de 1000 bars. Los análisis de esta solución fueron realizados con un método que poseía una sensibilidad de 2 ppm y no hubo hierro detectable; b) magnetita en 0.2 M de NaCl (neutral) en 500°C y 500 bars, la cantidad de hierro en solución fué de 5 ppm; c) el Fe de la magnetita disuelto en agua pura, en un rango considerable de presiones y temperaturas, fué menor que el límite de sensibilidad de 0.02 ppm, una solución de agua sin magnetita a 400°C y 485 bars dieron resultados similarmente bajos.

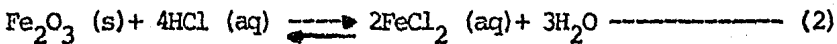
De los resultados anteriores se establecieron que el hierro puede ser movilizado en cantidades medibles en soluciones de HCl a altas presiones y temperaturas pero no en soluciones neutrales ó alcalinas, en concentraciones más altas de HCl la concentración de Fe aumenta. También fueron hechas soluciones de cloruro de hierro para tener alrededor de 1000 ppm de Fe^{+3} y 500 ppm de Fe^{+2} con un pH aproximado de 2, estas soluciones fueron puestas en contacto con calcita óptica a una temperatura de 320°C y el principal producto fué magnetita cristalina. A temperatu -

-----ras de 240-150°C los productos aproximadamente fueron 70 y 90% de hematita con el resto de magnetita. Análisis de las soluciones después de los experimentos mostraron menos de 200 ppm de Fe⁺² y menos de 20 ppm de Fe⁺³ con un pH entre 5 y 6. Estos experimentos cualitativos confirman el depósito anticipado de la magnetita por neutralización de las soluciones en P y T geológicamente importantes y enfatizan el mayor efecto desproporcional de la composición en la solubilidad cuando es comparada con P y T.

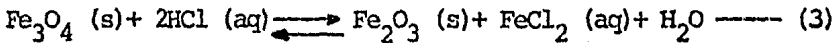
Con la formación de complejos se puede aumentar el hierro total en solución, el mecanismo de solución de la magnetita puede ser representado por la siguiente ecuación:



En forma similar la solución de la hematita está representado por la ecuación:



Las ecuaciones anteriores pueden ser consideradas para determinar la solubilidad de la magnetita y la hematita



Ecuaciones tomadas de Hugster H.P y Chou I.M. 1979

Entonces la formación de complejos de Fe son importantes en el proceso de solubilidad a altas temperaturas. Holser y Schneer concluyen que las medidas de sus experimentos muestran que concentraciones de Fe geológicamente significativas pueden ser movilizadas a presiones y temperaturas similares a aquellas en las cuales los depósitos hidrotermales fueron formados y en soluciones con 2 ordenes de magnitud más diluidas en HCl que los fluidos naturales y que los experimentos sugieren que el mecanismo de solución depende principalmente de la concentración de HCl.

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto el Fe fué muy probablemente transportado en soluciones con HCl en forma de complejos de cloruros de hierro.

Depósito: El depósito de los óxidos de Fe se realizó normalmente en las zonas donde se encuentra el Skarn -que se desarrolló principalmente en el contacto Tonalita-Mármol-. El depósito de los óxidos de Fe , por lo tanto fué controlado por el skarn y por la presencia de los carbonatos. Las causas más probables de que la mineralización esté siguiendo las zonas definidas por el Skarn son: a) que las soluciones mineralizantes siguieron el mismo sistema de paso ("plumbing system") que los fluidos formadores del Skarn; b) que el Skarn tiene asociaciones mineralógicas que fueron capaces de promover el depósito de la mineralización (Burt y Rose 1979, pg224); c) que la formación de Skarn y de mineralización son casi simultáneas.

Para explicar las causas probables del depósito se puntualiza que el Fe se transportó en soluciones con HCl en forma de complejos de Cl (FeCl_2). Entonces la causa más probable del depósito hierro es el rompimiento de estos complejos. Esto solo puede ser producido por la disminución de la fugacidad del HCl, producido por la acción reguladora del buffer CaCO_3 - H_2CO_3 - CO_2 y la adición de CO_2 al sistema hidrotermal, lo cual afecta la fugacidad de los demás componentes, también (H_2S , H_2O , etc.). Esto puede ser explicado utilizando la regla de Le Chatelier aplicandola a las ecuaciones 1 y 2 (se utilizará la constante de equilibrio de dichas ecuaciones).

$$K_1 = \frac{[\text{FeCl}_2]^3 f^4 \text{H}_2\text{O}}{\text{Fe}_3\text{O}_4 f^6 \text{HCl} \cdot f \text{H}_2\text{O}}$$

$$K_1 = \frac{[\text{FeCl}_2]^3 f^4 \text{H}_2\text{O}}{f^6 \text{HCl} \cdot f \text{H}_2} \quad \text{--- (4)}$$

$$K_2 = \frac{f^3 \text{H}_2\text{O} [\text{FeCl}_2]^2}{\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot f^4 \text{HCl}}$$

$$K_2 = \frac{f^3 \text{H}_2\text{O} [\text{FeCl}_2]^2}{f^4 \text{HCl}} \quad \text{--- (5)}$$

Se puede observar que la disminución de la fugacidad de HCl en las ecs. 4 y 5 va a ser mayormente significativa debido a que debe ser elevada a las potencias 6 y 4 respectivamente y las drásticas reducciones de la fugacidad de HCl provocará que el FeCl_2 deposite al hierro para poder reestablecer el equilibrio.

La presencia del buffer provocará que el depósito de los óxidos se lleve a cabo a un pH constante ya que nulificará (absorberá) los diversos elementos ó compuestos (producidos por dicho depósito) que puedan

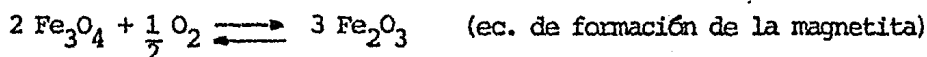
— afectar lo.

Condiciones de Formación de la Hematita y Magnetita

Temperatura.- Como la temperatura de skarnificación es de 700-480°C y la temperatura máxima de los sulfuros es 400°C (?) y tomando en cuenta que el depósito de los óxidos de Fe es casi simultáneo al Skarn pero pre sulfuros, la temperatura de formación de los óxidos de Fe va de 650-450°C. Dicho rango de temperatura se sobrepone con la temperatura de formación de Skarn y con el límite superior de los sulfuros.

Fugacidad del Oxígeno.- Para estimar las fugacidades del oxígeno durante la mineralización de Fe se tomarán en cuenta las siguientes características observadas en el yacimiento: a) la presencia de grandes cuerpos de hematita; b) la ausencia de Fe nativo; c) la presencia de hematita y magnetita mezcladas. Para obtener dichos datos debemos de considerar las P y T definidas para el yacimiento.

El límite superior de la fugacidad del O₂ está gobernada por:



Un incremento en la presión de O₂ sobre la presión de equilibrio -- provocará la formación de hematita (la reacción se verificaría a la derecha). Debido a que se encuentran grandes cuerpos de hematita, la fugacidad del oxígeno fué superior a la fugacidad de equilibrio de la ecuación anterior.

El límite más bajo de la fugacidad del O₂ está definido por la ecuación:



Una disminución en la fugacidad de O₂ sobre la presión de equilibrio provocará la formación de hierro nativo. Ya que en el yacimiento no fué observado Fe nativo, la fugacidad del O₂ siempre fué mayor a la fugacidad de equilibrio de la ecuación anterior.

De la siguiente figura se obtendrán los valores aproximados de la fugacidad de O₂

DETERMINACION DE LA f_{O_2}

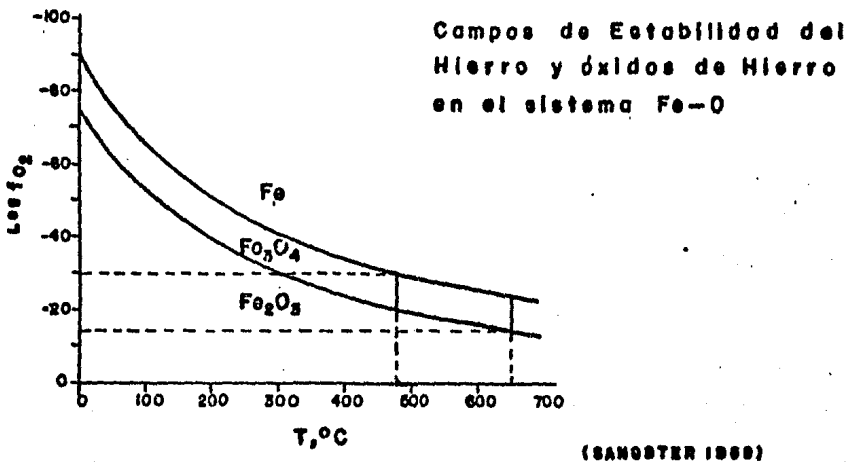


Figura 14

Por lo tanto las fugacidades de O_2 en el yacimiento durante la formación de la hematita y la magnetita fueron mayores a 10^{-14} bars y como mínimo 10^{-30} bars, lo que coincide con la fugacidad de O_2 durante la formación del Skarn, 10^{-17} - 10^{-21} bars, y explica la cantidad mayor de hematita que magnetita.

V.2.5. El depósito de los óxidos de Fe llega a sus últimas etapas y se lleva a cabo la formación de los sulfuros.

Para tratar de explicar la probable causa del depósito de los sulfuros se tomará en cuenta que: a) los sulfuros se encuentran en ocasiones mezclados con los óxidos de Fe pero comúnmente son postóxidos de Fe; b) si los óxidos de Fe se transportaron como compuestos de Cl, entonces los metales que formaron a los sulfuros debieron hacerlo en la misma forma.

La causa probable que originó el depósito de los sulfuros es probablemente una combinación de la disminución de la temperatura y un cambio en la composición del sistema hidrotermal.

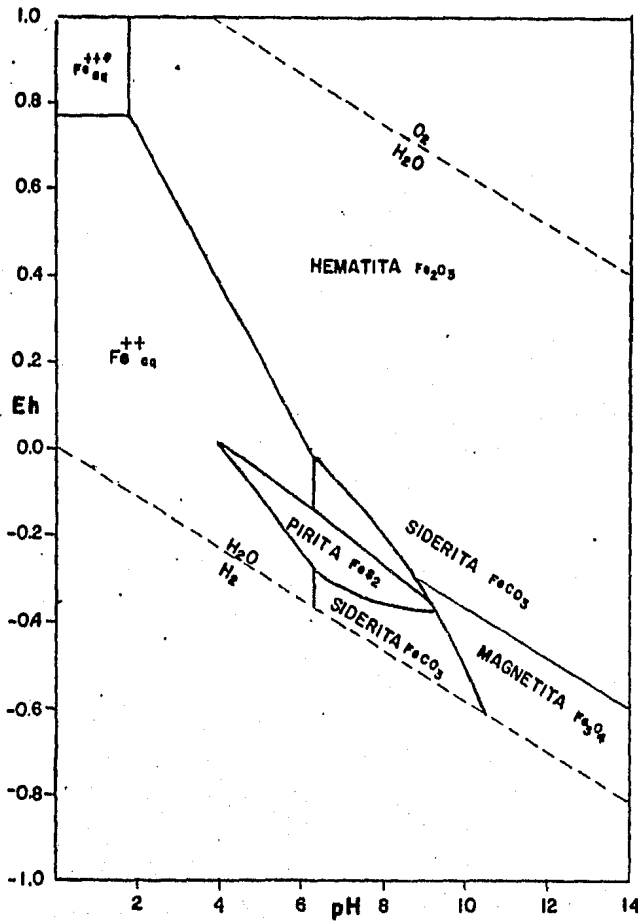
La disminución de la temperatura como causa del depósito de los sulfuros es significativa, debido a que los sulfuros son sensibles a los cambios de temperatura "si la temperatura disminuye $100^\circ C$, en general se

----- deposita el 90% del metal (Barnes H.L. 1979, pg 436). Y cuando la temperatura disminuye, el pH del sistema varía, lo que también ocasiona el depósito de los sulfuros "cuando $\text{pH} = +1$ se deposita cerca del 99% de los metales en solución" (Barnes H.L. 1979, pg 436).

Puesto que la composición del sistema hidrotermal está definido por la mezcla ó combinación de los constituyentes de las aguas connatas y de las aguas juveniles, una variación en el aporte de uno de estos flúidos provocará cambios en la composición del sistema. En las etapas finales del sistema hidrotermal existe un predominio de las aguas connatas, ya que el intrusivo enriqueció al sistema con fluidos magmáticos durante las primeras etapas del sistema. En sus inicios el sistema hidrotermal no contenía cantidades significativas de S ya que en el Skarn, uno de los primeros productos del sistema, se encuentra la asociación cuarzo+calcita y está ausente la wollastonita, lo que nos indica que en el yacimiento hubo bajas fugacidades de azufre en los inicios del sistema ya que la wollastonita es producida por sulfurización (Park y McDiarmid 1975, pg - 272), bajo condiciones ricas en H_2S (Burt y Rose 1979, pg 221). El predominio de las aguas meteóricas en el sistema hidrotermal tendrá un efecto de dilución en algunos componentes del sistema (f_{HCl}) y de aumento en algunos otros ($f_{\text{H}_2\text{S}}$). La disminución de f_{HCl} y el aumento de $f_{\text{H}_2\text{S}}$ provocará el depósito de los sulfuros.

El depósito de los sulfuros por el incremento de S y cambio de pH - puede ser explicado con los siguientes diagramas de Eh, pH de los compuestos de hierro, aunque no son las mismas condiciones de P y T, etc. - su comportamiento será similar.

RELACIONES DE ESTABILIDAD DE OXIDOS
Y SULFUROS DE FE EN H₂O

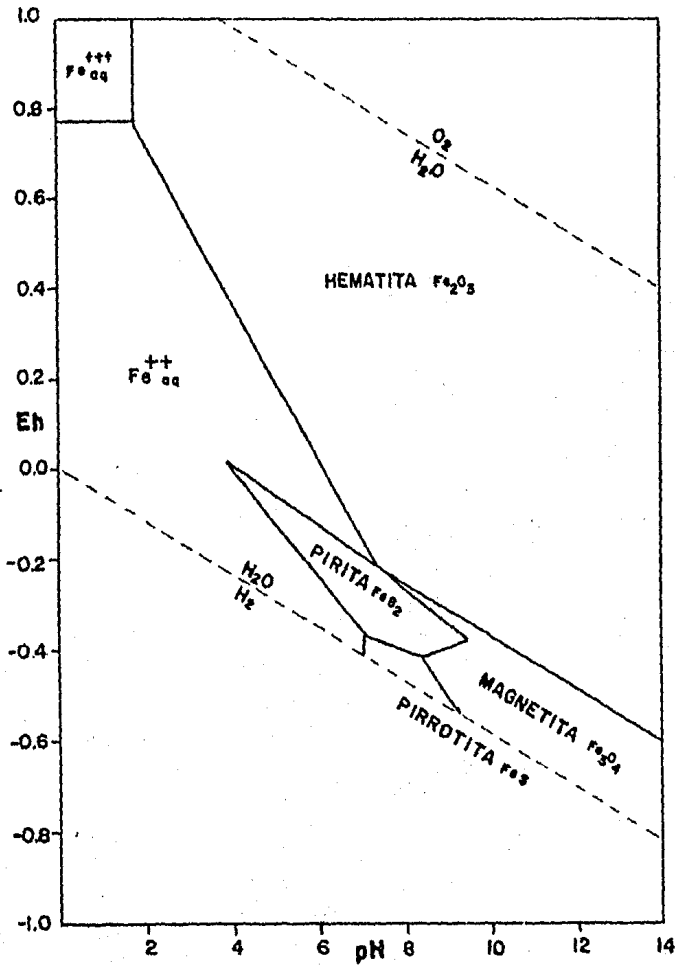


(Según Garreta y Christ 1965)

T = 25°C Actividad de S = 10^{-6}
 P_T = 1 atm. Actividad de CO₂ = 10^0

Figura 15

RELACIONES DE ESTABILIDAD DE OXIDOS
Y SULFUROS DE FE EN H₂O

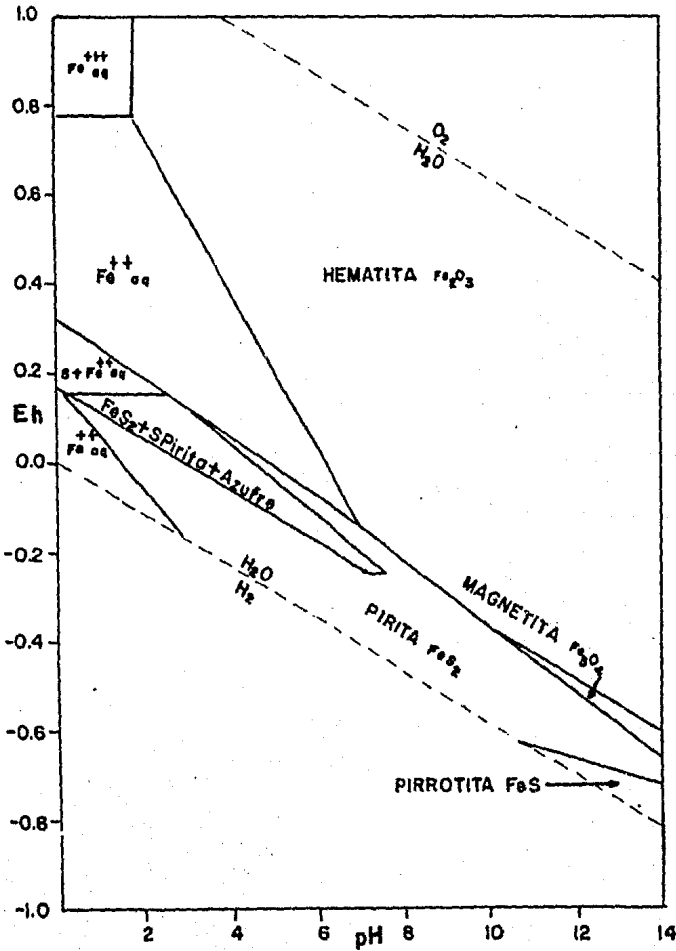


(según Garrels y Christ 1965)

T = 25°C
P_T = 1 atm Actividad de S = 10⁻⁸

Figura 16

RELACIONES DE ESTABILIDAD DE OXIDOS
Y SULFUROS DE FE EN H₂O



(Según Garrels y Christ 1965)

T = 25°C
P_r = 1 atm. Actividad de S = 10⁻¹

Figura 17

El incremento en la cantidad de azufre en el sistema hidrotermal ocasionará que la pirita aumente su campo de estabilidad, es decir, será estable en rangos amplios de Eh y pH. En las figuras 15,16,17 se puede observar como va aumentando el campo de estabilidad de la pirita conforme se aumenta la concentración de azufre. Entonces si el sistema hidrotermal se enriqueció en azufre, la pirita tendrá un comportamiento similar de la figura 17 y entonces para un punto donde el campo de estabilidad estaba en la línea univariante magnetita-hematita en condiciones de la figura 15 estará en el campo de la pirita en condiciones de la figura 16 ó 17.

V.2.6. Afallamiento y Fracturamiento del Yacimiento.

El fracturamiento y afallamiento de la mineralización, de la Tonalita, Skarn y Mármol que provoca cambios abruptos en la geometría del yacimiento tuvieron lugar posteriormente al desarrollo de la mineralización y todos los procesos provocados por el sistema hidrotermal. Evidencia de esto es la existencia de brechas de falla que contienen hematita, magnetita caolinita, Skarn, Mármol, roca ígnea alterada hidrotermalmente (Tonalita con matriz de cuarzo y plagioclasa), etc.

V.2.7. Meteorización

Intemperismo, Oxidación y acumulación del oro. Las mayores acumulaciones de oro se encuentran (explotan) en las zonas de oxidación secundaria. En el laboratorio, el oro fué encontrado principalmente dentro de los minerales transparentes (ganga) y en muestras con goethita, como elemento nativo. Los minerales que se formaron por los procesos secundarios son goethita, limonita, azurita, malaquita (éstos últimos están principalmente en las fallas con talco y clorita), crisocola.

Los óxidos secundarios se desarrollaron principalmente en zonas donde la mineralización está fracturada y afallada. En algunas partes se encuentran fracturas con goethita en la parte central y limonita en los bordes. No se observó una disposición definida de las zonas con gran cantidad de óxidos secundarios.

V.3. Resumen de la secuencia propuesta de las etapas de formación - del yacimiento.

1.- Intrusión Tonalítica en las Calizas de la Fm. Morelos a una temperatura igual ó mayor de 795°C, a una presión litostática de 1.5 kbars y una presión hidrostática menor de 1.5 kbars.

2.- Metamorfismo de Contacto.

2a.- Separación de los fluidos magmáticos que combinados con los fluidos intraformacionales de las Calizas generan un sistema hidrotermal.

3.- Fracturamiento y afallamiento no producidos por tectonismo.

3a.- Formación de la Cuarzodiorita.

4.- Formación del Skarn a una temperatura de 700-480°C y penecontemporaneamente ocurre el depósito de los óxidos de Fe. Alteración Argílica se desarrolla antes y contemporaneamente al depósito de los óxidos de Fe.

5.- Última etapa de depósito de los óxidos de Fe y depósito de sulfuros. Desarrollo intenso de la cloritización.

6.- Afallamiento y Fracturamiento de los cuerpos mineralizados y de las rocas encajonantes, Tectónica Regional (?).

7.- Meteorización -intemperismo, oxidación y acumulación del oro.

REFERENCIAS

- Burnham C.W. 1962 "Facies and Types of Hydrothermal Alteration" Economic Geology, vol 57 pgs 768-784.
- 1979 "Magnas and Hydrothermal Fluids" Cap. 3 en Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits, ed. John Wiley & Sons, Inc.
- Burt D.M. 1982 "Skarn Deposits- Historical Bibliography through 1970" Economic Geology, vol 77 pgs 755-763.
- Deer & Suzzman, Howie 1966 "Rock Forming Minerals" vol 3 "Sheet Silicates", ed. Langman
- Detenal, 1979 "Carta de Climas, Hoja Acapulco 14Q-VII"
- Einaudi M.T., Meinert L.D., Newberry R.J. 1981 "Skarn Deposits" Economic Geology 75th Anniversary pgs 317-391.
- Einaudi M.T., Burt D.M. 1982 "Introduction-Terminology, Classification and Composition of Skarn Deposits" Economic Geology, vol 77 pgs 745-754.
- Eugster H.P., Chou I.M. 1979 "A Model for the deposition of Corn -- wall-type Magnetite Deposits" Economic Geology, vol 74 pgs 763-774.
- Fairbain H.W. "Determinación de los Feldespatos Plagioclasas con el microscopio polarizante" Notas del Curso de Petrología M.I.T. traducido por F. Querol S.
- Ferriz H. 1978 "Apuntes de Minerografía" Facultad de Ingeniería, U. N.A.M.
- Fries C. 1959 "Geología del Estado de Morelos" Bol. 60 Instituto de de Geología U.N.A.M.
- García H.G. 1981 "Estudio Geológico-Minero de las minas de San Pedro en Mezcala, Gro." Ined. Tesis Profesional, Fac. de Ingeniería U.N.A.M.
- Garrels and Christ 1965 "Solutions, Minerals and Equilibria" Harper & Row Publishers, Incorporated New York.
- Gustafson W.I. 1974 "The Stability of Andradite, Hedenbergite and-related Minerals in the System Ca-Fe-Si-O-H" Journal Petrology, vol 15 - part 3 pgs 455-496.
- Heinrich E.W. 1965 "Identificación Microscópica de los Minerales" URMO S.A. de Ediciones.
- Holser W.T., Schneer C.J. 1961 "Hydrothermal Magnetite" Geol. Soc. of Am. Bull. vol 72 pgs 369-386.
- Kerr P.F. 1977 "Optical Mineralogy" 4^a ed. McGraw-Hill Comp.

- Krauskopf B.K. 1979 "Introduction to Geochemistry" 2^a ed. McGraw-Hill Book Company
- López R.E. "Carta Geológica del Estado de Guerrero" 2^a ed. Instituto de Geología U.N.A.M.
- Mason B., Berry L.C. 1968 "Elements of Mineralogy" W.H. Freeman and Company.
- Orozco S.M. 1970 "Geología y Yacimientos de oro y Cobre en Mezcala, Guerrero" Consejo de Recursos Naturales No Renovables.
- Park F.P. y McDiarmid R.A 1975 "Ore Deposits" W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- Querol S.F. 1980 "Notas del Curso de Yacimientos Minerales y Minerografía" Ineditos, Facultad de Ingeniería U.N.A.M.
- 1980 "Notas del Curso de Termodinámica para Geólogos" - Inéditos, Facultad de Ingeniería U.N.A.M.
- 1980 "Reunión Anual de la Sociedad Geológica Americana-Geominet vol pgs 114-118.
- Ragan D.M. 1980 "Geología Estructural, Introducción a las Técnicas-Geométricas" Ediciones Omega S.A. Barcelona.
- Rose W.A., Burt D.M. 1979 "Hydrothermal Alteration" Cap. 5 en Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits, ed. John Wiley & Sons, Inc.
- Salas P.G. 1975 "Carta y Provincias Metalogenéticas de la República Mexicana" Publicación 21 E del C.R.N.N.R.
- Sangster D.F. 1969 "The Contact Metasomatic Magnetite Deposits of - Southwestern British Columbia" Canadian Geol. Survey Bull. 172.
- Shand S.J. 1947 "The Genesis of Intrusive Magnetite and related Ores" Economic Geology, vol 42 pgs 634-636.
- Streckeisen A. L. 1973 "Plutonic Rocks, Classification and nomenclature by the IUGS Subcommission on the Syist. I.R." Geotimes oct. pg 26-30
- Uytenbogaardt W. y E.A.J.Burke 1971 "Tables for the Microscopic Identification of Ore Minerals" ed. Elsevier Co.
- Williams, Turner, Gilbert 1979 "Petrografía" Compañía Editorial Continental S.A. México.

APENDICE PETROGRAFICO

LECTOR: M. MARTO LIAZ-GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M.
MEZCALA, GRO.

ANALISIS PETROGRAFICO

Muestra No. 18

Localidad Mezcala, Gro.

N. Capire N 1011 E 1484

Descripción Megascópica:

roca blanca con tintes rosados, textura sacaroidal, de
grano fino, recristalizada. Reacciona con HCl diluido, aunque no en todas partes

Descripción Microscópica:

Textura: Granoblástica

Mineralogía:

<u>Mineral</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Tamaño (micras)</u>
<u>carbonatos</u>	<u>90%</u>	<u>652</u>
<u>clorita</u>	<u>8%</u>	<u>106</u>
<u>opacos</u>	<u>2%</u>	<u>255</u>
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Observaciones _____

Alteraciones _____

Clasificación: Marmol

HECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M
MEZCALA, GRO.

ANALISIS PETROGRAFICO

Muestra No. 29

Localidad Mezcala, Gro.

Descripción Megascópica:

Superficie: N 930 E 1710

roca gris con textura fanerítica presenta biotita
plagioclasas, anfíbolos(?)

Descripción Microscópica:

Textura: holocristalina, hipidiomórfica

Mineralogía:

<u>Mineral</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Tamaño (micras)</u>
<u>andesina</u> An 33-35	<u>62</u>	<u>1500</u>
<u>cuarzo</u>	<u>22</u>	<u>370</u>
<u>hornblenda</u>	<u>8</u>	<u>520</u>
<u>biotita</u>	<u>7</u>	<u>551</u>
<u>apatito</u>	<u><1</u>	<u>10</u>
<u>zircón</u>	<u><1</u>	<u>30</u>
<u>opacos</u>	<u><1</u>	<u>80</u>
<u>clorita</u>	<u>1</u>	

Observaciones plagioclasas zonadas, biotita y hornblenda parcialmente
alterados a clorita; opacos rodeando a la clorita.

Alteraciones Cloritización

Clasificación Tonalita

ANALISIS PETROGRAFICO

Muestra No. 43

Localidad Mezcala, Gro.

Superficie N 945 E 1360

Descripción Megascópica:

ejemplar que muestra el contacto entre la tonalita y la aplita (roca negra); la roca negra presenta textura sacarcoidal y se observa únicamente biotita.

Descripción Microscópica:

Textura: La tonalita tiene textura hipidiomórfica de grano grueso; la parte oscura es "hipidiomórfica" equigranular. El contacto se denota por la abundancia de máficos en la roca negra y por la diferencia en tamaño de grano.

Mineralogía: T O N A L I T A

<u>Mineral</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Tamaño (micras)</u>
<u>oligoclasa _{Ar 22%}</u>	<u>51</u>	<u>1150</u>
<u>ortoclasa</u>	<u>5</u>	<u>443</u>
<u>cuarzo</u>	<u>30</u>	<u>290</u>
<u>biotita</u>	<u>6</u>	<u>383</u>
<u>hornblenda</u>	<u>3</u>	<u>702</u>
<u>clorita (s)</u>	<u>2</u>	<u>235</u>
<u>sericita</u>	<u>2</u>	<u>submicroscp.</u>
<u>opacos</u>	<u>1</u>	<u></u>
<u></u>	<u></u>	<u></u>
<u></u>	<u></u>	<u></u>

Observaciones hay mayor cantidad de máficos en la tonalita cerca del contacto; hornblenda reemplazada por clorita; feldespatos alterados; el cuarzo da una figura biaxica con 2V pequeño.

Alteraciones Cloritización

Clasificación Contacto tonalita-aplita

ALBA LINDA MUÑOZ DIAZ GARCÍA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M.
MEZCALA, SRO.

ANÁLISIS PETROGRÁFICO

Muestra No. 43

Localidad Mezcala Gro

Descripción Megascópica:

Descripción Microscópica:

Textura: _____

Mineralogía: APLITA

<u>Mineral</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Tamaño (micras)</u>
oligoclasa _{An-22%}	<u>22</u>	<u>430</u>
cuarzo	<u>39</u>	<u>228</u>
biotita	<u>39</u>	<u>231</u>
apatita	<u><1</u>	
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Observaciones _____

Alteraciones _____

Clasificación Contacto tonalita- aplita

INVESTIGADOR: ROBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M.
MEZCALA, GRO.

ANALISIS PETROGRAFICO

Muestra No. 44

Localidad Mezcala, Gro.

Superficie N 862.5

E 1337.5

Descripción Megascópica:

roca negra, de textura "foliada" orientada; con cuarzo

y biotita

Descripción Microscópica:

Textura: alineación de la biotita y de la hornblenda, con cuarzo en algunas partes orientado, diferentes tamaños de grano.

Mineralogía:

<u>Mineral</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Tamaño (micras)</u>
<u>biotita</u>	<u>26</u>	<u>204</u>
<u>cuarzo</u>	<u>50</u>	<u>112</u>
<u>andesina</u> <u>An 45%</u>	<u>8</u>	<u>128</u>
<u>epidota</u>	<u>3</u>	<u>320</u>
<u>hornblenda</u>	<u>5</u>	<u>481</u>
<u>clorita</u>	<u>5</u>	<u>149</u>
<u>sericita</u>	<u>2</u>	<u>_____</u>
<u>opacos</u>	<u>1</u>	<u>_____</u>
<u>_____</u>	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<u>_____</u>	<u>_____</u>	<u>_____</u>

Observaciones agregados masivos de biotita, clorita, hornblenda; feldspatos -
alterados a sericita; hornblenda alterada a clorita

Alteraciones _____

Clasificación Aplita de biotita

LECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M
MEZCALA, GRO.

ANALISIS PETROGRAFICO

Muestra No. 46

Localidad Mezcala, Gro.

Superficie N 867.5

E 1382.5

Descripción Megascópica:

roca negra, de grano medio, con biotita, feldes-
patos, cuarzo, arcillas, goethita, la biotita en forma de grandes cristala
les en algunas partes.

Descripción Microscópica:

Textura: hipidiomórfica, con algunos grandes cristales de biotita y de pla
gioclasa.

Mineralogía:

<u>Mineral</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Tamaño (micras)</u>
<u>cuarzo</u>	<u>10</u>	<u>271</u>
<u>oligoclasa</u> <u>An. 30</u>	<u>20</u>	<u>1143</u>
<u>hornblenda</u>	<u>25</u>	<u>919</u>
<u>aegirina</u>	<u>25</u>	<u>750</u>
<u>biotita</u>	<u>16</u>	<u>334</u>
<u>apatito</u>	<u>1</u>	<u></u>
<u>clorita</u>	<u>3</u>	<u>238</u>
<u>ortoclasa</u>	<u><1</u>	<u>243</u>
<u></u>	<u></u>	<u></u>
<u></u>	<u></u>	<u></u>

Observaciones plagioclasas zonadas, reemplazamiento de biotita por clo-
rita, biotita intercrecida con hornblenda, cuarzo "rellenando" huecos

Alteraciones Cloritización

Clasificación Aplita de hornblenda y aegirina

HECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M
MEZCALA, GRO.

ANALISIS PETROGRAFICO

Muestra No. 50

Localidad Mezcala Gro

Superficie N 750 E 1282.5

Descripción Megascópica:

roca de color verde de grano muy fino, con veti-
llas de calcita, granates(?)

Descripción Microscópica:

Textura: xenomórfica, granular; observandose una porción de minerales par-
cialmente alterados (reemplazados); y 2 zonas masivas una de granate -
con clorita y epidota y otra con clorita-epidota

Mineralogía:

<u>Mineral</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Tamaño (micras)</u>
<u>cuarzo</u>	<u>5%</u>	<u>19</u>
<u>granate</u>	<u>40%</u>	<u></u>
<u>clorita</u>	<u>15%</u>	<u>13</u>
<u>calcita</u>	<u>5%</u>	<u>13</u>
<u>epidota</u>	<u>10%</u>	<u>23</u>
<u>diópsida</u>	<u>5%</u>	<u>5</u>
<u>ortoclasa</u>	<u>1%</u>	<u>53</u>
<u>plagioclasa</u>	<u>10%</u>	<u>76</u>
<u>apatito</u>	<u>1%</u>	<u>5</u>
<u>zircón</u>	<u>1%</u>	<u>6</u>
<u>BIOLITA</u> <small>BIOTITA</small>	<u>5%</u>	<u>15</u>

Observaciones la ortoclasa tiene bordes alterados a clorita; clorita en
vetillas, numerosas vetillas de calcita; "fantasmas" de piroxenos, an-
fibolias, la plagioclasa está parcialmente alterada.

Alteraciones Carbonatación, Cloritización,

Clasificación skarn de Granate (endoskarn)

LECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M
MEZCALA, GRO.

ANALISIS PETROGRAFICO

Muestra No. 59

Localidad Mezcala, Gro.

Descripción Megascópica:

N. capire N 1132.5

E 1659.5

roca gris oscuro con puntos blancos y negros
de textura porfídica con biotita y feldespatos

Descripción Microscópica:

Textura: holocristalina, porfídica

Mineralogía:

<u>Mineral</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Tamaño (micras)</u>
<u>matriz de qz con plag.</u>	<u>70</u>	<u>1-2</u>
<u>biotita</u>	<u>8</u>	<u>25</u>
<u>apatito</u>	<u>2</u>	<u>6</u>
<u>opacos</u>	<u>3</u>	<u>9</u>
<u>sericita</u>	<u>1</u>	<u>submicroscopico</u>
<u>clorita</u>	<u>1</u>	<u>35</u>
<u>calcita</u>	<u>3</u>	<u>8</u>
<u>cuarzo</u>	<u>2</u>	<u>25</u>
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>

Observaciones fenocristales de biotita que está parcialmente alterada
a clorita y calcita; anfíbolos y feldespatos alterados a calcita y clo
rita respectivamente; cuarzo en vetillas; la matriz está alterada

Alteraciones carbonatación

Clasificación Roca ígnea alterada hidrotermalmente

LECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M
MEZCALA, GRO.

ANALISIS PETROGRAFICO

Muestra No. 63

Localidad Mezcala, Gro.
N. Capire N 1121 E 1674

Descripción Megascópica:

roca gris, textura fanerítica con bandas calco-
silictadas; mineralogía plagioclasa, cuarzo, biotita, epidota, granate,
calcita; en la banda hay granates, epidota, arcillas

Descripción Microscópica:

Textura: granoblástica, xenomórfica; con vetillas de calcita gruesas, --
seccionando la roca

Mineralogía:

<u>Mineral</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Tamaño (micras)</u>
<u>granate</u>	<u>40%</u>	<u>116</u>
<u>epidota</u>	<u>30%</u>	<u>36</u>
<u>diópsido</u>	<u>15%</u>	<u>100</u>
<u>clorita</u>	<u>7%</u>	<u>16</u>
<u>calcita</u>	<u>5%</u>	<u>9</u>
<u>fragmentos de piroxenos,</u>		
<u>anfíboles, plagioclasa</u>	<u>2%</u>	
<u>apatita</u>	<u>1%</u>	<u>7</u>

Observaciones biotita casi totalmente alterada a clorita; se distin--
quen fragmentos de feldespatos sin alterar. Se trata de una "banda" de -
skarn en la roca ígnea.

Alteraciones Silicificación, Cloritización

Clasificación Skarn de Granate (Endoskarn)

HECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M
MEZCALA, GRO.

ANALISIS PETROGRAFICO

Muestra No. 89

Localidad Mezcala, Gro.
N. 32 N 1287.5 E 1711.5

Descripción Megascópica:

roca gris verdosa, fanerítica con partes porfi
dicas con cuarzo, plagioclasa, pirita, arcillas

Descripción Microscópica:

Textura: holocristalina

Mineralogía:

<u>Mineral</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Tamaño (micras)</u>
<u>oligoclasa An 28</u>	<u>47</u>	<u>1560</u>
<u>cuarzo</u>	<u>7</u>	<u>264</u>
<u>biotita</u>	<u><1</u>	<u>288</u>
<u>hornblenda</u>	<u><1</u>	<u>437</u>
<u>epidota</u>	<u>15</u>	<u>894</u>
<u>hedenbergita</u>	<u>10</u>	<u>360</u>
<u>calcita</u>	<u>14</u>	<u>286</u>
<u>clorita</u>	<u>6</u>	<u>210</u>
<u>apatito</u>	<u><1</u>	<u>35</u>

Observaciones plagioclasas zonadas, vetillas de calcita, de cuarzo, -
alteración de plagioclasas por calcita; piroxenas, anfíbolos alterados
a calcita

Alteraciones Carbonatación, Cloritización

Clasificación Roca Ignea parcialmente "skarnificada"

LECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M
MEZCALA, GRO.

ANALISIS PETROGRAFICO

Muestra No. 93-B

Localidad Mezcala, Gro.

N.32 N 1310 E 1730.5

Descripción Megascópica:

roca gris claro con puntos negros, de textura porfídica
con feldespatos alterados, con biotita, arcillas y limonita

Descripción Microscópica:

Textura: porfídica, holocristalina, con matriz de grano fino

Mineralogía:

<u>Mineral</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Tamaño (micras)</u>
<u>matriz de qz. con plag.</u>	<u>63%</u>	<u>1-2</u>
<u>plag. alteradas (fenocrist)</u>	<u>2%</u>	<u>29</u>
<u>anfíbolos alterados</u>	<u>3%</u>	<u>49</u>
<u>apatita</u>	<u>2%</u>	<u>5</u>
<u>clorita</u>	<u>20%</u>	<u>44</u>
<u>calcita</u>	<u>7%</u>	<u>20</u>
<u>opacos</u>	<u>3%</u>	<u>6</u>
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>

Observaciones anfíbolos alterados a clorita, conservando su forma original rónbica;
alteración de feldespatos por calcita. Esta roca es similar a la roca HD 117

Alteraciones: carbonatación, cloritización

Clasificación Roca ígnea alterada hidrotermalmente

HECTOR HUBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M
MEZCALA, GRO.

ANALISIS PETROGRAFICO

Muestra No. 99

Localidad Mezcala, Gro.
N 32 N 1210.5 E 1025

Descripción Megascópica:

roca de color verde de grano medio, con "bandas"
skarn; mineralogia plagioclasas, epidota, piritita

Descripción Microscópica:

Textura: holocristalina, alotriomórfica, con cuarzo relleno espacios, -
semeja textura granoblástica con relicto de textura fanerítica,

Mineralogía:

<u>Mineral</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Tamaño (micras)</u>
<u>oligoclasa, An 25</u>	<u>56%</u>	<u>155</u>
<u>ortoclasa</u>	<u>1%</u>	<u>17</u>
<u>cuarzo</u>	<u>7%</u>	<u>20</u>
<u>hedenbergita</u>	<u>11%</u>	<u>29</u>
<u>epidota</u>	<u>4%</u>	<u>30</u>
<u>calcita</u>	<u>12%</u>	<u>35</u>
<u>clorita</u>	<u>8%</u>	<u>15</u>
<u>apatito</u>	<u><1%</u>	<u>8</u>
<u>zircón</u>	<u><1%</u>	<u>5</u>

Observaciones Plagioclasas parcial y totalmente reemplazadas por clo-
rita; el piroxeno está parcialmente alterado por epidota; epidota en -
vetillas; alteración de las plagioclasas por calcita.

Alteraciones Cloritización, carbonatación.

Clasificación Roca ígnea skarnificada (Endoskarn)

HECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M
MEZCALA, GRO.

ANALISIS PETROGRAFICO

Muestra No. 101

Localidad Mezcala, Gro.

Descripción Megascópica:

N. 32 N 1125 E 1565.5

roca de color verde parduzco, de grano fino, -
xenomórfica con mucho granate, epidota, calcita, pirita clorita

Descripción Microscópica:

Textura: xenomórfica, granular; con vetillas de calcita

Mineralogía:

<u>Mineral</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Tamaño (micras)</u>
<u>granate</u>	<u>90%</u>	<u>masivo</u>
<u>calcita</u>	<u>3%</u>	<u>20</u>
<u>clorita</u>	<u>3%</u>	<u>25</u>
<u>epidota</u>	<u>2%</u>	<u>24</u>
<u>hedenbergita ?</u>	<u>1%</u>	<u>14</u>
<u>cuarzo</u>	<u>1%</u>	<u>5</u>
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>

Observaciones vetillas de calcita, clorita; calcita reemplazando a los
feldespatos observándose "fantasmas" de feldespatos

Alteraciones

Clasificación Skarn de Granate (endoskarn)

HECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M
MEZCALA, GRO.

ANALISIS PETROGRAFICO

Muestra No. 103

Localidad Mezcala, Gro.

N. 32 N 1156.5 E 1591.5

Descripción Megascópica:

roca gris con puntos blancos y negros; de textu-
ra fanerítica con cuarzo, plagioclasas y biotita.

Descripción Microscópica:

Textura: holocristalina, hipidiomórfica

Mineralogía:

<u>Mineral</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Tamaño (micras)</u>
<u>andesina_{An32}</u>	<u>53</u>	<u>1144</u>
<u>ortoclasa</u>	<u>7</u>	<u>195</u>
<u>cuarzo</u>	<u>12</u>	<u>208</u>
<u>biotita</u>	<u>17</u>	<u>604</u>
<u>augita</u>	<u>8</u>	<u>931</u>
<u>apatito</u>	<u>1</u>	<u>56</u>
<u>opacos</u>	<u>1</u>	
<u>clorita</u>		

Observaciones plagioclasas zonadas y en ocasiones parcialmente altera-
das; biotita alterando a clorita

Alteraciones _____

Clasificación Cuarzodiorita

HECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M
MEZCALA, GRO.

ANALISIS PETROGRAFICO

Muestra No. 106

Localidad Mezcala, Gro.

Descripción Megascópica:

N. Alianza 000 N 1165
E 1554

roca blanca de grano fino con vetillas de calcita
arcillas

Descripción Microscópica:

Textura: porfidoblástica masiva con vetillas de calcita

Mineralogía:

<u>Mineral</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Tamaño (micras)</u>
<u>carbonatos</u>	<u>80%</u>	<u>268</u>
<u>clorita</u>	<u>10%</u>	<u>182</u>
<u>sericita</u>	<u>5%</u>	<u>55</u>
<u>opacos</u>	<u>5%</u>	<u>105</u>
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>

Observaciones la calcita se presenta como una masa en la cual está la -
clorita fibrosa

Alteraciones

Clasificación Marmol

ANALISIS PETROGRAFICO

Muestra No. 117

Localidad Mezcala, Gro.

Descripción Megascópica:

N.Alianza 000 N1240.5
E1664

roca de color crema con textura porfídica, con
grandes cristales de plagioclasa, biotita;reemplazamiento selectivo de
los feldespatos por arcillas.

Descripción Microscópica:

Textura: porfídica con matriz de grano fino a medio; con fenocristales
de biotita y plagioclasa, cuarzo

Mineralogía:

<u>Mineral</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Tamaño (micras)</u>
<u>andesina_{An33}</u>	<u>56</u>	<u>fenocrist 113 matriz 3</u>
<u>cuarzo</u>	<u>15</u>	<u>fenocrist 39 matriz 3</u>
<u>biotita</u>	<u>8</u>	<u>91</u>
<u>apatito</u>	<u>2</u>	<u>7</u>
<u>epidota</u>	<u>6</u>	<u>11</u>
<u>clorita</u>	<u>5</u>	<u>3</u>
<u>sericita</u>	<u>3</u>	<u>submicroscópico</u>
<u>cuarzo (sec)</u>	<u>5</u>	<u>4</u>
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>

Observaciones plagioclasa parcial y totalmente reemplazadas; biotita -
cloritizada; hematita en los bordes de la biotita; "matriz" de cuarzo -
con plagioclasa y clorita, "islas" de epidota

Alteraciones Cloritización, Silicificación

Clasificación Cuarzodiorita alterada hidrotermalmente

DIRECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M
MEZCALA, GRO.

ANALISIS PETROGRAFICO

Muestra No. 119a

Localidad Mezcala, Gro

N. Alianza 000 N 1187
E 1726.5

Descripción Megascópica:

muestra verde de grano fino, con acumulaciones de grandes cristales de pirita, calcita, cuarzo, epidota(2); la pirita es abundante y tiene cristales de hasta 3 cms.; la calcita y el cuarzo están intercidos

Descripción Microscópica:

Textura: granoblástica, xenomórfica

Mineralogía:

<u>Mineral</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Tamaño (micras)</u>
<u>feldespatos alterados</u>	<u>5</u>	<u>480</u>
<u>cuarzo</u>	<u>15</u>	<u>392</u>
<u>esfena</u>	<u>1</u>	<u>34</u>
<u>calcita</u>	<u>35</u>	<u>1327</u>
<u>clorita</u>	<u>35</u>	
<u>opacos</u>	<u>10</u>	<u>1692</u>

Observaciones feldespatos alterados (reemplazados) parcial y totalmente por calcita; la roca está cloritizada; se presentan grandes cristales de calcita; clorita en agregados masivos.

Alteraciones Carbonatación, Cloritización

Clasificación Skarn de clorita y calcita (Endoskarn)

ANALISIS PETROGRAFICO

Muestra No. 123

Localidad Mezcala, Gro

Descripción Megascópica:

N. Alianza 000 N 1163
E 1749.5

roca blanca con fragmentos angulosos de cuarzo
y tonalita arcillosa y silicificada, dá el aspecto de estar brechada.

Descripción Microscópica:

Textura: grano fino, masiva, granos anhedrales y fragmentados con algunos cristales secundarios.

Mineralogía:

<u>Mineral</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Tamaño (micras)</u>
<u>cuarzo</u>	<u>65</u>	<u>4</u>
<u>clorita</u>	<u>5</u>	<u>35</u>
<u>opacos</u>	<u>5</u>	<u>7</u>
<u>apatito</u>	<u>1</u>	<u>14</u>
<u>calcita</u>	<u>10</u>	<u>17</u>
<u>clorita-sericita</u>	<u>15</u>	<u>2</u>
<u>_____</u>	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<u>_____</u>	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<u>_____</u>	<u>_____</u>	<u>_____</u>

Observaciones intercrecimiento de cuarzo con clorita en algunas partes
clorita en grandes cristales; calcita reemplazando faldespato.

Alteraciones Carbonatación, Cloritización, Silicificación

Clasificación Roca ignea alterada hidrotermalmente

LECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M
MEZCALA, GRO.

ANALISIS PETROGRAFICO

Muestra No. 124

Localidad Mezcala Gro.

N. Alianza 000 N 1162
E 1754.5

Descripción Megascópica:

roca blanca de aspecto tárreo- tiene feldes-
patos alterados, mena en vetillas, arcillas y está silicificada; porfidi-
ca debido probablemente a la alteración.

Descripción Microscópica:

Textura: ~~porfidica con una matriz de grano fino a medio con reemplazamien-~~
to de los fenocristales; vetillas de calcita

Mineralogía:

<u>Mineral</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Tamaño (micras)</u>
<u>matriz de qz, -plag</u>	<u>70</u>	<u>2-4</u>
<u>clorita</u>	<u>7</u>	<u>32</u>
<u>sericita</u>	<u>8</u>	<u>3</u>
<u>opacos</u>	<u>3</u>	<u>29</u>
<u>calcita</u>	<u>10</u>	<u>21</u>
<u>apatito</u>	<u>1</u>	<u>4</u>
<u>piroxeno</u>	<u>1</u>	<u>60</u>
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>

Observaciones "fantasmas" de piroxenos; clorita en la matriz y como cris-
tales; feldespatos alterados a sericita-clorita

Alteraciones Silicificación, Cloritización

Clasificación Roca ignea alterada hidrotermalmente

DIRECTOR HUBERTO DIAZ GARCIA
 PESIS PROFESIONAL U.N.A.M
 MEZCALA, GRO.

ANALISIS PETROGRAFICO

Muestra No. 127

Localidad Mezcala, Gro.

Descripción Megascópica:

N. Capire N 1228.5
E 1646.5

roca negra con bandas verdes; fanerítica con biotita, plagioclasas, epidota, piroxenos (?), cuarzo en vetas, pirita

Descripción Microscópica:

Textura: esta muestra tiene una parte fanerítica de grano grueso, hipidiomórfica; la otra parte es una veta de granate.

Mineralogía:

Mineral	Porcentaje	Tamaño (micras)
<u>andesina</u>	<u>45</u>	<u>650</u>
<u>cuarzo An 32</u>	<u>10</u>	<u>280</u>
<u>ortoclasa</u>	<u>5</u>	<u>211</u>
<u>biotita</u>	<u>10</u>	<u>266</u>
<u>hornblenda</u>	<u>10</u>	<u>814</u>
<u>apatito</u>	<u>2</u>	<u>15</u>
veta { <u>granate</u>		
<u>vesuvianita</u>		
<u>calcita</u>		
<u>secundarios</u>	<u>18</u>	<u>clorita, calcita, sericita</u>

Observaciones plagioclasas zonadas, alteración de biotita y hornblenda a clorita; en la parte de la veta hay "islas" de hornblenda y feldespato

Alteraciones Cloritización

Clasificación Cuarzodiorita con banda de endoskarn

HECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M
MEZCALA, GRO.

ANALISIS PETROGRAFICO

Muestra No. 132

Localidad Mezcala, Gro.
N. Capire N 1265 E 1703

Descripción Megascópica:

roca de color gris oscuro, textura fanerítica -
con plagioclasas, biotita, piroxenas (?), pirita, vetas de cuarzo

Descripción Microscópica:

Textura: holocristalina hipidiomórfica

Mineralogía:

<u>Mineral</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Tamaño (micras)</u>
<u>andesina An42</u>	<u>59</u>	<u>1268</u>
<u>cuarzo</u>	<u>10</u>	<u>247</u>
<u>hornblenda</u>	<u>23</u>	<u>570</u>
<u>biotita</u>	<u>4</u>	<u>240</u>
<u>augita</u>	<u>1</u>	<u>275</u>
<u>apatito</u>	<u>1</u>	<u>45</u>
<u>esfena</u>	<u>1</u>	<u>32</u>
<u>zircón</u>	<u>1</u>	<u>20</u>
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>

Observaciones clorita y sericita como minerales secundarios; plagiocla-
sas zonadas; hornblenda encerrando feldespato

Alteraciones

Clasificación Cuarzodiorita

RECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M
MEZCALA, GRO.

ANALISIS PETROGRAFICO

Muestra No. 140

Localidad Mezcala, Gro.

Descripción Megascópica:

N. 22 N 1165 E 1625

roca de color gris verdosa de textura fanerítica
con numerosas vetillas de skarn: tiene plagioclasas, cuarzo, biotita, la
plagioclasa se presenta en cristales grandes.

Descripción Microscópica:

Textura: hipidiomórfica granular, con grandes cristales de plagioclasa

Mineralogía:

<u>Mineral</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Tamaño (micras)</u>
<u>andesina, An 32</u>	<u>55</u>	<u>1572</u>
<u>ortoclasa</u>	<u>2</u>	<u>698</u>
<u>cuarzo</u>	<u>10</u>	<u>205</u>
<u>biotita, apatito, zircón</u>	<u>3</u>	<u>84,92</u>
<u>epidota</u>	<u>9</u>	<u>1744</u>
<u>clorita</u>	<u>2</u>	<u>477</u>
<u>calcita</u>	<u>5</u>	<u>344</u>
<u>sericita</u>	<u>5</u>	
<u>piroxenos alterados</u>	<u>8</u>	<u>411</u>

Observaciones plagioclasas zonadas, feldespatos alterados - a arcillas
piroxenas alteradas; epidota en grandes cristales

Alteraciones Carbonatación Epidotización

Clasificación Tonalita parcialmente skarnificada

ANALISIS PETROGRAFICO

Muestra No. 149

Localidad Mezcala, Gro.
N. 21 N 1058.5 E 1535.5

Descripción Megascópica:

roca gris claro con puntos negros, de textura -
porfídica con biotita y feldespatos alterados.

Descripción Microscópica:

Textura: porfídica, holocristalina

Mineralogía:

<u>Mineral</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Tamaño (micras)</u>
<u>matriz de qz. y plagioclasa</u>	<u>70</u>	<u>33</u>
<u>biotita</u>	<u>5</u>	<u>413</u>
<u>piroxenos alterados</u>	<u>1</u>	<u>384</u>
<u>apatito, zircón</u>	<u>1</u>	<u>104, 70</u>
<u>opacos</u>	<u>1</u>	
<u>calcita</u>	<u>3</u>	<u>377</u>
<u>clorita</u>	<u>14</u>	<u>255</u>
<u>sericita</u>	<u>5</u>	<u>25</u>

Observaciones plagioclasa y biotita alterada a sericita , arcillas y -
clorita respectivamente, piroxenos alterados a clorita; la roca es seme-
jante a la alteración observada en HD 117

Alteraciones Silicificación, Cloritización

Clasificación Roca ignea alterada hidrotermalmente

APENDICE MINERAGRAFICO

LECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M.
MEZCALA, GRO.

ANALISIS MINERAGRAFICO

Muestra No. 12 A

Localización: Mezcala, Gro. N. Capire

A) Clasificación Mineralógica

Minerales esenciales (más de 10%): Magnetita, Hematita, Goethita,
Mins. Transparentes

Minerales accesorios (entre 1% y 10%): Pirita

Minerales accidentales (menos de 1%): _____

B) Clasificación genética

Minerales ascendentes: _____

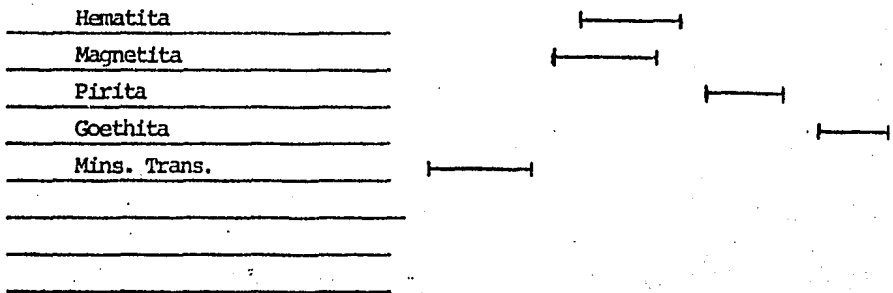
Minerales descendentes: _____

C) Descripción: La pirita está alterada a goethita, conservando su forma origi -
nal, ya que se ven "cubos" de goethita, también muestra la textura de "islas en mar"
dentro de la goethita, los restos de la pirita son xenomórficos y de tamaño varia -
ble de 4 a 40 micras; la goethita alcanza tamaños hasta de 180 micras.

La magnetita está xenomórfica con tamaños diferentes que van desde 4 hasta 180
micras pero predominan los granos de menor tamaño, también está alterada a goethita
y también está en hábito tabular radial. Hematita xenomórfica con tamaños símila -
res a la magnetita, en algunas partes predominan los tamaños pequeños y en otras -
los mayores. La hematita está más alterada a goethita que la magnetita. La hematita
es más abundante que la magnetita.

La muestra está dividida en 2 partes, ganga y magnetita-hematita, la pirita es -
tá localizada en el contacto y en la ganga.

D) Diagrama paragenético



E) Observaciones

Geológicas: _____

Metalúrgicas: _____

México, D.F., a _____ de _____ de 193__

LECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M.
MEZCALA, GRO.

ANALISIS MINERAGRAFICO

Muestra No. 15

Localización: Mezcala, Gro. N. Capire
N 1013 E 1533.5

A) Clasificación Mineralógica

Minerales esenciales (más de 10%): Goethita, Magnetita, Hematita.

Minerales accesorios (entre 1% y 10%): _____

Minerales accidentales (menos de 1%): Pirita.

B) Clasificación genética

Minerales ascendentes: _____

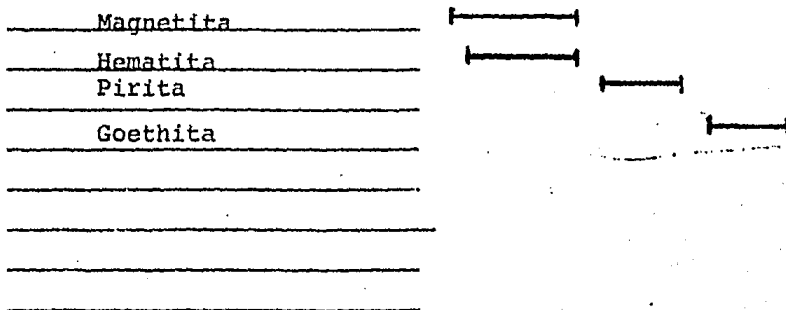
Minerales descendentes: _____

C) Descripción: La magnetita está alterada a Goethita en la mayor parte de la superficie; se presenta en granos muy pequeños de 2 a 10 micras, tambien hay grandes granos "subédrales" que van de 90 micras a acumulaciones de hasta 720 micras

La magnetita y la goethita están formando una estructura "arborescente", pirita en granos xenomorficos de 8 micras dentro de la goethita.

Hematita muy alterada a goethita con habito radial, con tamaños de 1 a 20 micras predominando los valores pequeños.

D) Diagrama paragenético



E) Observaciones

Geológicas: _____

Metalúrgicas: _____

México, D.F., a _____ de _____ de 193_____

LECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M.
MEZCALA, GRO.

ANALISIS MINERAGRAFICO

Muestra No. 17

Localización: Mezcala, Gro. N. Capire
N 1007.5 E 1502.5

A) Clasificación Mineralógica

Minerales esenciales (más de 10%): Hematita, Goethita, Min. Transparentes.

Minerales accesorios (entre 1% y 10%): _____

Minerales accidentales (menos de 1%): Oro

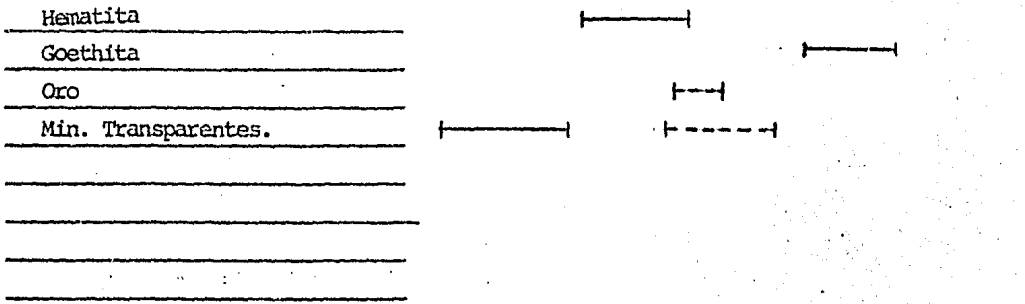
B) Clasificación genética

Minerales ascendentes: _____

Minerales descendentes: _____

C) Descripción: Oro en granos alargados xenomorfo de 50 a 60 micras. La Hematita es masiva con acumulaciones de granos de diferentes magnitudes que van desde 100 hasta 1200 micras, presenta una textura colofome en algunos lados y está altera a goethita. Goethita en forma irregular, masiva y con una textura colofome, elongada de 390 micras; Hematita en forma colofome (secundaria), globular de 50 a 140 micras. En esta muestra es donde se ha visto mayor cantidad de oro, el oro está principalmente dentro de los minerales transparentes.

D) Diagrama paragenético



E) Observaciones

Geológicas: _____

Metalúrgicas: _____

México, D.F., a _____ de _____ de 193__

LECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M.
MEZCALA, GRO.

ANALISIS MINERAGRAFICO

Muestra No. 35

Localización: Mezcala, Gro. N. Capire.
N 1033 E 1480

A) Clasificación Mineralógica

Minerales esenciales (más de 10%): Hematita, Min. Transparentes

Minerales accesorios (entre 1% y 10%): _____

Minerales accidentales (menos de 1%): Oro Nativo.

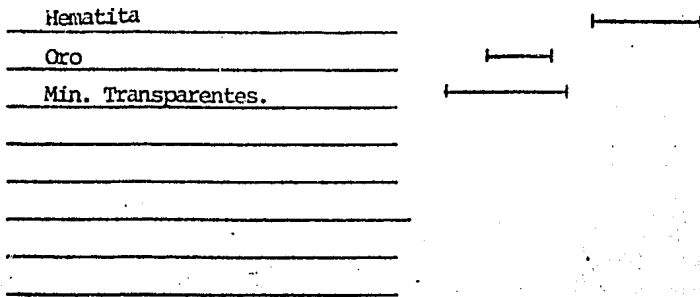
B) Clasificación genética

Minerales ascendentes: _____

Minerales descendentes: _____

C) Descripción: Hematita reemplazando Min. Transparentes, están como granos y -
agregados xenomorficos, su tamaño es muy variable, desde 6 hasta 250 micras. El -
oro está en pequeños granos xenomorficos alargados de 7 a 10 micras. La Hematita está
en los contornos de los granos de los minerales transparentes. El oro está en los
Min. transparentes.

D) Diagrama paragenético



E) Observaciones

Geológicas:

Metalúrgicas:

México, D.F., a _____ de _____ de 193__

LECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M.
MEZCALA, GRO.

ANALISIS MINERAGRAFICO

Muestra No. 41

Localización: Mezcala, Gro. N. Capire
N 1055.5 E 1537.5

A) Clasificación Mineralógica

Minerales esenciales (más de 10%): Hematita,

Minerales accesorios (entre 1% y 10%): Min. transparentes

Minerales accidentales (menos de 1%): Oro.

B) Clasificación genética

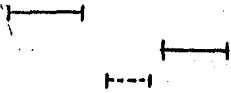
Minerales ascendentes: _____

Minerales descendentes: _____

C) Descripción: Hematita mostrando textura colofome. Los minerales transparentes en ocasiones estan en la parte central de la Hematita semejando junto con la Hematita la textura de bandas. Oro en granos xenomorficos de tamaño máximo de 7 micras y el mas chico de 0.5 micras, está dentro de la Hematita y en ocasiones está formando pequeñas acumulaciones.

D) Diagrama paragenético

Mins. Trans.
Hematita
Oro



E) Observaciones

Geológicas:

Metalúrgicas:

México, D.F., a _____ de _____ de 193 _____

LECTOR HUBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M.
MEZCALA, GRO.

ANALISIS MINERAGRAFICO

Muestra No. 71

Localización: Mezcala, Gro. N. 32

A) Clasificación Mineralógica

Minerales esenciales (más de 10%): Magnetita, Hematita, Goethita

Minerales accesorios (entre 1% y 10%): Maghemita y Mins. Trans.

Minerales accidentales (menos de 1%): _____

B) Clasificación genética

Minerales ascendentes: _____

Minerales descendentes: _____

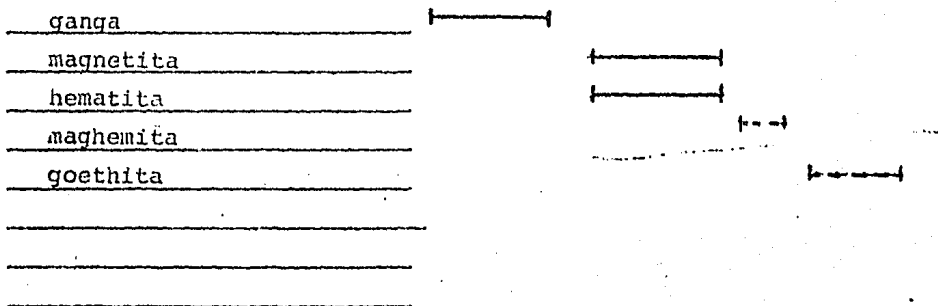
C) Descripción: Magnetita en general, masiva y en ocasiones en cristales idiomórficos tabulares de 18- 108 micras; está en forma de islas dentro de la goethita.

La Hematita se presenta masiva y mezclada con magnetita y en forma tabular

La Maghemita está relacionada con la magnetita, está en los bordes de ésta y - en forma masiva.

Los minerales transparentes están rodeados por magnetita y hematita y está en forma de islas.

D) Diagrama paragenético



E) Observaciones

Geológicas: _____

Metalúrgicas: _____

México, D.F., a _____ de _____ de 193 _____

LECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.S.A.M.
MEZCALA, GRO.

ANALISIS MINERAGRAFICO

Muestra No. 76

Localización: Mezcala, Gro. N. 32
N 1094 E 1544

A) Clasificación Mineralógica

Minerales esenciales (más de 10%): Magnetita, Hematita.

Minerales accesorios (entre 1% y 10%): Min. transparentes.

Minerales accidentales (menos de 1%): Oro (?), Esfalerita, Pirita

B) Clasificación genética

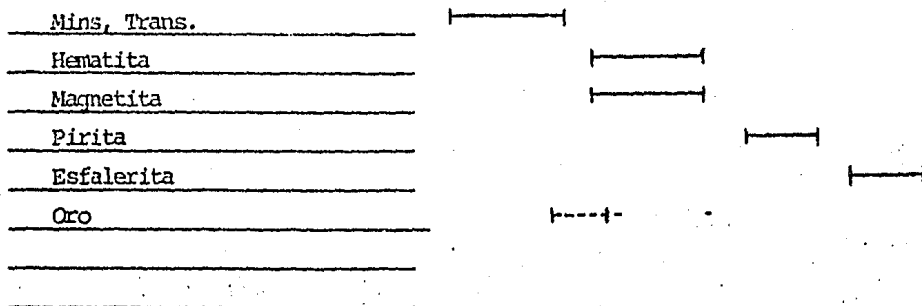
Minerales ascendentes: _____

Minerales descendentes: _____

C) Descripción: Magnetita y Hematita masiva y ocasionalmente se presentan en fenocristales de 786 micras, también algunos granos de esfalerita presentan la textura colofome de bandeamiento de difusión (difusión banding), en su interior tiene pirita de 1 a 7.8 micras, los granos de Pirita están como núcleos a partir de los cuales se depositó la esfalerita, los sulfuros están emplazados en fracturas de la Magnetita y de la Hematita. El oro (?) está en granos xenomorficos de 1 a 2 micras dentro de los minerales transparentes.

Los minerales transparentes están reemplazados por la magnetita y hematita.

D) Diagrama paragenético



E) Observaciones

Geológicas: _____

Metalúrgicas: _____

México, D.F., a _____ de _____ de 193__

LECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M.
MEZCALA, GRO.

ANALISIS MINERAGRAFICO

Muestra No. 78

Localización: Mezcala, Gro. N. 32
N 1015 E 1522

A) Clasificación Mineralógica

Minerales esenciales (más de 10%): Hematita, Goethita y Min. transpa--
rentes

Minerales accesorios (entre 1% y 10%): _____

Minerales accidentales (menos de 1%): Oro

B) Clasificación genética

Minerales ascendentes: _____

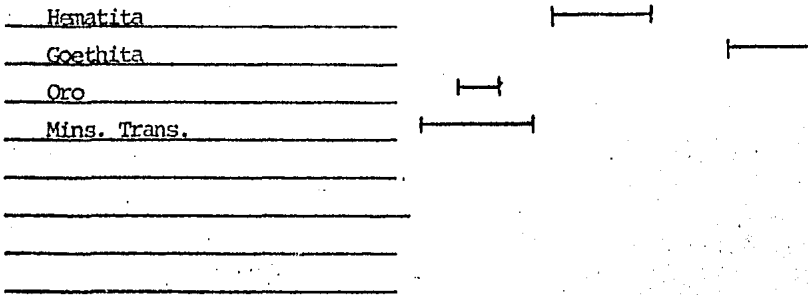
Minerales descendentes: _____

C) Descripción: Hematita alterada a goethita, está en granos xenomorficos con --
tamaños de 5 a 60 micras y en ocasiones se presentan grandes granos de hasta 480 mi
cras.

El oro se encuentra en granos xenomorficos alargados de hasta 19.5 micras, es-
tá dentro de los minerales transparentes en la zona de hematita con minerales trans
parentes (se observan dos partes en la muestra, una de minerales transparentes con
mineralización y otra de min. transparentes unicamente).

La goethita sigue la forma de la hematita

D) Diagrama paragenético



E) Observaciones

Geológicas: _____

Metalúrgicas: _____

México, D.F., a _____ de _____ de 195__

RECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M.
MEZCALA, GRO.

ANALISIS MINERAGRAFICO

Muestra No. 80 A

Localización: Mezcala, Gro. N. 32

N 1005.5 E 1512.5

A) Clasificación Mineralógica

Minerales esenciales (más de 10%): Magnetita, hematita, maghemita, —
Min. transparentes.

Minerales accesorios (entre 1% y 10%): _____

Minerales accidentales (menos de 1%): Goethita

B) Clasificación genética

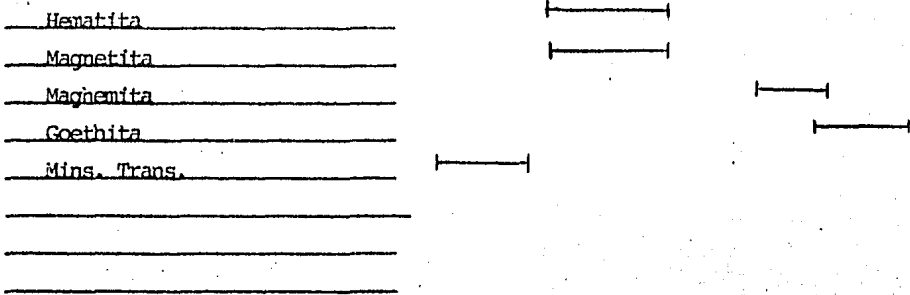
Minerales ascendentes: _____

Minerales descendentes: _____

C) Descripción: Magnetita en agregados masivos y granos xenomorficos, también —
muestra arreglo radial pero se encuentra alterada, su tamaño varia de 150 a 2050 mi-
cras correspondiendo los tamaños mayores a los agregados. La hematita se presenta
mezclada con la magnetita y presenta forma y tamaño similares.

La maghemita se presenta como alteración de la magnetita. La goethita está —
masiva y con un tamaño aproximado de 250 micras, está como alteración de la hemati-
ta.

D) Diagrama paragenético



E) Observaciones

Geológicas: _____

Metalúrgicas: _____

México, D.F., a _____ de _____ de 193__

LECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M.
MEZCALA, GRO.

ANALISIS MINERAGRAFICO

Muestra No. 81

Localización: Mezcala, Gro. N. 32
N 991 E 1517.5

A) Clasificación Mineralógica

Minerales esenciales (más de 10%): Magnetita, Min. transparentes.

Minerales accesorios (entre 1% y 10%): Goethita

Minerales accidentales (menos de 1%): Pirita, Esfalerita.

B) Clasificación genética

Minerales ascendentes: _____

Minerales descendentes: _____

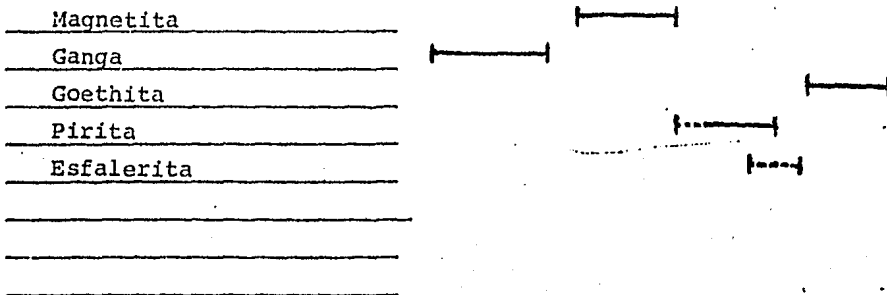
C) Descripción: Magnetita en forma idiomorfica tabular a xenomorfica con un rango de tamaño de 18 a 400 micras predominando los valores intermedios.

La pirita está en granos xenomorficos alargados de 1 a 20 micras y se encuentra dentro de los Min. transparentes y en contacto con la magnetita.

La esfalerita está en forma de vetillas dentro de los min. transparentes (estas vetillas rodean a los granos de magnetita y también sigue los contactos intergranulares de los min. transparentes).

La goethita es un producto de la alteración de la magnetita.

D) Diagrama paragenético



E) Observaciones

Geológicas: _____

Metalúrgicas: _____

México, D.F., a _____ de _____ de 193__

ANALISIS MINERAGRAFICO

Muestra No. 90

Localización: Mezcala, Gro. N. 32
N 1294.5 E 1690.5

A) Clasificación Mineralógica

Minerales esenciales (más de 10%): Magnetita, Hematita, Goethita, Min.
transparentes

Minerales accesorios (entre 1% y 10%): Pirita

Minerales accidentales (menos de 1%): Calcopirita, Covelita.

B) Clasificación genética

Minerales ascendentes: _____

Minerales descendentes: _____

C) Descripción: La magnetita y hematita se presentan en forma masiva y con tex-
tura de escarapel con los minerales transparentes, la hematita en algunos lados pre-
senta textura colofome (secundario?).

Pirita en granos xenomorficos con tamaños de 12 a 180 micras, predominando los
tamaños pequeños, está localizada dentro de la magnetita masiva y dentro de la hema-
tita pero también está dentro de los min. transparentes.

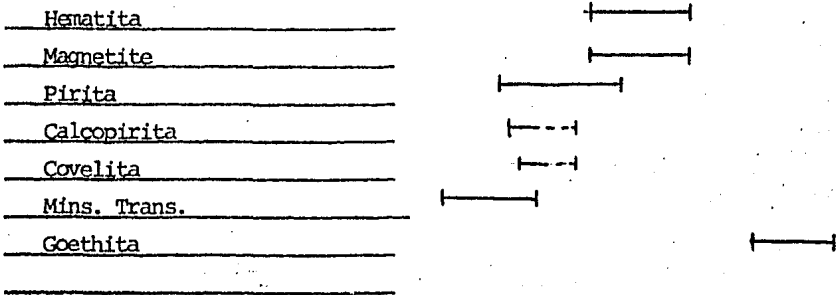
La calcopirita presenta granos en formas cuadradas con un tamaño aproximado de
20 micras, está dentro de los minerales transparentes.

La covelita está dentro de los min. transparentes, es de forma xenomorfica con
un tamaño de 6 s 20 micras.

La goethita está como alteración de la magnetita y de la hematita.

La magnetita está reemplazando a los Min. transparentes.

D) Diagrama paragenético



E) Observaciones

Geológicas:

Metalúrgicas:

México, D.F., a _____ de _____ de 193__

LECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M.
MEZCALA, GRO.

ANALISIS MINERAGRAFICO

Muestra No. 109 B

Localización: Mezcala, Gro. N. Alianza 000

N 1188 E 1604.5

A) Clasificación Mineralógica

Minerales esenciales (más de 10%): Magnetita, Min. transparentes

Minerales accesorios (entre 1% y 10%): Hematita

Minerales accidentales (menos de 1%): Oro, Pirita

B) Clasificación genética

Minerales ascendentes: _____

Minerales descendentes: _____

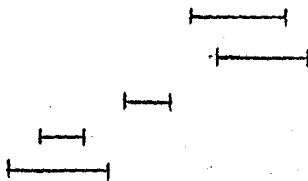
C) Descripción: La magnetita se presenta xenomorfica con tamaños de 6-240 micras, predominando los valores pequeños y en ocasiones presenta la disposición (en capas). La hematita está rodeando a la magnetita y ésta está rodeando a los min. transparentes. La hematita se encuentra en forma similar a la magnetita. La magnetita y la hematita se encuentra reemplazando a los min. transparentes a lo largo de sus contornos ("textura skeleton") y estan mostrando las texturas de "islas en mar" (islas de min. transparentes en mar de mineralización), también existe una pequeña porción de finas vetillas entrelazadas (textura de escarapel).

El oro es de forma xenomorfica con tamaños de 1-2 micras, está dentro de los minerales transparentes.

La pirita está como granos xenomorficos con un tamaño de 2-12 micras, está dentro de la hematita y también hay partes donde la pirita está rodeada de hematita.

D) Diagrama paragenético

_____ Magnetita
_____ Hematita
_____ Pirita
_____ Oro
_____ Mins. Trans.



E) Observaciones

Geológicas: _____

Metalúrgicas: _____

México, D.F., a _____ de _____ de 193 _____

LECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M.
MEZCALA, GRO.

ANALISIS MINERAGRAFICO

Muestra No. 110

Localización: Mezcala, Gro. N. Alianza 000
N 1207.5 E 1619.5

A) Clasificación Mineralógica

Minerales esenciales (más de 10%): Magnetita, Minerales Transparentes,
Hematita

Minerales accesorios (entre 1% y 10%): Maghemita

Minerales accidentales (menos de 1%): _____

B) Clasificación genética

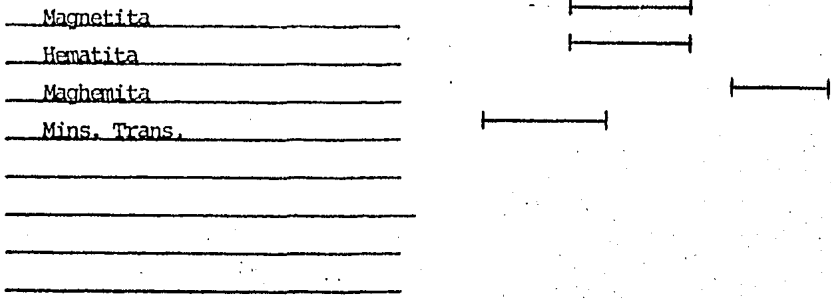
Minerales ascendentes: _____

Minerales descendentes: _____

C) Descripción: La magnetita se ve en granos xenomórficos y en agregados, los granos son de tamaño variable desde 20-60 micras; los agregados van desde 700-950 micras. La magnetita tiene a la maghemita siguiendo las líneas de crucero (se ven formas triangulares) la maghemita está como granos tamaños xenomórficos de 5-100 micras, - predominando los tamaños pequeños, se ven contactos un poco engolfados entre magnetita y maghemita.

La hematita está como granos idiomórficos tabulares, xenomórficos, con tamaños de 2 a 20 micras, está dentro de los minerales transparentes sola mezclada con la magnetita. La hematita predomina sobre la magnetita.

D) Diagrama paragenético



E) Observaciones

Geológicas: _____

Metalúrgicas: _____

México, D.F., a _____ de _____ de 193__

SECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M.
MEZCALA, GRO.

ANALISIS MINERAGRAFICO

Muestra No. 112

Localización: Mezcala, Gro. N. Alianza 000

N 1193 E 1649

A) Clasificación Mineralógica

Minerales esenciales (más de 10%): Magnetita

Minerales accesorios (entre 1% y 10%): Calcopirita, Pirita, Covelita

Minerales transparentes _____

Minerales accidentales (menos de 1%): Esfalerita

B) Clasificación genética

Minerales ascendentes: _____

Minerales descendentes: _____

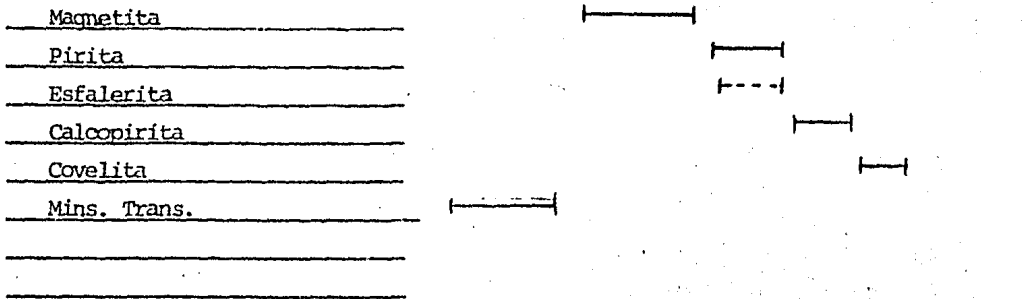
C) Descripción: Magnetita en tamaños de 90-660 micras, en granos xenomórficos, - los granos de mayor tamaño son más frecuentes. Calcopirita rodeada comúnmente de Covelita en forma de franjas de 10-40 micras y en algunas partes hay islas de calcopirita en la covelita; su tamaño varía de 10-510 micras, los granos de 100-510 micras están más frecuentemente rodeados de covelita. La covelita también está rodeando a la pirita en forma de franjas de diferentes magnitudes de 12-40 micras; también está en forma masiva de 100-300 micras.

La pirita está en grandes cristales escasamente desarrollados y en forma xenomórfica, su tamaño es de 330-840 micras, muestra intercrecimientos con la esfalerita, está siendo reemplazada por covelita (textura de contactos engolfados).

Los minerales transparentes muestran en ocasiones franjas de covelita.

Los sulfuros están dentro de "huecos" de la magnetita.

D) Diagrama paragenético



E) Observaciones

Geológicas: _____

Metalúrgicas: _____

México, D.F., a _____ de _____ de 193__

RECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M.
MEZCALA, GRO.

ANALISIS MINERAGRAFICO

Muestra No. 113

Localización: Mezcala, Gro. N. Alianza 000
N 1223.5 E 1628.5

A) Clasificación Mineralógica

Minerales esenciales (más de 10%): Hematita, Magnetita y Minerales -
Transparentes

Minerales accesorios (entre 1% y 10%): Magnetita

Minerales accidentales (menos de 1%): Digenita

B) Clasificación genética

Minerales ascendentes: _____

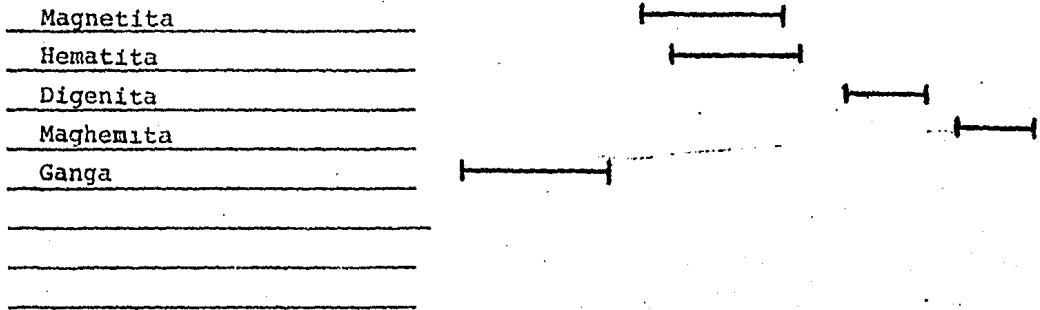
Minerales descendentes: _____

C) Descripción: La magnetita y la hematita se presentan intercrecidas en forma
masiva y en ocasiones muestran formas tabulares, es notoria la mayor cantidad de He-
matita. La hematita-magnetita esta alterada y es atravesada por minerales transpa-
rentes, que es posterior

La digenita está entre los "huecos" de los minerales de Fe.

En ocasiones la magnetita se presenta en granos xenomórficos de tamaños varia-
dos

D) Diagrama paragenético



E) Observaciones

Geológicas: _____

Metalúrgicas: _____

México, D.F., a _____ de _____ de 193__

RECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M.
MEZCALA, GRO.

ANALISIS MINERAGRAFICO

Muestra No. 121

Localización: Mezcala, Gro. N. Alianza 000

N 1168 E 1744

A) Clasificación Mineralógica

Minerales esenciales (más de 10%): Pirita, Minerales Transparentes

Minerales accesorios (entre 1% y 10%): Esfalerita

Minerales accidentales (menos de 1%): Calcopirita y Galena

B) Clasificación genética

Minerales ascendentes: _____

Minerales descendentes: _____

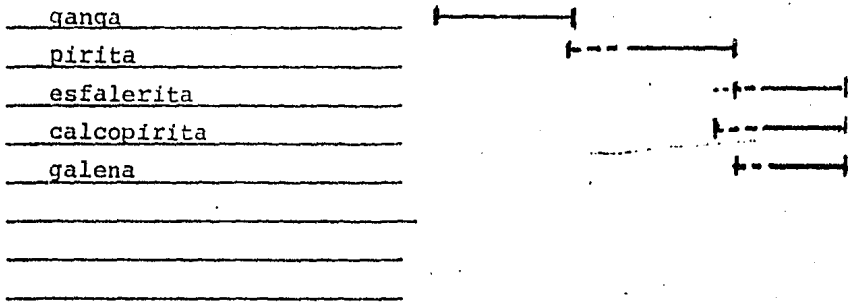
C) Descripción: La pirita se presenta en cristales idiomórficos y en agregados-xenomórficos de diferentes tamaños, de 30-300 micras predominando los tamaños medianos y gruesos. Los agregados son de aproximadamente 1700 micras, presenta crecimiento zonal (?) y en ocasiones está intercrecida con los minerales transparentes ó está reemplazandolos (islas de minerales transparentes en mar de pirita).

La esfalerita se presenta casi siempre con la pirita ocasionalmente se encuentra liberada de ésta, es de grano fino 2-20 micras.

La galena es escasa y está en contacto con la pirita, es xenomórfica con tamaños de 2-10 micras. La galena y esfalerita se presentan también intercrecidas con pirita.

La calcopirita es xenomórfica de 2-10 micras, está en contacto con la pirita y como exsoluciones.

D) Diagrama paragenético



E) Observaciones

Geológicas: _____

Metalúrgicas: _____

México, D.F., a _____ de _____ de 198__

SECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M.
MEZCALA, GRO.

ANALISIS MINERAGRAFICO

Muestra No. 129

Localización: MezcalaGro. N. Capire

N 1226 E 1667

A) Clasificación Mineralógica

Minerales esenciales (más de 10%): magnetita, ganga

Minerales accesorios (entre 1% y 10%): calcopirita, covelita, maghemita

Minerales accidentales (menos de 1%): _____

B) Clasificación genética

Minerales ascendentes: _____

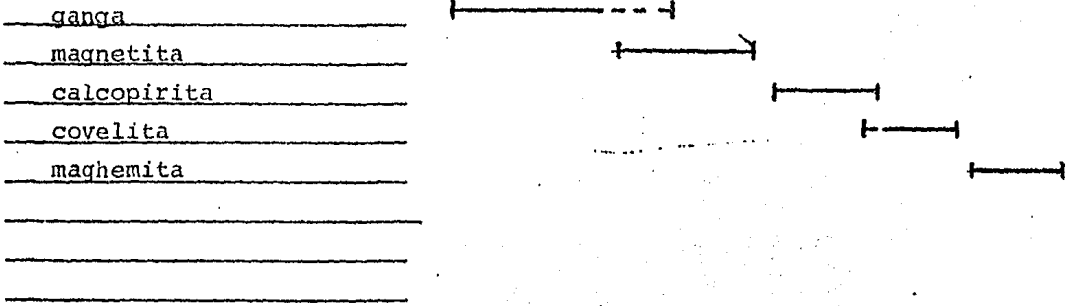
Minerales descendentes: _____

C) Descripción: Magnetita, xenomórfica, en general de grano grueso, varía de 6-912 micras está fracturada en toda la muestra por lo que se le ven bordes carcomidos. Se definen 2 direcciones de microfracturamiento con un ángulo entre sí de 50°. Magnetita y ganga mostrando - textura stockwork.

Calcopirita es escasa y en granos xenomórficos con tamaños de 12-60 - micras y se encuentra incluida en la ganga (se encuentran islas de ganga dentro de la calcopirita).

Covelita está en granos xenomórficos en la ganga, tamaños de 19.5-54.6 micras está llenando huecos y en medio de la magnetita.

D) Diagrama paragenético



E) Observaciones

Geológicas: _____

Metalúrgicas: _____

México, D.F., a _____ de _____ de 193_____

LECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M.
MEZCALA, GRO.

ANALISIS MINERAGRAFICO

Muestra No. 152

Localización: Mezcala, Gro. N. 21
N 1255 E 1670.5

A) Clasificación Mineralógica

Minerales esenciales (más de 10%): Minerales Transparentes

Minerales accesorios (entre 1% y 10%): Magnetita y Hematita

Minerales accidentales (menos de 1%): Goethita

B) Clasificación genética

Minerales ascendentes: _____

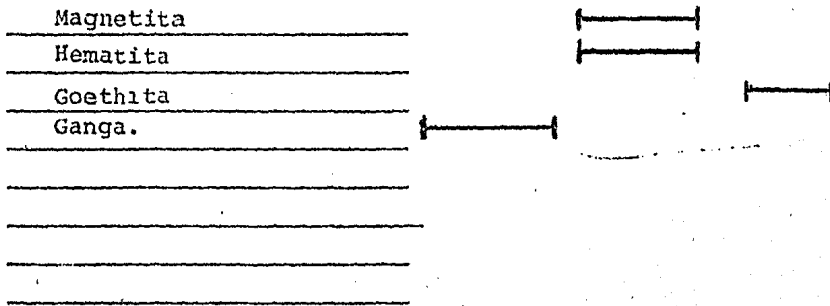
Minerales descendentes: _____

C) Descripción: La hematita y la magnetita se presentan en forma masiva, xenomor-
fica. La hematita presenta numerosas escamas ("escamas" es la típica gemelación de
la hematita -Microscale Twinning-). La magnetita está alterada a goethita. La magne-
tita y la hematita están mezcladas

Se distinguen 2 tipos de minerales transparentes: -

La magnetita también está en forma de granos xenomórficos con un tamaño de 6 a
94 micras.

D) Diagrama paragenético



E) Observaciones

Geológicas: _____

Metalúrgicas: _____

México, D.F., a _____ de _____ de 193 _____

LECTOR HUBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M.
MEZCALA, GRO.

ANALISIS MINERAGRAFICO

Muestra No. 153

Localización: Mezcala, Gro. N. 21
N 1289 E 1692

A) Clasificación Mineralógica

Minerales esenciales (más de 10%): Covelita, Pirita, Digenita

Minerales accesorios (entre 1% y 10%): Minerales Transparentes, Galena

Minerales accidentales (menos de 1%): _____

B) Clasificación genética

Minerales ascendentes: _____

Minerales descendentes: _____

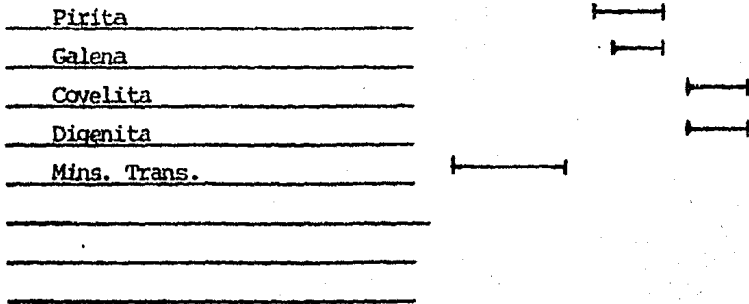
C) Descripción: Los minerales transparentes están brechados, formados por numerosos fragmentos de 6-390 micras, se presentan xenomórficos y en ocasiones idiomórficos tabulares.

La covelita y digenita están intercrecidos en forma masiva xenomórfica y se encuentran en "fracturas" dentro de la pirita y también la reemplazan, mostrando texturas de islas en mar y contactos engolfados. La covelita está rodeando a la ganqa (minerales transparentes), la digenita es masiva, xenomórfica.

La galena está junto con la pirita y está como islas dentro de la covelita presentando bordes difusos, se presenta comúnmente bien desarrollada y con tamaños de 12-30 micras.

La pirita se presenta masiva xenomórfica y casi en toda la sección está rodeada de covelita y digenita (contactos engolfados)

D) Diagrama paragenético



E) Observaciones

Geológicas: _____

Metalúrgicas: _____

México, D.F., a _____ de _____ de 193 _____

LECTOR HUMBERTO DIAZ GARCIA
TESIS PROFESIONAL U.N.A.M.
MEZCALA, GRO.

ANALISIS MINERAGRAFICO

Muestra No. 158

Localización: Mezcala, Gro. N. 21
N 1220 E 1669.5

A) Clasificación Mineralógica

Minerales esenciales (más de 10%): Magnetita, Minerales Transparentes

Minerales accesorios (entre 1% y 10%): Calcopirita, Hematita, Pirita
Maghemita

Minerales accidentales (menos de 1%): Esfalerita y Covelita

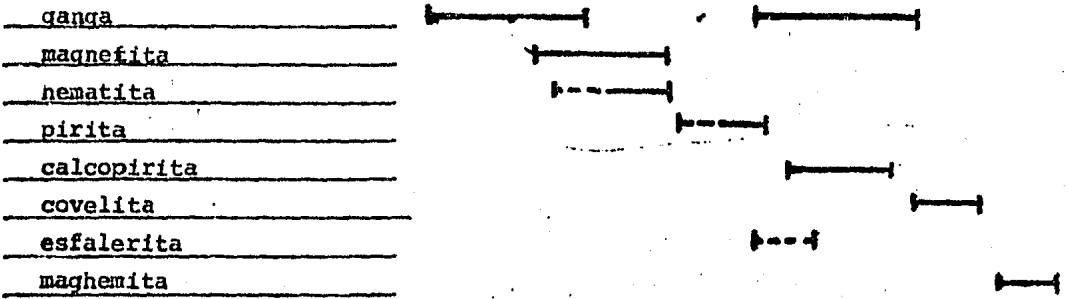
B) Clasificación genética

Minerales ascendentes: _____

Minerales descendentes: _____

C) Descripción: Calcopirita, en forma masiva xenomórfica y en granos pequeños de 6 micras y grandes de 100-120 micras predominando los valores pequeños; está con exsoluciones de esfalerita y en "huecos" dentro de la pirita. Pirita, está en "huecos" de la magnetita y en fracturas de los minerales transparentes; está formando un cristal de 720 micras y en una zona da la apariencia de estar mezclada con la magnetita. La hematita y la magnetita se presentan en forma masiva xenomórfica. Esfalerita, en ocasiones asociada con la pirita, es xenomórfica y de 4-20 micras. Covelita es xenomórfica y de tamaño pequeño. Maghemita, se presenta como alteración de la magnetita. Minerales Transparentes, se observan 2 tipos, minerales transparentes que se depositaron con la mineralización y minerales transparentes que cortan a la mineralización en forma de vetas

D) Diagrama paragenético



E) Observaciones

Geológicas: _____

Metalúrgicas: _____

México, D.F., a _____ de _____ de 193__

APENDICE DE DIFRACCION DE RAYOS X

DETERMINACION MINERALOGICA POR DIFRACCION DE RAYOS X
DE LA MUESTRA HD 75

En el difractograma obtenido de esta muestra se identificaron las -
especies minerales que a continuación se anotan:

<u>Proporción Estimada</u>	<u>Especie Mineral</u>
de mayor a mediana	Caolin
de mediana a mayor	Feldspatos
menor	Montmorillonita, cuarzo (?), diópsida

DE LA MUESTRA HD 34

<u>Proporción Estimada</u>	<u>Especie Mineral</u>
mayor	Clorita
mediana	Talco y mica

DETERMINACION MINERALOGICA POR DIFRACCION DE RAYOS X
DE LA MUESTRA HD 59

En el difractograma obtenido de esta muestra se identificaron las -
especies minerales que a continuación se anotan:

<u>Proporción Estimada</u>	<u>Especie Mineral</u>
de mayor a mediana	Cuarzo
mediana	Feldespatos, mica
de mediana a menor	Montmorillonita
menor	Caolin y calcita
de menor a pequeña	Anfibola (?)

DE LA MUESTRA HD 171

<u>Proporción Estimada</u>	<u>Especie Mineral</u>
principal constituyente	Halloysita

DETERMINACION MINERALOGICA POR DIFRACCION DE RAYOS X
DE LA MUESTRA HD 88

<u>Proporción Estimada</u>	<u>Especie Mineral</u>
mayor	Cuarzo
de mayor a mediana	Feldespatos
mediana	Montmorillonita
de mediana a menor	Caolin
menor	Calcita
de menor a pequeña	Anfibola (?)
pequeña	Mica

DETERMINACION MINERALOGICA POR DIFRACCION DE RAYOS X

DE LA MUESTRA HD 163

En el difractograma obtenido de esta muestra se identificaron las -
especies minerales que a continuación se anotan:

<u>Proporción Estimada</u>	<u>Especie Mineral</u>
mayor	Clorita
menor	Yeso y cuarzo

DE LA MUESTRA HD 168







<u>Proporción Estimada</u>	<u>Especie Mineral</u>
de mayor a mediana	Hematita
de menor a pequeña	Cuarzo

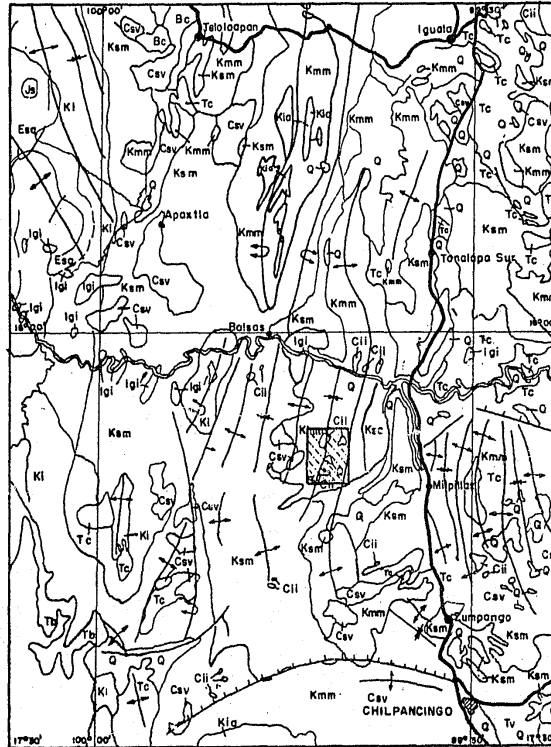
LEYENDA

ROCAS SEDIMENTARIAS	
CUATERNARIO	Q Aluvion
TERCIARIO	Tc Fm. Balsas, Fm. Cuernavaca
CRETACICO SUPERIOR	Ksm Fm. Mexcala
CRETACICO MEDIO	Ksc Fm. Cuautla
CRETACICO INFERIOR	Kmm Fm. Morelos
	Kia Fm. Acahulzotla
	Ki Indiferenciado
	Js Indiferenciado

ROCAS EXTRUSIVAS	
CENOZOICO	Csv C. Superior Volcanico
TERCIARIO	Tb Tobas, Ignimbritas, cenizas
	Tv Dacitas, andesitas, tobas

ROCAS INTRUSIVAS	
CENOZOICO	Ci, Cii Granitos, manzanitas
	Igi Tonalita, piroxenita

	Contacto litologico
	Anticlinal
	" recastado
	Sinclinal
	Falla
	Poblado
	Carretera pavimentada
	Zona que comprende al lugar de trabajo

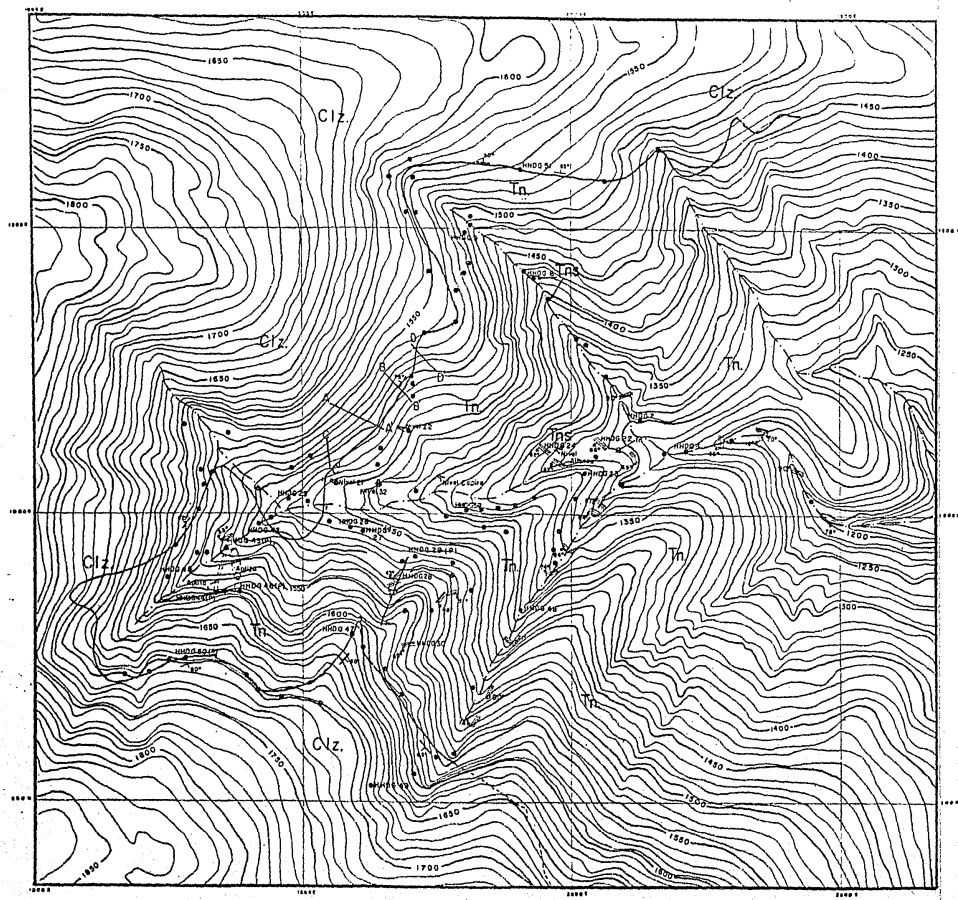


E 1:500 000

FACULTAD DE INGENIERIA

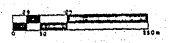
GEOLOGIA REGIONAL

Tesis Profesional	Hector Humberto Diaz García	Plano I
-------------------	-----------------------------	---------



SIMBOLOGIA

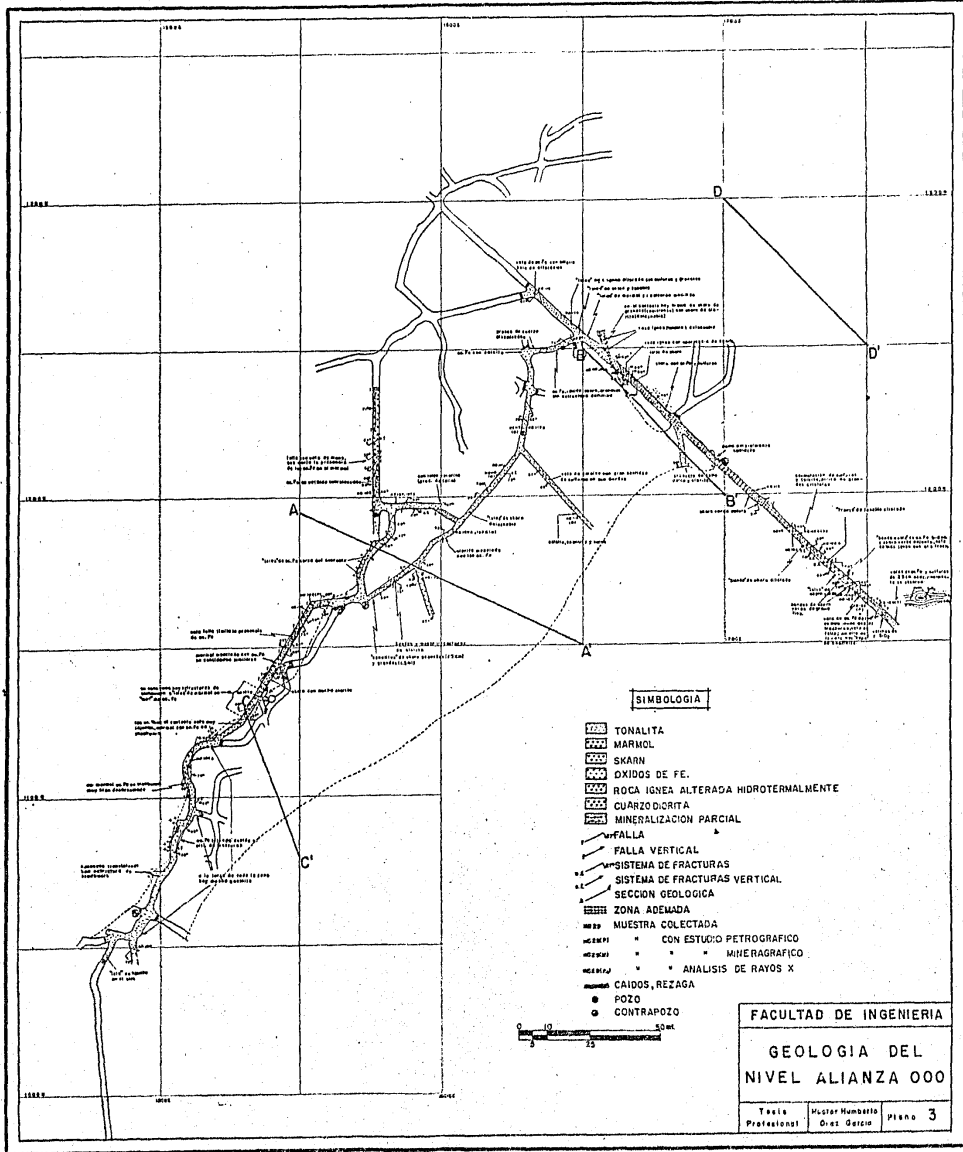
- Tn. Tonolite
- Ciz. Caliza
- Tn. Tonolite con bandas de skarn
- Contacto litológico
- - - - - Contacto litológico inferido
- Falta
- Fractura
- Sistema de fracturas
- MHDA 29 Muestra colectada
- MHDA 29 (P) Muestra con estudio petrográfico
- Estación
- Curva de nivel
- Arroyo
- Aplia
- Sacavon
- A—A Seccion Geologica



FACULTAD DE INGENIERIA

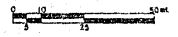
GEOLOGIA
SUPERFICIAL

Fecha: _____ Hoja: _____ de _____
 Profesional: _____ Diaz Barrio _____ p. 2



SIMBOLOGIA

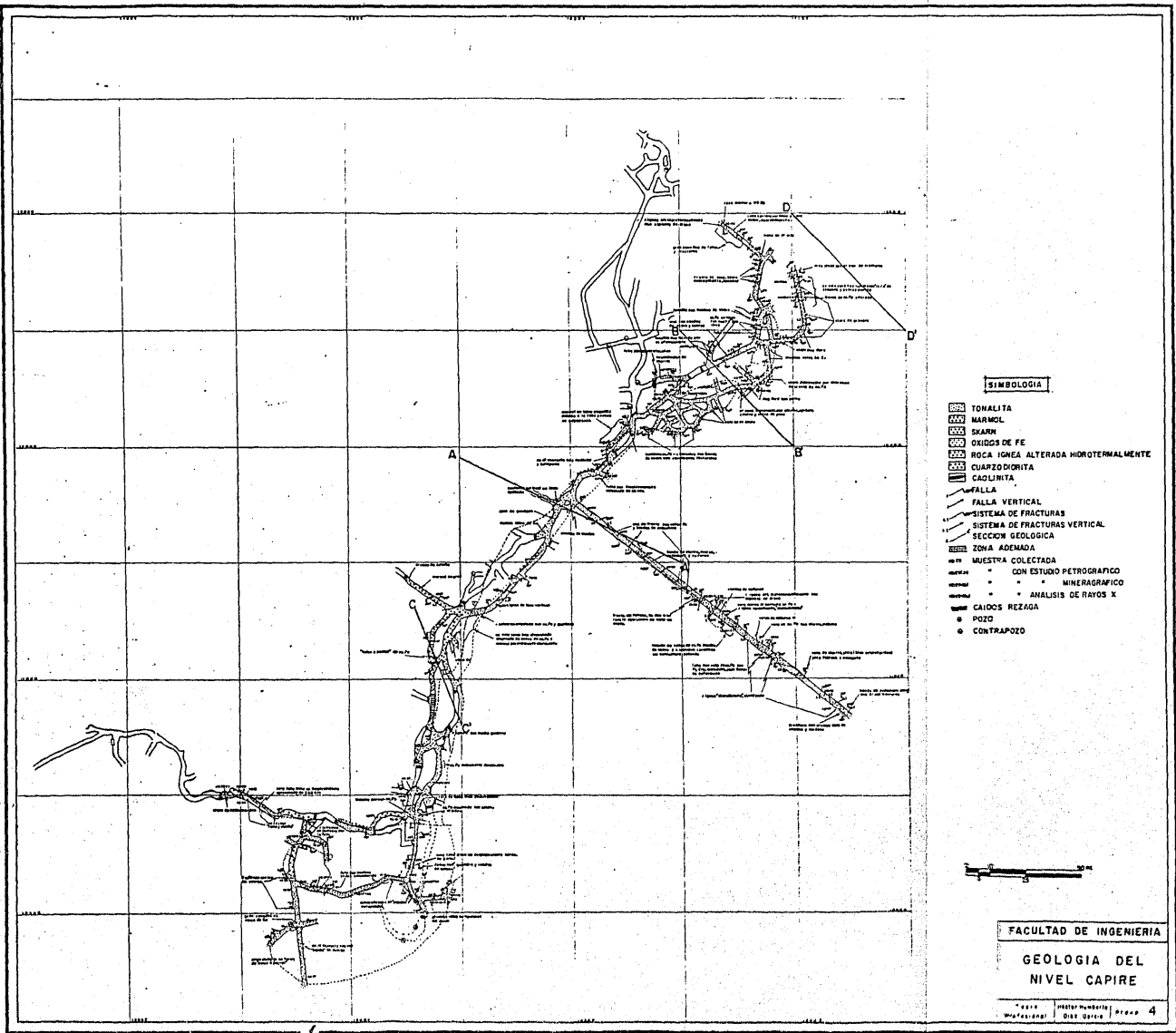
- TONALITA
- MARMOL
- SKARN
- OXIDOS DE FE.
- ROCA IGNER ALTERADA HIDROTHERMALMENTE
- CUARZO DORITA
- MINERALIZACION PARCIAL
- FALLA
- FALLA VERTICAL
- SISTEMA DE FRACTURAS
- SISTEMA DE FRACTURAS VERTICAL
- SECCION GEOLOGICA
- ZONA ADEMADA
- MUESTRA COLECTADA
- CON ESTUDIO PETROGRAFICO
- MINERAGRAFICO
- ANALISIS DE RAYOS X
- CAIDOS, REZAGA
- POZO
- CONTRAPOZO



FACULTAD DE INGENIERIA

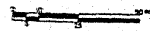
GEOLOGIA DEL NIVEL ALIANZA 000

Tesis Profesional: Hector Humberto Orest Garcia Plano 3

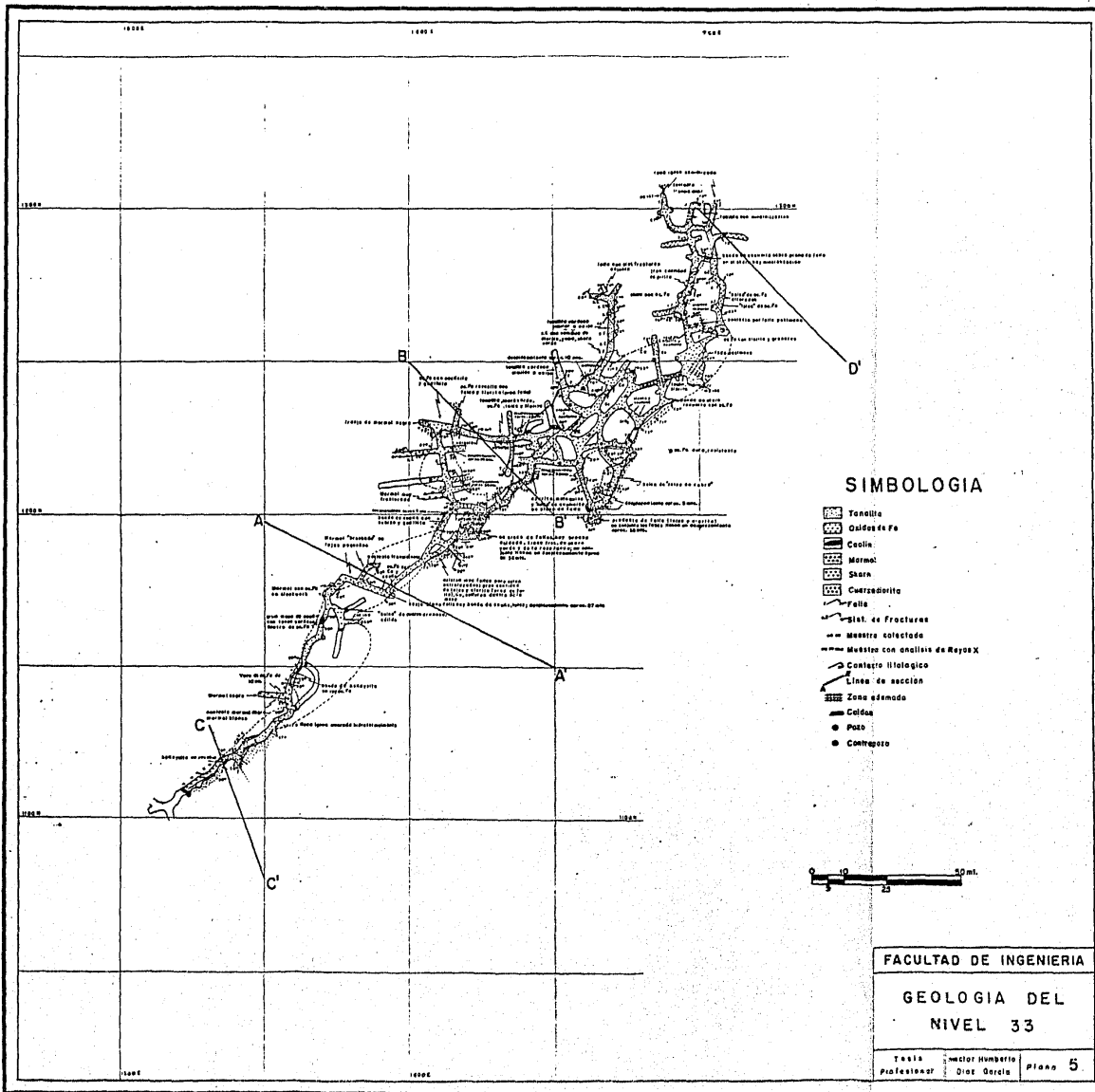


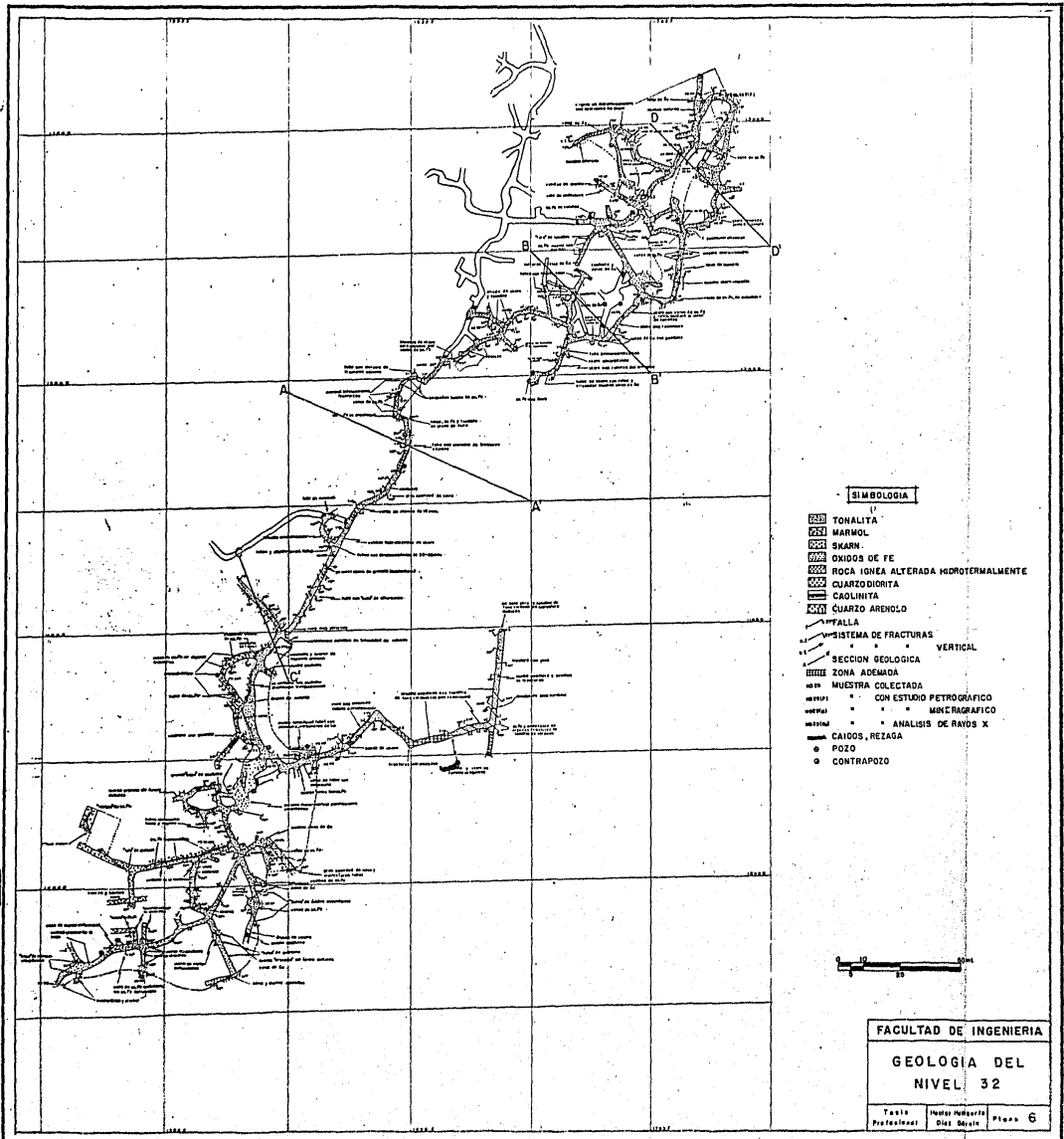
SIMBOLOGIA

- TONALITA
- MARMOL
- GRANIT
- OXIDOS DE FE
- ROCA IGNEA ALTERADA HOROTERMALMENTE
- CUARZODIORITA
- CAOLINITA
- FALLA VERTICAL
- SISTEMA DE FRACTURAS VERTICAL
- SECCION GEOLOGICA
- ZONA ADEMÁS
- MUESTRA COLECTADA
 - CON ESTUDIO PETROGRAFICO
 - MINERAGRAFICO
 - ANALISIS DE RAYOS X
- CAIDOS REZAGA
- POZO
- CONTRAPOZO



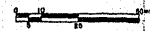
FACULTAD DE INGENIERIA
GEOLOGIA DEL
NIVEL CAPIRE





SIMBOLOGIA

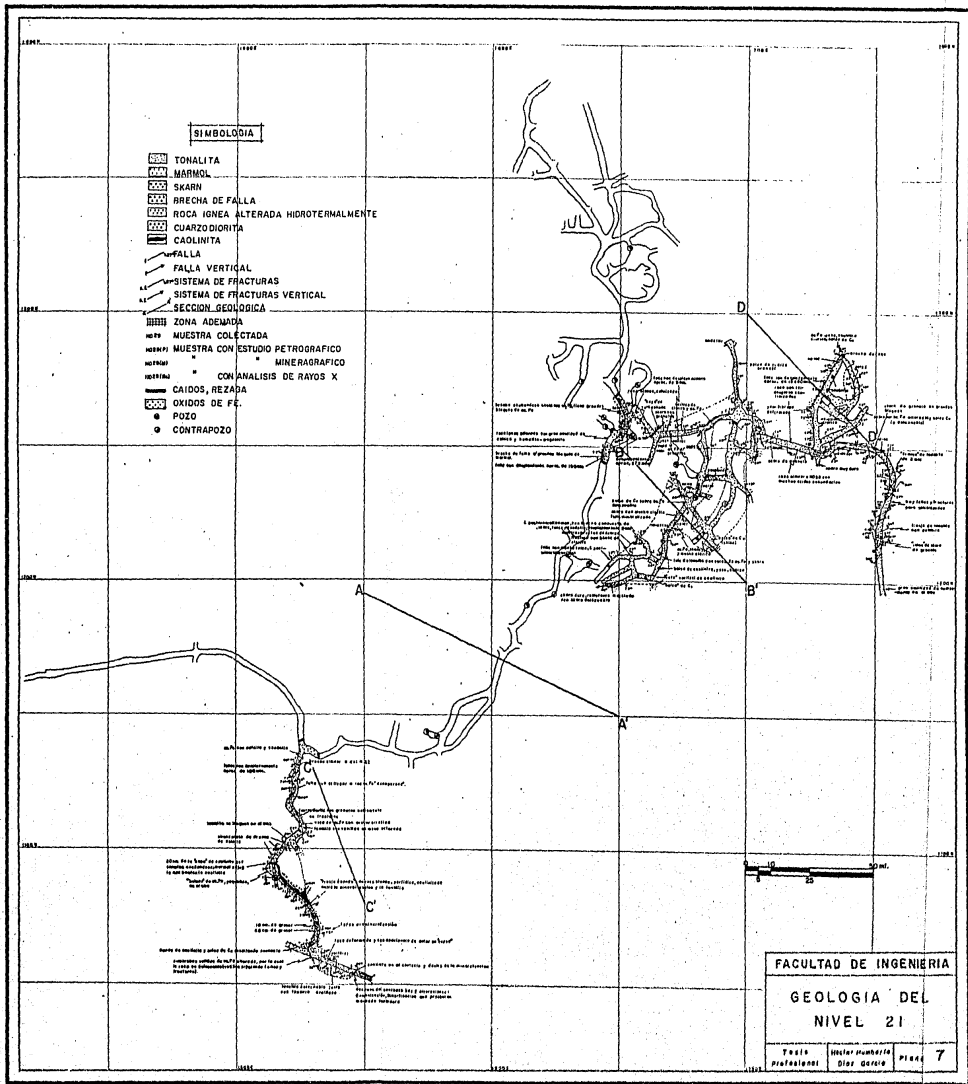
- TONALITA
- MARMOL
- SKARN
- OXIDOS DE FE
- ROCA IGNEA ALTERADA HIDROTHERMALMENTE
- CUARZO BIORITA
- COALINITA
- CUARZO ARENOSO
- FALLA
- SISTEMA DE FRACTURAS VERTICAL
- SECCION GEOLOGICA
- ZONA ADEMANADA
- MUESTRA COLECTADA
- CON ESTUDIO PETROGRAFICO
- CON ESTUDIO MINERAGRAFICO
- ANALISIS DE RAYOS X
- CAIDOS, REZAGA
- POZO
- CONTRAPOZO

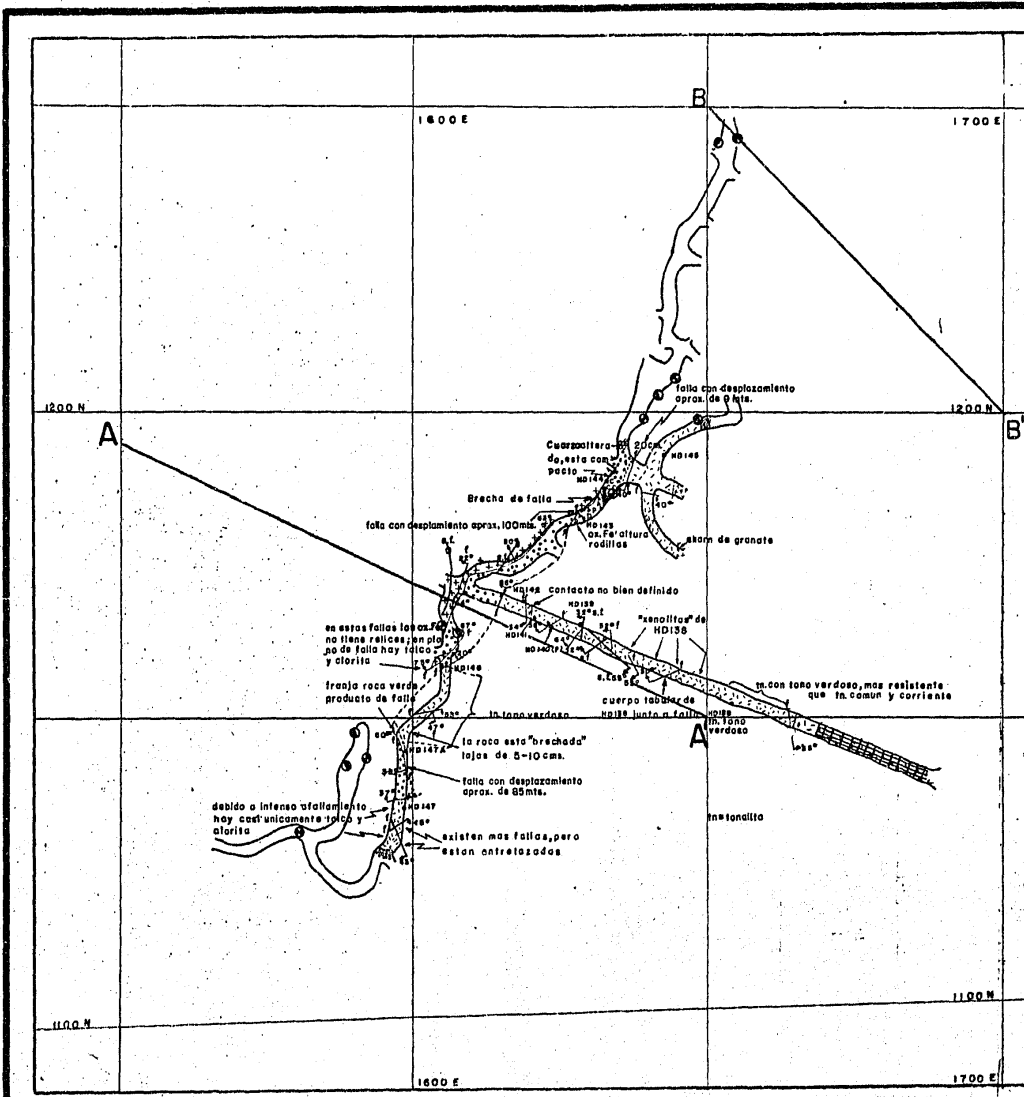


FACULTAD DE INGENIERIA

GEOLOGIA DEL NIVEL 32

Taller Profesional Unidad Noventa y Dos Fecha 6





SIMBOLOGIA

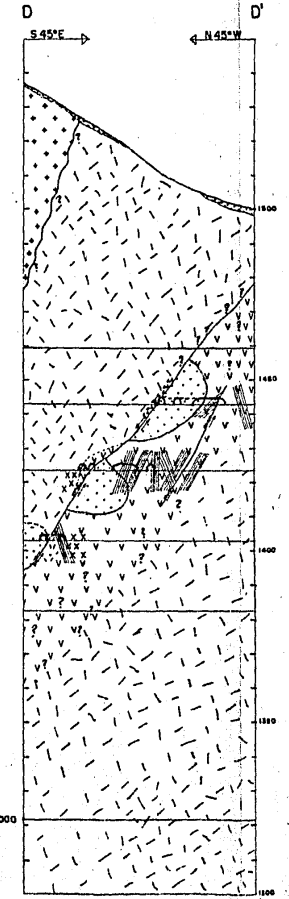
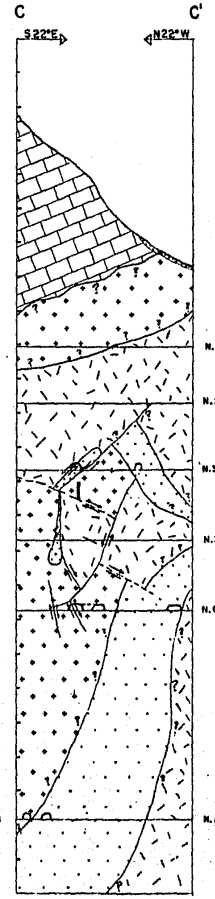
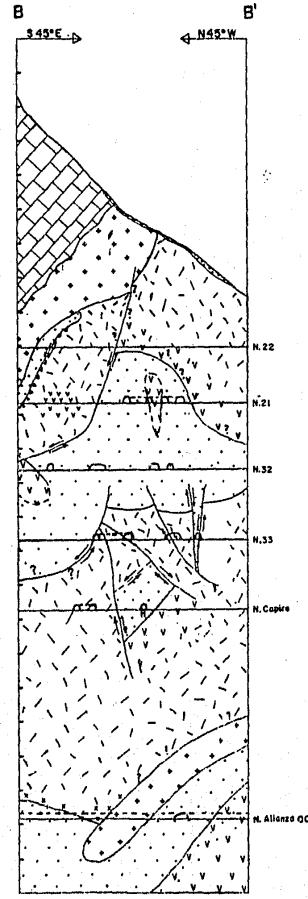
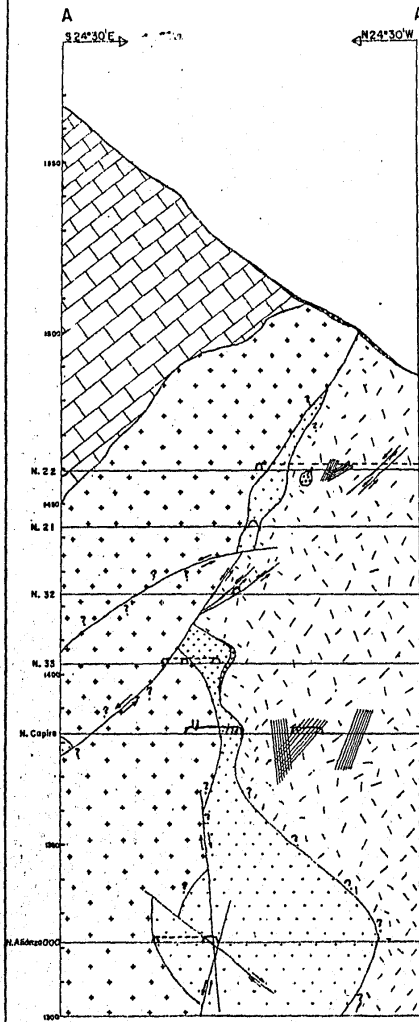
- Tonallita
- Oxidos de Fe
- Brecha de Falla
- Cuarzo arenoso
- Skarn
- Cuarzodiorita
- Falla
- Sist. de Fracturas
- Falla Vertical
- Sist. de Fracturas Vertical
- Muestra colectada
- Muestra con estudio petrografico
- Muestra con estudio minerografico
- Contacto litologico
- Seccion Geologica
- Pozo
- Contrapozo



FACULTAD DE INGENIERIA

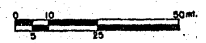
GEOLOGIA DEL
NIVEL 22

Tesis Profesional	Hector Humberto Diaz Garcia	Plano 8
-------------------	-----------------------------	---------



SIMBOLOGIA

- TONALITA
- CUARZODIORITA
- SKARN
- MARMOL
- CALIZA
- BRECHA DE FALLA
- OXIDOS DE FE.
- CONTACTO
- FALLA
- FALLA INFERIDA
- SISTEMA DE FRACTURAS



FACULTAD DE INGENIERIA

SECCIONES
GEOLOGICAS