



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

**GENESIS Y EVALUACION DEL YACIMIENTO MANGANESIFERO
DE CERRO PRIETO, ESTADO DE HIDALGO**

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO GEOLOGO

P r e s e n t a :

JUAN LOPEZ LUQUE

México, D. F.

1981



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.



FACULTAD DE INGENIERIA
EXAMENES PROFESIONALES
60-1-137

Al Pasante señor JUAN LOPEZ LUQUE,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Prof. Dr. Francisco Querol Suñé, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero GEOLOGO.

"GENESIS Y EVALUACION DEL YACIMIENTO MANGANESIFERO
DE CERRO PRIETO, EDO. DE HIDALGO"

Objetivos:

- 1) Postular una hipótesis sobre la génesis del yacimiento.
- 2) Hacer una evaluación geológica del mismo.

- I. Introducción
- II. Localización geográfica
- III. Geología regional
- IV. Geología local
- V. Descripción del yacimiento
- VI. Génesis del yacimiento
- VII. Evaluación

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

Atentamente,

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria, D.F., a 17 de agosto de 1981

EL DIRECTOR

Ing. Javier Jiménez Espriú

JJE'MRV'mdb.

**"GENESIS Y EVALUACION DEL YACIMIENTO MANGANESIFERO DE CERRO
PRIETO, EDO. DE HIDALGO"**

DESARROLLO

RESUMEN.

I INTRODUCCION

- a) **Objetivo y metas de la investigación**
- b) **Método de trabajo**

II LOCALIZACION GEOGRAFICA

II.1 GENERALIDADES.

- a) **Localización.**
- b) **Población y Cultura**
- c) **Vias de Comunicación**
- d) **Clima**
- e) **Vegetación y Fauna.**

II.2 FISIOGRAFIA

- a) **Geomorfología**
- b) **Hidrografía**

III GEOLOGIA REGIONAL

- a) **Estratigrafía regional**
- b) **Rocas ígneas**
- c) **Estructura.**

IV GEOLOGIA LOCAL.

- a) Estratigrafía local
- b) Actividad ígnea
 - b.1) Rocas ígneas intrusivas
 - b.2) Rocas ígneas volcánicas
- c) Estructura

V DESCRIPCION DEL YACIMIENTO

V.1 EXPLORACION

- a) Geología superficial
- b) Obras directas
 - b.1) Frentes
 - b.2) Zanjas
- c) Programa de barrenación

V.2 MORFOLOGIA DEL YACIMIENTO

V.3 CALIDADES DE MINERALES

V.4 MINERALOGIA

V.5 LIXIVIACION DEL HORIZONTE MANGANESIFERO

V.6 VARIACION DE ELEMENTOS A PROFUNDIDAD

- a) Variación de Mn.
- b) Variación de Fe.
- c) Variación de MnO_2
- d) Variación de la Peroxidación.

V.7 DISTRIBUCION DE LA MINERALIZACION

- a) Distribución de esperosres para las cuatro calidades de mineral
- b) Variación del contenido de diferentes elementos en el mineral - tipo A
- c) Distribución de isoclinas
- d) Topografía de la base del manto del horizonte manganesífero.

VI GENESIS DEL YACIMIENTO

VII EVALUACION DEL YACIMIENTO

- a) Método utilizado para el cálculo de reservas
- b) Reservas y ley media
- c) Sistema de explotación
- d) Generalidades de los bancos de explotación

VIII SISTEMA DE BENEFICIO

IX CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

RESUMEN

Los objetivos de éste trabajo son: dar una hipótesis acerca de la génesis del yacimiento manganesífero de Cerro Prieto y hacer su evaluación geológica.

El distrito manganesífero, se localiza en la dirección noreste del Estado de Hidalgo, cubriendo una área de 1,000 Km².

La región de Nonoalco se encuentra ubicada al sur del distrito, situándose éste dentro de la provincia de la Sierra Madre Oriental, formando parte del anticlinorio de Huayacocotla. La zona es de topografía abrupta -- donde la elevación promedio es de 1740 m.s.n.m. y presenta un clima húmedo con lluvias abundantes.

En el área de Nonoalco las formaciones que afloran son: Santiago (Jurásico Superior, con lutitas calcáreo carbonosas), Chipoco (Jurásico Superior, calizas manganesíferas, calizas cristalinas y lutitas), Pimienta (Cretácico Inferior, calizas con pedernal y lutitas) y Tamaulipas Inferior (Cretácico Inferior, calizas cristalinas). Sobre las rocas sedimentarias se -- presentan derrames volcánicos de edad Terciaria.

El yacimiento mineral es un manto, una roca sedimentaria manganesífera -- constituida por minerales oxidados de manganeso.

El yacimiento es de origen sedimentario, producido por el reemplazamiento de estratos de caliza por soluciones exógenas con manganeso. Este reemplazamiento debe haber tenido lugar durante la última etapa del proceso diagenético.

La mineralogía del yacimiento consiste principalmente de rodocrosita y -- kutnahorita que por procesos de oxidación dan lugar a nsutita.

La estructura del yacimiento en Cerro Prieto, es de un anticlinal con -- plano axial orientado NW-SE donde el flanco NE ha sido erosionado.

Con base a la información geológica existente se realizó un programa de exploración encaminado a cubicar minerales de manganeso grado batería.- Y se elaboraron diversos tipos de secciones, diagramas, así como planos de distribución de espesores, distribución de calidades, etc. Se muestra así mismo el cálculo de reservas del yacimiento.

I "INTRODUCCION"

1.a)

"OBJETIVO Y METAS DE LA INVESTIGACION"

Los objetivos de este estudio son: dar una hipótesis de la génesis - del yacimiento manganesífero de Nonoalco, Hgo, y hacer la evaluación geológica del mismo.

Para poder alcanzar estos objetivos, se persiguen las metas siguientes:

- 1) Hacer una descripción de la geología regional del área de estudio para su localización geológica.
- 2) Describir la geología local del yacimiento mineral.
- 3) Describir el yacimiento mineral de acuerdo a su geometría, roca encajonante, mineralogía, etc.
- 4) Plantear varias hipótesis sobre la génesis del yacimiento y analizar cada una de ellas.

1.b)

"METODO DE TRABAJO"

Para desarrollar el presente trabajo, se recurrió a la información - existente del distrito Manganesífero (tesis, artículos, boletines, - etc) y del área Cerro Prieto. Para ésta última se contaba con planos que mostraban el afloramiento del manto manganesífero y diversas obras de exploración.

La información anterior se complementó con la barrenación efectuada en el yacimiento, durante el presente estudio.

Las muestras de las zanjas y los barrenos se describieron y seleccionaron en el campo. Posteriormente se analizaron químicamente (Mn %, Fe % y MnO_2 %), con el objeto de construir e interpretar secciones y planos de diversos tipos. Con la información recopilada se evaluó el yacimiento manganesífero oxidado.

II

"LOCALIZACION GEOGRAFICA"

11.1.a) "LOCALIZACION"

El distrito manganesífero de Molango, se localiza al noroeste del Estado de Hgo. El centro del distrito está a 250Km, al norte de la Ciudad de México y a 200Km. al sur del puerto de Tampico, Tamaulipas. Su posición geográfica es de $98^{\circ} 41'38''$ de longitud oeste y a $20^{\circ}45'35''$ de latitud norte.

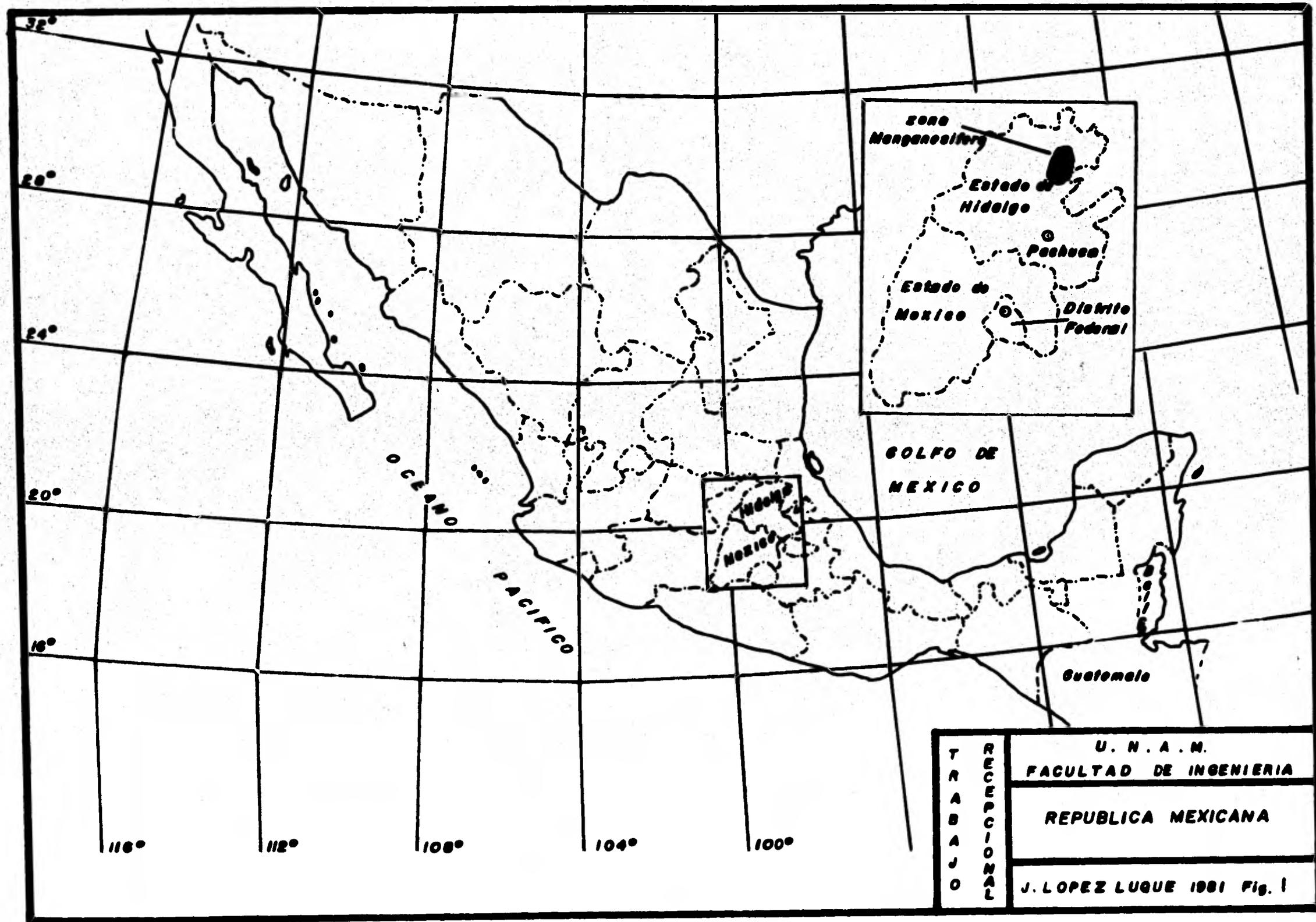
Los municipios más importantes que comprenden esta área son Tlanchinol, Lolotla, Tepehuacán, Xochicoatlán y Molango.

La extensión geográfica del yacimiento de manganeso que se conoce en el distrito de Molango queda comprendida en una área de $1,000 \text{ Km}^2$. Sin embargo, el afloramiento del horizonte manganesífero no es continuo, por el contrario solo existen 180 Km^2 de exposición.

El área de Nonoalco se ubica en la porción sur del distrito manganesífero de Molango, estando a 27 Km, al suroeste del poblado de Molango y a 12 Km. al noroeste de Zacualtipán, Hgo. Las coordenadas geográficas de Nonoalco son: $98^{\circ}39' 30''$ de longitud oeste y $20^{\circ}41' 10''$ de latitud norte. Se puede llegar a la unidad de Nonoalco por la carretera federal -- No.105 México-Tampico, (ver fig. No.1).

El área de Cerro Prieto se localiza a 600 mts. al sur del poblado de Nonoalco, la zona de estudio está situado entre las áreas el Panteón y sur de Cerro Prieto, donde el horizonte manganesífero también aflora.

La zona de Cerro Prieto tiene una extensión de $48,000 \text{ m}^2$, y es posible llegar por el camino de terracería de 2.7 Km. de longitud que conecta -- con la planta de beneficio de la Unidad Nonoalco.



11.1.b) "POBLACION Y CULTURA"

El poblado de Nonoalco cuenta con aproximadamente 2,500 habitantes, - dedicados principalmente a la cría de ganado vacuno y en menor escala al ganado porcino y caballar.

La agricultura es una actividad que también se práctica, cultivando - comunmente; maíz, chile, frijol y chícharo. La producción es para el consumo interno de la población.

Un sector minoritario se dedica a la minería y al comercio. Nonoalco disfruta de electricidad, servicio postal y de enseñanza primaria completa, el idioma común de la región es el castellano, aunque también - se habla el nahuatl, como dialecto.

A 12 Km., en dirección sur, de Nonoalco se localiza la población de -- Zacualtipán que es la más próxima importante, donde habita la mayoría - de los empleados de la Compañía Minera Autlán. Zacualtipán, tiene --- 15,600 habitantes dedicados a la agricultura, cría de ganado, manufactura de ropa, comercio etc.

Zacualtipán cuenta con cuatro escuelas primarias, dos secundarias y un Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos, cuenta además con elec - tricidad, servicio de correo, de teléfono, telégrafos, etc.

11.1.c) "VIAS DE COMUNICACION"

El distrito tiene modernas vías de comunicación, contando, como se indicó con anterioridad, con la carretera federal, No.105 México-Tampico, vía - corta la cual atraviesa el distrito en su totalidad de sur a norte.

También existe una red de teléfonos conectada al sistema nacional e internacional.

Además la Compañía Minera Autlán cuenta con radio de largo alcance y te - lecopiadora.

11.1.d) "CLIMA"

El clima de la región es húmedo con abundantes lluvias, la temperatura - media anual es de 14°C y la precipitación pluvial varía de 1,200 mm. a - 2,000 mm.

11.1.e) "VEGETACION"

La vegetación que se localiza en Nonoalco es muy variada ya que en las - porciones altas de la región existen bosques típicos de zona fría como - piños, encinos, zuchiate, cuatlapal, ocote, y morera.

Los encinos son notorios e interesantes ya que coronan el manto mangane - sífero a lo largo de su afloramiento.

Las extensas áreas boscosas de la región están disminuyendo porque el -- hombre las convierte en pastizales, para la cría de ganado.

11.1.f) "FAUNA"

El área de Nonoalco posee una gran diversidad de fauna, así como diferen - tes tipos de víboras venenosas (cascabel, metlapil, coralillo, nahuaqui - te y chirrionera) además es común observar una extensa variedad de insec - tos y aves que causan daños a la agricultura y al ganado.

11.2

"FISIOGRAFIA"

El área de Nonoalco se ubica en la provincia fisiográfica de la Sierra - Madre Oriental, la cual se extiende en la dirección NW-SE.

Esta provincia se caracteriza por una topografía accidentada, quedando - limitada en la dirección Este por la llanura costera del Golfo de México y al oeste de la meseta central.

En la región de Nonoalco se observan diversos tipos de pliegues; sinclinales, anticlinales, pliegues en chevron, relacionados frecuentemente - con la expresión topográfica ondulante del área de estudio. La diferencia de elevación promedio en el área es de 500 m.

11.2.a) "GEOMORFOLOGIA"

Las formas del terreno en el área de estudio se gobiernan principalmente por el clima, litología y las estructuras geológicas.

El clima húmedo y lluvioso de Nonoalco provoca una intensa actividad de la erosión y lixiviación, razón por la cual se observan pequeñas dolinas en las formaciones calcáreas, así como deslizamiento de suelos y la intensa excavación del cauce de los ríos.

En la región de Nonoalco, difiere la constitución litológica de las rocas sedimentarias, ya que se observan escarpes de 10 a 15 m. de altura en las calizas lo que contrasta con las pendientes relativamente suaves de las lutitas que son más fáciles de erosionar.

Las rocas volcánicas, al ser más jóvenes que las sedimentarias, dan una topografía abrupta y escarpada con decenas de metros de desnivel.

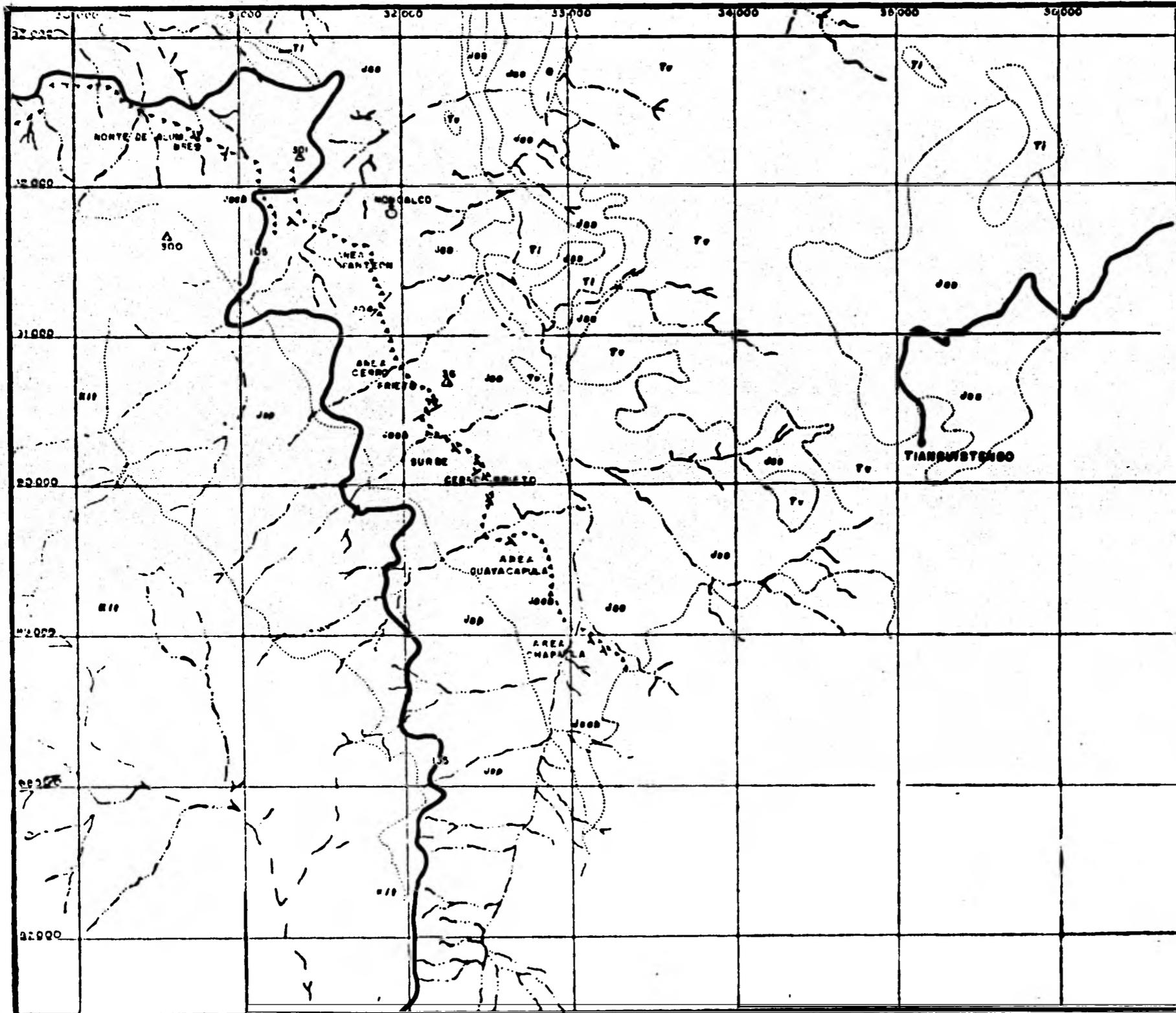
Las estructuras geológicas son también un factor importante en la morfología de la región, ya que existe un anticlinal que ha sido erosionado - en su porción central y en su flanco NE, quedando únicamente el flanco - SW sin erosionar. Este último flanco tiene una topografía escarpada con - razgos morfológicos de barrancos, valles estrechos en forma de "V" con - laderas empinadas y profundidades de decenas de metros. Todo ésto indi - ca que el paisaje se encuentra en etapa de juventud.

11.2.b) "HIDROGRAFIA"

Los arroyos que desaguan en el área de Nonoalco distan mucho de alcanzar su nivel de equilibrio, por el contrario, son aptos para formar cascadas al atravesar rocas duras como calizas. Las laderas de los valles formados son relativamente empinadas y tienen forma de "V" cerrada.

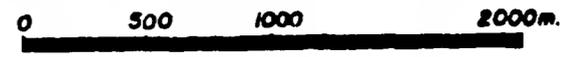
Se considera que el patrón de desague está en una etapa de juventud por la rápida erosión de su cauce, sin embargo, a medida que el arroyo cruza por rocas más suaves, como lutita, la forma de "V" del valle se abre o sea, su ángulo tiende a hacerse obtuso.

El patrón de desague en la zona es dendrítico (fig.2.) y fluye en la dirección Este, alimentando al Río Chinameca que es afluente del Río Moctezuma y junto con el Río Tempoal forman el Río Pánuco que desemboca en el Golfo de México.



LEYENDA

- Q CUATERNARIO ALUVIAL
- T_v TERCARIO ROCAS VOLCANICAS
- T_i TERCARIO ROCAS INTRUSIVO
- J₆ CRETACICO INTERIOR P.M. TANULIPAS INF.
- J₅ JURASICO SUPERIOR P.M. PIMENTA
- J₄ JURASICO SUPERIOR P.M. SINDICO
- J₃ JURASICO SUPERIOR P.M. GASTIASO
- J₂ JURASICO SUPERIOR P.M. TEPERIC
- J₁ JURASICO MEDIO P.M. CANABAS
- J₀ JURASICO INFERIOR P.M. HUAYACOCOTLA
- CONTACTOS GEOLOGICOS
- ▼ RUMBOS Y ECHADOS
- HORIZONTE MANGANESIFERO
- △ PUNTOS DE TRIANGULACION
- ~ RIOS
- CARRETERA PAVIMENTADA



TRABAJO GEOLOGICO	U. N. A. M.
	FACULTAD DE INGENIERIA
	PLANO GEOLOGICO REGIONAL DEL AREA NONALCO
J. LOPEZ LUQUE 1981 F. N.º 2	

III "GEOLOGIA REGIONAL"

III.a) "ESTRATIGRAFIA REGIONAL"

En el Distrito Manganesífero de Molango afloran rocas cuyas edades varían desde el Precámbrico al Terciario, la base de la columna geológica está representada por neises y esquistos, sobre la cual descansan 2,500m de rocas sedimentarias, que datan del Paleozoico al Mesozoico y coronan a éstas, rocas volcánicas del Terciario.

"PRECAMBRICO"

En el Distrito Manganesífero existen dos tipos de neises, según C. Fries (en Olivares, Eguía, 1978). Uno constituido por cuarzo, microclina, ortoclasa y albita como componentes principales y como minerales accesorios granate, ilmenita y magnetita. Sobre éste se encuentra otro neis que se constituye por oligoclasa, andesina, hornblenda, augita y olvino como minerales principales y como mineral accesorio; biotita.

"PALEOZOICO"

Hasta la fecha no se han observado afloramientos de rocas sedimentarias de edad Paleozoico Inferior, siendo las rocas del Pérmico las únicas que tienen distribución considerable.

"FORMACION GUACAMAYA" (en Perogordo 1976)

Definición.- Esta formación consiste de una secuencia rítmica de areniscas, conglomerados y lutitas de color gris oscuro, negro y gris verdoso que afloran en el anticlinorio de Huizachal Peregrina.

LITOLOGIA.- En el Río Chinameca, la Formación Guacamaya está compuesta - por más de 200 metros de lutitas de color negro, en capas que varían de espesor delgado a mediano, que alternan con estratos delgados, medianos y gruesos de areniscas de grano medio y grueso.

Las areniscas intemperizan a un color gris verdoso o pardo ligeramente - rojizo, alternando ocasionalmente con conglomerados.

La Formación Guacamaya contiene Fusulínidos, Pelecípodos, Braquiópodos - y Trilobites.

Distribución.- La Formación Guacamaya se encuentra expuesta en varios -- lugares de la porción central del anticlinorio de Huayacocotla, en el camino que va de Ixtlahuaco a Calnali. Cerca del área Naopa y en una porción del Río Chinameca.

Relaciones Estratigráficas.- En el Río Chinameca se le observa subyaciendo en discordancia angular a las rocas de la Formación Huizachal y sobreyace a los neisses de edad Precámbrica.

Edad.- La Formación Guacamaya, por su contenido de fósiles se le asigna edad del Wolfcampaniano y posible Leonardiano en su cima.

"FORMACION HUZACHAL"

(IMLAY, 1948, en Olivares, Equia, 1978)

Definición.- Consiste en una secuencia de areniscas de color rojo, rosa- do o pardo y con menos frecuencia gris y amarillento, con areniscas cuar- cíticas de grano muy fino y de color gris claro, conglomerados cuarcíti- cos de color gris que contienen guijarros de cuarzo lechozo, con diáme- tros entre 0.5 y 5cm. y además lutitas de diversos colores, predominando los rojos y pardos.

La localidad tipo se ha designado en el cañón de Huizachal, aproximadamente a 20Km. al SW de Cd. Victoria Tamps.

LITOLOGIA.-La formación Huizachal se constituye de lutias arenosas, areniscas y conglomerados de color gris rojizo.

DISTRIBUCION.- Aflora hacia el Oriente del área de Naopa en el camino -- que va de Ixtlahuaco a Calnali, así como en el barranco de Chipoco.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.- La Formación Huizachal descansa discordantemente sobre la Formación Guacamaya y subyace también discordantemente a la formación Huayacocotla.

EDAD.- En la parte superior de la Formación Huizachal, entre los planos de estratificación, se encuentran plantas del género Holofiteceas, identificadas por el Dr. S.H. Mamay como Otozamites (en J.M. Perogordo, --- 1976) dichas plantas son importantes como Fósiles índice, porque aparecen en el Triásico superior.

JURASICO

JURASICO INFERIOR

"FORMACION HUAYACOCOTLA"

(IMLAY, CEPEDA, ALVARES JR. Y DIAZ, 1948, en J.M. Perogordo, 1976)

DEFINICION.- Esta formación está constituida en la parte inferior por -- conglomerados, areniscas y lutitas cementadas por material arcillo-arenoso de color gris oscuro, hacia la parte superior por calizas arenosas -- con Pelecípodos y sobre éstos se halla un espesor aproximado de 500m. de

lutitas de color gris oscuro, carbonosas, que alternan con capas de areniscas de color gris oscuro. La localidad tipo se encuentra en un tramo del Rfo Vinazco, cerca de Huayacocotla, Ver.

LITOLOGIA.- Está constituida por un conglomerado basal de aproximadamente 20m. de espesor compuesto por fragmentos de cuarzo, areniscas y lutitas cementadas por material arcillo-arenoso; descansando sobre ésta se encuentran más de 40m., de calizas arenosas y areniscas calcáreas de grano medio de color gris, en capas de 1.0m., de espesor con Pelecípodos. Sobre este cuerpo se hallan más de 500m., de lutitas de color gris oscuro y negro, que alternan con capas delgadas de areniscas calcáreas de color gris oscuro.

Se distingue por su pátina rojiza amarillenta, su exfoliación ondulada, la presencia ocasional de Helechos Otozamites y Pelecípodos.

DISTRIBUCION.- Los afloramientos de la Formación Huayacocotla se localiza en gran parte del anticlinorio del mismo nombre y también en el área que se encuentra aflorando ampliamente, enmarcando al yacimiento manganesífero de Molango.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.- En la mayor parte del distrito la formación Huayacocotla se encuentra subyaciendo a la formación Cahuagas y sobreyaciendo a la formación Huizachal.

EDAD.- En las lutitas se encuentran Amonites que fueron estudiados por R.W. Imlay (en Olivares, Eguía, 1978) y clasificados como Arnioceras. En la porción media contiene ejemplares de Vermiceras, algunos Pelecípodos y plantas fósiles. Por su contenido de fósiles la Formación Huayacocotla es de edad del Sinemuriano.

JURASICO MEDIO

"FORMACION CAHUASAS"

(Carrillo Bravo-1958, en Olivares, Eguia, 1978)

DEFINICION.- Se le ha asignado el nombre de Formación Cahuwasas a una - - secuencia de más de 1,000m., de espesor constituidas por areniscas, conglomerados y limolitas de color rojo que contienen laminillas de mica - blanca, las areniscas y conglomerados presentan con frecuencia estratificación cruzada. La localidad tipo se encuentra en el rancho de Cahuwasas Hgo, en el Río Amajac, al Sureste de Chapuluacán, Hgo.

LITOLOGIA.- Está formada por un conglomerado de 20m, de espesor, mal --- clasificado, compuesto por fragmentos subangulosos de areniscas de cuarzo de color rojo a gris oscuro. Sobre esta roca descansan 35m. de limolitas y areniscas arcillosas.

DISTRIBUCION.- La formación Cahuwasas se encuentra aflorando en el Río -- Claro.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.- En el Río Claro la Formación Cahuwasas se encuentra descansando discordantemente sobre la Formación Huayacocotla, cu bierta también en forma discordante por la Formación Tepexic.

EDAD.- Paleontológicamente no se le ha determinado edad alguna sin embargo por su posición estratigráfica se le puede asignar edad más joven que el Pliensbachiano y más antigua que el Calloviano.

JURASICO SUPERIOR

"FORMACION TEPEXIC"

(Erben H.K.-1956, en Perogordo, 1976)

DEFINICION.- La Formación Tepexic fué descrita por H.K. Erben en 1956 como calcarenita de color gris y gris oscuro, con intercalaciones delgadas de lutitas calcáreas de color gris oscuro, que se intemperizan a un color amarillento, se observa la roca en estratos ondulantes, con abundantes ostreas y Griphaea Sp. llegando a formar coquinas.

El Dr. A. Cantú Ch. en 1969, (en Olivares, Eguia, 1978) la dividió en cuatro unidades litológicas que son de abajo hacia arriba, como sigue.:

- 1o. "Calcarenita" parda oscura, en capas de 0.6 a 1.0m., alterna con lutitas oscuras en capas de 5 a 10cm. sin fósiles tiene 30m., de espesor.
- 2o. "Biolitita con Liogryphaea Nebrascensis" de color gris oscuro, en capas de 5 a 20cm. de espesor. Tiene 50m. de espesor total.
- 3o. "Calcarenita con Neuqueniceras Neogaeum y Liogryphaea Nebrascensis" de color negro, de textura fina, en capas de 5 a 10cm., de espesor, con estratificación ondulante, alternada con lutitas negras calcáreas, en la caliza hay incluidos ejemplares de L. Nebrascensis (Meek y Hayden)-Neuqueniceras Neogaeum (Burckhardt) y Reineckeia. Sp. su espesor es de 5m.,
- 4o. "Calcarenita con Neuqueniceras Neogaeum", de color negro en estratos de 30 a 60 cm., alterna con capas de lutita gris oscura de 10 a 20cm de espesor, contiene ejemplares grandes de Neuqueniceras Neogaeum (Burckhart) y Neuqueniceras Sp. tiene 40m., de espesor.

LITOLOGIA.- Está constituida por calizas arcillosas de color gris oscuro a negro con intercalaciones delgadas de lutitas calcáreas de color gris oscuro; presenta fósiles abundantes como ostreas y Gryphaea Sp. y algunos conglomerados lenticulares, constituidos principalmente por fragmentos - angulosos y mal clasificados de cuarzo.

La roca se distingue por su abundancia de fósiles, su estratificación ondulada e intemperismo color pardo.

DISTRIBUCION.- Se encuentra aflorando ampliamente en el área de Tetzintla, en el camino que va de Casetas a Chachala; también en la carretera federal No.105, entre Molango y Malila.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.- El límite superior de la Formación Tepexic, es concordante con la Formación Santiago, pero gradual, las capas de lutita van aumentando progresivamente hacia la Formación Santiago.

La Formación Tepexic descansa discordantemente sobre la Formación Cahuasas.

EDAD.- La ausencia de Macrocefálidos del Calloviano Inferior y de Kosmoleratidos del Calloviano superior, más la presencia de Neuquenicerias -- Neogaeum (Burckhardt) y de Reineckeia Sp. ha ayudado a asignarle edad - del Calloviano Medio. (en Olivares, Eguia, 1978).

"FORMACION SANTIAGO"

(Cantú Chapa A., 1969, en Perogordo, 1976)

La Formación Santiago, propuesta originalmente en forma inédita por Reyes (1964), como un miembro de la Formación Tamán, fué posteriormente estudiada (Cantú, 1969) y elevada a la categoría de formación en vista de sus mar cas características litológicas que la diferencian de la Formación Chipo co, que la suprayace, siendo está última eminentemente carbonatada.

DEFINICION.- Es una secuencia sedimentaria de limolitas calcáreas carbonosas de color gris oscuro a negro, que contienen pirita diseminada; presentan fractura subconcoidal contienen intercalaciones de caliza arcillosa de 40cm. de espesor, además posee nódulos calcáreos intercalados.- Se reconoce por su fractura diagonal a la estratificación, intemperiza a color rosado y pardo, presenta amonites.

DISTRIBUCION.- La formación Santiago se encuentra ampliamente distribuida en el Centro-Este de México.

En el anticlinorio de Huayacocotla se encuentra representada por lutitas como material predominante y se le puede ver en amplios afloramientos en el Distrito Manganésífero de Molango.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.-En el área de Tetzintla se encuentra la Formación Santiago subyaciendo en forma concordante a la Formación Chipoco.

EDAD.- No se le puede asignar edad por falta de fósiles pero es posterior al Calloviano Medio ya que subyace a la Formación Tepexic.

"FORMACION CHIPOCO"

(Hermoso 1972, en Perogordo, 1976)

DEFINICION.- Con el nombre de Formación Chipoco, antes Tamán Mixto, se define a un conjunto de rocas sedimentarias dispuestas en alternancia de calizas cristalinas y lutitas calcáreas de color gris oscuro. En la Formación Chipoco se encuentra el Horizonte Manganésífero.

LITOLOGIA.- La Formación Chipoco está compuesta por alternancia de calizas cristalinas y lutitas calcáreas de color gris oscuro. En algunas capas clásicas se observa sedimentación graduada y estratificación lenticular. Tiene un espesor aproximado de 200m.

DISTRIBUCION.-Esta formación aflora en Chipoco, Malila, Noapa, Atempa y Totoncapa.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.- La Formación Chipoco descansa concordantemente sobre la Formación Santiago y de igual forma le sobreyace la Formación Pimienta.

EDAD.-El Dr. A. Cantú Ch. le asigna Edad del Kimmeragiano inferior en su base y Titoniano inferior en su cima. (en Olivares, Eguia, 1978).

"MIEMBRO HORIZONTE MANGANESIFERO"
(A. CABRERA, 1975 en PEROGORDO, 1976)

DEFINICION.- Se encuentra formado por calizas manganesíferas con intercalaciones de lutita de color gris oscuro a negro, con estratificación delgada a mediana, con horizontes delgados de pirita de 1 a 2mm. de espesor, presenta fracturas rellenas de calcita.

LITOLOGIA.- En el contacto con la Formación Santiago, se encuentra una capa brechoide cuyo espesor es de 50cm. con vetillas de calcita, dolomita en fracturas y un contenido bajo de manganeso.

Sobre esta brecha se encuentran las calizas manganesíferas de color gris oscuro que intemperizan a color gris pardo.

Las calizas con un contenido relativamente alto de manganeso, (Entre 26% y 30% de Mn) son muy laminares. En esta zona basal la roca presenta una textura de grano fino. Tiene un espesor aproximado de 8.0m.

Hacia la parte superior, los estratos tienden a engrosarse hasta 1m. y conforme va disminuyendo el contenido de manganeso el grano de la roca se observa más grueso, pudiéndose distinguir pequeños cristales de calcita.

DISTRIBUCION.- El Miembro Manganesífero se encuentra distribuido ampliamente dentro del Distrito de Molango.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.- El Horizonte Manganesífero se localiza en la base de la Formación Chipoco y descansa en forma concordante con la Formación Santiago.

"FORMACION PIMIENTA"

(Heim 1926, en Perogordo, 1976)

DEFINICION.- Heim, denominó Formación Pimienta a una secuencia de calizas grises claras de estratificación delgada a mediana, que contienen pedernal oscuro. Su localidad tipo es el rancho de la Pimienta, situado en el valle del Río Moctezuma en la región de Tamazuchale, S.L.P. El espesor varía entre 200 y 250m en el Distrito de Molango.

LITOLOGIA.- La Formación Pimienta en su parte inferior está formada por limolitas y calizas arcillosas, en capas delgadas a muy delgadas que contienen abundantes lentes de pedernal calcáreo gris oscuro. Estas capas pasan gradualmente a calizas de color gris claro a obscuro, en capas delgadas a medianas, de las cuales las inferiores contienen todavía algo de pedernal.

La parte superior ya no contiene bandas de pedernal.

Se distingue por su estratificación mediana, presencia de pedernal negro en capas o lentes en la parte inferior, al intemperizarse - presenta travertino poroso, de color amarillo.

DISTRIBUCION.-La Formación Pimienta se encuentra aflorando ampliamente en el anticlinorio de Huayacocotla y en toda la cuenca manganesífera; a lo largo de la carretera No.105 entre Nonoalco y Alumbres.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.- El contacto inferior de la Formación Pimienta es transicional y concordante con la Formación Chipoco. El contacto superior de la Formación Pimienta es también, concordante y transicional con la Formación Tamaulipas Inferior y se -- distingue de aquella por tener espesores más grandes de caliza y la disminución de calizas intercaladas con calizas arcillosas.

EDAD.- La Formación Pimienta se considera de edad del Titoniano inferior Titoniano superior. (Cantú Ch., 1971, en Olivares, Eguía, 1978).

" FORMACION TAMAULIPAS INFERIOR "
(IMLAY, 1944, en J. M. Perogordo, 1976)

DEFINICION.- Imlay, describió esta formación como una caliza de - textura fina, color gris claro, compacta de estratos medianos a - gruesos y con nódulos de pedernal color pardo. Su espesor llega a tener 400m.

LITOLOGIA.- La Formación Tamaulipas Inferior se constituye de capas de caliza, de color gris, compacta, con estilotitas paralelas a los planos de estratificación, con nódulos de pedernal de forma esferoidal, color pardo.

DISTRIBUCION.- Se distribuye con amplitud en la dirección Suroeste del Distrito de Molango; en la región de Nonoalco.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.- Como se indicó anteriormente, el contacto con la Formación Pimienta es concordante y transicional. En el Distrito Manganesífero de Molango, la Formación Tamaulipas Inferior no subyace a ninguna formación.

EDAD.- Se le ha asignado edad del Valanginiano-Hauteriviano (Carrillo -- Bravo, 1965, en Olivares, Eguia, 1978).

III.b) "ROCAS IGNEAS"

Las rocas volcánicas de mayor extensión en el Distrito de Molango, son las corrientes de basalto. Y se considera que fluyeron durante el Terciario Superior. En algunas ocasiones se observan rocas de composición andesítica en la base de los basaltos.

Sin embargo las rocas basálticas y andesíticas no son las más comunes en la parte sur del distrito, puesto que en el área de Alumbres, afloran tobas riolíticas, más aún a 10Km. al sur de Zacualtipán, (fuera del Distrito Manganesífero) sobre la carretera No.105 se observan abundantes afloramientos de obsidiana.

III.c) "ESTRUCTURA"

El Distrito Manganesífero de Molango, está afectado por un intenso plegamiento evidenciado por la presencia del anticlinorio de Huayacocotla, que

es una de las grandes estructuras que forman la Sierra Madre Oriental.

El anticlinorio tiene aproximadamente 400 Km. de longitud, estableciéndose sus límites desde el noroeste de la población Tamán, S .L.P., hasta el sureste de Huahuchinango Puebla, y se orienta con rumbo N W 50° SE y buza al NW. Su eje pasa al Este de la población de Molango, Hidalgo.

Los esfuerzos que produjeron el plegamiento en el distrito, actuaron con rumbo NW-SE.

IV "GEOLOGIA LOCAL"

IV.a) "ESTRATIGRAFIA LOCAL"

En el área de Nonoalco, no afloran todas las formaciones se encuentran - distribuídas en el Distrito Manganésífero de Molango. Las rocas sedimen tarias más antiguas que se observan son de edad Jurásico Superior.

"FORMACION SANTIAGO"

LITOLOGIA.- Esta formación se constituye por lutitas calcáreo carbonosas de color gris oscuro, con pirita, diseminada en fracturas, o se llega a - presentar como delgados horizontes de 1 a 2 cm. de espesor.

Con frecuencia las fracturas diagonales a la estratificación están relle- nas por delgadas vetillas de calcita.

La lutita intemperiza a un color amarillo con tonos marrón, así como rosa do y blanquisco.

DISTRIBUCION.- La Formación Santiago se distribuye ampliamente en la por ción central del área Nonoalco. Más aún, el Poblado se sitúa sobre esta - formación. (ver fig. 2)

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.- No se ha observado el contacto inferior de la Formación Santiago, pero si se observa el superior, subyaciendo en forma - concordante al miembro Manganésífero, de la Formación Chipoco.

"FORMACION CHIPOCO"

LITOLOGIA.- Se constituye por calizas manganésíferas compactas de color -- gris, de estratificación delgada a mediana, calizas arcillosas y lutitas - calcáreo carbonosas. Las lutitas calcáreo carbonosas que se observan de -

la Formación Chipoco son similares a las de la Formación Santiago, sólo - que las primeras son más compactas, de fractura irregular y sin la marcada fractura diagonal con respecto a la estratificación.

En la parte superior, aumenta la cantidad de calizas arcillosas y lutitas calcáreas de color gris oscuro con intercalación de pequeñas capas de calizas limolíticas.

DISTRIBUCION.- La Formación Chipoco se localiza en gran parte de la región de Nonoalco sobre todo en la dirección Noroeste y Suroeste.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.- Subyace concordantemente, a la Formación Pimenta y su contacto es transicional.

"MIEMBRO HORIZONTE MANGANESIFERO"

LITOLOGIA.- En el contacto con la Formación Santiago se observa con frecuencia, en el Miembro Manganésífero, una capa carbonatada de 40cm., de espesor con abundantes vetillas de calcita, las cuales son perpendiculares a la estratificación en esta capa el contenido de manganeso es relativamente bajo (11% a 13%). Sobre la capa anterior se presenta una roca carbonatada con altos contenidos de manganeso, de color gris, de estratificación laminar y fracturas que le son perpendiculares, con frecuencia estas fracturas están rellenas de calcita y manganocalcíta.

Por lo general en el área de Cerro Prieto, las rocas carbonatadas pertenecientes al Miembro Manganésífero reaccionan al efecto del ácido clorhídrico y efervescen con mayor energía conforme el contenido de manganeso decrece.

Las capas carbonatadas, inmediatas a la Formación Santiago con contenido de 25% de manganeso tienen un espesor promedio de 2.5.m.

Al subir estratigráficamente en el Miembro Manganesífero de la Formación Chipoco, los estratos se presentan menos laminares, se observan capas intercaladas de lutita calcárea de 0.5 a 1.5m., de espesor y aumenta, la cantidad de pirita.

DISTRIBUCION.- El horizonte Manganesífero se encuentra ampliamente distribuido en la región de Nonoalco principalmente en la dirección Noroeste y Suroeste del poblado.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.- Es concordante en su contacto inferior con la Formación Santiago. El horizonte manganesífero está ubicado en la base de la Formación Chipoco.

"FORMACION PIMIENTA"

LITOLOGIA.- La Formación Pimienta presenta en su base, calizas arcillosas de estratificación delgada con lentículas de pedernal de color gris, y en la parte superior calizas de color gris oscuro de estratificación media con fracturas perpendiculares a la estratificación rellenas de calcita. La roca cuando intemperiza forma travertino poroso, de color amarillo claro.

DISTRIBUCION.- La Formación Pimienta se observa en los cortes de la carretera federal No.105 entre Nonoalco y Alumbres.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.- Sobreyace en forma concordante con la Formación Chipoco y de la misma forma subyace a la Formación Tamaulipas Inferior.

"FORMACION TAMAULIPAS INFERIOR"

LITOLOGIA.- La Formación Tamaulipas Inferior se presenta en la región de Nonoalco como una serie de calizas compactas de textura microcristalina, de color gris claro, la estratificación va de mediana a gruesa.

Las calizas presentan estilotitas paralelas a los planos de estratificación y pedernal en forma de nódulos de color pardo claro.

En el contacto inferior con la Formación Pimienta se intercala con lutitas calcáreas de color gris claro con presencia errática de pedernal.

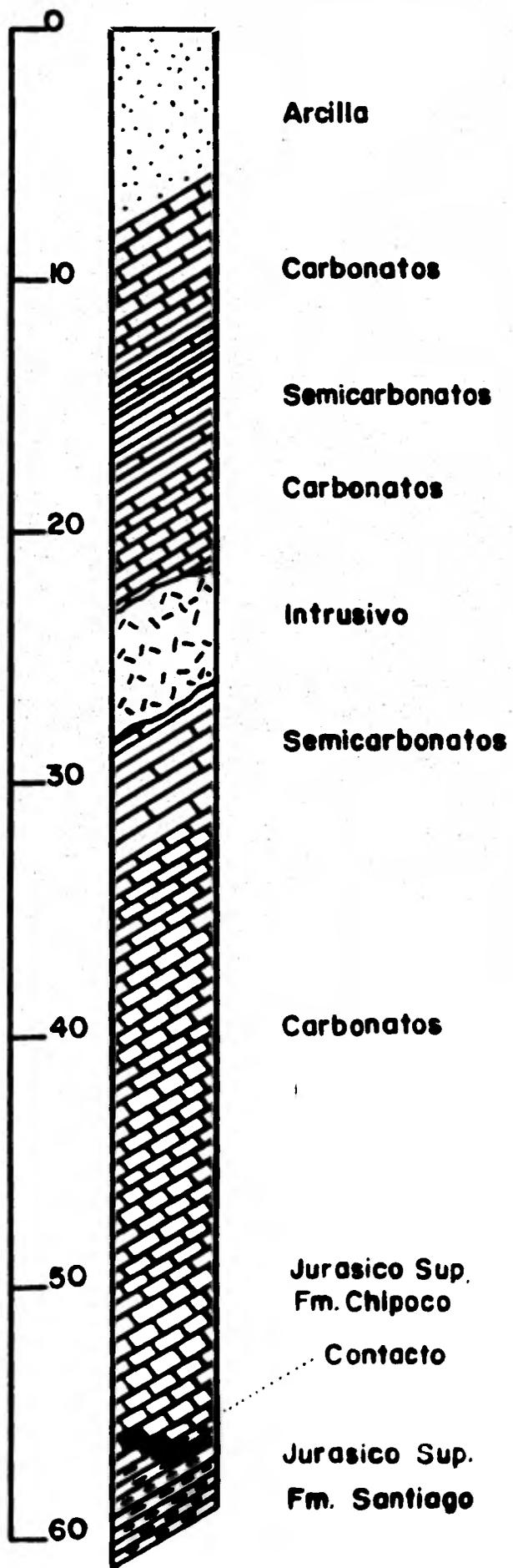
DISTRIBUCION.- La caliza Tamaulipas Inferior se encuentra localizada hacia la porción Suroeste del poblado de Nonoalco.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.- El contacto con la Formación Pimienta es transicional y concordante, sin embargo, en la región de Nonoalco, la Formación Tamaulipas Inferior no subyace a formación alguna.

IV.b) ACTIVIDAD IGNEA

IV.b.1) " ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS "

El barreno NO-CP-62, (fig.3) del área Cerro Prieto cortó a 22 metros de profundidad, cuatro metros de espesor de Pórfido riolítico, que está intrusionando en forma de dique extracto al Horizonte manganesífero, se presenta como una roca ígnea compacta, de color blanco amarillento y rosa, con fracturas irregulares que están rellenas por óxido de manganeso como pirolusita de hábito dendrítico.



TRABAJO RECCIONAL	U. N. A. M.
	FACULTAD DE INGENIERIA
	Barreno NO-CP-62
	J. LOPEZ LUQUE 1981 FIG. 3

Este intrusivo presenta características similares de aquellos que afloran tanto en la cercanía del Arroyo situado al NW del área de estudio como el que se observa entre las áreas de Cerro Prieto y Sur de Cerro Prieto.

En la dirección noreste y sureste se observan diques de extensión mayor, - que se orientan generalmente con rumbo promedio NW 20°SE. (fig.No.2).

IV.b.2

"ROCAS IGNEAS VOLCANICAS"

En la región estudiada, las rocas volcánicas se constituyen por tobas ríolíticas, ampliamente distribuidas en la dirección Norte, Este y Sur del poblado de Nonoalco, estas rocas ígneas son resistentes a la erosión y - forman una topografía abrupta con acantilados de varias decenas de metros de altura.

En dirección Sureste del área Chapatla las tobas ríolíticas cubren al -- Horizonte Manganesífero.

Las rocas volcánicas se observan claramente a lo largo de la carretera - federal No.105, entre el poblado de Alumbres y Zacualtipán.

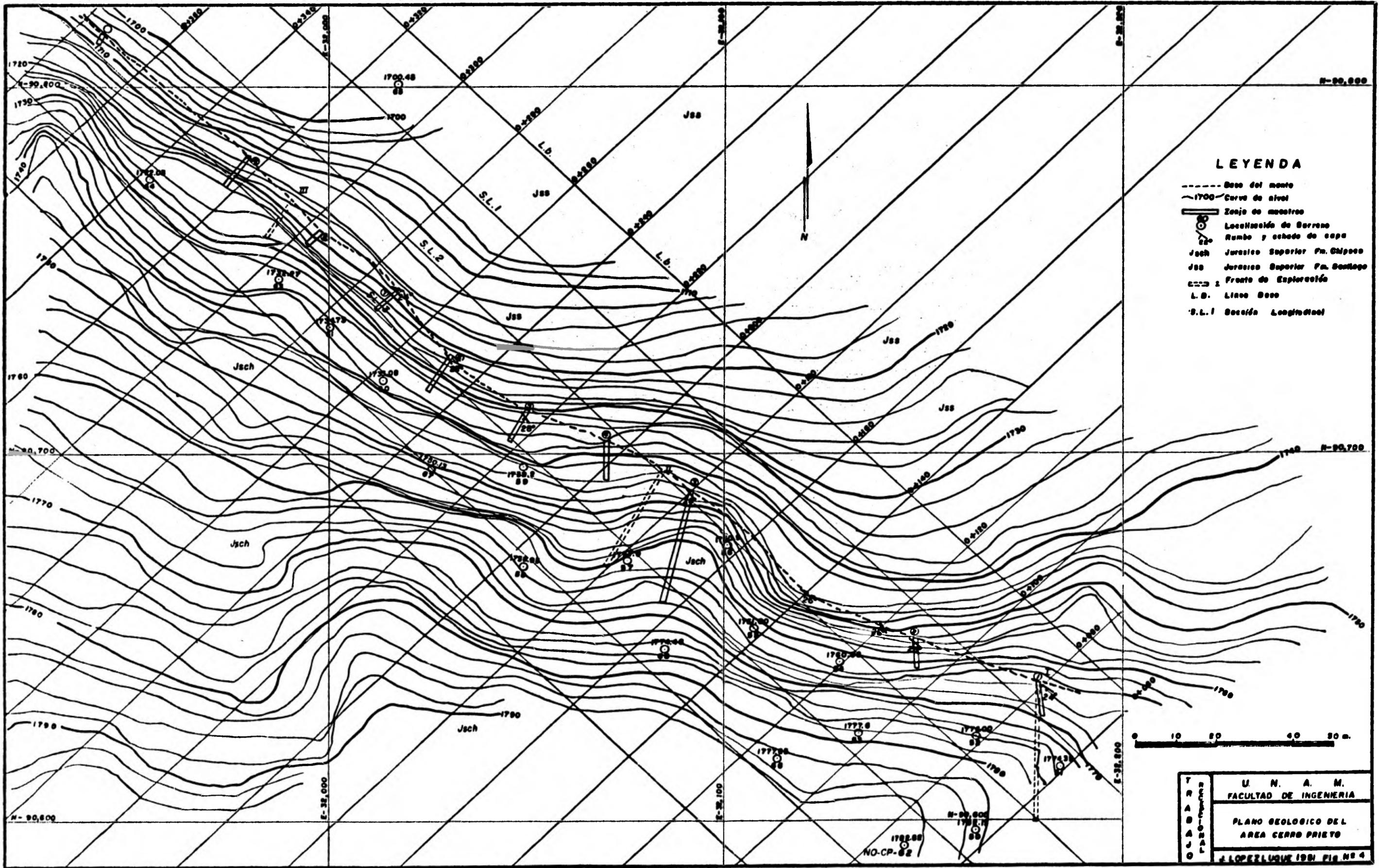
IV.c ESTRUCTURA

La estructura general en la región de Nonoalco es el reflejo del plegamiento intenso en el Distrito Manganesífero. Esto es notable al observar los abundantes pliegues en chevrón en la Formación Pimienta. Sin embargo, la - Formación Chipoco, en esta región solo muestra como estructura principal - un anticlinal con plano axial orientado con rumbo NW 40°SE que preserva -- solamente el flanco SW, pues el flanco contrario ha sido erosionado. -

El afloramiento del Horizonte Manganésífero presenta un rumbo general -- NW 45°SE, mientras las capas se orientan NW 35°SE con S 23°W de echado.- En la región de Nonoalco, existen fallas normales que generalmente producen desplazamientos en el Miembro Manganésífero, de 100m, siendo el rumbo general de estas fallas de NE 35°SW, esta dirección es casi perpendicular al rumbo del plano axial del anticlinal. (fig. 4)

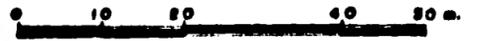
Concretamente el área de Cerro Prieto, presenta fallas normales con rumbo NW 60°SE e inclinación 62°NE, que provocan desplazamientos ligeros, de sólo algunos metros. Una de estas fallas provoca la interrupción en la oxidación en la base del Horizonte Manganésífero, la falla se infirió por la información obtenida de los barrenos y se clasificó como una de tipo Normal que tiene rumbo NW 72°SE y de inclinación 75°SW, con 13 metros en promedio, de desplazamiento vertical la cual provoca una discontinuidad en la mineralización en el Horizonte Manganésífero.

Las fracturas que con mayor frecuencia se observan son perpendiculares a la dirección de la estratificación del Horizonte Manganésífero.



LEYENDA

- Base del monte
- ~ 1700 Curva de nivel
- ▭ Zona de muestreo
- Localización de Barreno
- ↖ Rumbo y estado de capa
- Jsch Jurásico Superior Pm. Chipeo
- Js Jurásico Superior Pm. Santiago
- Frente de Exploración
- L.B. Línea Base
- S.L.1 Sección Longitudinal



T R A B A J O P A R T E	U. N. A. M.
	FACULTAD DE INGENIERIA
	PLANO GEOLOGICO DEL AREA CERRO PRIETO
	J. LOPEZLUQUE 1961 FIG. NO. 4

1782.88
NO-CP-62

V "DESCRIPCION DEL YACIMIENTO"

V.1

EXPLORACION

V.1.a) "GEOLOGIA SUPERFICIAL"

El objetivo principal de realizar un levantamiento de la geología superficial en el área Cerro Prieto fué el de conocer el comportamiento del Horizonte Manganésífero en cuanto a la intensidad, regularidad, límites, estructura y correlación, del yacimiento oxidado de manganeso grado batería.

Este levantamiento es la base inicial para posteriormente hacer el programa de exploración, auxiliados con obras directas y barrenación.

Para construir, el plano de la geología superficial del área, se eligió primero una escala práctica e ilustrativa, del plano topográfico, donde se vació después la información geológica, esto es; a) el contacto de la Formación Santiago con el Horizonte Manganésífero. (fig.4). b) la orientación del afloramiento del Horizonte Manganésífero que en general es NW 45°SE. c) El límite de oxidación en la dirección Noroeste del área de estudio, que se ubica en la Sección 0 + 340. d) Las discontinuidades de la mineralización que se observan en el yacimiento de óxidos de manganeso, como son los caballos de carbonatos sobre la Sección 0 + 260.

V.1.b "OBRAS DIRECTAS"

En el año de 1965, Compañía Minera Autlán inició las primeras obras de exploración en el área de Cerro Prieto; haciendo frentes, zanjas y pozos de desarrollo variable, con el objeto de comprobar la existencia de minerales oxidados de manganeso.

V.1.b.1 FRENTE.

Las frentes se hacen con el objeto de conocer la zona de influencia de la oxidación en el Horizonte Manganésífero.

Las frentes se cuelan en dirección perpendicular al rumbo de las capas y siguen el contacto entre la Formación Santiago y el Horizonte Manganésífero. Se inician en mineral oxidado y se finalizan por lo general en material carbonatado o semicarbonatado. (fig. 4).

En el área de estudio se realizaron tres frentes con diferente rumbo, inclinación y desarrollo:

FRENTE	RUMBO	INCLINACION	DESARROLLO
1	S 1°W	20°	38 Metros
2	S30°W	23°	28 Metros
3	S35°W	25°	12 Metros

La Frente No. 1 tiene un desarrollo mayor que las otras dos, ya que no se coló perpendicularmente al rumbo de las capas.

V.1.b.2) "ZANJAS"

Las zanjas se realizan con el objeto de observar la variación vertical de la oxidación en el yacimiento manganésífero. Estas obras se inician desde la superficie, en la Formación Chipoco y descienden en forma escalonada, hasta llegar al contacto con la Formación Santiago. Las zanjas generalmente tienen una orientación perpendicular al rumbo de las capas. Dado que en la actualidad existe una variedad mayor en los rangos de ley de manganeso, fue necesario muestrear nuevamente las zanjas ya existentes, para tener un muestreo más denso.

Las 9 zanjas que fueron muestreadas tienen una extensión vertical variable que oscila entre 6 y 21m. del altura (fig. 4)

V.1.c) "PROGRAMA DE BARRENACION"

El objeto de la barrenación es detectar el límite de la influencia de la oxidación a profundidad.

El programa de barrenación consiste en ubicar los barrenos en una red de aproximadamente 27m., tomando como base la localización del afloramiento del Horizonte Manganésífero.

En Cerro Prieto existen tres líneas de barrenación (fig.4)

V.2

"MORFOLOGIA DEL YACIMIENTO"

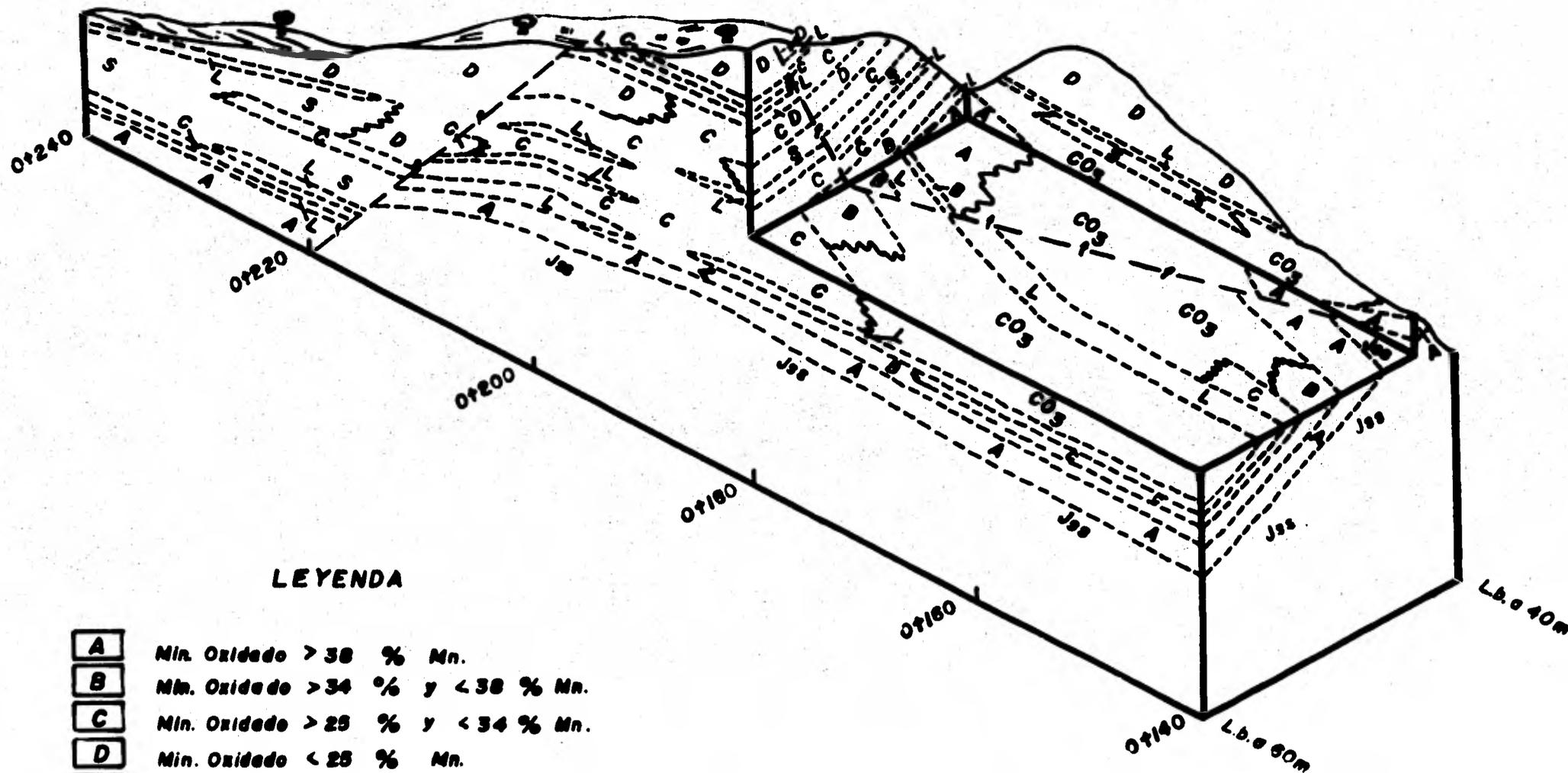
El yacimiento oxidado del área Cerro Prieto es de carácter estratiforme (manto) debido a que está delimitada la mineralización de acuerdo al comportamiento del mismo Horizonte Manganésífero.

En el área de estudio, el Horizonte Manganésífero tiene 31.0 metros de espesor, sin embargo, no todo está oxidado así como tampoco lo están los 380m. de extensión longitudinal, del afloramiento. Más bien, se presentan zonas oxidadas y "lunares" de caballos de carbonatos.

A continuación se analiza la disposición del mineral oxidado en sentido vertical y horizontal y el comportamiento de los materiales semioxidados, carbonatado y arcilloso.

El Mineral de calidad "A", cuando se presenta, aparece en la base, en contacto inmediato con la Formación Santiago, es el más regular en su distribución y espesor, aunque también se observa interdigitado con caballos de carbonatos o material semicarbonatado e interrumpido por la falla normal de rumbo NW 72°SE (fig.5)

El Mineral de tipo "B", se presenta sobre el Mineral tipo "A" estando divididos por una capa de Arcilla con alto contenido de óxido de Hierro --- (FeO 16%) de 0.1 a 0.5 m. de espesor, sin embargo, el mineral tipo "B" puede estar ausente, o bien, encontrarse directamente en contacto con la Formación Santiago. En el yacimiento, el mineral tipo "B" se presenta en zonas aisladas limitadas en dirección horizontal por calidades de mineral



LEYENDA

- A Min. Oxidado > 38 % Mn.
- B Min. Oxidado > 34 % y < 38 % Mn.
- C Min. Oxidado > 28 % y < 34 % Mn.
- D Min. Oxidado < 28 % Mn.
- CO₂ Carbonatos No Economicos
- S Semioxidos
- L Limolite
- Jss Jurásico Superior Fm. Santiago
- f- Falta
- L.b. Línea base



T R A B A J O	R E C E P C I O N A L	U. N. A. M FACULTAD DE INGENIERIA
		BLOQUE DIAGRAMATICO
		J. LOPEZ LUQUE 1981 FIG. 5

de contenido menor en MnO_2 % o por carbonatos que se le interdigitan. El mineral oxidado también se observa en contacto con el material carbonatado o semioxidado por acción de fallas normales.

Generalmente el mineral oxidado tipo "C" . Se encuentra sobre el mineral tipo "B", aunque también en la dirección paralela a la estratificación se observa que el mineral tipo "B" cambia al tipo "C". En ocasiones el mineral "C" se presenta encajonado entre material arcilloso y/o semioxidado.

El mineral tipo "D" es el más cercano a la superficie en el yacimiento -- manganesífero, es el de mayor distribución pero también el de ley más baja. Se presenta en contacto con el mineral tipo "C", interestratificado con arcilla o material semioxidado. Por otro lado, el mineral tipo "D" no se presenta muy afectado en su espesor por la presencia de las fallas, -- pues aunque lo dislocan, no lo interrumpen totalmente como sucede con las otras calidades de mineral.

En conclusión se puede afirmar que la calidad del mineral aumenta hacia la parte inferior del manto.

Frecuentemente, se observa entre las diferentes calidades de mineral, delgadas capas de arcilla que los dividen. Así mismo, el mineral oxidado se alterna o interdigita con material semioxidado o carbonatado.

En general, aunque la morfología del yacimiento es estratiforme y son distinguibles las calidades de mineral oxidado, la distribución de éste es -- irregular debido a acuñamientos, interdigitaciones y cambios de calidad en dirección horizontal y vertical.

De las cuatro calidades de mineral las correspondientes al tipo "A" y "B" se interrumpen en forma más brusca con la falla normal NW 72°SE que es la de mayor desplazamiento, ya que las otras dos calidades si continúan después de ella. Existe otra falla normal de poco desplazamiento que solo disloca el mineral pero no interrumpe la oxidación en la base de la Formación Chipoco.

A continuación se muestran cinco secciones transversales ilustrativas del yacimiento.

Sección Transversal 0 + 080. (fig.6)

En esta sección se muestra la continuidad del mineral de calidad "A", así como material semicarbonatado que esfa sobre el mineral oxidado anterior. Se observa en el banco 1756, a 70m. de la línea base, un dique estrato de composición riolítica y la falla normal que trunca la mineralización.

Sección Transversal 0 + 120 (fig. 7)

Se observa en esta sección, que sobre el mineral "A" se encuentra el "B" habiendo entre los dos una capa de arcilla. Así mismo se aprecia que sobre el mineral oxidado hay carbonatos y la interdigitación de mineral "D" y arcilla.

Sección Transversal 0 + 200 (fig. 8)

El objeto de la presentación de esta sección es para mostrar que la falla normal de 3.0 metros de desplazamiento vertical la cual, no interrumpe la mineralización. Además se observa la repetición vertical de el mineral oxidado tipo "C".

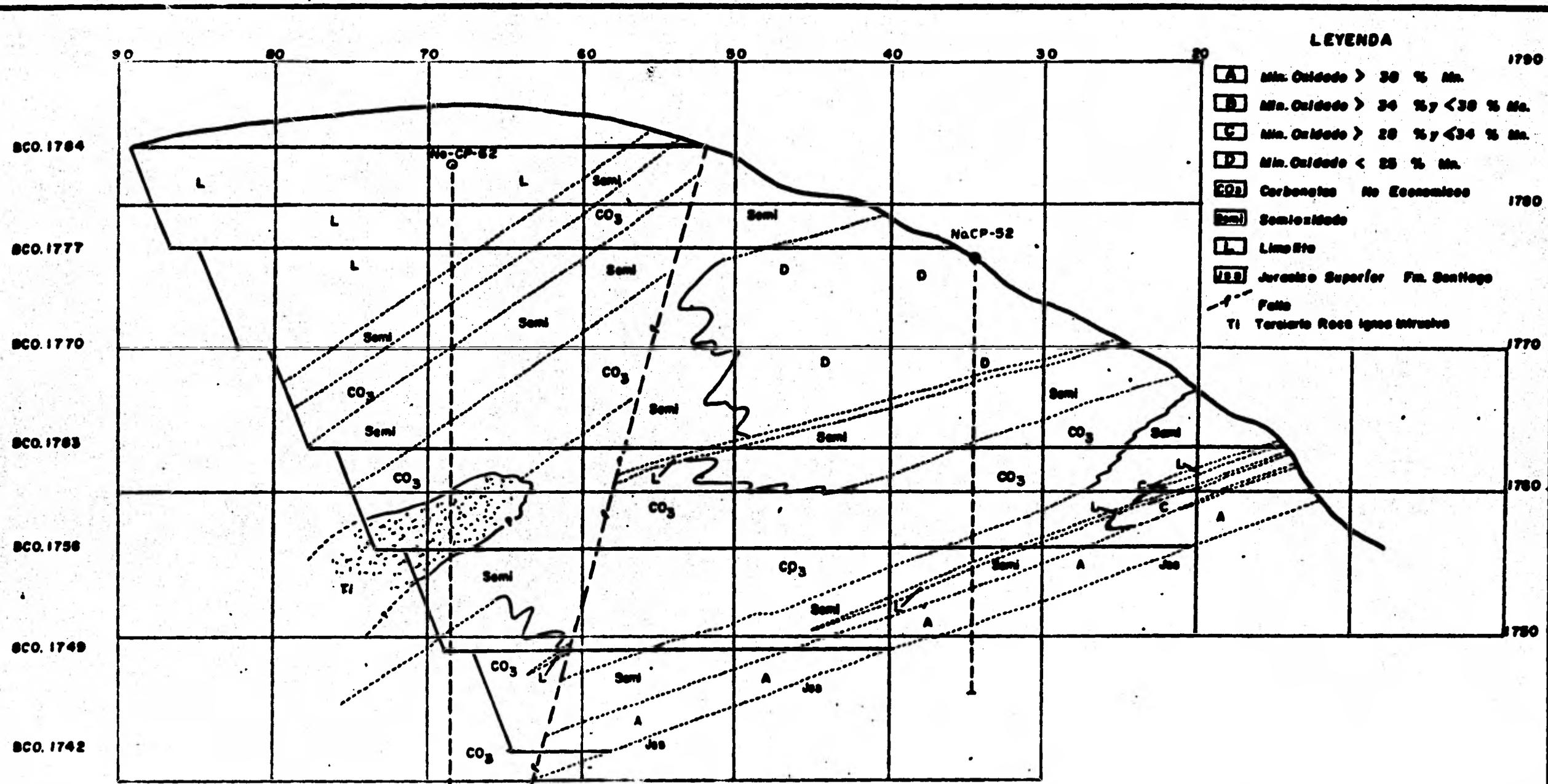
Sección Transversal 0 + 260 (fig. 9)

Sobre esta sección no se presenta mineral oxidado en la base, cerca del -- contacto con la Formación Santiago, observando solamente carbonatos no -- económicos y material semioxidado.

Sección Transversal 0 + 300 (fig.10)

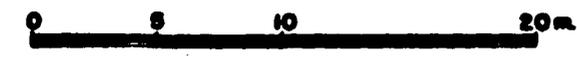
En esta sección nuevamente se presenta mineral oxidado de calidad en la -- base de la Formación Chipoco. El echado de las capas es más acentuado -- que en las capas anteriores.

Sobre el mineral "A" se encuentra el de calidad "B" y sobre este último el de calidad "C".



LEYENDA

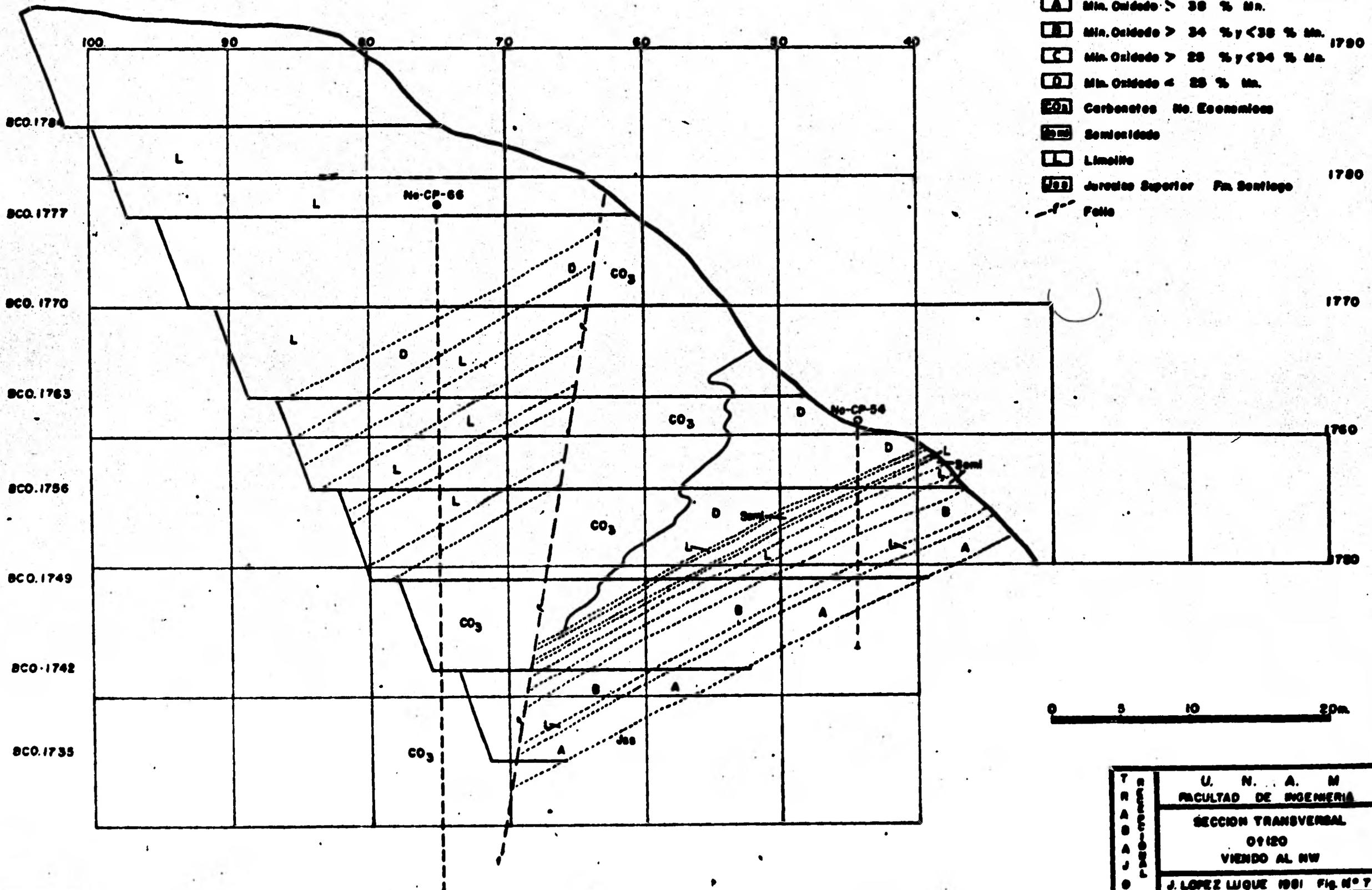
- A** Mn. Oxidado > 30 % Mn.
- B** Mn. Oxidado > 34 % y < 38 % Mn.
- C** Mn. Oxidado > 28 % y < 34 % Mn.
- D** Mn. Oxidado < 28 % Mn.
- CO₃** Carbonatos No Economicos
- Semi** Semioxidado
- L** Limonita
- Jss** Jureense Superior Fm. Santiago
- Falla** Fault
- Ti** Terciario Reces Igneo Intrusivo



T R A B A J A D O	U. N. A. M.
	FACULTAD DE INGENIERIA
	SECCION TRANSVERSAL
	D 1980
	VIENDO AL NW
	J. LOPEZ LUQUE 1981 Fig. N° 6

LEYENDA

- Min. Oxidado > 38 % Mn.
- Min. Oxidado > 34 % y < 38 % Mn.
- Min. Oxidado > 28 % y < 34 % Mn.
- Min. Oxidado < 28 % Mn.
- Carbonatos No. Económicos
- Semioxidado
- Limonite
- Juretes Superior Pa. Santiago
- Follo

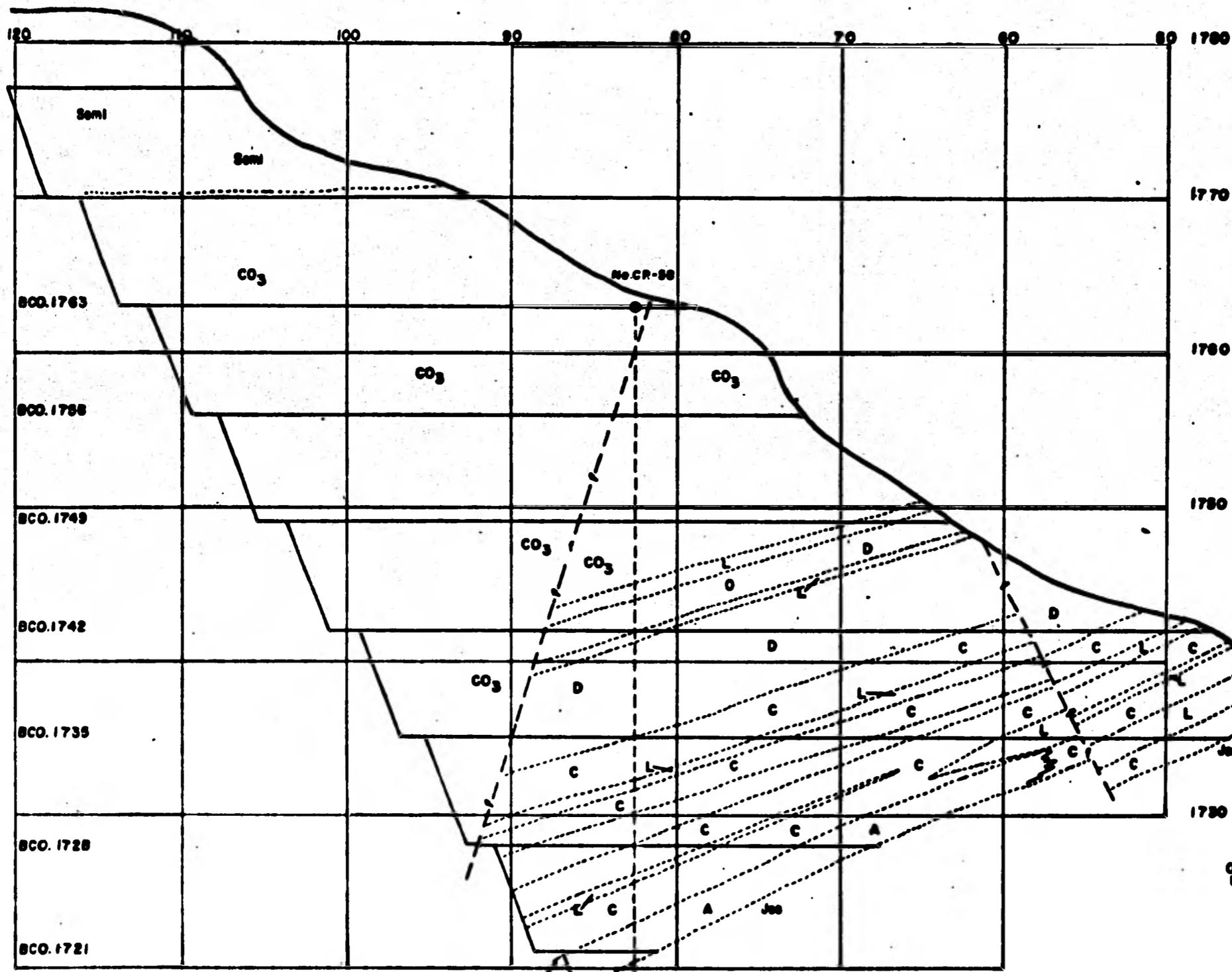


T
R
A
S
A
S
E
C
T
O
R
E
S

U. N. A. M
FACULTAD DE INGENIERIA
SECCION TRANSVERSAL
0120
VIENDO AL NW
J. LOPEZ LIQUE 1981 Fig. N° 7

LEYENDA

- A Min. Oxidado > 30 % Mn.
- B Min. Oxidado > 24 % y < 30 % Mn.
- C Min. Oxidado > 25 % y < 24 % Mn.
- D Min. Oxidado < 25 % Mn.
- CO₃ Carbonatos No Económicos
- L Semioxidado
- L Limolita
- J Jurásico Superior Fin Santiago
- - - Falta



120 110 100 90 80 70 60 1720

Semi

Semi

CO₃

BCO.1763

CO₃

No. CR-88

1770

1760

BCO.1758

CO₃

CO₃

1750

BCO.1749

CO₃

CO₃

1740

BCO.1742

CO₃

D

D

1730

BCO.1735

C

C

C

C

C

C

1720

BCO.1728

C

C

A

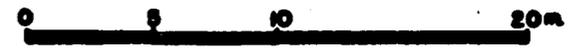
J

1720

BCO.1721

CO₃

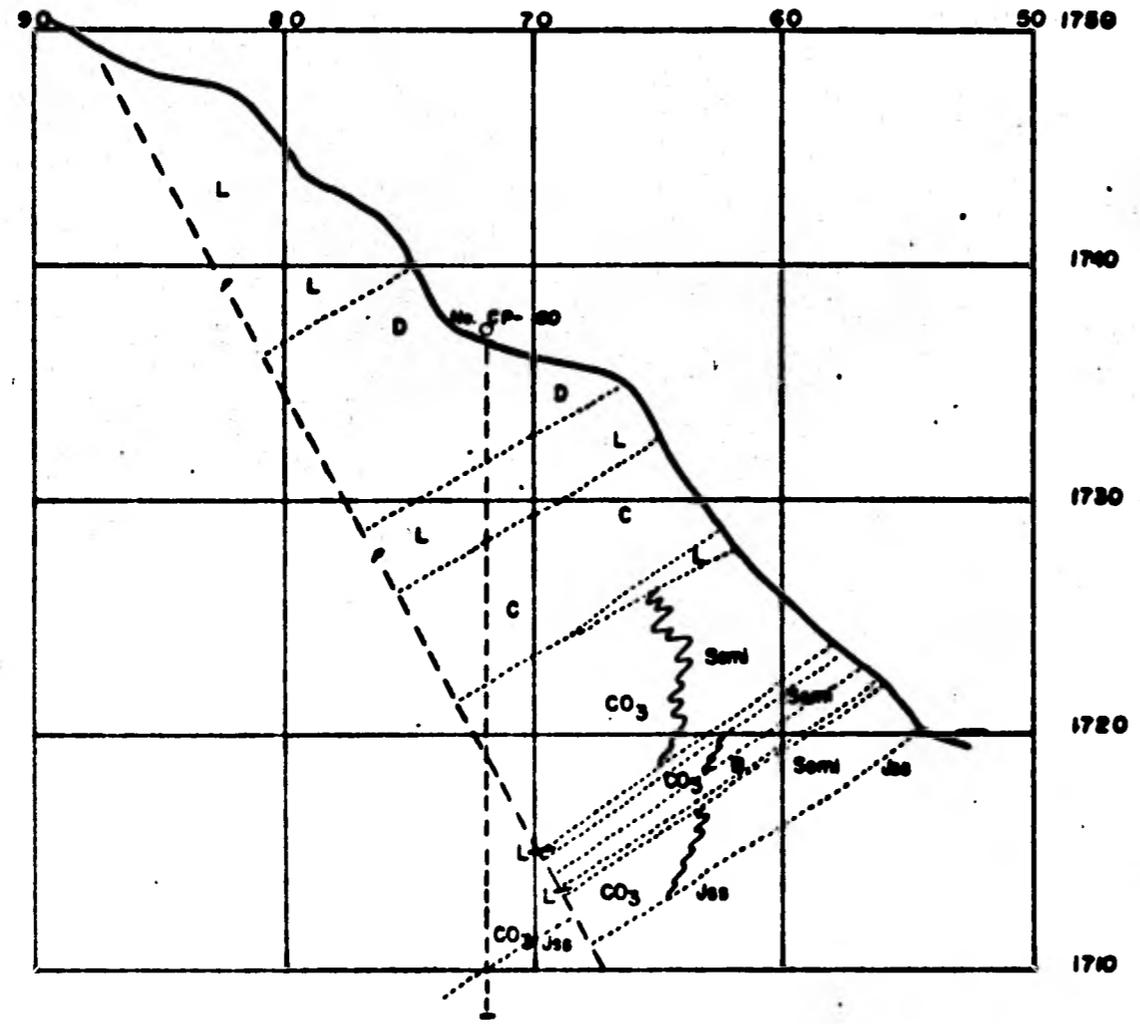
J



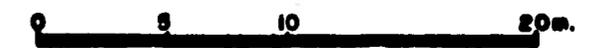
T R A B A J O P A R T E	U. N. A. M.
	FACULTAD DE INGENIERIA
	SECCION TRANSVERSAL
	01200
	VENDO AL NW
J. LOPEZ LUQUE 1991 Fig. N° 8	

LEYENDA

- A** Mn. Oxidado > 38 % Mn.
- B** Mn. Oxidado > 34 % y < 38 % Mn.
- C** Mn. Oxidado > 28 % y < 34 % Mn.
- D** Mn. Oxidado < 28 % Mn.
- CO₃** Carbonates No Económicos
- Semi** Semioxidado
- L** Limolite
- Jss** Jurásico Superior Fm. Santiago
- - -** Falso



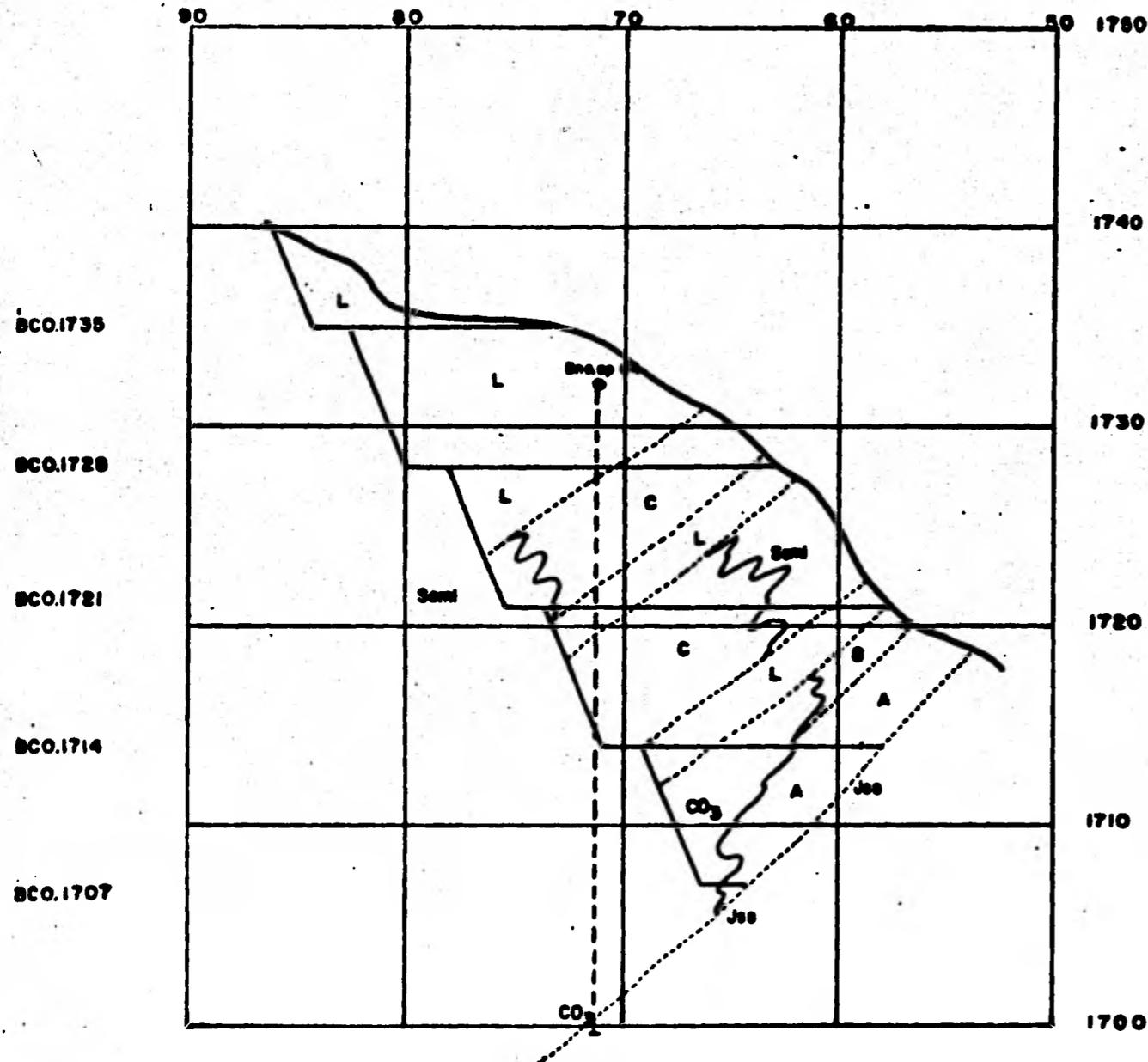
E 1:200



TRABAJOS DE LABORATORIO	U. N. A. M. FACULTAD DE INGENIERIA
	SECCION TRANSVERSAL 01260
	VIENDO AL NW
	J. LOPEZ WOLFE 1981 Fig. N° 9

LEYENDA

- A** Mn. Oxidado > 30 % Mn.
- B** Mn. Oxidado > 34 % y < 38 % Mn.
- C** Mn. Oxidado > 28 % y < 34 % Mn.
- D** Mn. Oxidado < 28 % Mn.
- CO** Carbonates No Economicos
- Semi** Semioxidado
- L** Limonite
- Jss** Jurásico Superior Fm. Santiago
- - -** Faltó



BCO.1735

BCO.1728

BCO.1721

BCO.1714

BCO.1707

1750

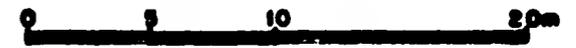
1740

1730

1720

1710

1700



T R A S A J O	U. N. A. M.
	FACULTAD DE INGENIERIA
	SECCION TRANSVERSAL
	09300
	VIENDO AL NW
J. LOPEZ LUQUE 1991 FIG. N° 10	

En la unidad Nonoalco se clasifica el mineral oxidado de acuerdo a diferentes rangos de calidad, con el objeto de manejar una nomenclatura más práctica y selectiva en la planta lavadora. Las diversas calidades se estiman de acuerdo al contenido de Mn %, Fe %, MnO_2 y Peroxidación. --- Siendo la Peroxidación un parámetro que indica el porcentaje del manganeso que se encuentra en forma de óxido y se calcula multiplicando el porcentaje de MnO_2 por su peso molecular y se divide entre el porcentaje de ley de Mn.

Mineral tipo "A". Es el de mejor calidad de los cuatro que existen se -- presenta de color gris oscuro, dispuesto en láminas, con una dureza de 7.0 y 7.5 en la escala de Mohs, es de lustre metálico y hábito de rejilla, contiene muy poca arcilla. Sus características químicas son:

Total de Mn. $> 38\%$
 Fe.- de 10% a 12%
 Mn en forma de: $MnO_2 > 54.1\%$
 Peroxidación. $> 90\%$
 P.E. -3.8
 Arcilla. -26%

Mineral tipo "B". Es de color gris pardo de lustre metálico, se presenta en forma de láminas delgadas y duras pero con mayor contenido de arcilla que el mineral tipo "A".

La capa de arcilla que se observa dividiendo al mineral tipo "B" del "A" es de color rojizo con tonos pardos, donde el contenido de Fe es mayor al 28%.

En seguida se dan las características químicas:

Mn. - $34\% \leq X \leq 38\%$
 Fe. - 11% a 13%
 Mn en forma de MnO_2 . - $48.4\% \leq X \leq 54.1\%$
 Peroxidación. - $> 90\%$
 P.E. - 3.5.
 Arcilla. - 33%

Mineral tipo "C". Se observa de color amarillo pardo en láminas discontinuas quebradizas pero duras, de lustre terroso, su característica distintiva es el abundante contenido de arcilla color amarillo. El rango de calidad "C" tiene las siguientes características:

Mn. 25% < X < 34%
Fe. 13% a 15%
MnO₂.- 35.6% < X < 48.1%
Peroxidación. → 90%
Arcilla.- 38%

Mineral tipo "D" Es de color gris oscuro, casi negro dispuesto en laminas continuas pero suaves y quebradizas, con lustre opaco y terroso.

Mn.- < 25%
Fe.- > 15%
MnO₂.- < 35.6%
Perox.- > 86.0%
P.E.-2.3
Arcilla.-65%

En el yacimiento de Cerro Prieto existen otros tipos de materiales que son considerados como tepetate pero que es necesario definirlos:

Carbonatos de baja ley.- Son aquellos carbonatos que aún teniendo contenido considerable de Mn% no alcanzan la ley de nódulo. o sea, no es posible beneficiarlos mediante la calcinación que se lleva a cabo en el horno giratorio, ubicado en Ayotetla, Hgo. propiedad de la Compañía Minera Autlán. La ley de nódulos se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$L.N. = \frac{Mn\%}{100 - (pxc)} (1.17) \times 100$$

Donde:

Mn.- Contenido total de Manganeso (% en peso)

pxc.- Pérdida de CO₂ por calcinación en el horno.

El número 1.17 es una constante experimental de cálculo.

Material Semi oxidado.- Son carbonatos suaves con incipiente oxidación que no pueden ser beneficiados en la planta lavadora. Además, tampoco sirve como cabezas para el horno para producir nódulos, por el alto contenido de material fino que produce.

V.4

"MINERALOGIA"

La roca carbonatada del Horizonte manganesífero que no ha sido lixiviada, tiene como mineral principal; la rodocrosita $(Mn_{0.72} Ca_{0.06} Fe_{0.08} Mg_{0.14}) CO_3$, dispuesta en microcristales (0.005 cm) arredondados que se asocian a materia orgánica y a la Kutnahorita $MnCa (CO_3)_2$ que también se presenta en microcristales, existe pirita $(Fe S_2)$ dispuesta en láminas, Limonita $(Fe O.OH)$, Cuarzo $(Si O_2)$, Manganosita (MnO) , Magnetita (F_3O_4) , Dolomita $CaMg (CO_3)_2$, montmorillonita e illita.

En los depositos oxidados, el constituyente principal es la nsutita ---- $Mn_{0.49}^{2+} Mn_{0.946}^{4+} O_{1.76} \cdot (OH)_{0.23} (Mn_{0.012} Mn_{0.983}^{0} O_{1.76} (OH)_{0.234})$ junto con pequeñas cantidades de psilomelano, pirolusita (MnO_2) , criptomelano y hausmanita (Mn_3O_4) .

En el yacimiento de Nonoalco la nsutita, mineral principal, se observa como un material suave de color negro, de hábito botroidal, coloforme de lustre graso y en ocasiones iridiscente. Aunque también se presenta con dureza de 7.0 (escala de Mohs), de color gris, lustre metálico, hábito masivo.

Entre las cavidades se presenta arcilla o la misma nsutita en hábito coloforme.

El mineral dominante está en forma de dióxido demanganeso. (ver tabla A).

Tabla A. Análisis químico de dos muestras de mineral oxidado.

	Muestra 1	Muestra 2
MnO ₂	76.25	74.06
MnO	3.24	4.14
Ca O	0.1	0.2

	Muestra 1	Muestra 2
Mg O	0.00	0.00
Fe O	0.2	0.2
H ₂ O ⁺	7.54	7.64
H ₂ O ⁻	1.9	2.45
SiO ₂	3.0	2.96
Al ₂ O ₃	1.9	2.04
Fe ₂ O ₃	5.7	6.23
CO ₂	0.03	0.07

(De Pablo 1968)

Otros minerales que se asocian al Yacimiento Supergenético son la Hematita, cuarzo, limonita, arcilla y magnetita.

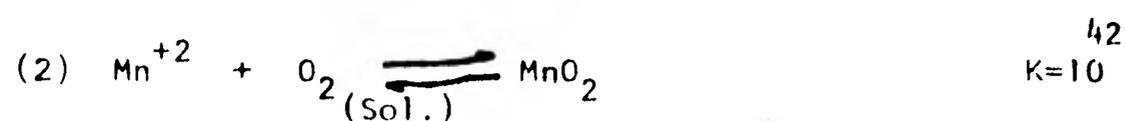
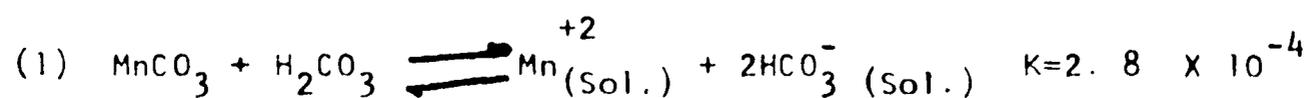
(1).- De Pablo, Liberto (1968) U.N.A.M., instituto de Geología, boletín No. 76.

V.5)

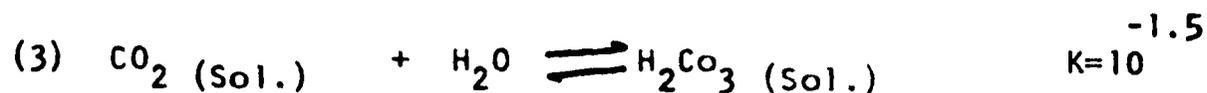
LIXIVIACION DEL HORIZONTE MANGANESIFERO

La alternación más importante que se observa en el yacimiento de la región de Nonoalco se debe a la oxidación de la roca manganesífera en los afloramientos, originando la disolución del calcio y la precipitación de minerales oxidados de manganeso.

Siendo la nsutita el mineral más comun encontrado en la zona de oxidación en la región de Nonoalco y en general en el distrito de Molango, y tomando en cuenta que su fórmula química se puede generalizar como MnO₂, entonces la reacción de oxidación en condiciones estandar sería:



Para poder calcular la actividad del Mn^{+2} , calcularemos la concentración del H_2CO_3 y HCO_3^- , haciendo uso de las ecuaciones habituales.



$$K = \frac{[H_2CO_3]}{[CO_2]}$$

$$[CO_2] = 3 \times 10^{-4}$$

$$[H_2CO_3] = K [CO_2] = (10^{-1.5}) (3 \times 10^{-4}) = 3 \times 10^{-5.5}$$

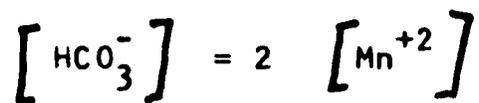
Esto es la concentración total de carbonatos en solución. Podemos por aproximación calcular el pH de esta solución que sería de 5.7.

Es decir el agua de lluvia tendría un pH ácido suficiente para disolver el carbonato en la reacción. (1).

A partir de esta reacción podemos calcular la actividad del Mn^{+2} en equilibrio, de la ecuación (1).

$$K = \frac{[Mn^{+2}] [HCO_3^-]^2}{[H_2CO_3]}$$

Considerando el coeficiente de equilibrio de la reacción (K) podemos aproximar la concentración de HCO_3^- , suponiendo que la mayor parte de este se produce por esta reacción, que la K del ácido carbónico es mucho menor, entonces tendremos:



$$K = \frac{[\text{Mn}^{+2}]^2 [\text{HCO}_3^-]}{[\text{Mn}^{+2}]^4 [\text{HCO}_3^-]^3} = \frac{[\text{Mn}^{+2}]^2}{[\text{HCO}_3^-]^2} = 2.8 \times 10^{-4}$$

$$[\text{Mn}^{+2}] = \sqrt[3]{\frac{K [\text{HCO}_3^-]^4}{4}}$$

$$[\text{Mn}^{+2}] = \left(\left[(2.8 \times 10^{-4}) (3 \times 10^{-5.5}) \right] \div 4 \right)^{1/3}$$

$$[\text{Mn}^{+2}] = 8 \times 10^{-4} \text{ M}$$

Está será la cantidad real de manganeso en solución producida por la lixiviación de los carbonatos de manganeso. Analizando la reacción (2) y su coeficiente de equilibrio vemos que su precipitación y oxidación es inmediata por lo que el proceso de oxidación tiene lugar rápidamente.

Se postula que el transporte del Mn^{+2} en solución es insignificante, Esto se reafirma por las observaciones efectuadas en el afloramiento oxidado donde tiene una oxidación máxima en el superficie y a profundidad decrece la oxidación y aparecen los carbonatos sin alterar.

V.6.a) "VARIACION DE Mn."

En general en el área de Cerro Prieto el contenido de manganeso se incrementa a profundidad, o sea, aumenta la ley en Mn% cerca del contacto con la Fm. Santiago, sin embargo, la existencia de disminuciones - drásticas de manganeso registradas en intervalos cortos, obedece a la presencia de arcilla intercalada entre el mineral oxidado.

Por otro lado, lo que ocasiona que la ley no aumente en forma constante a profundidad es la existencia de material Semioxidado y carbona - tado. (fig.11)

V.6.b) "VARIACION DE Fe."

El contenido de Fe% en el horizonte manganesífero varía en un rango - aproximado de 5 a 12% en promedio, pero conforme es menor la distan - cia con respecto a la Formación Santiago el contenido de porcentaje - en peso disminuye (fig.12). Es característico que las capas de arcilla tengan concentraciones de 15 a 17% de Fe, lo que le dá una coloración roja. Con frecuencia estas capas sirven como guías para separar diversas calidades de mineral.

Es común observar que el % Fe se acumula más en el material semioxi - da - do que en los carbonatos, ya que en estos últimos se registran con frecuencia valores mínimos de concentración.

XI. c) "VARIACION DE MnO₂"

La tendencia general en el yacimiento oxidado de Cerro Prieto es que - el MnO₂ se incrementa en la base, más aún, se incrementa en forma brus - ca en los últimos 6 ó 7 metros antes de llegar al contacto con la For - mación Santiago, o sea, que las capas de la base presentan mayor oxi - dación. Sin embargo, como en los casos anteriores (Mn % y Fe %) la tendencia a aumentar el MnO₂ a profundidad no es uniforme ya que la presen

cia de arcilla intercalada entre el mineral oxidado, la existencia de material semioxidado y los carbonatos producen descensos bruscos de la oxidación en el Horizonte Manganesífero. (fig. 13)

XI d) "VARIACION DE LA PEROXIDACION"

La Peroxidación, es un parámetro calculado en función del contenido - del Mn % y MnO_2 % y en consecuencia tiene una variación muy similar - a la del MnO_2 . (fig. 14), por lo cual ésta variable aumenta en promedio de arriba hacia abajo.

V.7

"DISTRIBUCION DE LA MINERALIZACION"

"DISTRIBUCION DEL ESPESOR"

INTRODUCCION

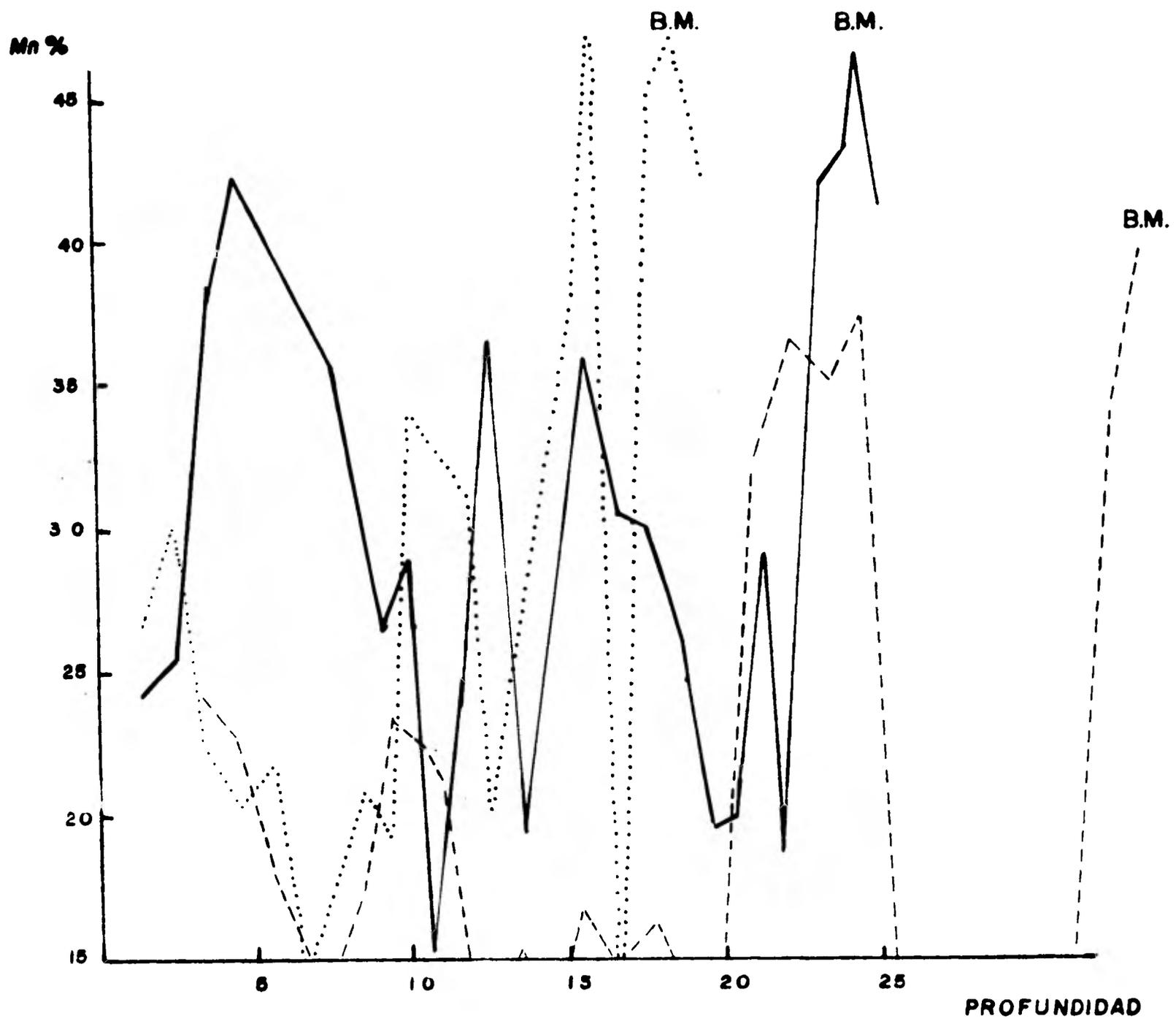
El objeto de conocer el espesor de las diferentes calidades de mineral oxidado es para determinar el comportamiento del yacimiento, sus límites y seleccionar la extracción del mineral de diferentes calidades.

En el área de Cerro Prieto, el yacimiento mineral no es homogéneo, ni regular en su distribución, razón por la cual se ha decidido hacer un análisis individual de los espesores para los cuatro rangos de calidad de mineral grado batería; se muestran secciones en las figuras, de la 15 a la 18.

V.7.a) "DISTRIBUCION DE ESPESORES PARA LAS CUATRO DIFERENTES CALIDADES DE MINERAL"

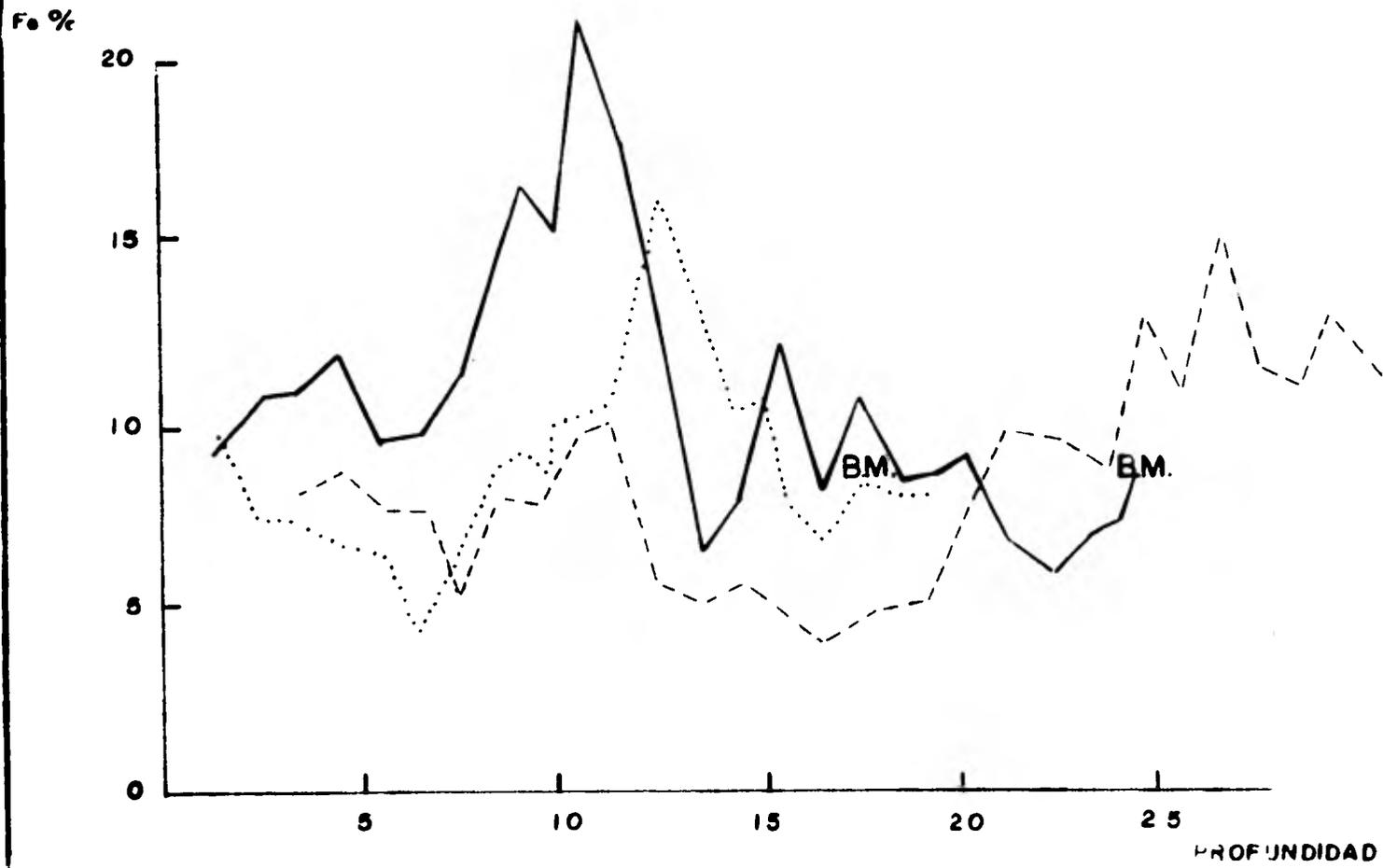
DISTRIBUCION DEL ESPESOR DEL HORIZONTE "A"

El espesor promedio del horizonte "A", en el yacimiento de Cerro Prieto es de 2.5m., aunque en algunas zonas llega a presentarse con 4.0m., de espesor.



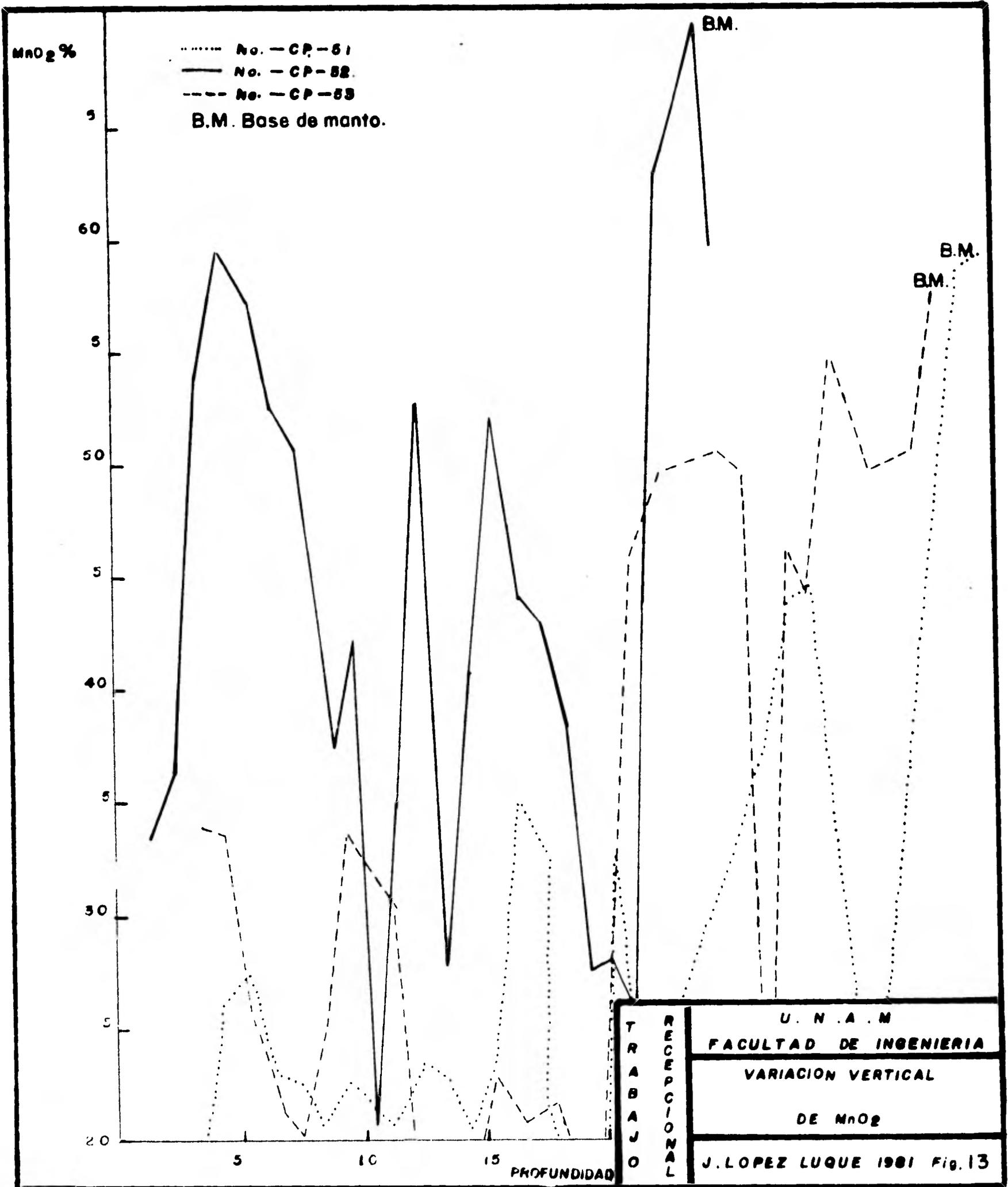
..... No-CP-51
 ————— No-CP-52.
 - - - - - No-CP-53.
 B.M. Base de manto

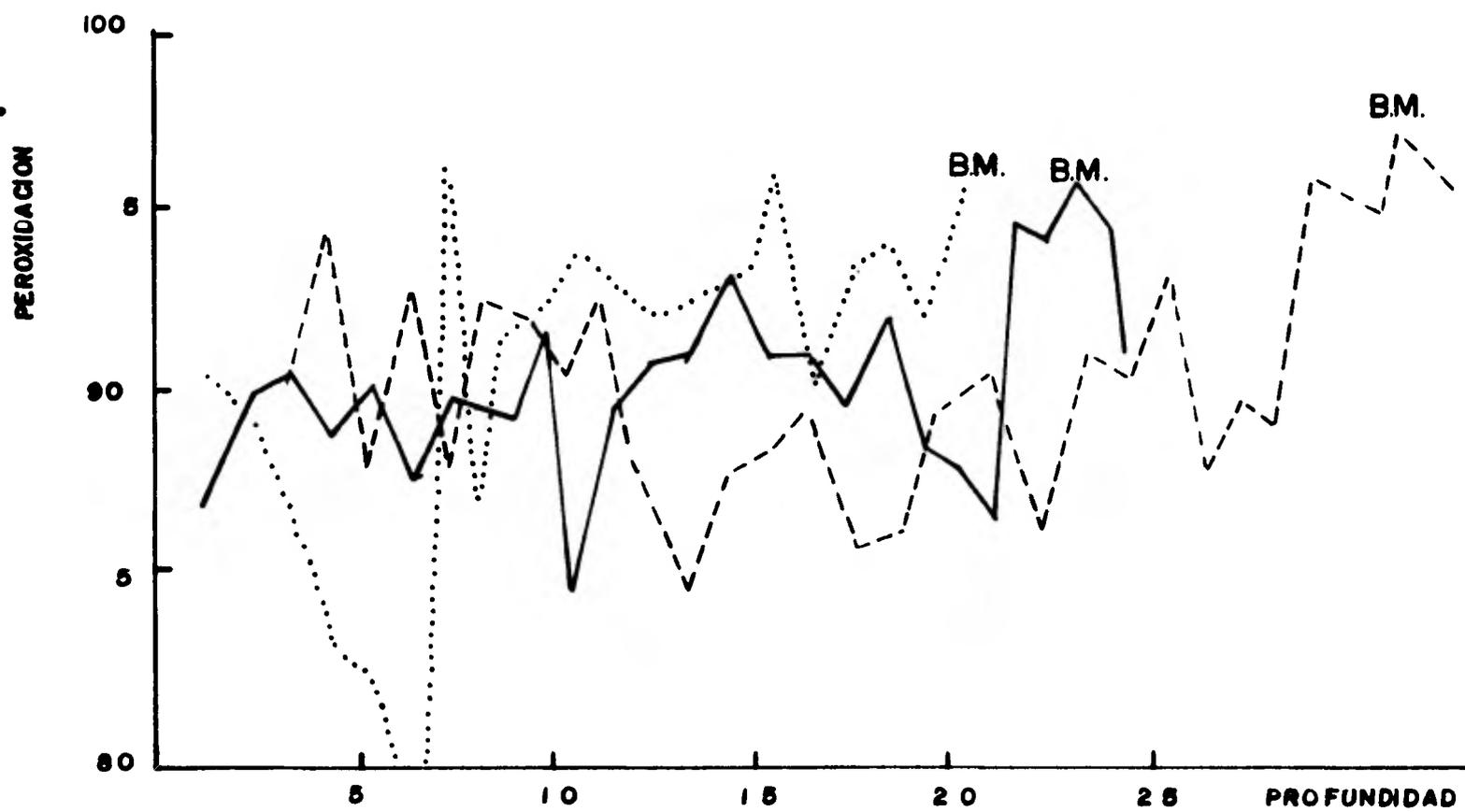
T R A B A J O	U. N. A. M.
	FACULTAD DE INGENIERIA
	VARIACION VERTICAL DE Mn %
	J. LOPEZ LUQUE 1981 FIG. II



..... No.-CP-51
 ——— No.-CP-52
 - - - No.-CP-53
 B.M. Base de manto

T R A B A J O	R E C E P C I O N A L	U. N. A. M
		FACULTAD DE INGENIERIA
		VARIACION VERTICAL
		DE Fe %
		J. LOPEZ LUQUE 1981 Fig. 12





..... No.-CP-51
 ——— No.-CP-52
 - - - No.-CP-53
 B.M. Base de manto

T R A B A J O	R E C E P C I O N A L	U . N . A . M FACULTAD DE INGENIERIA
		VARIACION VERTICAL DE PEROX
		J. LOPEZ LUQUE 1981 FIG 14

En el yacimiento oxidado, al profundizar la estructura, la oxidación disminuye hasta desaparecer y dar lugar a los carbonatos. Generalmente la desaparición de material oxidado es brusca ya que se observa en dos o tres metros. El plano de isopacas se observa en la fig. 15.

DISTRIBUCION DEL ESPESOR DEL HORIZONTE "B"

En el área de Cerro Prieto, el espesor promedio del horizonte "B" es de 1.5m. y su distribución en el yacimiento no es uniforme, pudiendo distinguir cuatro zonas de extensión diferente, las cuales están aisladas por caballos de carbonatos o por zonas que aún presentando oxidación no se observa este tipo específico de calidad.

La extensión de oxidación en la dirección SW del yacimiento es de 21.0 metros en promedio resultando ser menor que la alcanzada por el horizonte "A" que es de 31.0m. El plano de isopacas se muestra en la fig. 16.

DISTRIBUCION DE ESPESOR DEL HORIZONTE "C"

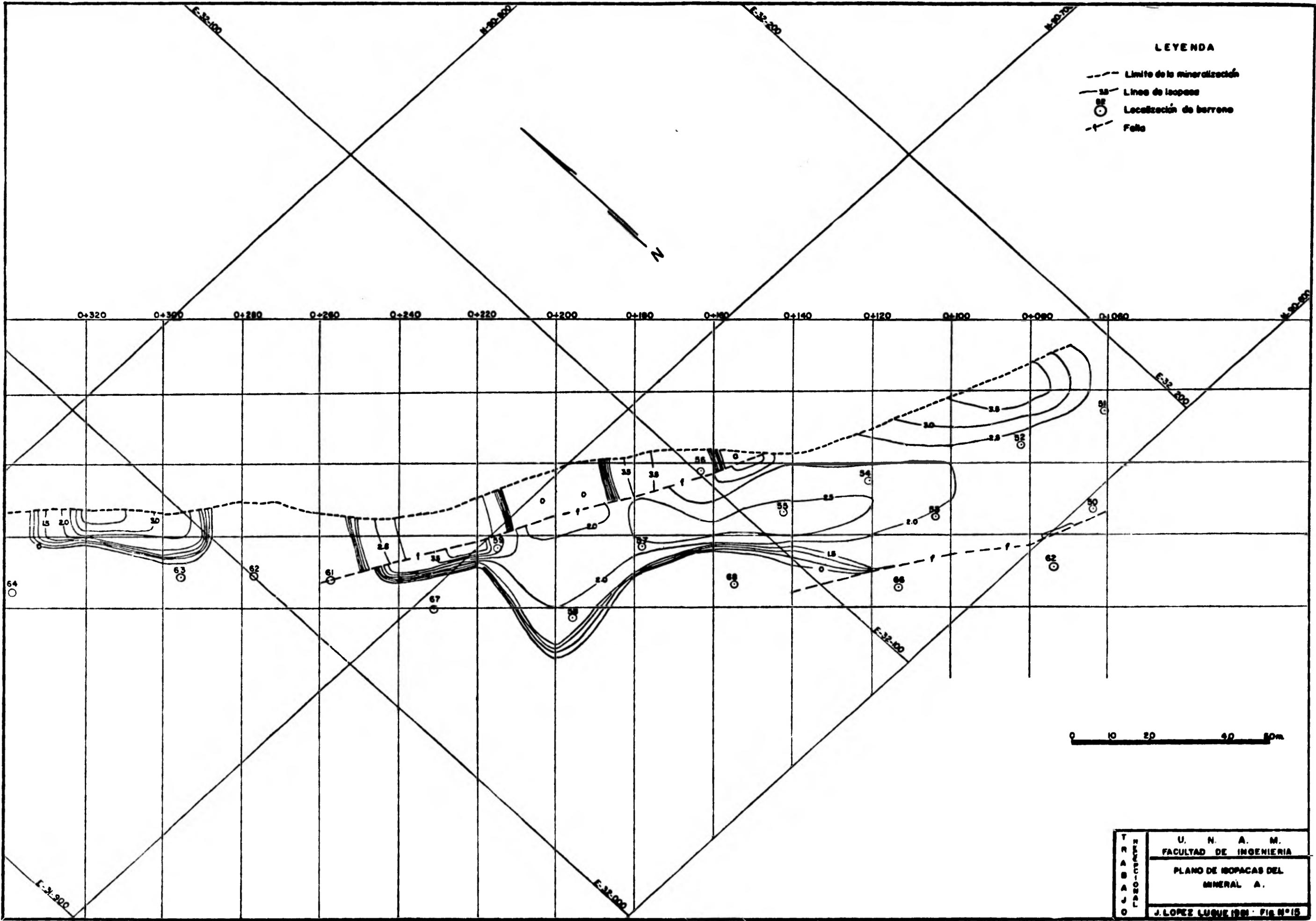
Generalmente los tipos de mineral "A" y "B" se presentan como una capa, individual, o sea, sin repetirse en el sentido vertical del yacimiento esta característica no se aplica a los tipos de calidad "C" y "D", que generalmente se encuentran formando capas que se repiten en forma sucesiva ya sea intercalados con arcilla, carbonatos o material Semioxidado, por esta razón el plano de isopacas representa la suma de todos los espesores parciales del mineral tipo "C" y "D" respectivamente.

El espesor promedio del mineral "C" es de 5.0m., aunque llega a presentarse con 8 metros de espesor.

El mineral tipo "C" se encuentra distribuido en todo el yacimiento, sin que se vea afectado grandemente por los caballos de carbonatos. Sin embargo, con frecuencia se interrumpe con brusquedad al ser cortado por una de las dos fallas normales. Su distribución se muestra en la fig. 17

LEYENDA

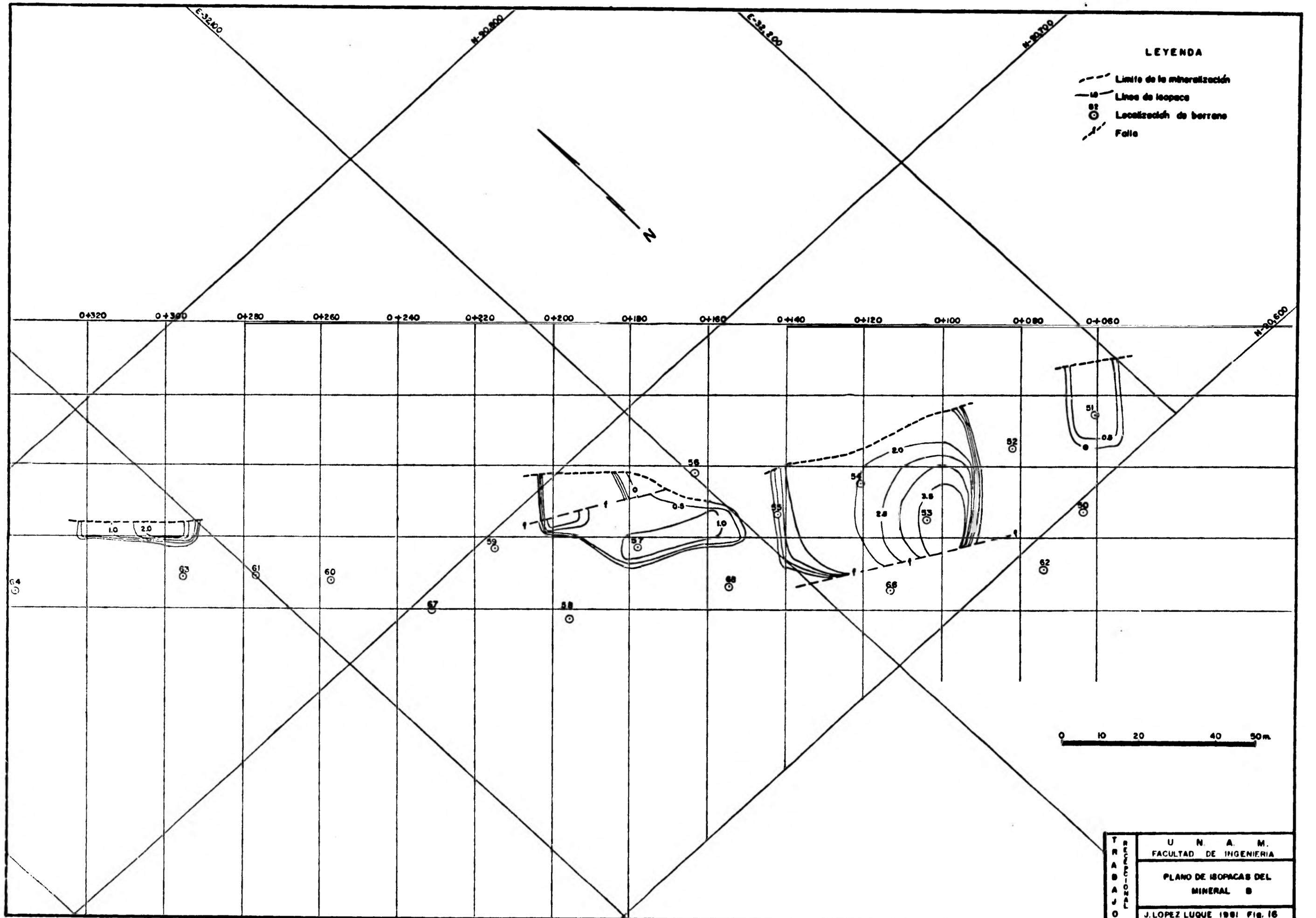
- - - Limite de la mineralización
- 15 — Línea de isopasa
- Localización de barrenos
- f - Faja



U. N. A. M.
FACULTAD DE INGENIERIA
PLANO DE ISOPACAS DEL
MINERAL A.
J. LOPEZ LUGUE 1981 - FIG. N° 15

E-32-900

E-32-000



LEYENDA

- - - Limite de la mineralización
- Lineas de isopacas
- Localización de barrenos
- - - Fallo

0+320 0+300 0+280 0+260 0+240 0+220 0+200 0+180 0+160 0+140 0+120 0+100 0+080 0+060

E-32,000

N-20,800

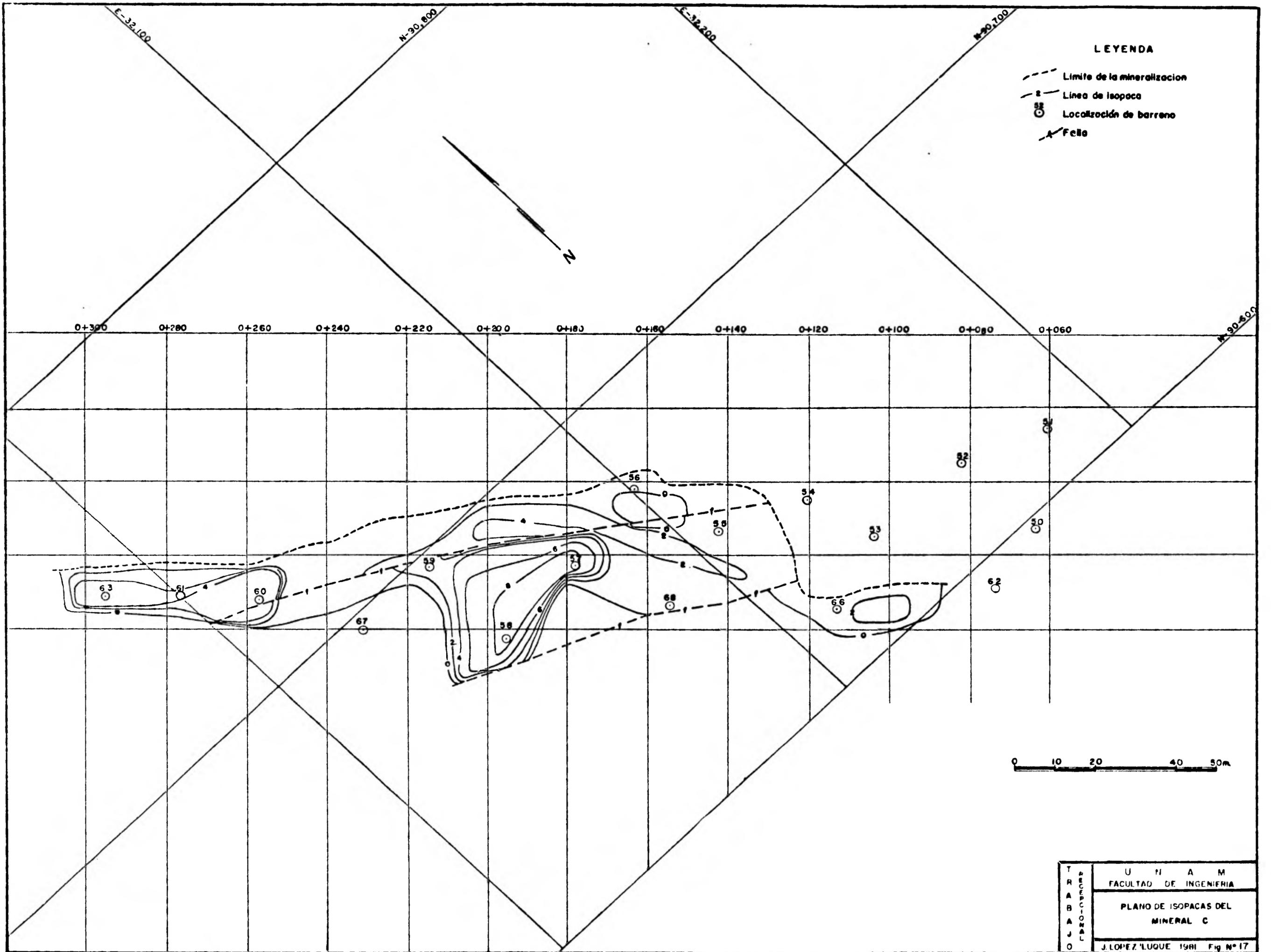
E-32,200

N-20,700

N-20,500

0 10 20 40 50m

TRABAJOS GEOLOGICOS	U. N. A. M.
	FACULTAD DE INGENIERIA
	PLANO DE ISOPACAS DEL MINERAL B
	J. LOPEZ LUQUE 1981 FIG. 16



LEYENDA

- - - Límite de la mineralización
- Línea de isopaca
- Localización de barrenos
- ▲ Fello

0+300 0+280 0+260 0+240 0+220 0+200 0+180 0+160 0+140 0+120 0+100 0+080 0+060

E-32,100

N-90,800

E-32,200

N-90,700

E-32,500

0 10 20 40 50m

T R A B A J O	U N I A M
	FACULTAD DE INGENIERIA
	PLANO DE ISOPACAS DEL MINERAL C
	J. LOPEZ LUQUE 1981 Fig N° 17

DISTRIBUCION DE ESPESOR DEL MINERAL "D"

El mineral tipo "D" tiene un espesor promedio de 6m., aunque llega a tener hasta 12m. siendo este el de mayor espesor de los cuatro tipos de mineral y es también el de menor calidad por su bajo contenido de Mn %, . Este rango de calidad se distribuye en todo el yacimiento y - aunque las fallas lo desplazan, no lo interrumpen en forma definitiva.

Sin embargo, al igual que los otros tres tipos de mineral al llegar - a su límite de oxidación se interrumpe bruscamente en una distancia - relativamente corta. Su distribución se muestra en la fig. 18.

V.7.b) "VARIACION DEL CONTENIDO DE DIFERENTES ELEMENTOS EN EL MINERAL TIPO "A"

"VARIACION DEL MINERAL DE CALIDAD "A"

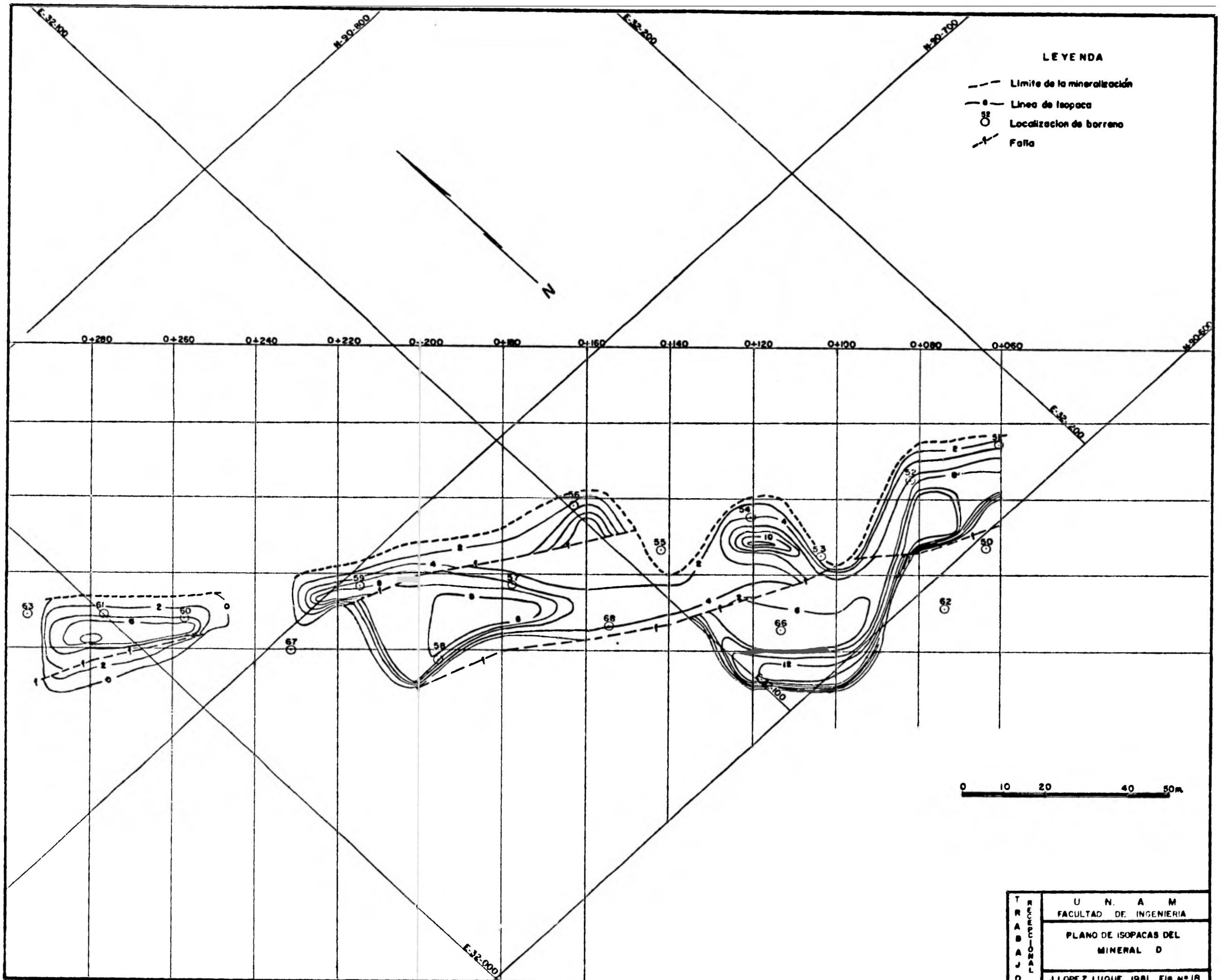
INTRODUCCION

Se analizará la variación de calidad de mineral "A" en cuanto a su -- distribución lateral de Mn %, Fe %, MnO_2 y Peroxidación en el yacimiento, con el objeto de indicárselas anticipadamente al Ingeniero de mi - nas, para que planee la extracción del mineral por zonas específicas de contenido de Mn %, así mismo, observe las zonas altas en contenido de - Fe % que se determinan críticas, ya que el hierro en forma de óxido que está contenido en los concentrados que salen de la planta lavadora no - deben exceder de 8.0%. Así también, el análisis de la Peroxidación con - duce a seleccionar las áreas que presentan mayor oxidación en la calidad del mineral grado batería.

"VARIACION DEL CONTENIDO DE Mn % EN EL MINERAL "A"

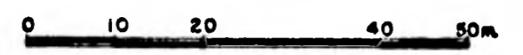
En general el contenido de Mn% es más alto en el afloramiento y dismi - nuye en la dirección Suroeste del yacimiento.

La variación más brusca de contenido de Mn% se observa en la porción - central del yacimiento. Resulta interesante observar que a mayor exten - sión lateral la ley de Mn% en la calidad de mineral A aumenta. (fig.19)



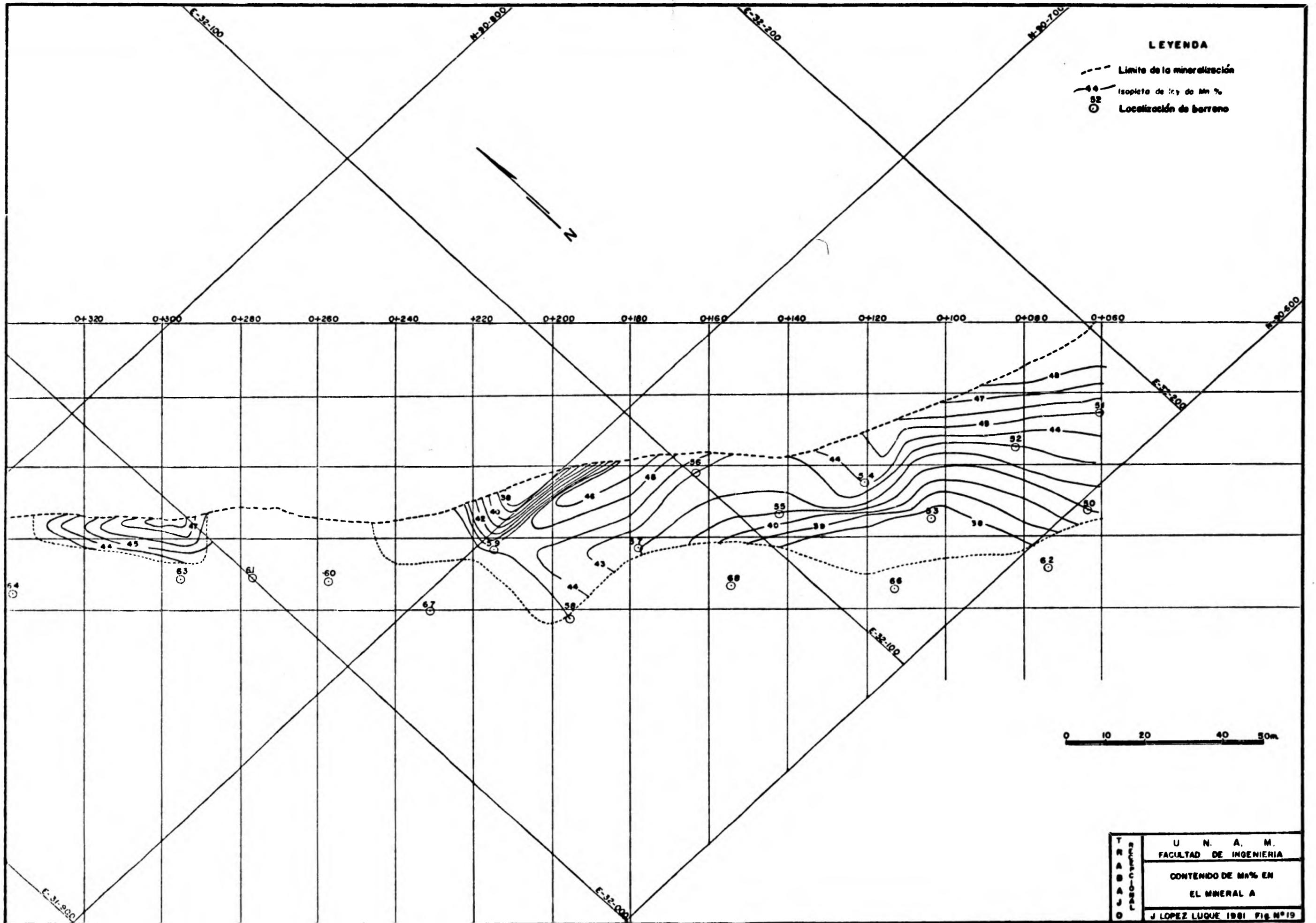
LEYENDA

- - - Limite de la mineralización
- • - Linea de isopaca
- Localización de borreno
- / - Falla



T R A B A J O	U N A M
	FACULTAD DE INGENIERIA
	PLANO DE ISOPACAS DEL MINERAL D

J. LOPEZ LUQUE 1981 FIG. N° 18



LEYENDA

- - - Limite de la mineralización
- Isopleta de Mn %
- Localización de barrenos

TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN	U. N. A. M.
	FACULTAD DE INGENIERIA
	CONTENIDO DE Mn% EN EL MINERAL A
	J. LOPEZ LUQUE 1981 Fig. N° 19

"VARIACION DEL CONTENIDO DE Fe% EN EL MINERAL TIPO "A"

En el afloramiento, el contenido de Hierro es bajo, pero la variación en la porción Sureste del yacimiento y en la dirección Suroeste del afloramiento, varía bruscamente, registrándose valores hasta del 12.5%. Estas porciones de mineral "A" se deben minar cuidadosamente y mezclarlas en cantidades fijadas con anterioridad, con aquellas explotadas en los afloramientos.

En la dirección Noroeste se presenta poca variación del fierro.

"VARIACION DEL CONTENIDO DE MnO₂ % EN EL MINERAL TIPO "A"

La variación del porcentaje del bioxido de manganeso es paulatina. No se registran cambios bruscos, así mismo en la dirección SW del afloramiento, va disminuyendo el contenido de MnO₂% (fig.20).

"VARIACION DE LA PEROXIDACION EN EL MINERAL TIPO "A"

El mineral tipo A tiene una peroxidación más alta hacia la porción Sureste del yacimiento. En general, la mayor peroxidación se registra en el afloramiento o cercano a éste, en cuanto el manto se extiende en la dirección SW tiende a disminuir la oxidación.

Sin embargo, las variaciones son paulatinas, ya que las líneas de isopley de peroxidación están espaciadas.

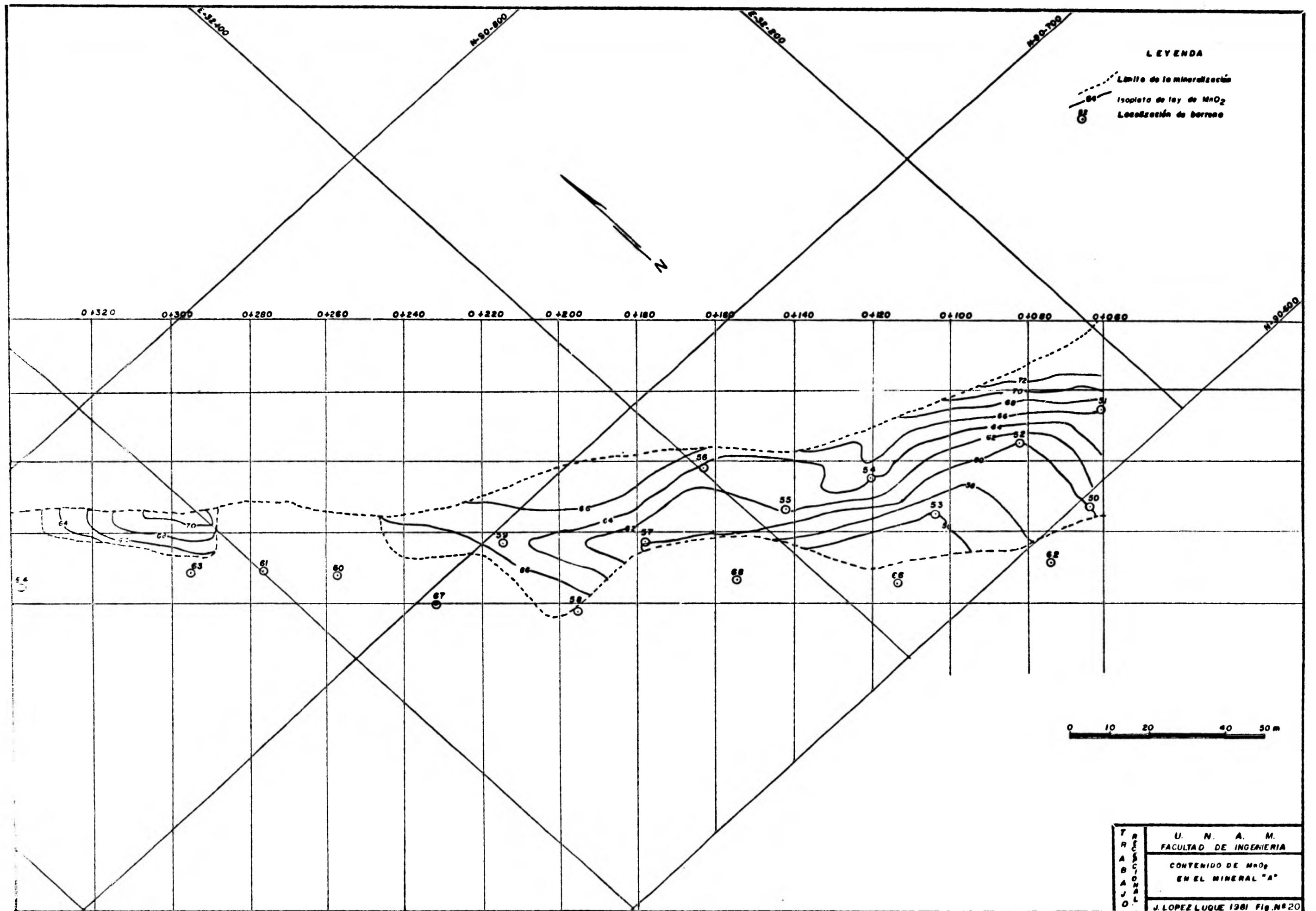
Es interesante observar que aunque el Barreno 58 está alejado casi 40 metros del afloramiento, el mineral de calidad tipo "A" registró una peroxidación bastante buena.

CONCLUSION: El mineral oxidado tipo "A", por su variación en contenido de Mn, MnO₂ y Fe hace posible distinguir zonas más económicas que otras; como en lo largo del afloramiento, así como la porción SE del yacimiento.

V.7.c)

"DISTRIBUCION DE ISOCLINAS"

Con el objeto de observar gráficamente el promedio de la inclinación de las capas en el yacimiento de Cerro Prieto y conocer el comportamiento de la estructura a profundidad, se hizo un plano de isoclinas.



LEYENDA

- - - Límite de la mineralización
- Isopleta de ley de MnO₂
- Localización de barrenos

T R A B A J O	U. N. A. M.
	FACULTAD DE INGENIERIA
	CONTENIDO DE MnO ₂ EN EL MINERAL "A"
	J. LOPEZ LUQUE 1981 FIG. Nº 20

El plano de isoclinas se construyó a partir del promedio de la inclinación de los estratos a diferentes profundidades para cada barrenos. El comportamiento del buzamiento de la estructura en Cerro Prieto no es uniforme, porque se observa una inclinación cada vez más fuerte en rumbo del echado. En la dirección SE del yacimiento existe poca variación en la inclinación, debido a eso, las isoclinas aparecen espaciadas, sin embargo, se cierran posteriormente por la presencia de la falla y el mayor buzamiento del anticlinal. fig.21).

V.7.d)

"TOPOGRAFIA DE LA BASE DEL MANTO DE HORIZONTE MANGANESIFERO"

El objeto de presentar un plano, que muestre la topografía de la base del manto es para conocer la geometría del yacimiento a profundidad. El plano se realizó con la información de las secciones transversales. Y muestra las curvas de nivel espaciadas cada 2m. La topografía del manto es regular. Exceptuando en la dirección SW del yacimiento donde las curvas de nivel se juntan debido a la presencia de la falla normal NW 72°SE, 75°SW, aunque después de ésta, la inclinación vuelve a ser suave. (fig. 22).

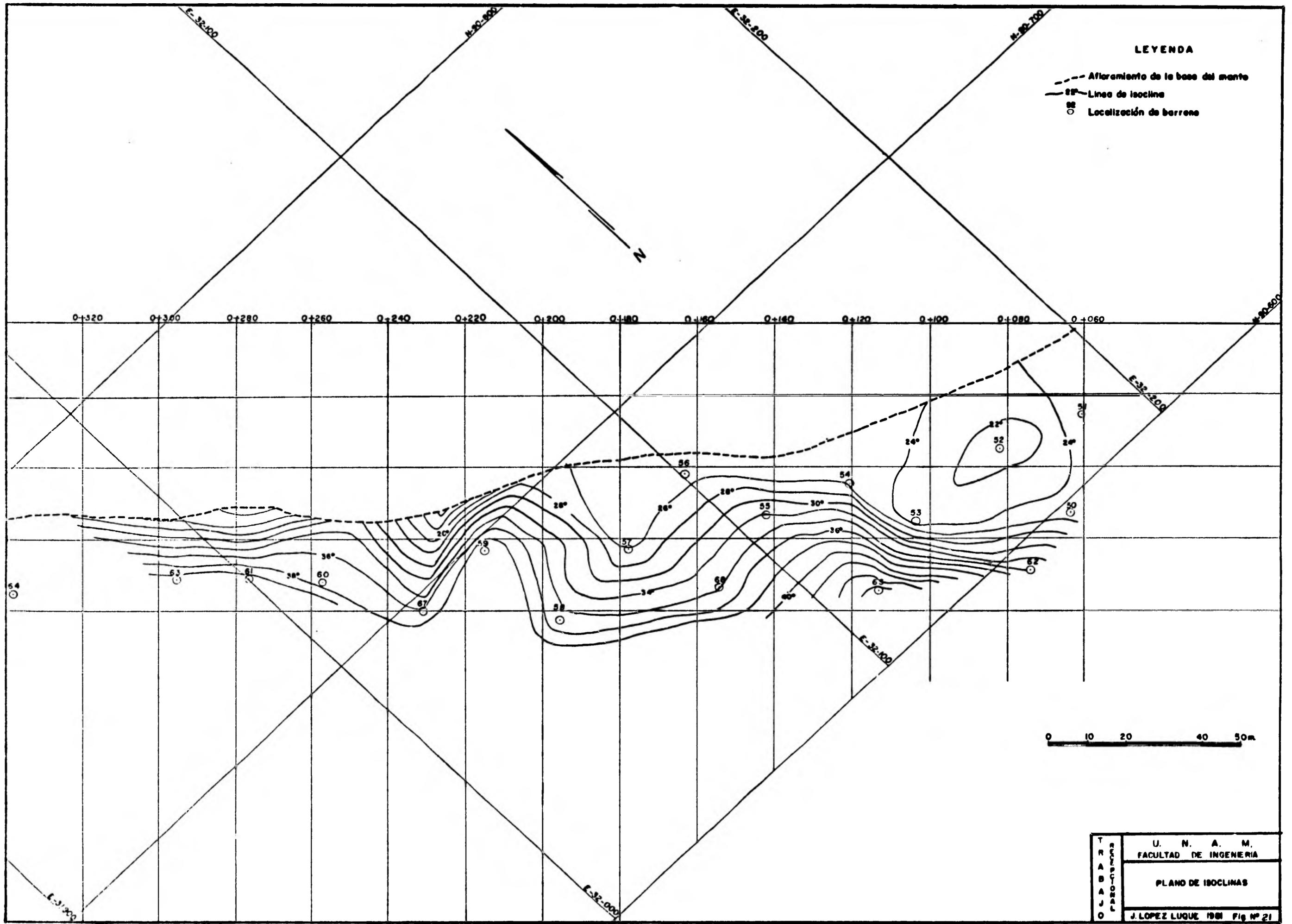
VI

"GENESIS DEL YACIMIENTO"

Se ha discutido bastante acerca del yacimiento manganesífero de Molango, Hgo., en cuanto al origen de la fuente inicial de tan abundante cantidad de manganeso presente en las rocas Carbonatadas.

Se expondrán a continuación varias de las hipótesis que han tratado de explicar el origen de éste depósito:

Algunos autores (Perogordo, 1976) consideran el yacimiento de tipo Vulcanogénico-Sedimentario, explicando que la fuente primaria de mineral fue proporcionada por la actividad volcánica ya sea en forma de exhalaciones volcánicas, soluciones hidrotermales, o disolución de material volcánico del fondo marino por acción del agua de mar donde, el foco de origen que dió el aporte de sedimentos no necesariamente estaba cerca de



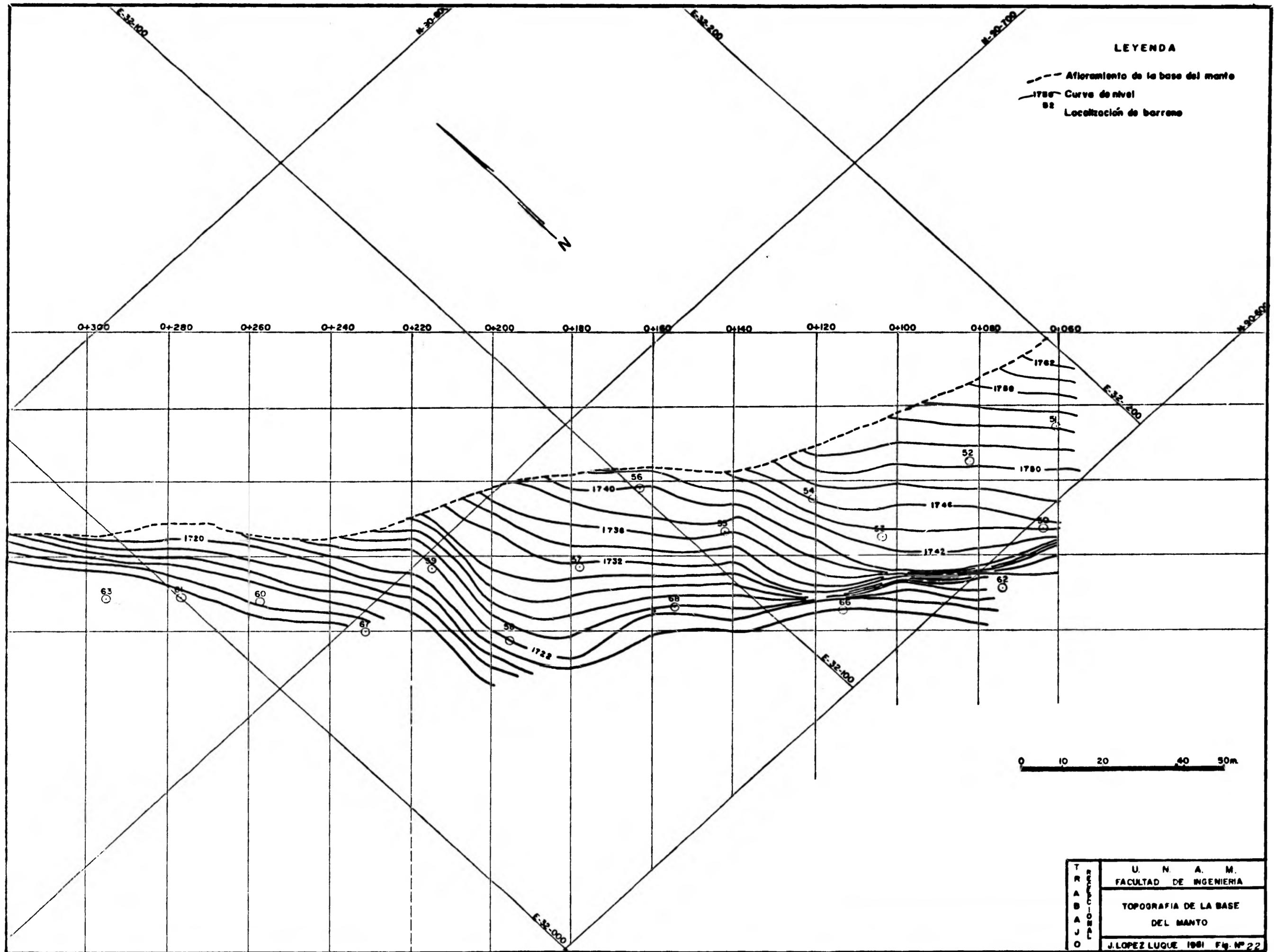
LEYENDA

- - - Afloramiento de la base del manto
- Lineas de isocline
- Localización de barrenos

0+320 0+300 0+280 0+260 0+240 0+220 0+200 0+180 0+160 0+140 0+120 0+100 0+080 0+060

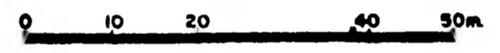
0 10 20 40 50m

TRABAJOS GEOLOGICOS	U. N. A. M.
	FACULTAD DE INGENIERIA
	PLANO DE ISOCLINAS
J. LOPEZ LUQUE 1981 Fig Nº 21	



LEYENDA

- - - Afloramiento de la base del manto
- Curva de nivel
- Localización de barreno



T R A B A J O	U. N. A. M.
	FACULTAD DE INGENIERIA
	TOPOGRAFIA DE LA BASE DEL MANTO
	J. LOPEZ LUQUE 1981 Fig. N° 22

la zona de sedimentación, ya que los carbonatos de manganeso tienen gran solubilidad y movilidad en el agua de mar.

Otra teoría, (De. Pablo, 1968) argumenta, que debido a que la rodocrosita (mineral principal), que se presenta en finos cristales redondeados, se depositó como conglomerados y cristales solos, en sedimentos de textura paralela y bandeada, lo que sugiere una lenta y ordenada precipitación.

Las condiciones de precipitación fueron reductoras debido a la presencia de materia orgánica asociada. Además, estima que la rodocrosita se originó por la disolución de rocas volcánicas, en las cuales hubo una clasificación de elementos químicos controlada por el potencial iónico de los mismos ($\text{Ca}^{2+} + 2.0, \text{Mn}^{2+} + 2.5, \text{Fe}^{2+} + 2.7, \text{Mg}^{+2} 3.0$), sumada a las condiciones de aumento en la alcalinidad del medio, por el contacto con aguas marinas.

Una tercera hipótesis (De Pablo, 1968) argumentó un origen singenético de la rodocrosita en un medio marino. Sin embargo la baja concentración del manganeso en el mar (0.009 gm/ton), y el tamaño del yacimiento no favorecen esta hipótesis.

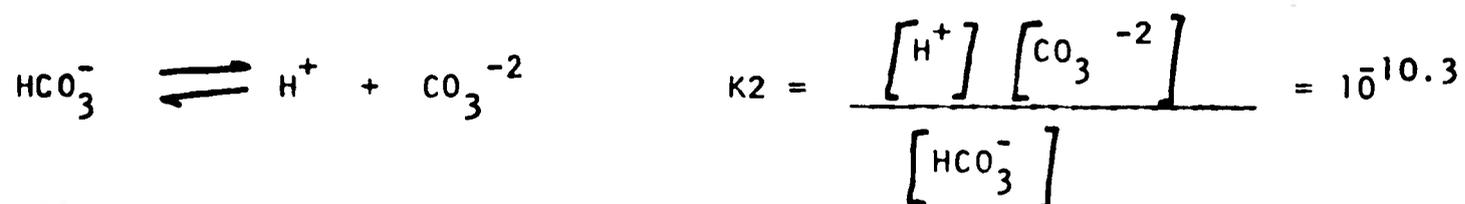
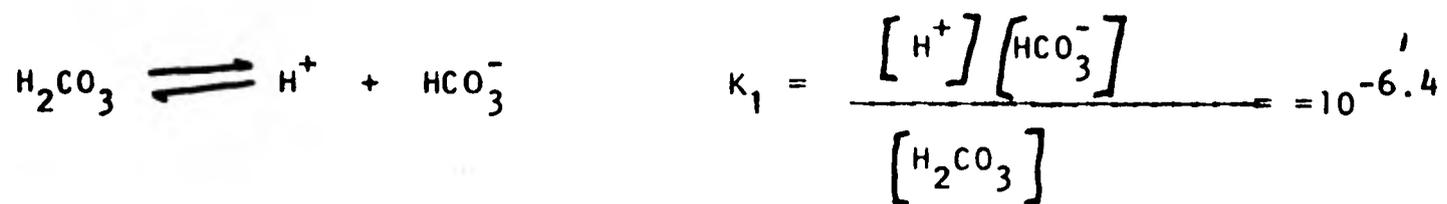
A continuación se discuten estas hipótesis.

Analicemos la precipitación de manganeso como carbonato en el agua de mar:



$$K_m = \frac{[\text{MnCO}_3][\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{Mn}^{+2}][\text{HCO}_3^-]}$$

Consideremos ahora las reacciones de equilibrio del ácido carbónico.



Entonces K_m se puede indicar:

$$K_m = \frac{1}{[\text{Mn}^{+2}][\text{CO}_3^{-2}]} \cdot \frac{[\text{CO}_3^{-2}][\text{H}^+]}{[\text{HCO}_3^-]} \cdot \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{HCO}_3^-][\text{H}^+]}$$

El producto $[\text{Mn}^{+2}][\text{CO}_3^{-2}]$ es el producto de solubilidad del carbonato de manganeso en condiciones patrón y puede ser obtenido de su constante de solubilidad en agua, corregido por un factor empírico de 70 (que toma en cuenta el poder iónico de la solución, la asociación iónica y la discrepancia de valores para el caso de la calcita, ----- Krauskopf, pag.67)

$$[\text{Mn}^{+2}][\text{CO}_3^{-2}] = 5 \times 10^{-10} \times 70 \text{ (factor)} = 3.5 \times 10^{-8}$$

$$K_m = \frac{1}{3.5 \times 10^{-8}} \cdot K_2 \cdot \frac{1}{K_1} = \frac{1}{3.5 \times 10^{-8}} \cdot 10^{-10.3} \cdot \frac{1}{10^{-6.4}}$$

$$K_m = \frac{1}{3.5} \times 10^{4.1} = \frac{1}{3.5} \times 10^{0.1} \times 10^4 = 3.7 \times 10^3$$

Conocido este valor podemos calcular la concentración de manganeso para un valor conocido de $[\text{HCO}_3^-]$ en el agua de mar. Este cálculo ya ha sido realizado considerando el $[\text{CO}_3^{-2}]$ libre en agua de mar, es igual a $3 \times 10^{-5} \text{M}$. (Brewer, P.G., 1975) en equilibrio y se obtiene;

$$[\text{Mn}^{+2}] = 1.2 \times 10^{-3} \text{M}.$$

Considerando que la concentración de Mn en el agua de mar en la actualidad es de $3.6 \times 10^{-9} \text{M}$, resulta entonces que la concentración para la precipitación de Mn en el mar es de 6 órdenes de magnitud mayor que la actual.

Analicemos ahora el pH necesario para que el carbonato precipite, asumiendo que fuera posible tal concentración. Volvamos a la ecuación (1) donde podemos hacer las siguientes consideraciones de equilibrio:

$$[\text{HCO}_3^-] = 2 [\text{Mn}^{+2}] = 2 (1.2 \times 10^{-3}) = 2.4 \times 10^{-3} \text{M}.$$

$$y \quad K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{-2}]}{[\text{HCO}_3^-]}$$

$$\text{H}^+ = \frac{K_2 [\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_3^{-2}]} = \frac{(10^{-10.3}) (2.4 \times 10^{-3})}{3 \times 10^{-5}} = 10^{-8.4}$$

entonces $\text{pH} = 8.4$

Por supuesto este valor de pH asume que todo el CO_3^{-2} libre se combina con el Mn^{+2} , sin embargo en realidad sabemos que la mayor parte del CO_3^{-2} libre, se combina con el Ca^{+2} ya que su actividad es mayor en agua de mar (1×10^{-2}), por lo cual la precipitación de la rodocrosita sería inhibida aún más.

Considerando ahora el potencial de oxidación; el Eh del agua marina varía entre + 0.3 y + 0.4 (Garrels y Christ, 1965). Observando la gráfica adjunta observamos que para los valores de pH obtenidos y los valores de Eh normales para el agua de mar la precipitación de la rodocrosita es imposible y la mayor parte del Mn^{+2} estaría en solución. La precipitación limitada del Mn^{+2} como carbonato sólo puede producirse en condiciones muy reductoras, lo cual no puede haber sido posible en Molango, dado el carácter de la caliza que lo contiene, que es de ambiente marino, somero, de plataforma con influencia continental --- (Aguayo, 1977) es decir con Eh que tienden a valores definitivamente no reductores. Por estas razones se desecha la hipótesis de la precipitación directa de la rodocrosita en el distrito de Molango.

2a. Hipotesis.

Reemplazamiento del Mn^{+2} por el Ca^{+2} en la calcita.



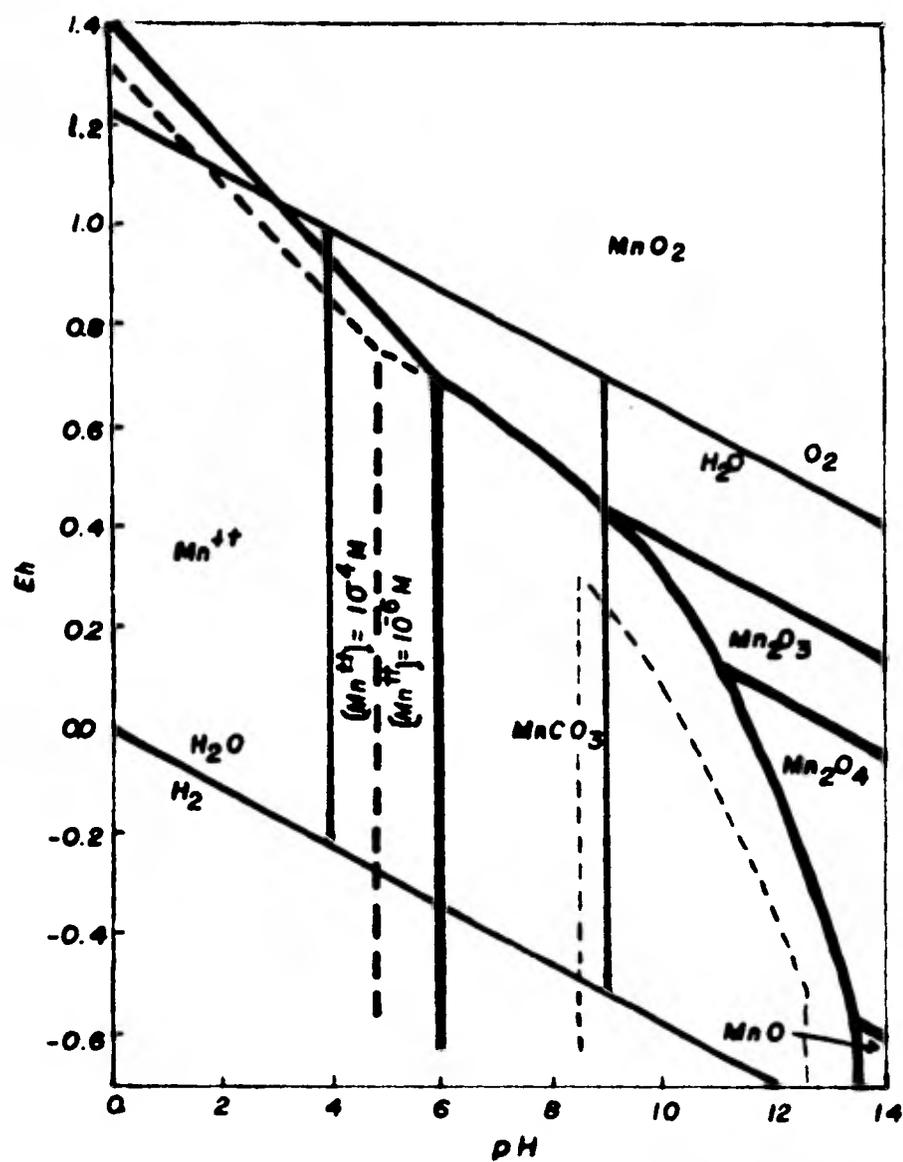
$$K = \frac{[Ca^{+2}]}{[Mn^{+2}]} = \frac{[Ca^{+2}][CO_3^{-2}]}{[Mn^{+2}][CO_3^{-2}]} = \frac{4.5 \times 10^{-9}}{5 \times 10^{-10}} = 9$$

La constante de reacción nos indica que la reacción tiene una fuerte tendencia hacia la derecha, es decir hacia la formación de rodocrosita, siempre y cuando exista una solución con una actividad de Ca^{+2} , 9 veces mayor que la de Mn^{+2} .

En las condiciones actuales del mar (Brewer, P.G. 1975):

$$\frac{[Ca^{+2}]}{[Mn^{+2}]} = \frac{1 \times 10^{-2}}{3.6 \times 10^{-9}} = 2.8 \times 10^6$$

Se observa que son 5 órdenes de magnitud mayor, por lo cual un proceso diagenético en presencia del agua de mar no explicaría la presencia de la rodocrosita. (fig. 23).



Carbonato total, 1 M. Azufre total, 10⁻⁶ M.

T R A B A J O	R E C E P C I O N A L	U. N. A. M
		FACULTAD DE INGENIERIA
		Diagrama Eh-pH con los campos de estabilidad de min. de Manganeso
		J LOPEZ LUQUE, 1981 Fig.23

Se concluye entonces que durante el proceso diagenético o en un proceso posterior tuvo que haber habido el aporte de soluciones con alto contenido de manganeso, y por la posición del yacimiento deben haber sido soluciones ascendentes. El contenido de manganeso que se presenta en exceso en la base de la Formación Chipoco, posiblemente obedece a que las soluciones ascendentes cortaron por vez primera una caliza cristalina que fue favorable para reemplazar el Mn^{+2} por Ca^{+2} .

Posiblemente las soluciones provinieron de formaciones inferiores de carácter continental como la Formación Cahuacas.

VII "EVALUACION DEL YACIMIENTO"

VII.a.) "METODO UTILIZADO PARA EL CALCULO DE RESERVAS"

Para realizar la cubicación de reservas se utilizaron las secciones -- transversales que están a escala 1:200, cada una tiene representado el proyecto de banqueo para dar la información de reservas de mineral oxidado por bancos.

1) Cálculo de tonelaje.

Se produce a medir el área de cada una de las diferentes calidades de mineral en cada banco de cada sección. Después se calcula el promedio aritmético de un tipo de calidad específico entre dos secciones vecinas y multiplicándolo por la distancia que las separa, que en este caso es de 20m., con lo que se obtiene el volúmen de mineral. Por último, para sacar el tonelaje se multiplica el volúmen por el peso específico (1.5 ton/m^3).

2) Cálculo de la ley media.

El cálculo de la ley media se realiza para cada tipo de calidad de mineral oxidado. En cada sección el mineral grado batería se encuentra influenciado por la ley de Mn%, Fe% y $\text{MnO}_2\%$ ya sea en un barrenos o una zanja. Así el área ocupada por dicho mineral se le asigna la ley de la obra geológica más proxima. Posteriormente se efectúa un compósito para este tipo de calidad en un banco específico.

3) Cálculo de reservas.

Cuando se ha calculado el tonelaje de cada tipo de mineral se hace un reajuste al multiplicarlo por un factor de Seguridad que en este caso específico es de 20%. Este factor de Seguridad se adopta en base a el número de barrenos, zanjas y frentes y a la distancia que haya entre -- ellos así como la homogeneidad que presente el yacimiento. Finalmente el tonelaje reajustado se afecta con su respectiva ley media.

VII.b) "RESERVAS Y LEY MEDIA"

En base a la información de 18 barrenos (9 de los cuales resultaron positivos), de 9 zanjas y 3 frentes, se construyeron secciones transversales de la 0 + 060 a la 0 + 340. lo que permitio:

Hacer la estimación del tonelaje económico de las diferentes calidades de mineral oxidado en el yacimiento de Cerro Prieto.

TIPO	TONELAJE	Mn%	Fe%	MnO ₂ %	PEROXIDACION CALCULADA.
A	19,100	42.6	8.1	63.1	93.1
B	9,000	35.6	12.9	51.2	91.0
C	14,100	31.7	13.4	47.4	90.8
D	42,900	28.0	12.1	39.2	88.0

VII.c) "SISTEMA DE EXPLOTACION"

El sistema de explotación que se lleva a cabo actualmente en la unidad Nonoalco, es a cielo abierto. Se mina desde la superficie del terreno y por medio de bancos se explota el manto a profundidad.

La altura que existe entre cada banco es de 7 metros, siendo de 75° la pendiente del talud del terreno entre banco y banco que es suficiente para no tener problemas de deslizamiento.

Generalmente en los primeros bancos se mina tanto mineral tipo "D", como arcilla. En esta etapa de explotación el radio de acción del equipo es muy amplio, pues la selección de mineral es mínima y por ser el terreno relativamente suave la velocidad de operación es alta.

A mayor profundidad la calidad del mineral aumenta, pero también es necesario tener mayor cuidado en la selección del mineral, para no contaminarlo, con la arcilla adyacente. Así mismo se deben tomar en cuenta las variaciones de calidad y variación del espesor del mineral a lo largo de un estrato.

La selección del mineral se hace por medio de una pala mecánica y tractores montados sobre orugas que van atacando capas individuales de mineral oxidado. Los trascavos se ocupan de cargarlo en camiones de volteo.

Un aspecto muy importante en la explotación es la inclinación de las capas de mineral oxidado, o sea cuando la inclinación es menor de 25°, el tractor, puede atacar el manto en varias direcciones. Por el contrario, si la inclinación es mayor, la dirección en la explotación se restringe y tiene que ser paralela al rumbo de la capa.

Es interesante mencionar que hay un límite permisible para separar ciertos espesores de mineral; o sea, con menos de 30cm. ya no es posible -- minar con el equipo disponible, sin embargo, cuando se trata de separar mineral tipo "A" se hace mediante pico y pala.

El mineral de acuerdo a su calidad es acumulado en patios para que posteriormente se alimente a la planta en forma controlada. Mientras el material de descapote se tira en las Tepetateras.

VII.d) "GENERALIDADES DE LOS BANCOS DE EXPLOTACION.

DETALLE DE LAS RESERVAS POR BANCOS

El objeto de dar la información de las reservas de mineral por bancos - es para ayudar al Ing. de minas a programar su explotación, además, por el sistema de explotación llevado en la unidad, permite ejercer un control en tonelaje y ley, y así, comprobar el comportamiento del yacimiento por bancos con la información Geológica inicial.

Banco 1984 (fig.25)

a) RESERVAS Y LEY MEDIA.

TIPO	VOLUMEN (M ³)
Semioxidado	100
Limolita	6,850
Carbonatos	20

- b) DISTRIBUCION.- En este banco no aparece mineral oxidado
- c) RECOMENDACIONES.- Que se realice el levantamiento de detalle de los carbonatos, para delimitar con exactitud el contacto con el material semioxidado.

Banco 1777

a) RESERVAS Y LEY MEDIA

TIPO	VOLUMEN (M ³)
Semioxidado	4,400
Limolita	16,100
Carbonatos	600
D	650 Tons.

- b) DISTRIBUCION.- Se encuentran dos porciones principales de mineral tipo "D" en las secciones 0+080, 0+100 y 0+120.
- c) RECOMENDACIONES.- Es necesario se realice un levantamiento para comprobar la posición y orientación de la falla normal que fué identificada en la frente No.2. Así como para delimitar la interdigitación de carbonatos.

Banco 1770

a) RESERVAS Y LEY MEDIA

TIPO	TONS	Mn	Fe	MnO ₂	Perox
D	5820	31.7	9.8	44.9	88.7
Semioxidado	2,200m ³				
Carbonatos	6600m ³				
Limolita	16,600 m ³				

- b) DISTRIBUCION .- Se encuentra mineral tipo "D" desde la sección - 0+060 a la 0 + 140. Estrictamente la ley de este mineral corresponde a la calidad del "C" sin embargo la Peroxidación es baja, - además las características físicas corresponden al mineral "D".
- c) RECOMENDACIONES.- Verificar por medio de levantamientos geológicos las variaciones de calidad en forma horizontal el mineral "C".

Banco 1763

- a) RESERVAS Y LEY MEDIA

TIPO	TONS	Mn	Fe	MnO ₂	PEROX
D	7,200	23.2	10.6	32.0	86.5
Semioxidado	15,000m ³				
Carbonatos	14,100m ³				
Limolita	9,500m ³				

- b) DISTRIBUCION.- Se observa mineral tipo "C" dispuesto en una capa localizada entre las secciones 0 + 120 y 0 +180.

El mineral tipo "D" se encuentra distribuído prácticamente en todo el yacimiento y alternando principalmente con limolita.

- c) RECOMENDACIONES.- Se recomienda llevar un sistema de levantamientos sistemáticos a cada 10 metros a rumbo de sección, para hacer los - ajustes necesarios a las secciones ya elaboradas y proyectar datos - más exactos al banco inferior, además de conocer por medio del muestreo realizado a rumbo de sección las variaciones de ley para una -- determinada calidad de mineral.

Banco 1756

a) RESERVAS Y LEY MEDIA

TIPO	TONS	Mn	Fe	MnO ₂	PEROX
A	1,300	46.7	7.3	70.0	94.3
B	600	37.5	10.7	55.5	93.3
C	400	30.1	15.4	41.8	87.6
D	5,757	28.5	14.5	39.7	87.4

Semioxidados	12,200 m ³
Carbonatos	13,800 m ³
Limolita	3900m ³

- b) DISTRIBUCION.-De la sección 0 + 060 a 0 + 100 se encuentra mineral "A", sobre éste hay material semioxidado e inmediatamente arriba - de la arcilla intercalada se encuentra el mineral tipo "B", en la - misma dirección SW hay gran cantidad de carbonatos no económicos - y semioxidados.
El intrusivo de composición ácida, aparece en la Secc. 0 + 080
- c) CALIDAD DEL MINERAL.- El mineral tipo "A" y "B" son de excelente - calidad y aunque el mineral "D" sobrepasa su rango de calidad, la Peroxidación es baja y las características físicas no permiten cla - sificarlo a la calidad inmediata superior.
- d) RECOMENDACIONES.- Verificar la posición de las dos fallas normales inferidas. Así como delimitar la zona del intrusivo.

Banco 1749

a) RESERVAS Y LEY MEDIA

TIPO	TONS	Mn	Fe	MnO ₂	PEROX
A	3,400	41.6	8.8	61.9	93.9
B	2,300	35.6	12.2	51.8	92.1
C	1,000	32.0	11.0	46.7	92.0
D	5,000	27.9	15.11	38.8	87.1
Semioxidado	9,200 m ³				
Carbonatos	15,800 m ³				
Limolita	3,500 m ³				

- b) DISTRIBUCION.- El mineral tipo "A" se localiza de la sección -- 0 + 060 a la 0 + 120. El mineral tipo "B" se ubica en las secciones 0 + 100 y 0 + 120 y tanto el mineral "A" como "B" están encajonados por arcilla y material semioxidado. El mineral tipo "C" se localiza en mayor abundancia en la sección 0 + 180.
- c) CALIDAD DEL MINERAL. Aunque el mineral tipo "D" rebasa su rango de calidad, la peroxidación es baja.
- d) RECOMENDACIONES.- Se debe delimitar exactamente el contacto de -- las calidades "A" y "B" respectivamente con el material arcilloso y semioxidado para que no se contamine durante su extracción.

Banco 1742

a) RESERVAS Y LEY MEDIA

TIPO	TONS	Mn	Fe	MnO ₂	PEROX
A	3,800	41.6	8.5	61.7	93.7
B	3,000	35.9	12.6	51.8	91.3
C	2,200	33.0	12.9	48.0	91.1
D	4,000	27.0	10.8	38.0	88.8
Semióxidos	2,300 m ³				
Carbonatos	14,186 m ³				
Limolita	3,200 m ³				

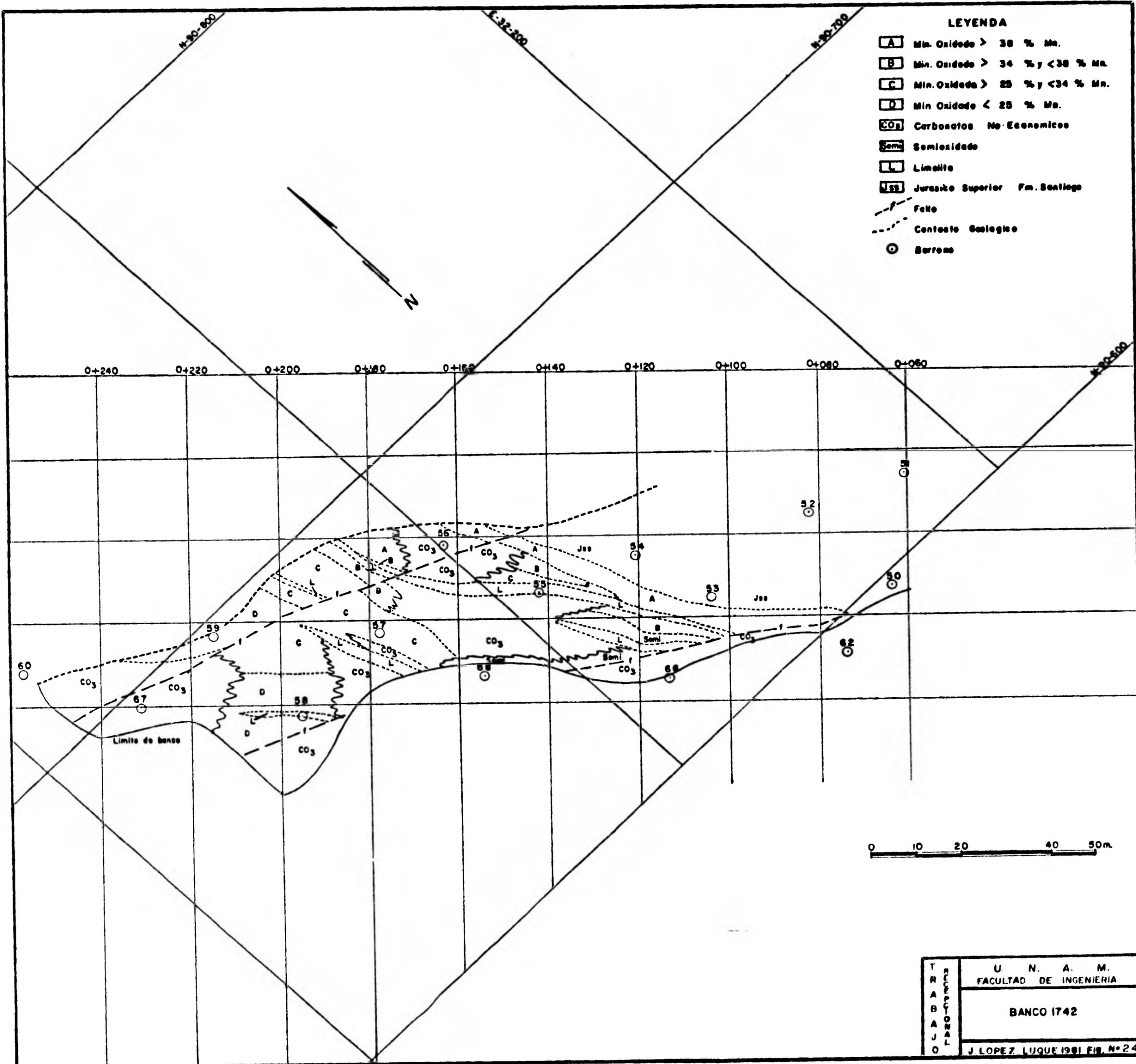
b) DISTRIBUCION.- El mineral tipo "A" se localiza desde la sección - 0 + 080 a la 0 + 180, se observan zonas aisladas de mineral "B" - en las secciones 0 + 120, 0 + 140 y 0 + 180.

El material carbonatado se interdigita con el mineral "A" y "B".

c) CALIDAD DEL MINERAL. El mineral tipo "D" al igual que en el banco superior, sobrepasa su límite en contenido de Mn% pero la Peroxidación es baja.

d) RECOMENDACIONES.- Generalmente, el mineral tipo "B" está encajado por arcilla, carbonatos y material semioxidado, por lo que su extracción requiere de supervisión frecuente.

Es necesario delimitar las interdigitaciones de las diferentes cantidades de mineral de los carbonatos y material semioxidado.(fig.24)



LEYENDA

- A Min. Oxidado > 38 % Mn.
- B Min. Oxidado > 34 % y < 38 % Mn.
- C Min. Oxidado > 28 % y < 34 % Mn.
- D Min Oxidado < 28 % Mn.
- CO₃ Carbonatos No-Economicos
- Semi Semioxidado
- L Limolite
- Jss Jurásico Superior Fm. Santiago
- - - Falso
- - - Contacto Geológico
- Barrero

0 10 20 40 50m.

TRABAJO LABORATORIO	U. N. A. M. FACULTAD DE INGENIERIA
	BANCO 1742
	J. LOPEZ LUQUE 1981 FIG. N° 24

Banco 1735

a) RESERVAS Y LEY MEDIA

TIPO	TONS	Mn	Fe	MnO ₂	PEROX
A	3,400	42.0	8.2	61.6	92.5
B	2,300	35.2	14.0	49.9	89.4
C	4,600	31.7	14.8	48.0	90.6
D	5,600	26.3	11.5	37.2	89.4
Semioxidado	100 m ³				
Carbonatos	7.600 m ³				
Limolita	2,500 m ³				

b) DISTRIBUCION.- El mineral "A" se distribuye de la sección 0 + 120 a la 0 + 180. Aunque el mineral tipo "B" también se distribuye en estas secciones no se comporta tan regular, puesto que se observa una disminución de espesor en la sección 0 + 080. La mayor cantidad de mineral "C" se presenta en la sección 0 + 200.

c) CALIDAD DEL MINERAL.- El mineral tipo "B" tiene un contenido alto de Fe % y baja Peroxidación.

d) RECOMENDACIONES.-

d.1) Es necesario verificar la posición de las fallas.

d.2) Localizar con exactitud las interdigitaciones y acuñaientos de mineral oxidado.

Banco 1728

a) RESERVAS Y LEY MEDIA

TIPO	TONS	Mn	Fe	MnO ₂	Perox
A	2,200	43.0	8.3	63.4	93.0
B	600	33.5	15.8	47.1	88.8
C	2,300	30.9	13.4	46.4	91.0
D	2,700	28.4	16.22	39.2	89.0
Carbonatos	4200 m ³				
Limolita	2.400 m ³				

- b) **DISTRIBUCION.**- El mineral tipo "A" se localiza en las secciones - 0 + 200 y 0 + 220.
Las capas de mineral tipo "C" se encuentran distribuídas amplia - mente en el banco.
- c) **CALIDAD DEL MINERAL.**- El mineral tipo "A" es de muy buena calidad, por el contrario el mineral tipo "B" resulta de calidad deficiente.
- d) **RECOMENDACIONES.**- Es conveniente combinar mineral tipo "A" de alta - calidad con este mineral "B" de baja calidad para que tenga la ley de manganeso y Peroxidación adecuada a su rango.

Banco 1721

a) **RESERVAS Y LEY MEDIA**

TIPO	TONS	Mn	Fe	MnO ₂	Perox
A	2,400	40.5	7.8	65.2	91.8
C	2,600	31.5	12.8	47.5	91.0
Carbonatos	· 900 m ³				
Limolita	2,400 m ³				

- b) **DISTRIBUCION.**- En este banco solo se presenta mineral oxidado de la calidad "A" y "C". El primero se presenta de la sección ---- 0 + 200 a la 0 + 240. Y el "C" se localiza en las secciones -- 0 + 200, 0 + 240 y 0 + 300.
- c) **RECOMENDACIONES.**- Tener cuidado en la extracción del mineral tipo "A", ya que puede contaminarse con los carbonatos.

Banco 1714

a) RESERVAS Y LEY MEDIA.

TIPO	TONS	Mn	Fe	MnO ₂	Perox
A	1,700	45.8	7.7	67.6	93.0
B	200	36.4	12.2	51.3	88.5
C	1,000	32.6	12.0	49.4	91.0
Carbonatos	200 m ³				
Limolita	1,200 m ³				

b) DISTRIBUCION.- La mayor cantidad de mineral tipo "A" se localiza en las secciones 0 + 300 y 0 + 320.

El mineral "B" está inmediatamente arriba del "A"

c) CALIDAD DEL MINERAL.

El mineral "A" tiene muy buena ley de Mn %

El mineral tipo "B" presenta baja Peroxidación

d) RECOMENDACIONES.- Por el poco espesor y material que sobreyace al mineral tipo "B" posiblemente acarree problemas en su extracción y se contamine. Se sugiere un control riguroso.

Banco 1707

a) RESERVAS Y LEY MEDIA

TIPO	TONS	Mn	Fe	MnO ₂	Perox
A	900	46.3	7.0	68.9	94.0
Carbonato	100 m ³				
Limolita	100 m ³				

Con este banco se llega al fin del minado en Cerro Prieto.

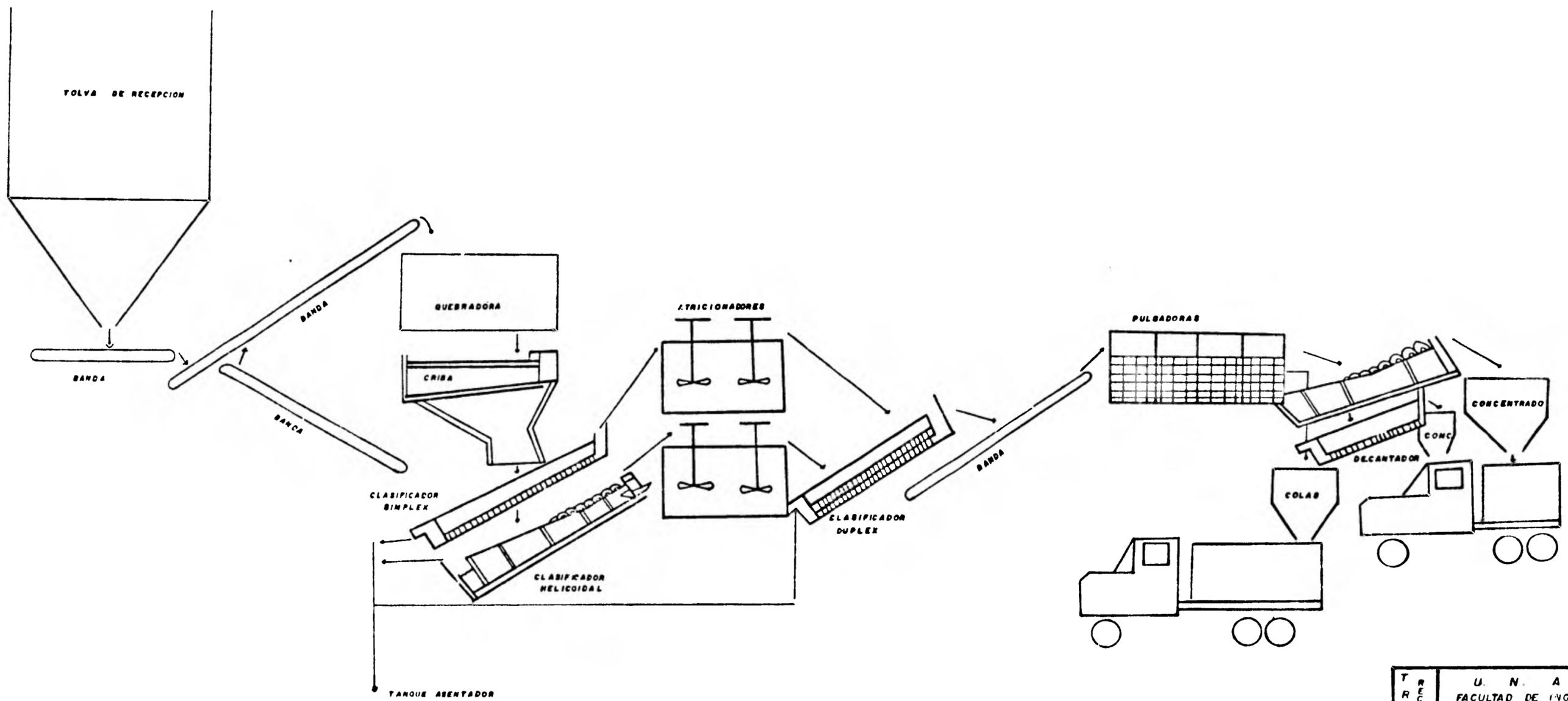
La planta concentradora de minerales de óxido de manganeso tiene como función básica eliminar la Arcilla del mineral. El proceso de beneficio se indica a continuación: El mineral clasificado que proviene de la mina se almacena en patios cercanos a la planta y posteriormente se alimenta a una tolva. Esta descarga el material sobre una banda transportadora que lleva mineral a una quebradora de impacto que lo impulsa contra una pared metálica para que suelte la arcilla que trae adherida. La quebradora se comunica con una criba vibradora que selecciona el tamaño del mineral menor a $3/8$, las partículas mayores se reciclan nuevamente por medio de bandas a la quebradora de impacto. (fig.25).

Para seguir eliminando arcilla, el mineral en forma de lodo pasa por dos clasificadores; uno simplex y otro elicoidal, el objetivo de los dos es arrastrar el mineral oxidado, que por ser de mayor densidad que la arcilla se separa, cayendo al fondo del clasificador. La arcilla que va suspendida en el agua es canalizada al compartimiento de arcillas de un clasificador Duplex, de allí es llevada al tanque asentador, donde se recuperará el agua, y la arcilla se desaloja a la presa de jales.

El mineral procedente de los dos clasificadores es llevado por un solo tubo a la parte inferior del clasificador Duplex para ser nuevamente arrastrado y depositado a una banda que lo conduce al banco de pulsadoras (jiggs).

Las pulsadoras trabajan por medio de un pistón que transmite presión al agua, la cual a su vez provoca vibración en las camas de balines y esto hace que el mineral que está en la superficie de la cama, descienda y pase entre los balines.

La arcilla que aún trae el mineral, flota y es llevada al patio de colas.



T R A B A J O	U. N. A. M
	FACULTAD DE INGENIERIA
	DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA LAVADORA
	J. LOPEZ LUQUE 1981 FIG. N° 25

Por último los óxidos de manganeso, son arrastrados por los decantadores llevados a la tolva de concentrados y apilados en los patios de mineral concentrado.

En la planta se producen dos tipos de concentrados, conocidos como N-2 y N-4, los cuales tienen las siguientes características:

CONCENTRADO	Mn (%)	MnO ₂ (%)	Fe (%)	Perox
N-2	48-49	70-72	8-8.5	(93-95)
N-4	49-51	74-76	7-8	94-95

CONCLUSIONES:

- 1.- El yacimiento de Cerro Prieto, Hgo., es una porción de la cuenca manganesífera de Molango, Hgo., la cual se localiza dentro del anticlinorio de Huayacocotla.
- 2.- El yacimiento diagenético de la región de Nonoalco, es de tipo sedimentario de edad del Jurásico superior.
- 3.- La estructura local en la región de Nonoalco, es de un anticlinal con plano axial orientado NW 40°SE, donde se preserva de la erosión sólo el flanco SE.
- 4.- El yacimiento de Cerro Prieto presenta oxidación de minerales de carbonatos de manganeso y la economía de éste, se determina principalmente por la cantidad de los minerales siguientes: nsutita, pirolusita y psilomelano.
- 5.- La distribución de la mineralización en Cerro Prieto no es uniforme. Presenta caballos de carbonatos entre el mineral oxidado, tanto en la dirección vertical como longitudinal del yacimiento, así como interestratificación con mineral más corriente, limolita o arcilla.
- 6.- Con base en las secciones transversales 0 + 060 a la 0 + 340 se calculó el tonelaje de mineral por diferentes calidades:

TIPO	TONELAJE	LEY MEDIA			Peroxidación
		Mn	Fe	MnO ₂	
A	19,100	42.6	8.1	63.1	93.1
B	9.000	35.6	12.9	51.2	91.0
C	14.100	31.7	13.4	47.4	90.8
D	42,900	28.0	12.1	39.2	88.0

- 7.- El yacimiento de Cerro Prieto, por su volúmen de toneladas de mineral grado batería y localización geográfica se considera -- económicamente explotable.

" RECOMENDACIONES"

- 1.- Se recomienda hacer 5 zanjas en las secciones 0 + 060, 0+ 100 0 + 120, 0 + 140, 0 + 160 con objeto de confirmar el espesor - de la base oxidada y a la vez asegurar la calidad del mineral.
- 2.- Es necesario realizar 3 barrenos con el objeto de determinar - con más exactitud la limitación de la oxidación, ocasionada por la falla normal inferida. La localización de los barrenos será la siguiente:
- a) Barreno A.- En la sección 0+080 alejado en la dirección -- SW, a 55.0 m. de la línea base.
 - b) Barreno B.- En la sección 0+120 alejado en la dirección - SW, a 65 m. de la línea base.
 - c) Barreno C.- En la sección 0+160 alejado en la dirección - SW, a 57.0m de la línea base.

Además realizar un cuarto Barreno con objeto de asegurar la in - formación entre los Barrenos 57 y 59. Su localización de este - será en la sección 0+200 en la dirección SW a 63.0m., de la lí - nea Base.

- 3.- Levantar la geología en detalle de los primeros niveles de desca - pote con objeto de detectar las fallas inferidas y localizarlas con exactitud.
- 4.- Se requiere de una rigurosa y constante supervisión de la ex -- tracción del mineral oxidado para que no se contamine con el mi - neral carbonatado y semioxidado.

La supervisión consiste en muestrear NE 45°SW en cada uno de los bancos, con líneas de muestreo de rumbo que distan 10 metros entre ellas y serán paralelas a las líneas de sección.

- 5.- Será conveniente realizar compósitos entre mineral A y B para que éste último tenga la peroxidación requerida cuando sea alimentado a la planta concentradora.
- 6.- Es muy importante que se realicen pruebas metalúrgicas con los testigos de los barrenos con objeto de programar el tipo de mineral que alimentará a la planta.
- 7.- Realizar pruebas electroquímicas que aseguren la calidad del mineral grado batería. Estas también se pueden llevar a cabo con los testigos de los barrenos.
- 8.- Es recomendable realizar un plan detallado de exploración tendiente a localizar bloques caídos de mineral oxidado en la dirección NE del afloramiento, no sólo del área Cerro Prieto, sino de la región de Nonoalco.
- 9.- El tiradero del material estéril proveniente de Cerro Prieto puede ser acumulado en la dirección SW del área.
- 10.- Debe tenerse cuidado con el tiradero durante el tiempo de lluvias ya que los asentamientos que pueden sufrir afectaría a los propietarios vecinos.

BIBLIOGRAFIA

- Aguayo, J. E. Sedimentación y diagenesis de la Formación Chipoco (Jurásico Superior) en afloramientos, Estados de Hgo. y S.L.P. Revista del I.M.P., Vol.9, No.2 pp.11-37, 1977.
- Aguilera Duque, C.G. Geología general y yacimientos de manganeso en Nonoalco, municipio de Xochicuatlán, Hgo. Tesis profesional, 1974.U.A.S.L.P.
- Brewer, P.G. Chemical oceanography 2nd. ed. Académic press 1975.
- De Pablo G.L. Los minerales de manganeso de Molango Hgo. Univ.Nac.Auton.de México, Inst.Geología,- Bol. 76, 1968.
- Garrels.R.M. y Ch. L. Christ. Solutions. minerals and equilibria, Harper -- and Row. 1965.
- Krauskopf, K. B. Introduction to Geochemistry Mc. Graw-Hill - Bo. Co., 1979.
- Levinson, A.A. Introduction to exploration geochemistry, -- Applied publishing ltd, Cánada, 1974.
- Olivares, P. y Eguía, G. Estudio geológico-económico del proyecto Naopa del distrito manganesífero de Molango, Hgo. Tesis profesional 1978. U.A.S.L.P.
- Park and Mac Diarmid. Ore deposits, third edition W.H. Freeman and Company, 1975.

Perogordo O., J.M.

Estudio geológico y análisis estructural
del yacimiento manganesífero de Tetzintla,
en el estado de Hidalgo. Tesis profesional
1976. U.A.S.L.P.