



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA

UNIVERSIDAD DE SONORA

ESCUELA DE GEOLOGIA

LOS RECURSOS MINERALES DE FIERRO EN SONORA

TESIS

Que para obtener el título de

G E O L O G O

Presenta

Francisco Javier Cabrera Fernández

Hermosillo, Sonora.

Septiembre de 1983.



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

Handwritten signature or initials

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

Hemosillo, Sonora, Junio 5, 1983.

DR. ARIEL ECHAVARRI PEREZ
Director de Minería, Geología
y Energéticos
P r e s e n t e .

Por medio de la presente se solicita a
Usted tenga a bien autorizar que el trabajo titulado:
"LOS RECURSOS MINERALES DE FIERRO EN SONORA" elaborado
por un servidor para esta Dirección, sea utilizado como
tesis profesional.

Sin otro particular, y esperando ver-
me favorecido con su respuesta, quedo de Usted:

A T E N T A M E N T E

Francisco Javier Cabrera
Francisco Javier Cabrera

FC/lv



GOBIERNO DEL
ESTADO DE
SONORA

FORMA 11-1

DEPENDENCIA DIRECCION DE MINE-
RIA, GEOLOGIA Y ENERGETICOS

SECCION DIRECCION

NUMERO DE OFICIO _____

EXPEDIENTE _____

Hermosillo, Sonora., Junio 24 de 1983.-

C. FRANCISCO J. CABRERA F.
P r e s e n t e .-

Por este medio doy mi autorizaci3n para que el trabajo
titulado: "Los Recursos Minerales de Fierro en Sonora" elabora-
do por Usted, lo utilice como t3sis profesional.

Sin otro particular al cual referirme

Al contestar este oficio, citense los datos
contenidos en el 3ngulo superior derecho.



EL SABER DE MIS HIJOS
HUMANA GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

A T E N T A M E N T E
SUFRAGIO EFECTIVO NO REELECCION
EL DIRECTOR DE MINERIA, GEOLOGIA
Y ENERGETICOS

[Handwritten signature]
DR. ARIEL ECHAVARRI P.

AEP'rgsb

Hermosillo, Son., Septiembre 19 de 1983.

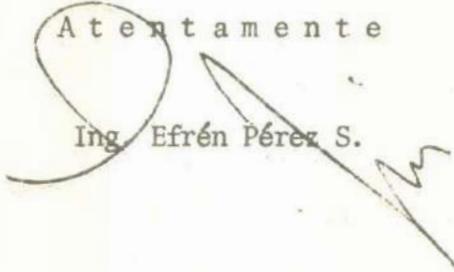
ING. EFREN PEREZ SEGURA
Coordinador de la Escuela de Geología
Universidad de Sonora
P r e s e n t e.

Solicito a Usted su autorización del tema
"Los Recursos Minerales de Fierro en Sonora", que será desarrollado
por el C. Francisco J. Cabrera Fernandez, como tesis para obtener -
el título de Geólogo en esa Universidad.

Este trabajo será dirigido por el suscri_
to.

Atentamente

Ing. Efrén Pérez S.



cl.=



Hermosillo, Son., Septiembre 19 de 1983.

ING. EFREN PEREZ S.
P r e s e n t e.

Por este conducto comunico a Usted que el título del trabajo de tesis profesional "Los Recursos Minerales de Fierro en Sonora" así como su temario ha sido aprobado por esta Escuela y su director de tesis Ing. Efrén Pérez Segura, Maestro de este Departamento.

A t e n t a m e n t e

Efrén Pérez S.



Septiembre 9, 1983.

SR. FRANCISCO JAVIER CABRERA F.
P R E S E N T E

Por medio de la presente comunico a usted que este Departamento ha aceptado el tema " LOS RECURSOS MINERALES DE -- FIERRO EN SONORA " que será desarrollado por usted como requisito para obtener el título de Geólogo en esta Universidad.

La Comisión de Revisión de su Tesis ha quedado integrada por los Señores:

DR. LUIS VASALLO MORALES
GEOL. MARIANO MORALES M.
ING. JAIME ISLAS LOPEZ

Ruego a usted ponerse en contacto con los miembros de la comisión para proceder a la revisión de su trabajo.

AT E N T A M E N T E

ING. EPREN PEREZ SEGURA
Coordinador

EPS/ag



NOMBRE DE TESIS: LOS RECURSOS MINERALES DE FIERRO EN SONORA.

NOMBRE DEL SUSTENTANTE: FRANCISCO JAVIER CABRERA FERNANDEZ.

El que suscribe certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuado como requerimiento parcial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.

Luis Vassallo.

DR. LUIS VASALLO MORALES

El que suscribe certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuado como requerimiento parcial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.

M. No. M. C. S. M. No.
GEOL. MARIANO MORALES MONTAÑO

El que suscribe certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuado como requerimiento parcial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.

Jaime Islas Lopez
ING. JAIME ISLAS LOPEZ

Ruego a Usted ponerse en contacto con los miembros de la comisión para proceder a la revisión de su trabajo.

A MIS PADRES.



A MIS HERMANOS.

EL SABER DE MIS HIJOS
PARA MI GRANDEZA.
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

A LA DIRECCION DE MINERIA, GEOLOGIA Y
ENERGETICOS.

A MI ESPOSA Y PAQUITO.

	Página
INTRODUCCION.	1
CLASIFICACION DE LOS YACIMIENTOS DE FIERRO.	2
FIERRO SEDIMENTARIO.	2
LOS YACIMIENTOS TIPO SKARN.	5
EL FIERRO MAGMATICO.	8
FIERRO VOLCANOSSEDIMENTARIO.	10
OTROS	10
LOS RECURSOS MINERALES DE FIERRO EN SONORA.	12
ANTECEDENTES.	12
DESCRIPCION DE LOS DEPOSITOS.	14
DEPOSITO CARACAHUI.	14
Localización e Infraestructura.	14
Ambiente Geológico.	14
Forma y Tamaño.	15
Composición Mineralógica.	15
Potencialidad del Depósito.	16
DEPOSITO CERRO BLANCO	16
Localización e Infraestructura.	16
Ambiente Geológico.	16
Forma y Tamaño.	17
Composición Mineralógica.	17
Potencialidad del Depósito.	17
DEPOSITO CUESTA DE FIERRO	18
Localización e Infraestructura.	18
Ambiente Geológico.	18
Forma y Tamaño.	19
Composición Mineralógica.	19
Potencialidad del Depósito.	19
DEPOSITO ARROYO CORONADO.	19
Localización e Infraestructura.	19
Ambiente Geológico.	20
Forma y Tamaño.	20
Composición Mineralógica.	20
Potencialidad del Depósito.	21

	Página
DEPOSITO CAMPODONICO.	21
Localización e Infraestructura.	21
Ambiente Geológico.	21
Forma y Tamaño.	22
Composición Mineralógica.	22
Potencialidad del Depósito.	22
DEPOSITO HACHITA HUECA.	22
Localización e Infraestructura.	22
Ambiente Geológico.	23
Forma y Tamaño.	23
Composición Mineralógica.	23
Potencialidad del Depósito.	24
DEPOSITO SAN PASCUAL.	24
Localización e Infraestructura.	24
Ambiente Geológico.	24
Forma y Tamaño.	25
Composición Mineralógica.	25
Potencial del Depósito.	25
DEPOSITO SAN MARCOS	25
Localización e Infraestructura.	25
Ambiente Geológico.	25
Forma y Tamaño.	26
Composición Mineralógica.	26
Potencialidad del Depósito.	26
DEPOSITO CHINOVERACHI	27
Localización e Infraestructura.	27
Ambiente Geológico.	27
Forma y Tamaño.	28
Composición Mineralógica.	28
Potencialidad del Depósito.	28
DEPOSITO EL CHORO	28
Localización e Infraestructura.	28
Ambiente Geológico.	29
Forma y Tamaño.	30
Composición Mineralógica.	30
Potencialidad del depósito.	30

	Página
DEPOSITO SAN MIGUELITO.	30
Localización e Infraestructura.	30
Ambiente Geológico.	30
Forma y Tamaño.	31
Composición Mineralógica.	31
Potencialidad del Depósito.	31
DEPOSITO EL PERDIDO	32
Localización e Infraestructura.	32
Ambiente Geológico.	32
Forma y Tamaño.	33
Composición Mineralógica.	33
Potencialidad del Depósito.	34
DEPOSITOS LA LEZNA Y EL COBOTA.	34
Localización e Infraestructura.	34
Ambiente Geológico.	34
Forma y Tamaño.	35
Composición Mineralógica.	35
Potencialidad de los Depósitos.	36
YACIMIENTO EL VOLCAN.	36
Localización e infraestructura.	36
Ambiente Geológico.	36
Forma y Tamaño.	37
Composición Mineralógica.	37
Potencialidad del Yacimiento.	37
LOS PRINCIPALES TIPOS DE YACIMIENTOS DE FIERRO EN - SONORA.	38
YACIMIENTOS DE FIERRO EN SKARN.	38
YACIMIENTOS DE FIERRO EN ROCAS VOLCANICAS DE DEPOSI TO SUBAEREO	40
YACIMIENTO DE FIERRO VULCANOSSEDIMENTARIOS	40
YACIMIENTO DE FIERRO EN VETAS DENTRO DE ROCAS INTRU SIVAS	40
RESERVAS Y LEYES.	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	43
BIBLIOGRAFIA.	45

	Página
PRINCIPIOS DE UNA CLASIFICACION DE RECURSOS/RESER-- VAS.	48
INTRODUCCION	48
DEFINICION DE RESERVAS/RECURSOS.	49
GUIA PARA LA CLASIFICACION DE LOS RECURSOS MINERA- LES.	52

1.- INTRODUCCION.

El mineral de fierro es materia prima fundamental en la producción de acero y éste a su vez, es absolutamente necesario para la industrialización de cualquier país o región. Por lo tanto, es prioritario para el desarrollo industrial de cualquier región geográfica, la exploración y cuantificación de sus posibles recursos ferríferos.

El Noroeste de México está sumamente alejado de los grandes centros productores de acero, debido entre otras razones a la existencia aparente de reservas de mineral de fierro cerca de aquellos. Entre 1972 y 1977, Sonora consumió el 1.4% de los productos siderúrgicos mexicanos (Secretaría de Programación y Presupuesto et al., 1981).

Por otra parte, la única producción de acero registrada en el Estado correspondió a la empresa Acero de Sonora, S. A. que en 1977 produjo 24,015 toneladas de acero y lámina y en 1978, 6,295 toneladas de los mismos materiales (Secretaría de Programación y Presupuesto et al., 1981). En ese mismo año la empresa cerró, volviendo a reabrir en 1981, pero a la fecha no ha habido producción.

En 1977, el Consejo de Recursos Minerales (Pesquera et al., 1977) calculaba que en Sonora existían más de 12 millones de toneladas de mineral de fierro en reservas positivas, probables y posibles, después de este trabajo no se tiene noticia de publicaciones posteriores.

Este trabajo lleva como principal objetivo, el de inventariar de manera muy general, nuestros yacimientos y reservas de mineral de fierro, ante la imposibilidad, por el momento de cuantificarlas con certeza. Lo anterior justifica que los informes de yacimientos individuales parezcan sumamente escuetos. El trabajo nos ha permitido dar una vista global a la geología de los yacimientos y encontrar relaciones geológicas que nos ayuden a guiar la exploración de estos yacimientos.

Para abordar la descripción de los depósitos de Sonora, se ha considerado conveniente reposar las características generales de los yacimientos de fierro de México y del mundo.

Sabemos que el proporcionar información cuantitativa implica compromisos serios, pero como geólogos optimistas estamos dispuestos a correr los riesgos y asumir la responsabilidad que nos confiera la historia mediata, basados en lo que la geología nos permite inferir.

II.- CLASIFICACION DE LOS YACIMIENTOS DE FIERRO.

Los yacimientos de fierro se agrupan de acuerdo a sus características físicas comunes y no de acuerdo a su origen, ya que muchas veces el origen no esta bien determinado y de uno solo pueden formarse diferentes yacimientos de acuerdo a la roca encajonante, estructura, etc.

Los yacimientos de fierro se clasifican en cinco:

Fierro sedimentario.

Fierro en skarn.

Fierro Volcanosedimentario.

Fierro magmático.

otros tipos diferentes.

FIERRO SEDIMENTARIO.

Generalmente, las rocas sedimentarias contienen alguna cantidad de fierro que va desde menor del 1% al 65% o más. Dentro de este rango, existe una gran cantidad de rocas sedimentarias; si contienen una concentración alta se clasifican como rocas ferruginosas y si presentan un alto contenido de fierro pasan a ser "mineral de fierro".

La gradación de roca sedimentaria ordinaria a mineral de fierro, sugiere que el fierro es sedimentario. Estudios hechos en la región de Inglaterra mantienen que, en todas las localidades, el

fierro se forma en estratos teniendo la apariencia de un origen -- contemporáneo con la roca; con ésto se demuestra su origen sedimentario.

Los minerales más importantes de las concentraciones sedimentarias de fierro, son Hematita y Magnetita aunque existen otras especies tales como: Oxidos, Hidróxidos, Carbonatos, Silicatos y Sulfatos.

Los principales óxidos son Hematita, Magnetita y Goethita -- (incluyendo Limonita). La Hematita, ocurre en una amplia variedad de formas; se extiende intercalándose con silicatos finos (Chert) -- como oolitos o es más abundante en reemplazamiento de yacimientos -- Precámbricos. La Magnetita está presente en todos los yacimientos -- Precámbricos, mientras que la Goethita en los Sedimentarios, ocurre como oolitos en forma concéntrica asociada con silicatos. El -- siguiente en importancia es el carbonato llamado Siderita, que usualmente impuro, forma un compuesto dominante en fierro en el lago superior, el compuesto se forma de un 70% de moléculas de carbonatos. De menor importancia están los silicatos de fierro definidos -- de sedimentación primaria tales como: Chamosita, Greenalita y Glauconita.

Los yacimientos de tipo sedimentario se dividen de acuerdo a su edad, forma, mineralogía, ambiente geológico y química (Stanton) en tres clases: Fierro Bandeado (Banded Iron Formation), Fierro no Bandeado (Ironstones) y Menas lodosas de Fierro (Bog Iron ore).

Fierro Bandeado (Banded Iron Formation).

Este constituye los grandes yacimientos de fierro en el mundo, los cuales, forman unidades estratigráficas de cientos de metros con extensión lateral de cientos de kilómetros. El fierro sedimentario es de estratos delgados con fracciones estructurales -- que se preservan cuando las rocas han sufrido alto metamorfismo;

éstas, por lo regular miden de 5 a 3 centímetros de espesor. El Chert se usa generalmente, para describir un material rico en sílice sin importar su grado de cristalinidad. La mineralogía consiste en Siderita más Silicato de fierro, Silicatos de Fierro, Magnetita, Hematita, Magnetita y Hematita. Los minerales de fierro definen las facies geoquímicas a que es asignado el yacimiento; la química de la roca es predominantemente de fierro y sílice; el contenido de alúmina es menor del 1% en muchos casos; el de fierro está en relación a la mineralogía de la roca que en facies carbonatadas o de silicatos es de 25-30%, mientras que, en facies de óxidos (Hematita - Magnetita) contiene aproximadamente del 30-35%.

El origen de este tipo de yacimientos es incierto pero, existe la relación de que los principales en el mundo se encuentran en un rango de edad de 1,900 a 2,500 millones de años.

FIERRO NO BANDEADO (IRONSTONES).- Este constituye el segundo en importancia. Se caracteriza porque contiene menor cantidad de Chert y alta relación de Sílice-Fierro en comparación al Fierro Bandedo; además el Fierro no bandedo es generalmente, post-Precámbrico; este tipo de yacimientos se distribuyen ampliamente en Inglaterra.

Existe una gran variedad mineralógica dependiendo de las condiciones de depositación. Dentro de los óxidos la Hematita y limonita (Goethita) son importantes y la Magnetita aparece en lugares particulares; los silicatos son importantes componentes tales como la Chamosita que ocurre en forma de Oolitos. El origen aún no se conoce con precisión aunque existen ideas controversiales sobre él.

MENAS LODOSAS DE FIERRO (BOG IRONORE).- Es el de menor importancia y respecto a su origen, no presenta mayor problemática. La concentración de éstos sedimentos ricos en fierro se efectúa en pantanos, lagos y arroyos inactivos de áreas recientemente glaciadas. Estos yacimientos están restringidos al hemisferio norte; el mineral principal es la goethita y en

menor cantidad, la siderita.

LOS YACIMIENTOS TIPO SKARN.

Skarn es un término de origen Sueco y se usaba para referirse a la ganga, ya que ésta resulta diferente de los depósitos de Contacto Metamórfico.

Los yacimientos de Skarn se caracterizan por la naturaleza de su ganga y no por los metales de valor económico. La ganga, en este tipo de yacimientos, es una mezcla de grano relativamente -- grueso de silicatos (anhídros e hidratos) de los elementos Ca, Mg, Fe, Al, y Mn. Es común usar el término "Táctica" para referirse a este tipo de yacimientos pero resulta más descriptivo, con menos implicaciones genéticas estructurales y además que ya es conocido a nivel mundial el uso del término "Skarn".

Los yacimientos de Skarn se clasifican en Endoskarn y Exoskarn los cuales constituyen los llamados Skarn hidrotermales, y se forman cuando el reemplazamiento se lleva a cabo en la roca -- huésped que puede ser calizas, pizarra arcillosa, toba volcánica, etc., mientras que los endoskarn, se forman cuando el reemplazamiento se lleva a cabo en la roca intrusiva.

Existen también el skarn que no presenta proceso hidrotermal alguno, y por último, los skarn de emanación que se forman a partir de la emanación de material directamente de una mezcla fundida.

Desde el punto de vista económico, el único que es importante, es el que se forma en las rocas carbonatadas. (Skarn Hidrotermales).

Los diferentes tipos de paragénesis mineral están en función de la roca original; así, a partir de calizas se obtienen -- granate (Serie grossular- andradita), wollastonita, vesuvianita,

epídota (clinozoizita-epidota) y Anfiboles (serie tremolita-ferroactinolita); en los Skarn provenientes de dolomita se tiene forsterita, diopsida, tremolita, flogopita, talco, espinela, etc., en tanto que, los yacimientos de Skarn provenientes de una roca aluminosa incluye epídota, plagioclasa, clinopyroxeno, anfíbol, escafolita, etc.

La formación de los yacimientos de skarn se estima a 1.5 -- Kms. de profundidad; estos yacimientos, son los primeros productores de tungsteno en el mundo y productores importantes de cobre, fierro, molibdeno, zinc, y en menor cantidad, de cobalto, oro, -- plata, bismuto, berilo, boro, plomo y estaño.

PROCESOS DE LA FORMACION DE UN SKARN.

a).- INTRUSION.

Es el inicio del proceso en el cual hay un emplazamiento de intrusivo ígneo dentro de una secuencia sedimentaria que contenga calizas; la composición del cuerpo intrusionante, es por lo general, de naturaleza granítica variando desde Monzonita cuarcífera a granodiorítica.

b).- METAMORFISMO.

El segundo proceso, es el metamorfismo de contacto de las rocas encajonantes; aquí se lleva a cabo la recristalización que -- produce los mármoles y la reacción que forma los silicatos cálcicos, además, hay una reacción metamórfica en la cual se libera -- CO_2 y puesto que, el agua es un componente presente, estos dos -- forman la presión total del fluido que es la suma de las presiones parciales de CO_2 y H_2O , así, se produce el escape de estos -- gases causando pérdida de volumen y/o aumento de porosidad del -- mármol, teniendo de esta forma, el ambiente preparado para la deposición de la mena.

La mineralogía característica en la composición de esta roca es Granates, tremolita, forsterita, diopsida, wollastonita, periclase y otros.

c).- METASOMATISMO.

Este proceso se lleva a cabo cuando el intrusivo se ha solidificado en su parte externa y cuando la roca huésped tienen la temperatura suficiente para permitir la formación del proceso metasomático. El fluido asciende por fracturas en el intrusivo y se deposita a lo largo del contacto con la roca huésped.

El origen de este fluido es desconocido, aunque se habla de algunos, realmente ninguno ha sido aceptado; el origen tradicional, menciona que es producto de diferenciación y cristalización de grandes masas magmáticas en profundidad.

d).- SUPERPOSICION DE OXIDOS Y SULFUROS.

Cuando se lleva a cabo el final de la formación del Skarns - empieza la precipitación de soluciones tales como la pirita, pirrotita, calcopirita y esfalerita estos se depositan en algunos lugares o asociados a algún mineral del Skarn.

e).- ETAPA HIDROTHERMAL TARDIA.

Aquí se efectúa una alteración retrógrada de los minerales - del Skarn y se producen minerales hidratados tales como: Actinolita, clorita, serpentina, zeolita y otros.

EL FIERRO MAGMATICO (JENSEN , BATEMAN,1981)

Los depósitos magmáticos resultan de la simple cristalización o concentración por diferenciación de la masa ígnea intrusiva, éstos fueron considerados simplemente como facies en rocas ígneas formadas por la cristalización temprana de los yacimientos minerales, sin embargo se sabe que en muchos de los depósitos, el yacimiento mineral cristaliza después que la roca. El autor clasifica a este tipo de depósitos en 2 clases: Los formados en el magmatismo temprano y los que se forman en el magmatismo tardío.

DEPOSITO DE MAGMATISMO TEMPRANO.

El depósito de magmatismo temprano es el resultado directo del proceso magmático llamado también ortomagmático. Este puede formarse por: A)- Simple cristalización del magma sin concentración (diseminación); B).- Segregación de cristales formados primariamente; y C).- Inyección de material concentrado a otra parte -- por diferenciación.

Diseminación - Es la simple cristalización del magma en roca ígnea granular; los cristales se encuentran diseminados a través del magma, toda la masa de roca o parte de ésta, constituye el depósito y los cristales individuales pueden o no ser fenocristalinos; en este tipo de depósitos, existen elementos de placer.

Segregación - Es el término usado para designar depósitos magmáticos, se refiere a una concentración de los minerales en algún lugar específico que toma lugar durante la cristalización.

Como resultado de una cristalización gravitativa diferencial en los depósitos de fierro, la mena aparece después de los silicatos por consiguiente, podría no ser originado de la separación -- producida por la formación temprana de cristales.

Inyección - Estos minerales fueron concentrados por cristalización diferencial y son contemporáneos a la asociación de mine

rales silicatados en la roca; no permanecen en el lugar de la acumulación, sino que son inyectados en la roca huésped o roca encajante. Las relaciones estructurales de este tipo de rocas, sugieren que éstos fueron inyectados cortando estructuras de roca.

DEPOSITO DE MAGMATISMO TARDIO.

Los depósitos de magmatismo tardío consisten de mena de roca ígnea que ha sido cristalizada de un magma residual, en las cercanías de un período magmático; por consiguiente, la mena de los depósitos de magmatismo tardío se forma después que las rocas silicatadas y corta a través de éstas. Estos procesos se dividen en dos: Acumulación de líquido por gravitación; e Inmisibilidad de líquidos.

Acumulación de líquido por gravitación - Se puede llevar a cabo por segregación o inyección. En la segregación de ciertos magmas máficos donde el magma residual se encuentra enriquecido en fierro, titanio y volátiles, la magnetita es uno de los últimos minerales en cristalizar. En algunos estudios donde el titanio se encuentra asociado al fierro, se ha encontrado que los óxidos de fierro cristalizan a lo último cortando los cristales que se forman primeramente. El otro proceso es el que se lleva a cabo por inyección en líquidos residuales ricos en fierro que se acumulan, antes de la consolidación, se llevan a cabo, movimientos; que pueden estar sujetos a presiones que acompañan la formación de un magma fluyendo a lugares de menor presión y formando una inyección del líquido residual.

El lugar de reposo de líquidos residuales ricos en fierro puede estar en: Intersticios entre los granos de los silicatos, o en la segregación de líquido inconsolidado en la parte inferior del cuerpo ígneo.

Inmisibilidad de líquidos - Este proceso se efectúa por inmisibilidad de líquidos por segregación y por inyección. La segregación se explica, en algunos depósitos de sulfuros considerando que

éstos disueltos con el descenso de temperatura, se separan en partes formando gotitas inmiscibles que se depositan como fracción -- fundida; de la misma manera, que la mata de cobre en fusión, se deposita en el fondo de un horno de fundición, mientras que el -- silicato fundido (escoria), flota encima. Este proceso no tiene -- aplicación a la formación de tipos de rocas diferentes. La inmiscibilidad limitada sería una explicación del origen de los depósitos magmáticos de magnetita, pero la magnetita es miscible en todas las proporciones con los silicatos en fusión.

La inmiscibilidad de líquidos por inyección es el proceso anterior, pero con un movimiento del lugar donde se formó por diferencias de presión.

VOCANOSEDIMENTARIO.- El término volcanogénico se utiliza para forzar la conexión genética entre la mineralización y el vulcanismo. Existe bastante confusión con el uso estratiforme, y éste significa que las menas ocurren como capas dispuestas concordantemente con respecto a la estratificación de los materiales sedimentarios encajonantes. Si las menas favorecen horizontes específicos dentro de las secuencias sedimentarias locales que muestren una marcada preferencia por ciertos tipos de rocas, entonces se les llama "Stratabound". (Sato, 1977).

El término "exhalativo" implica que las menas se formaron por emanaciones volcánicas. Para indicar la formación de las menas en el fondo del mar se usan los términos "Submarino exhalativo" o -- "Exhalativo-Sedimentario". (Sato, 1977).

Pérez (1982) define que estos yacimientos estratiformes o en brechas y stockworks que se relacionan con pilas de rocas volcánicas de diversa composición eruptadas en un ambiente submarino.

OTROS.- El complejo volcánico "El Laco", se forma de andesitas, sedimentos, ignimbritas y flujos de lava de magnetita alrededor de una antigua caldera con un núcleo riódacítico. Los flujos de --

magnetita tienen aproximadamente 20 metros de espesor y constituyen cinco cuerpos principales; cada uno, asociado con un cráter secundario emplazado alrededor de un núcleo central que marca la posición del antiguo cráter principal, seguido contiene hematita en venas, siendo ésta la de mayor importancia y, los principales minerales de ganga son: Apatita y Actinolita, este depósito contiene un 50% de hierro.

Existen dos alternativas posibles para la formación del hierro de Laco, la primera es que el hierro pudo formarse de un magma andesítico o de un material más máfico que el magma de andesita, en ese caso la magnetita pudo haberse enriquecido durante la cristalización del magma, asociada a titanio, vanadio y cromo. La segunda posibilidad se debe a la removilización durante el vulcanismo de óxidos de hierro presentes en las formaciones paleozoicas cercanas. (Frutos y Oyarzún, 1974).

III.- LOS RECURSOS MINERALES DE FIERRO EN SONORA.

1.- Antecedentes.

Desde antes de la llegada de los colonizadores españoles, los indígenas del territorio sonorense utilizaban la hematita y limonita para elaborar pinturas faciales, corporales, pictográficas y de ornato en cerámica. En el siglo XVI, los ceramistas hicieron decoraciones geométricas a base de hematita especular.

En 1884, Santiago Ramírez escribió su libro: "La Riqueza Mineral de México", relatando que en Sonora existe fierro meteórico y menciona los distritos de: Guaymas, Ures, Arizpe, Alamos, Altar, Sahuaripa y Magdalena, como lugares que contienen criaderos de fierro. El mismo autor escribe: "El fierro es el alma de la industria y sin cuyo metal no habría podido dar un paso la minería, abunda también en nuestro país no obstante la extraordinaria importación que se hace del extranjero".

Torón Villegas y Esteve Torres del Departamento de Investigaciones del Banco de México, hicieron en 1947 un "Estudio de los Yacimientos Ferríferos de México". En este trabajo se describe de una manera general la fisiografía y geología del Sur de Sonora, así como los yacimientos de San Pascual y El Volcán.

El Instituto Nacional para la Investigación de los Recursos Minerales, editó en 1951 el trabajo: "Geología, Génesis, Condiciones Estructurales de los Yacimientos de Fierro en México". En lo referente a Sonora, sólo se describe el yacimiento El Volcán ó Piedra Imán, situándolo dentro de los de primera magnitud con 16 millones de toneladas de mineral posible.

En 1961, El Consejo de Recursos Minerales No Renovables publicó: "Inventario de los Yacimientos de Fierro en México". En dicho trabajo se dice que los yacimientos El Volcán y San Pascual, son los únicos depósitos de fierro en Sonora. En 1979, la Revista Geomimet publicó un trabajo realizado en 1977 por el Consejo de Recursos Minerales titulado: "Reservas y Ubicación de los Yacimientos de Mineral de Fierro

RECURSOS DE (NOMBRE DEL PRODUCTO)

UNA PARTE DE LAS RESERVAS O CUALQUIER CATEGORIA DE RECURSOS DEBE RESTRINGIRSE DE LA EXTRACCION POR LEYES O REGULACIONES (VER TEXTO)
 AREA: MINA (DISTRITO, CAMPO, ESTADO, ETC.)
 UNIDADES: (TONELADAS, BARRILES, ONZAS, ETC.)

PRODUCCION ACUMULATIVA	RECURSOS IDENTIFICADOS		INFERIDOS	RECURSOS NO DESCUBIERTOS	
	DEMOSTRADOS MEDIDOS	INDICADOS		RANCO DE PROBABILIDAD HIPOTETICO	ESPECTATIVO
ECONOMICA	RESERVA		INFERIDO		
ECONOMICA MARGINALMENTE	BASE		RESERVA BASE		
SUBECONOMICA	-----				
OTRAS OCURRENCIAS	INCLUYE MATERIALES NO CONVENCIONALES Y D. BAJO GRADO				

AUTOR:

CUADRO 2: CATEGORIAS DE CLASIFICACION DE RESERVAS BASE Y RESERVA BAS INFERIDA

RECURSOS DE (NOMBRE DEL PRODUCTO)

UNA PARTE DE LAS RESERVAS O CUALQUIER CATEGORIA DE RECURSOS PUEDEN RESTRINGIRSE DE LA EXTRACCION POR LEYES O REGULACIONES (VER TEXTO)

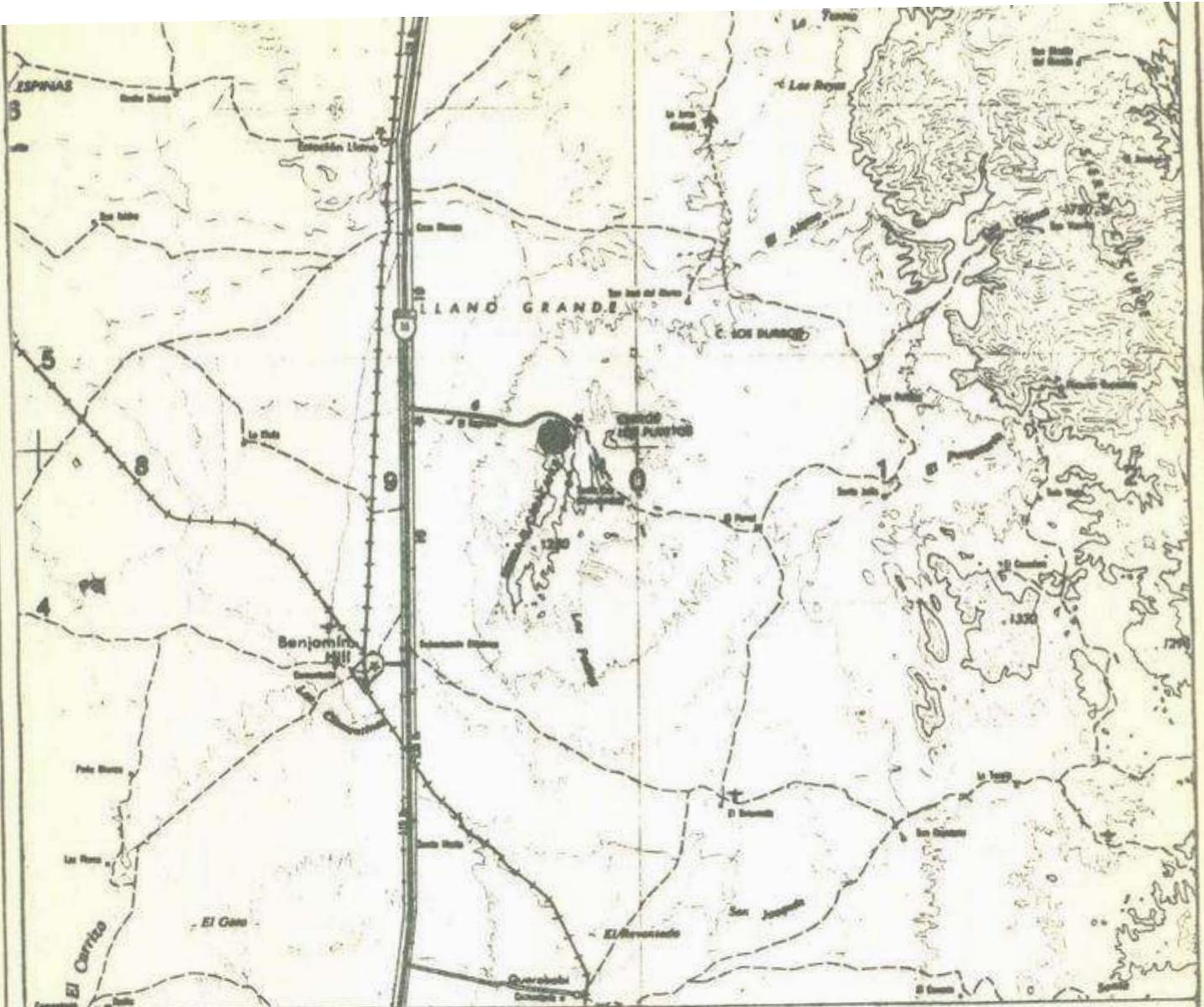
AREA: (MINA, DISTRITO, CAMPO, ESTADO, ETC.)

UNIDADES: (TONELADAS, BARRILES, ONZAS, ETC.)

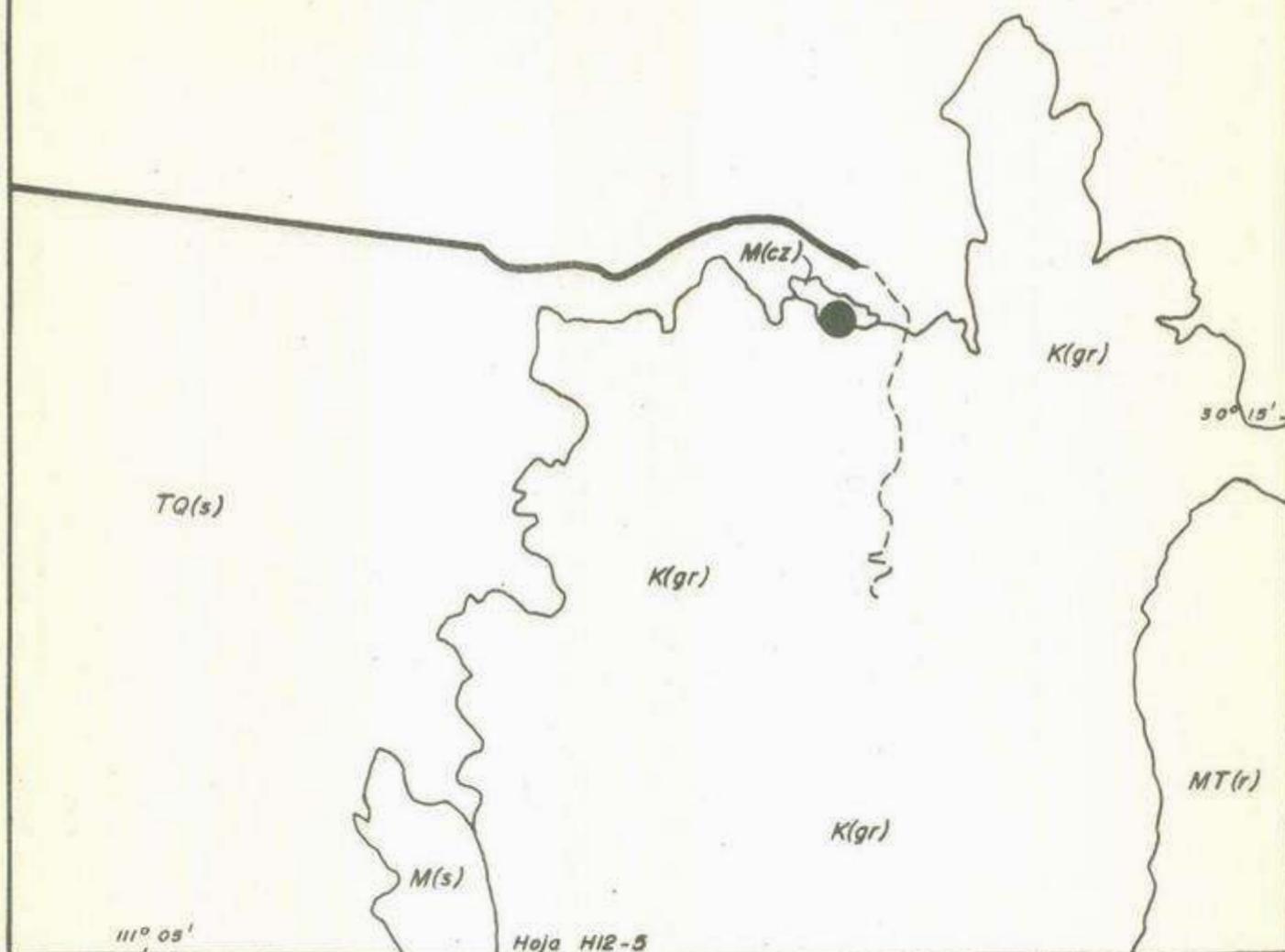
PRODUCCION	RECURSOS IDENTIFICADOS		RECURSOS NO DESCUBIERTOS	
	DEMOSTRADOS	INDICADOS	INFERIDOS	RANGO DE PROBABILIDAD
ACUMULATIVA	MEDIDOS	INDICADOS	HIPOTETICOS	ESPECULATIVOS
ECONOMICA	RESERVAS	RESERVAS	RESERVAS INFERIDAS	+
ECONOMICA MARGINALMENTE	RESERVAS MARGINALES	RESERVAS MARGINALES	RESERVAS MARGINALES INFERIDAS	+
SUB ECONOMICA	RECURSOS SUBECONOMICOS DEMOSTRADOS	RECURSOS SUBECONOMICOS	RECURSOS SUBECONOMICOS INFERIDOS	
OTRAS OCURRENCIAS	INCLUYE MATERIALES NO CONVENCIONALES Y DE BAJO GRADO			

AUTOR:

CUADRO 1: PRINCIPALES ELEMENTOS DE LA CLASIFICACION DE RECURSOS MINERALES EXCLUYENDO RESERVA BASE Y RESERVA BASE INFERIDA



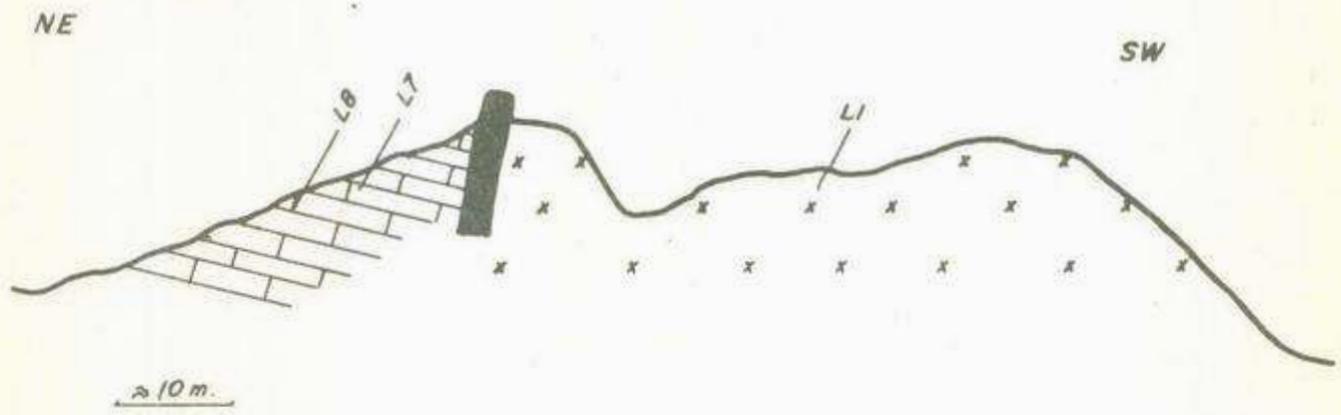
UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA		
Plano de localización del depósito Caracahui, Benjamin Hill Son.		
TESIS PROFESIONAL		
Por F J Cabrera F	Escala 1:250 000	Fecha Junio del 83



- EXPLICACION -

- Cuaf. - Terc. TQ(s) Sedimentos
- Mes. - Terc. MT(r) Riolltas
- Cretácico K(gr) Granito
- Mesozoico M(cz) Calizas
- Depósito
- Carretera
- Camino

UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA		
Plano geológico regional del depósito Caracahui		
TESIS PROFESIONAL		
Por: F. J. Cabrera F.	Escala: 1:50 000	Fecha: Junio del 83



-EXPLICACION-

-  Granito alcalino
-  Caliza recristalizada
-  Depósito

UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA		
Sección esquemática del depósito Caracahui		
TESIS PROFESIONAL		
Por: F. J. Cabrera F	Escala:	Fecha: Junio del 83

Las rocas metamórficas encajonan al fierro y son: un skarn de - actinolita (L-7) y un hornfels de piroxeno (L-8). Al microscopio la primera, se compone de: actinolita 40%; epidota 30%; granate 7%; minerales opacos 10%; clorita 3%; cuarzo 5%; calcita 5% y trazas de clino piroxenos. Los granates son xenomorfos de color amarillo claro, zonales y anisotrópicos en los bordes; la calcita y el cuarzo son intersticiales; la epidota es la variedad ferrífera pistachita y la actinolita se presenta en cristales fibrosos y tabulares con pleocroismo -- débil. También en lámina delgada, el hornfels se compone de: cuarzo - 50%; piroxenos 35%; granates 7%; epidota 5%; plagioclasas 3% y trazas de vesuvianita; el piroxeno es la variedad diopsida y se halla como - cristales pequeños de color verde claro y con alto relieve; los granates son xenomorfos con piroxenos incluidos y la epidota se encuentra en vetillas.

Las características anteriores suponen rocas originales de composición calcárea con impurezas arcillosas y probables areniscas de - cuarzo, ambas fueron metamorfizadas a la facies de hornfels de piroxeno.

c) Forma y Tamaño - El depósito se encuentra en el contacto de la roca intrusiva y la roca calcárea formando una veta que debido a - la resistencia que tiene al intemperismo queda formando un crestón de aproximadamente 5 m. de espesor y alrededor de 150 m. de largo. Hacia el valle el yacimiento queda cubierto por los sedimentos recientes.

d).- Composición mineralógica - Hematita especular: es el principal componente de este yacimiento. En muestra de mano se caracteriza por su hábito hojoso radial y también por su textura botroidal. Su raya es roja y presenta nulo magnetismo. Constituye aproximadamente - del 60 al 80% de la mena; ésta también se encuentra asociada a vetas de cuarzo y barita. Al microscopio se observa con leve anisotropía con reflexiones internas rojas en los bordes de los cristales alargados.

Magnetita: Se encuentra del 20 al 40% de la mena y se caracteriza por encontrarse diseminada junto con la hematita-especular, concentrándose en algunos lugares específicos.

Los minerales de ganga son: epidota, actinolita, granate, cuarzo, vesuvianita, piroxenos, wollastonita, clorita y calcita. Los granates pertenecen a la serie grossularita-andradita.

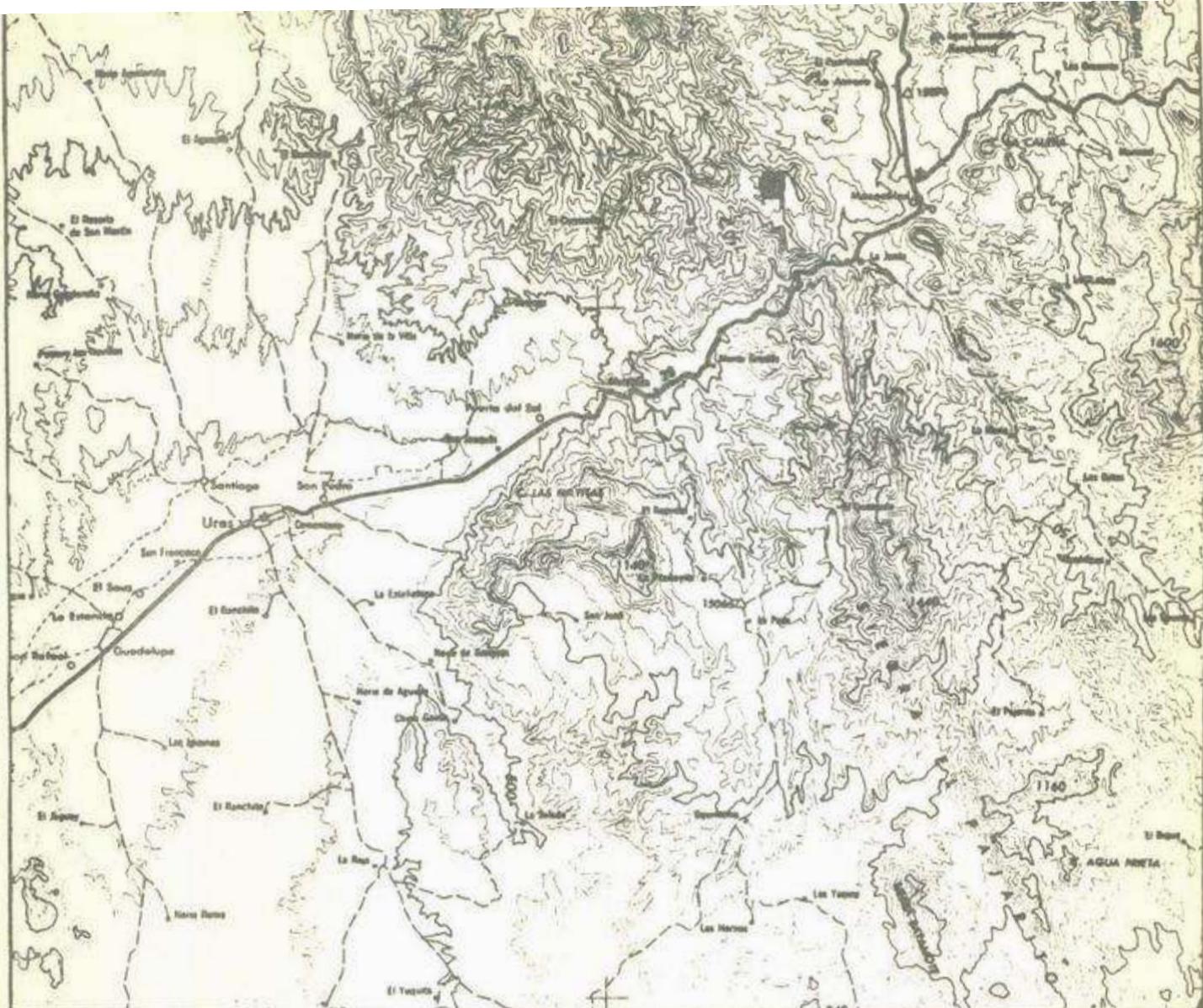
e) Potencialidad del depósito- La morfología del depósito nos muestra a la vista reservas inferidas del orden de las 172,500 toneladas (150 m x 5 m x 50 m x 4.6 densidad).

2.- Depósito Cerro Blanco

a) Localización e infraestructura - Este yacimiento se encuentra situado a 120 Km. en línea recta al Noroeste del poblado de Mazocahui. Saliendo de este poblado en dirección al Norte, a 8 Km. se llega al poblado de La Aurora, de donde se toma un camino de terracería hacia el Cerro Blanco en Dirección al Suroeste y a los 6 km. de camino se llega al afloramiento de fierro.

Existe carretera pavimentada hasta La Aurora. Agua Abundante todo el año, se encuentra en el Río Sonora. La corriente eléctrica está a 2.5 Km. del yacimiento. Por otro lado, la estación ferroviaria más próxima está en Hermosillo.

b).- Ambiente Geológico - El ambiente que domina el área son techos colgantes de calizas marinas paleozoicas (Peabody, 1979) sobre intrusiones posteriores. El batolito de Baviácora ha sido fechado en El Jaralito en 57 millones de años (Anderson et al, 1977). Diques de aplita y pegmatita y andesitas o lamprófidos son comunes cortando el batolito. Una lámina delgada de la roca intrusiva (C820923) muestra una roca granuda de color blanco rosado con textura hipidiomórfica -- que contiene: cuarzo 47%; feldespatos potásicos 39%; plagioclasas 20%; esfena 2%; epidota 1% y trazas de clorita.



UNIVERSIDAD DE SONORA
ESCUELA DE GEOLOGIA

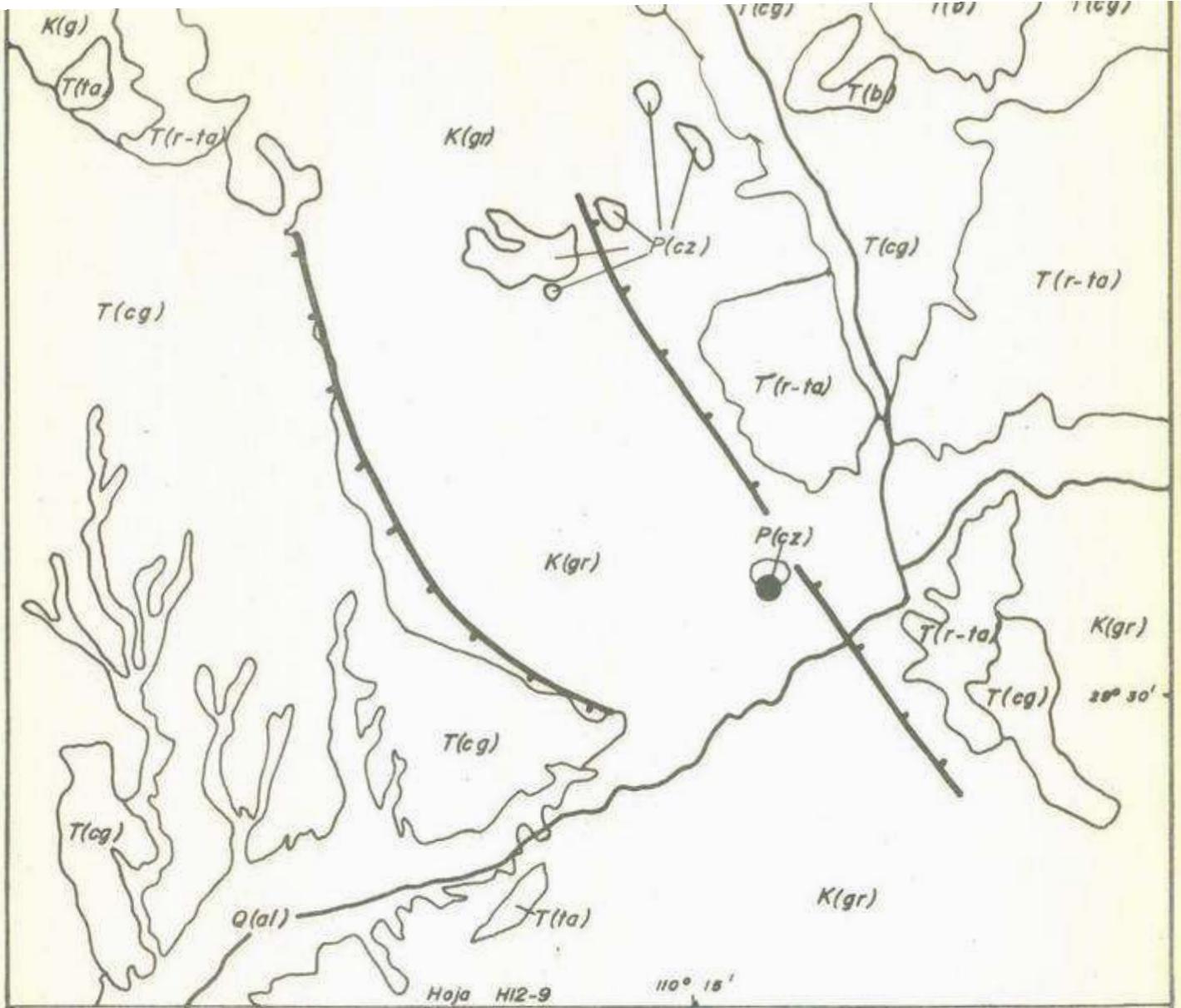
Plano de localización del depósito
Cerro Blanco, Baviacora Son.

TESIS PROFESIONAL

Por:
F. J. Cabrera F.

Escala:
1:250 000

Fecha:
Junio del 83



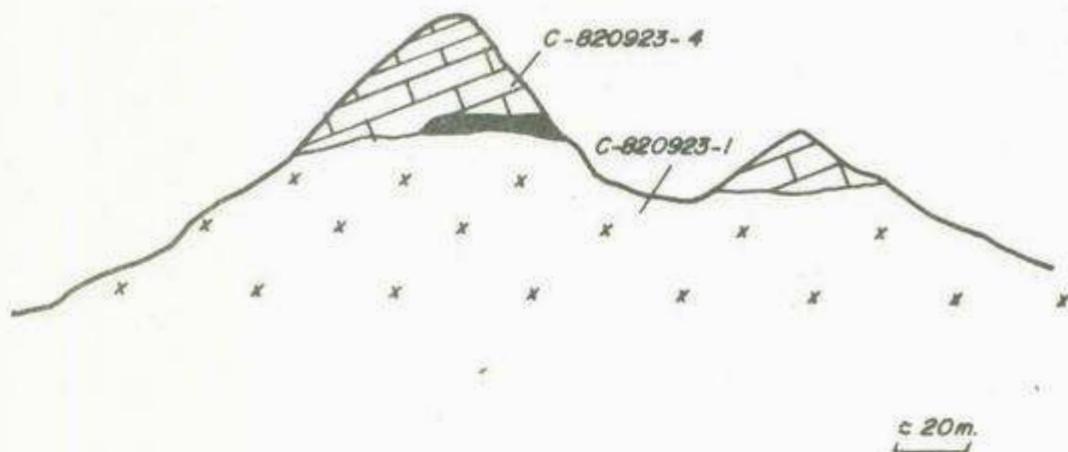
- EXPLICACION -

- | | | | | |
|-------------|---------|------------------------|---|-----------|
| Cuaternario | Q(al) | Aluvion | ● | Depósito |
| | T(cg) | Conglomerado | — | Carretera |
| Terciario | T(r ta) | Riolito-Traquiandesita | | |
| | T(b) | Basalto | | |
| | T(ta) | Traquiandesita | | |
| Cretacico | K(gr) | Granito | | |
| Paleozoico | P(cz) | Calizas | | |
| | | Falla normal | | |

UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA		
Plano geologico regional del deposito Cerro Blanco		
TESIS PROFESIONAL		
Por: F.J.Cabrera F.	Escala: 1:250 000	Fecha: Junio del 83

N

S



-EXPLICACION-

Cretácico		Granito
Paleozoico		Calizas
		Depósito

UNIVERSIDAD DE SONORA
ESCUELA DE GEOLOGIA

Sección esquemática del depósito
Cerro Blanco.

TESIS PROFESIONAL

Por:
F. J. Cabrera F.

Escala:

Fecha:
Junio del 83

La epidota está como inclusiones de alteración en las plagioclasas y - el cuarzo es anhedral con extinción ondulante.

En las zonas de contacto de las rocas ígneas con las sedimentarias se desarrollan zonas de metamorfismo térmico. Al alto del yacimiento, se presentan como mármoles compactos de color gris claro, que intemperizan a gris oscuro, presentando moderada efervescencia al ácido clorhídrico diluido. Al microscopio (C820923) se muestra con textura micrítica y con la siguiente composición: calcita 88%; serpentina - 7%; minerales opacos 1% y clorita 4%. La facies metamórfica de estas rocas puede corresponder a un hornfels de piroxeno y la roca original podría haber sido una caliza magnesiana.

c) Forma y tamaño - El yacimiento se encuentra en forma de veta en el contacto del granito con el mármol formando una estructura tipo-techo colgante. El cuerpo tiene 10 m. de ancho y 150 m. de largo aproximadamente. Debido a esta forma tabular existen muchas posibilidades de que al seguir el contacto en las zonas cubiertas, continúe el mineral.

d) Composición mineralógica - Magnetita - es el principal componente de este depósito, características por un magnetismo y su coloración de raya negra. Se presenta en dos formas: una bien cristalizada y la otra colomorfa intersticial con reflexiones internas rojas; este mineral constituye del 70 al 80% de la mena.

Hematita: se caracteriza por su nulo magnetismo y su raya roja, se encuentra reemplazando en algunas partes a la magnetita formando el mineral martita.

Goethita: forma un 10% de la mena y se produce por el intemperismo de la magnetita bajo condiciones oxidantes a temperatura ordinaria, es el constituyente principal de la limonita y se encuentra como casquete oxidado de meteorización.

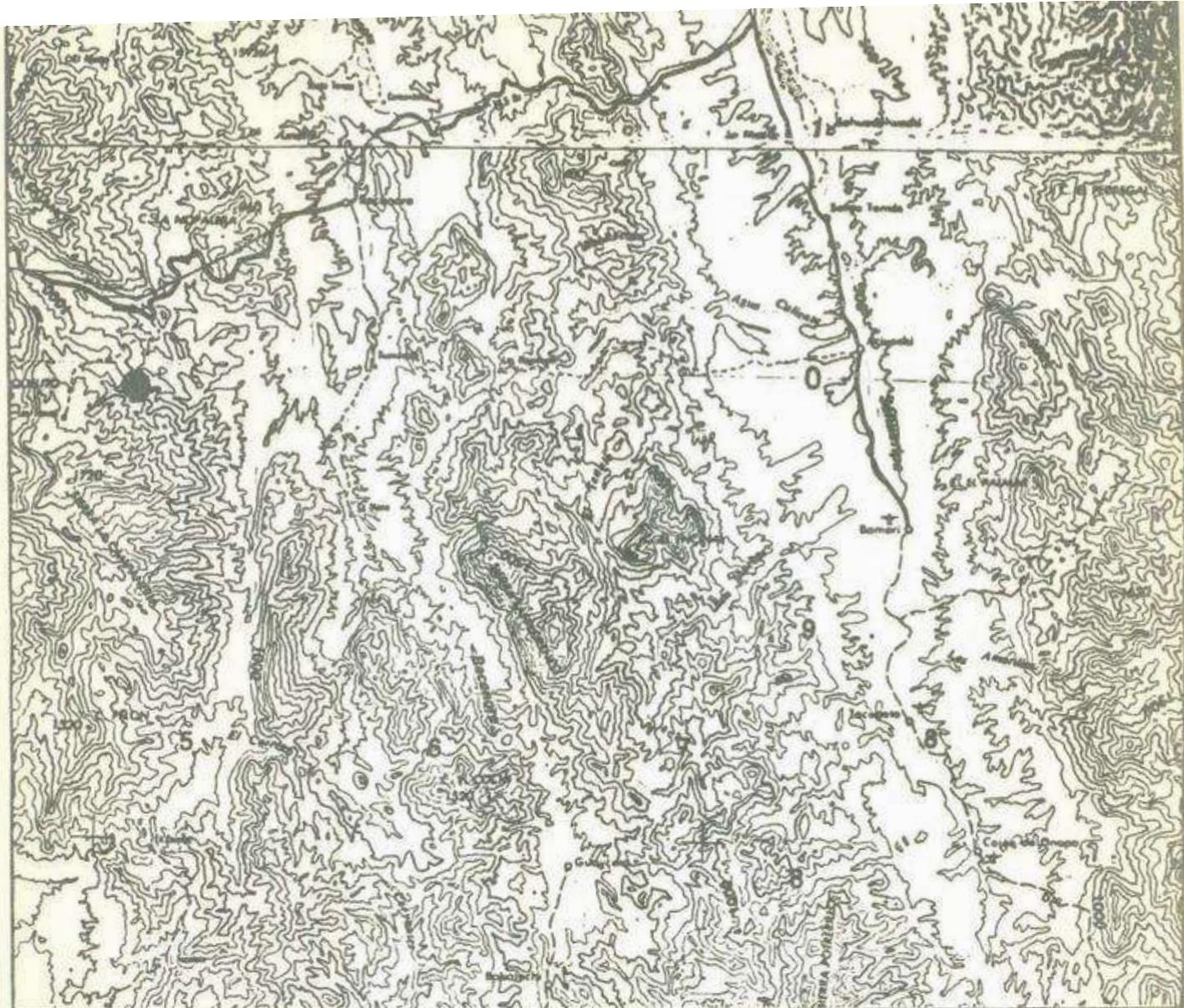
e) Potencialidad del depósito - Se pueden tener reservas del - - orden de las 322,500 toneladas (150 m. x 10 m. x 50 m. x 4.3 densidad).

3.- Depósito Cuesta de Fierro

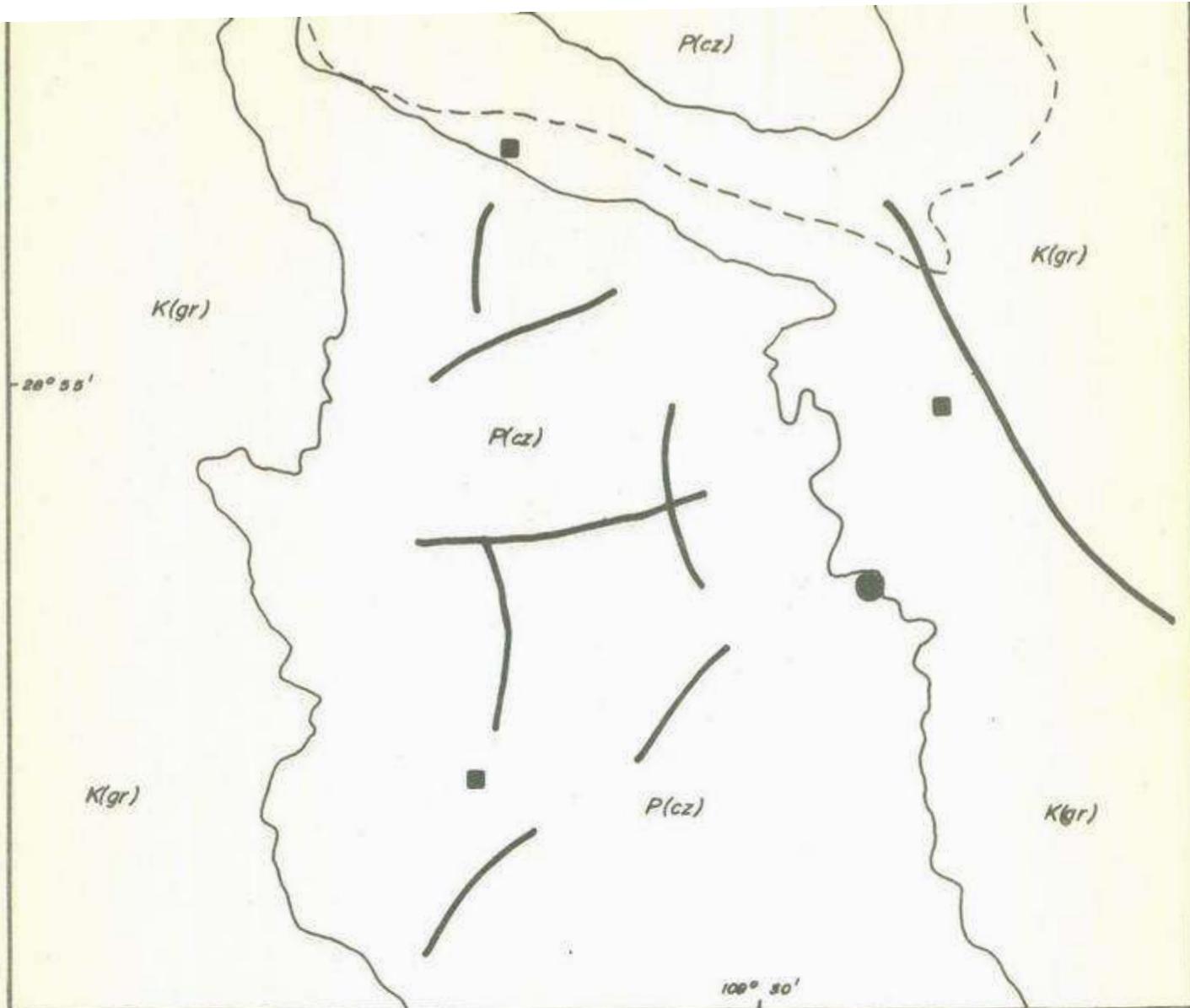
a) Localización e infraestructura - Este depósito se encuentra situado a 140 Km. en línea recta al Este-Sureste de Hermosillo. Se llega a él por la carretera Hermosillo-El Novillo-Bacanora. En el kilómetro 30, después del Novillo, se toma una desviación al Sur hacia el Rancho El Chubisco; a 2 Km. al Sur de éste se encuentra afloramiento de fierro. Existe carretera pavimentada hasta el Novillo, posteriormente se continúa por camino de terracería transitable en cualquier época del año; del Rancho El Chubisco hasta el yacimiento, prácticamente no hay camino. La energía eléctrica de 34.5 Km. pasa a 3 Km. del lugar y unos cuantos kilómetros al Sur de Bacanora se ha terminado la construcción de una presa para irrigación a pequeña escala, En el Novillo existe una presa y generadora hidroeléctrica de las más importantes en el Estado. La estación más cercana de ferrocarril es la espuela del parque industrial de Hermosillo.

b) Ambiente geológico - El depósito se encuentra en el contacto entre una granodiorita y calizas de probable edad Paleozoica, en el lugar del depósito y al alto del cuerpo mineralizado, las rocas carbonatadas son mármoles de color blanco a crema con fuerte efervescencia en presencia de ácido clorhídrico. Al microscopio (C820929-1 y - - - C820929-2), las rocas muestran textura cataclástica y cristaloblástica y contiene calcita del 91 al 98% y minerales opacos del 2 al 9%; - la calcita muestra a menudo los cruceros deformados debido a esfuerzos de presión. Las rocas originales eran calizas muy puras.

La roca intrusiva (C820929-4) es una granodiorita de color verde claro con óxidos de fierro, presenta textura de grano grueso. En lámina delgada muestra textura granular hipautomórfica y tiene: cuarzo 20%; feldespatos potásicos 30%; plagioclasas 37%; biotita 7%; minerales opacos 3%; otros ferromagnesianos 3% y trazas de zircón. Los ferromagnesianos están alterados a clorita café; las plagioclasas son



UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA		
Plano de localización del depósito Cuesta de Fierro, Bacanora Son.		
TESIS PROFESIONAL		
Por F. J. Cabrera F.	Escala: 1:250 000	Fecha Junio del 83



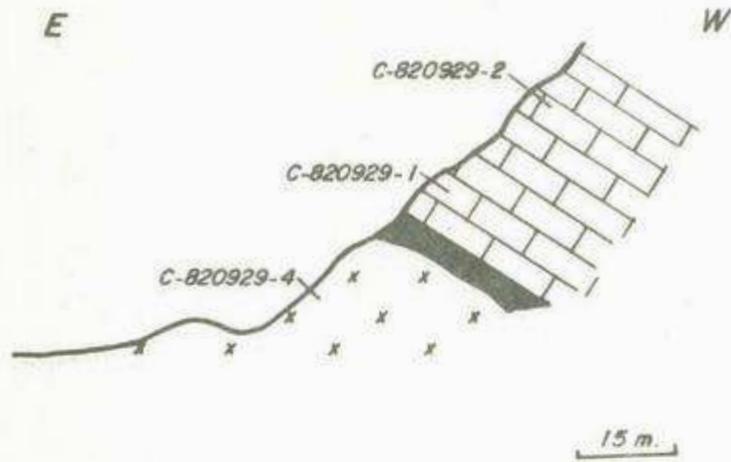
- EXPLICACION -

- Cretácico K(gr) Granito
- Paleozoico P(cz) Caliza
- Falla
- Depósito
- Rancho
- Camino

UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA		
Fotointerpretación geológica del depósito Cuesta de Fierro		
TESIS PROFESIONAL		
Por: F. J. Cabrera F.	Escala: 1: 50 000	Fecha: Junio del 83



RE. SECCION DE INVESTIGACION
PARA SU GRADUACION
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES



-EXPLICACION-

- Cretácico  Granbdiorita
- Paleozóico  Calizas
-  Depósito

UNIVERSIDAD DE SONORA
ESCUELA DE GEOLOGIA

Sección esquemática del depósito
Cuesta de Fierro,

TESIS PROFESIONAL

Por:
F. J. Cabrera F.

Escala:

Fecha:
Junio del 83

automorfas y zonales con inclusiones de zircón.

c) Forma y tamaño - El depósito está en el contacto de la roca intrusiva con las rocas calcáreas formando un cuerpo en dirección Noroeste-Sureste. La estructura tiene unos 250 m. de largo y 10 m. de espesor, en ocasiones se presenta muy oxidada y con baja densidad

d) Composición mineralógica - Magnetita: forma cristales con tendencia idioblástica con puntos tripales rodeados por hematita color blanco y goethita con abundantes reflexiones internas rojas.

Hematita: Se forma posterior a la magnetita en vetillas, cementando los cristales de magnetita, la hematita es xenomorfa y algunas veces con tendencia colomorfa.

Los minerales de ganga son: epidota, granate, calcita, piritita, feldespatos potásicos, plagioclasas, cuarzo y biotita.

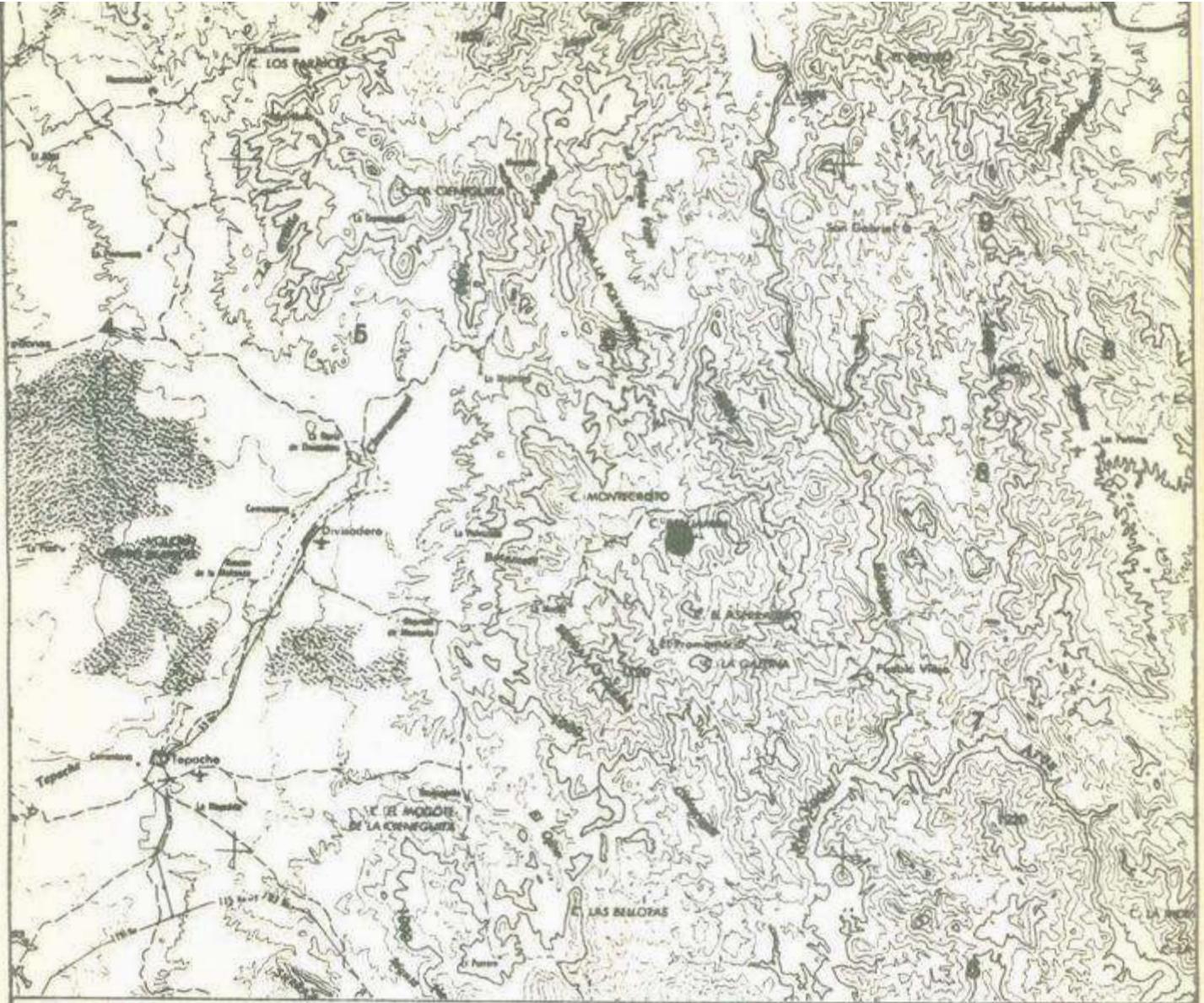
e) Potencialidad del depósito - Se puede tener reservas del orden de las 860,000 toneladas (250 m. x 10 m. x 80 m. x 4.3 densidad).

4.- Depósito Arroyo Coronado

a) Localización e infraestructura - Se encuentra situado a 44 Km. en línea recta al Sureste de Moctezuma. Saliendo de este poblado se sigue la carretera en dirección a Huásabas, después de 1 km. se toma el camino que lleva a Divisaderos, recorriéndolo hacia el oriente 15 Km.- por un camino de terracería que lleva al Rancho La Morita, de donde se continúa a pie 2 Km. por un arroyo hasta llegar al depósito.

Existe carretera pavimentada hasta Moctezuma, camino de terracería en buenas condiciones hasta Divisaderos, el camino al Rancho La Morita está en malas condiciones. La energía eléctrica pasa a 10 Km. del depósito. En Divisaderos hay agua para uso doméstico. La estación ferroviaria más próxima está en Nacozari.





UNIVERSIDAD DE SONORA
ESCUELA DE GEOLOGIA

Plano de localización del depósito
Arroyo Coronado, Divisaderos Son.

TESIS PROFESIONAL

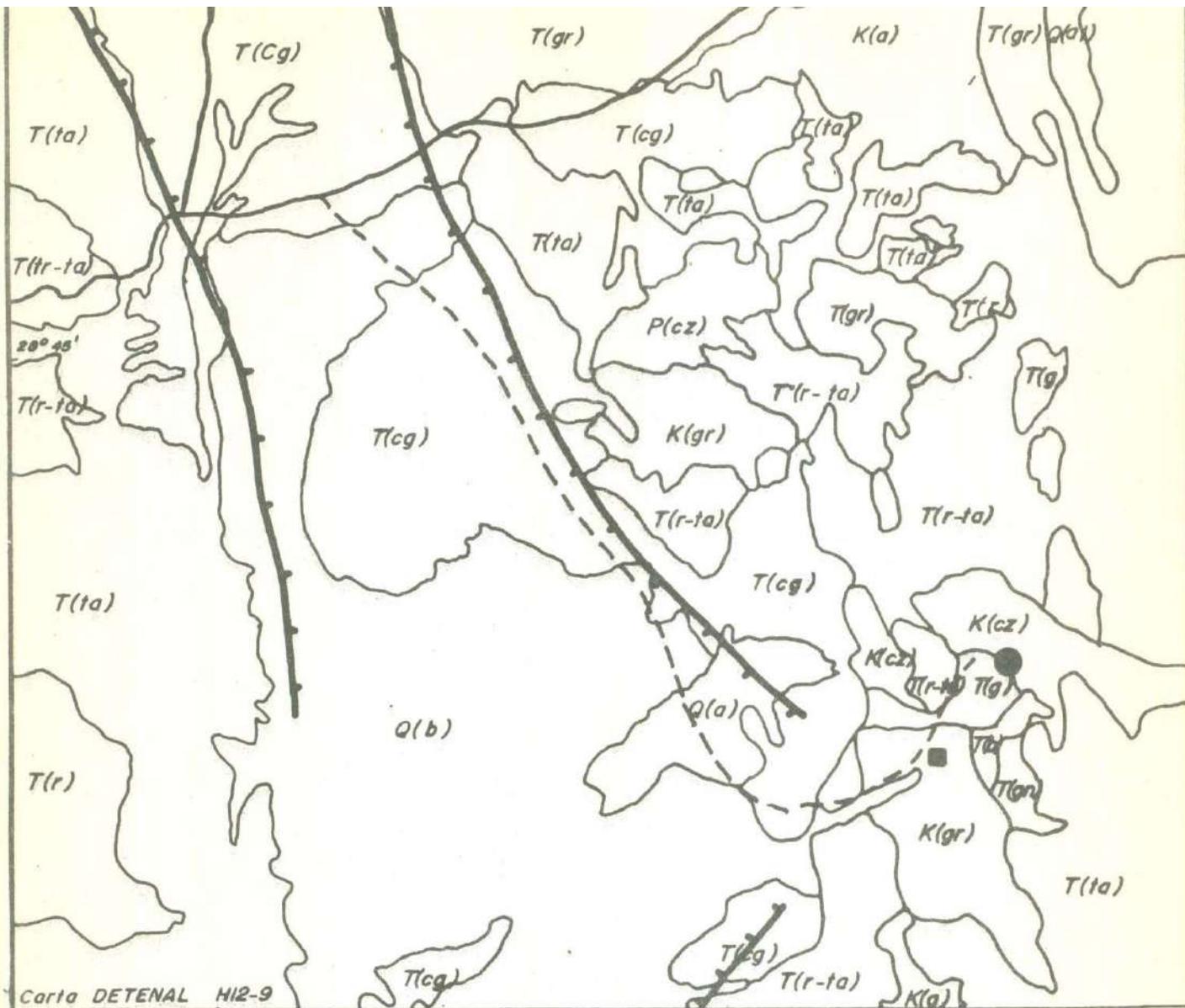
Par	Escola	Fecha
F. J. Cabrera F	1:250 000	Junio del 83

b) Ambiente geológico - El área se encuentra dominada por hornfels verdes y blancos, así como por calizas recristalizadas, ambos -- conjuntos flotan en una roca ígnea intrusiva de composición diorítica. Los hornfels debían ser originalmente rocas detríticas arcillosas que junto con las calizas pueden ser del Cretácico.

Una lámina delgada de la roca intrusiva (C821025-6) enseña una diorita de cuarzo con textura hipidiomórfica granular con cuarzo 35%; plagioclasas 45%; hornblenda 15%; esfena 2% y clorita 3%. Las plagioclasas son zonales y con sericita como alteración; la epidota y la -- clorita provienen de la alteración de los anfíboles.

c) Forma y tamaño - La mineralización se encuentra tanto en el contacto de la roca intrusiva con el hornfels como en rocas intrusivas y calizas recristalizadas. Desde el punto de vista morfológico, - la mineralización es de varios tipos, por ejemplo, en la obra minera Santo Niño la mineralización es burdamente un manto en el contacto -- diorita-hornfels, pero en la base del mismo existe una zona de stockwork dentro de la roca intrusiva. En el mismo lugar existe un tajo si guiendo la estructura de unos 20 m. de largo, 10 m. de ancho y 5 m. de profundidad, orientado al N10°E. En la obra minera Santa Inés hay otro manto pero en contacto de diorita-calizas, las dimensiones no se aprecian perfectamente, pero hay unas 300 toneladas de mineral de fierro en el terreno. En resumen, son varios cuerpos de formas variadas -- esparcidos en diferentes puntos del área.

d).- Composición mineralógica - En la obra minera Santo Niño, - existe abundante pirita masiva, hematita, magnetita y trazas de calcopirita. En otra obra la magnetita es el principal constituyente del -- cuerpo formado del 60 al 70% de la mena, pero a su vez está reemplazada por hematita en un 50%. La hematita está en menor proporción, forma del 30 al 40% de la mena y a veces se distribuye en formas concéntricas. Los minerales de ganga son: cuarzo, clorita, calcita, feldespato potásicos y epidota.



- EXPLICACION -

Cuaternario	Q(a) Aluvión	Cretácico
	Q(b) Basalto	
Terciario	T(cg) Conglomerado	
	T(r-ta) Riolita y Traquiandesita	
	T(a) Andesita	
	T(r) Riolito	
	T(gr) Granito	
	T(ta) Traquiandesita	

K(cz) Caliza	
K(a) Andesita	
K(gr) Granito	— Carretera
—+—+—+—	--- Camino
● Depósito	■ Rancho

**UNIVERSIDAD DE SONORA
ESCUELA DE GEOLOGIA**

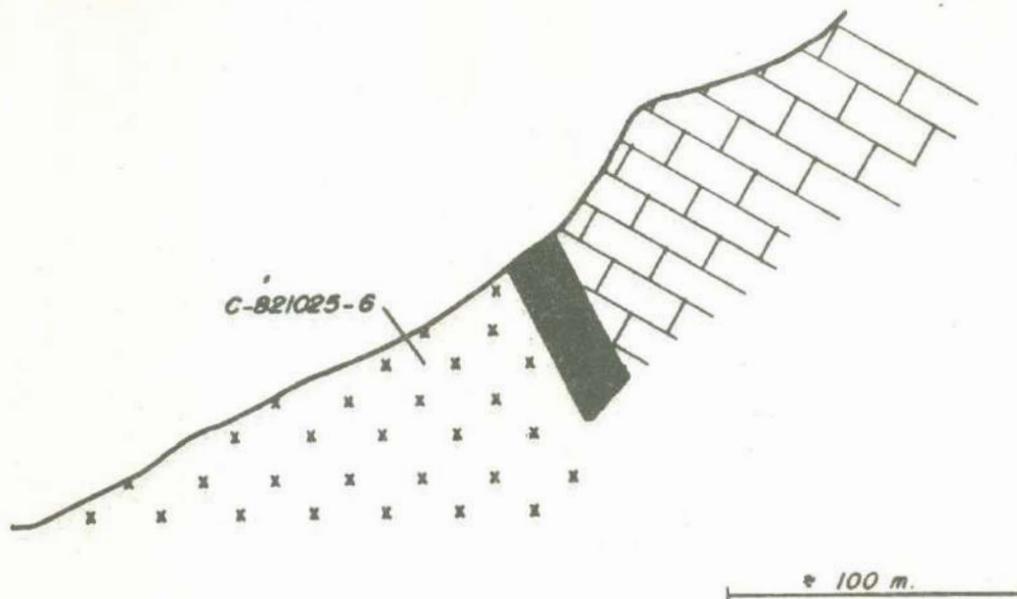
Geología regional del depósito Arroyo Coronado,

TESIS PROFESIONAL

Por: F. J. Cabrera F.	Escala: 1:250 000	Fecha: Junio del 83
--------------------------	----------------------	------------------------

SW

NE



-EXPLICACION-

- Cretácico
-  Calizas
 -  Diorita de cuarzo
 -  Depósito

UNIVERSIDAD DE SONORA
ESCUELA DE GEOLOGIA

Sección esquemática de campo del
depósito Arroyo Coronado.

TESIS PROFESIONAL

Por:
F. J. Cabrera F.

Escala:

Fecha:
Junio del 83

e) Potencialidad del depósito - Se considera que en los diferentes cuerpos pueden existir reservas del orden de las 500,000 toneladas de mineral.

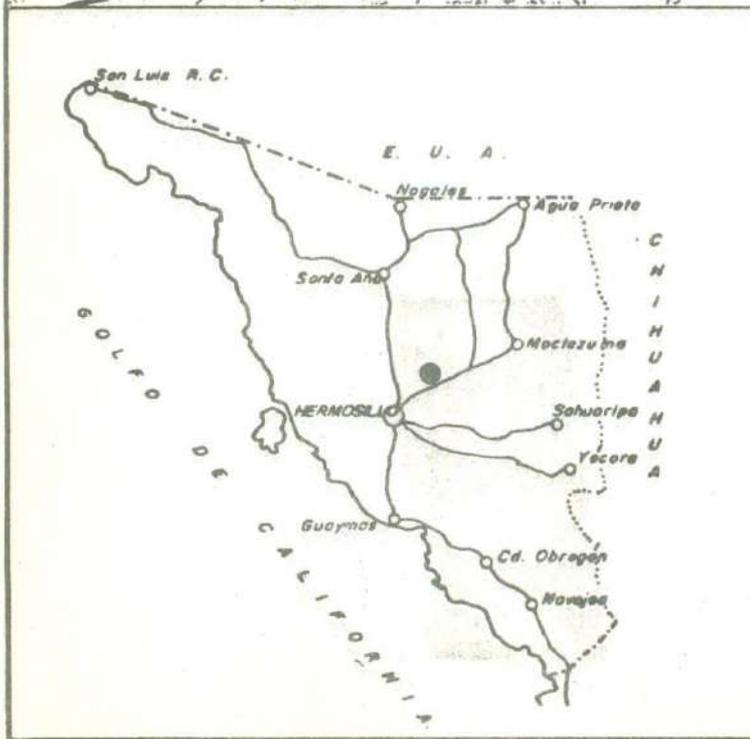
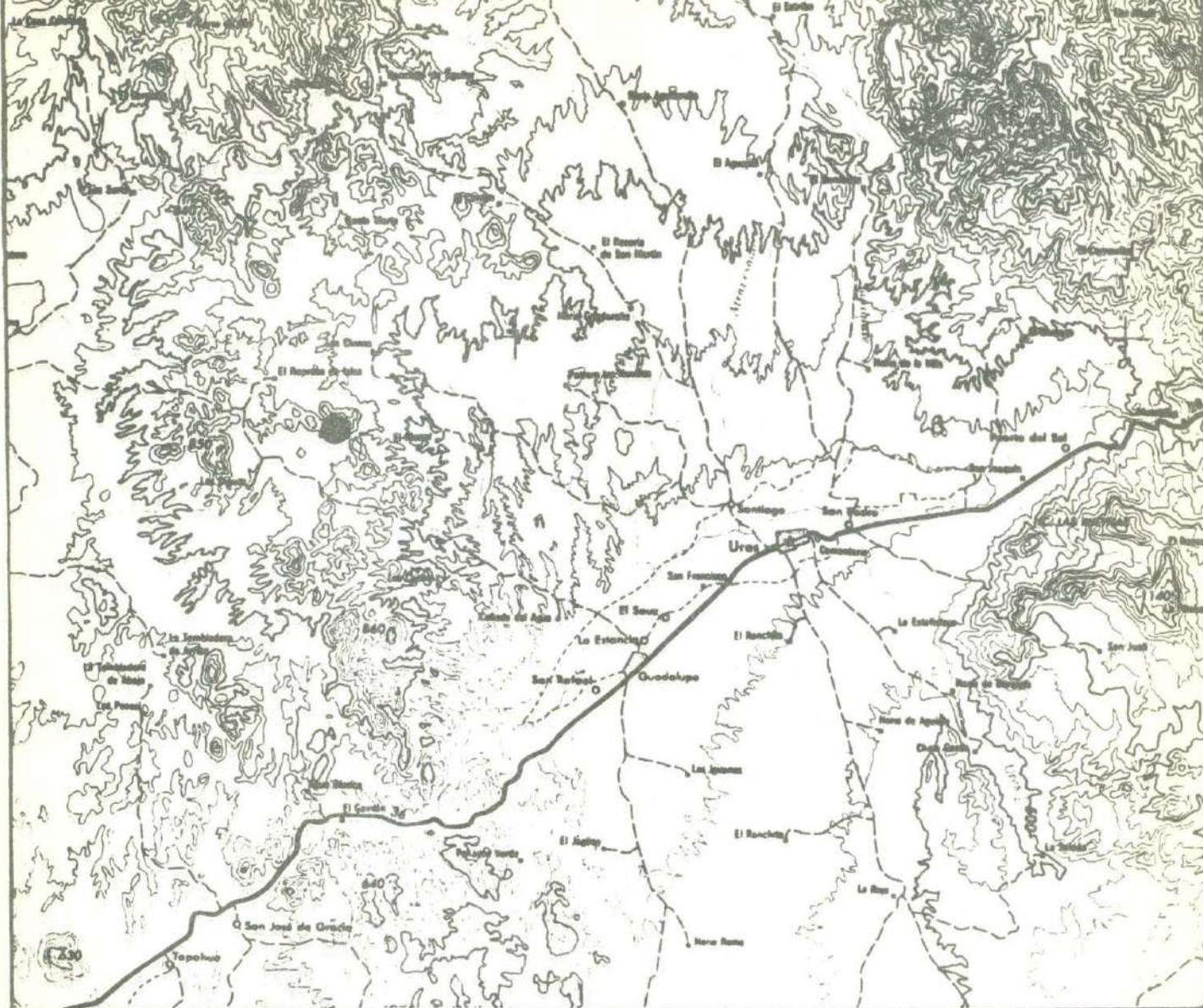
5.- Depósito Campodónico

a) Localización e infraestructura - El depósito se halla situado a 150 Km. en línea recta al Noroeste de Hermosillo. Tomando la carretera Hermosillo-Ures, en el poblado de Guadalupe de Ures, se sigue un camino de terracería hacia el Norte, después de recorrer 20 Km. se llega al Puerto Campodónico donde se encuentra el depósito. Existe carretera pavimentada hasta Guadalupe de Ures, posteriormente, camino de terracería en buen estado y transitable en cualquier época del año. En Guadalupe de Ures pasa la línea de energía eléctrica de 33 kv y el Río Sonora lleva agua durante todo el año. La Estación de ferrocarril más cercana está en Hermosillo.

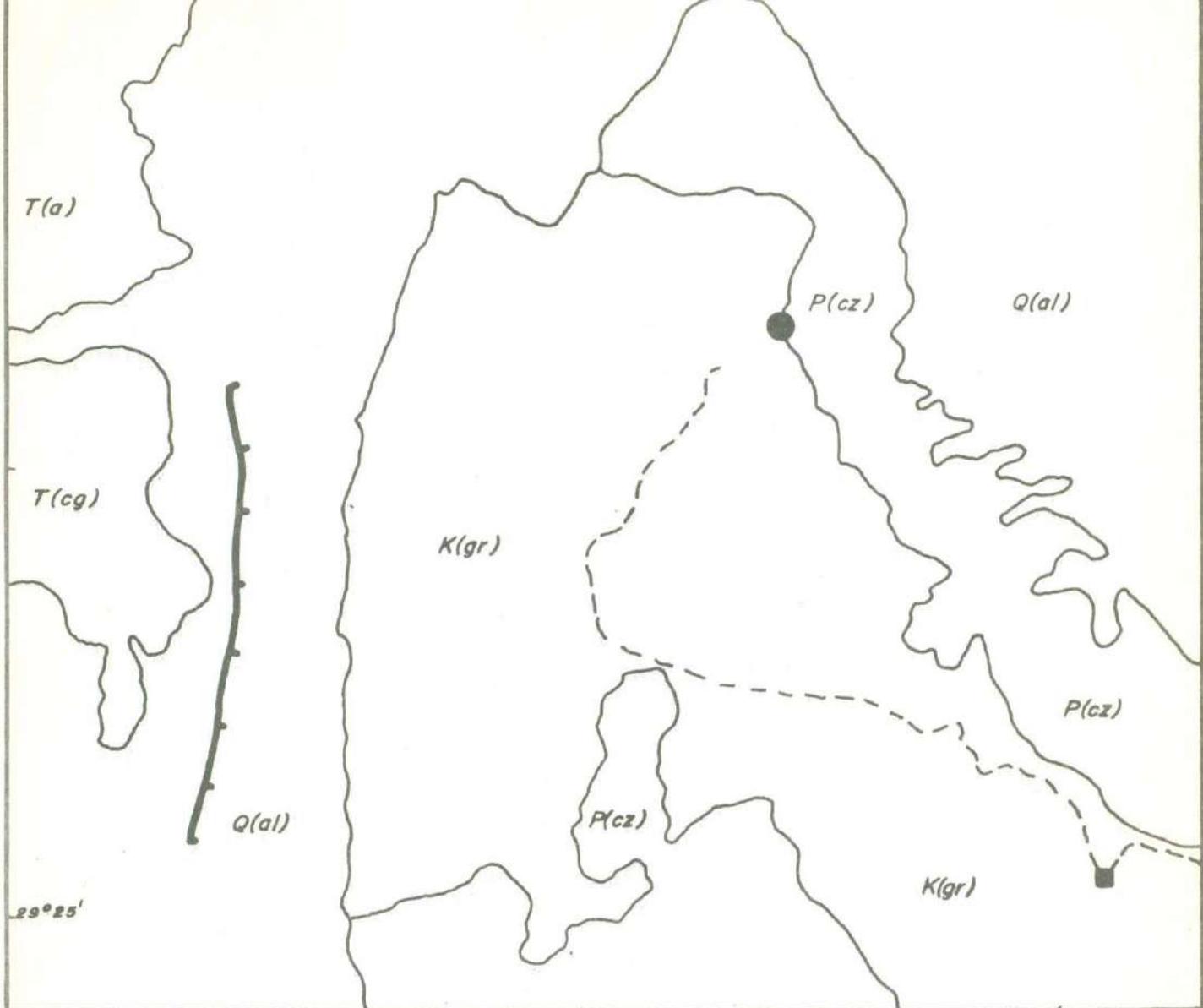
b) Ambiente geológico - El área se encuentra dominada por calizas paleozoicas que fueron intrusionadas por un granito cretácico que aflora en las partes bajas y los lomeríos. Por otro lado, existen también conglomerados del Grupo Báucarit y andesitas terciarias.

En el yacimiento, las rocas calcáreas se presentan formando mármoles de color gris claro, que intemperizan a color café o negro; al microscopio muestran textura cristaloblástica (C821016-3) y se componen de: calcita 75%; dolomita 25%; trazas de epidota y cuarzo. Por otra parte, la roca intrusiva (C821016-4) es un granito de color verde oscuro con zonas blancas, en lámina delgada la roca se compone de: cuarzo 10%; feldespatos potásicos 62%; plagioclasas 15%; biotita 5%; epidota 2%, calcita 3%; minerales opacos 3% y trazas de apatita.

Las plagioclasas están alteradas en un 80% a sericita y clorita, mientras que la biotita se altera 70% a clorita; la epidota está diseminada y la apatita incluida en el cuarzo.



UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA		
<i>Plano de localización del depósito El Campodónico, Ures Son.</i>		
TESIS PROFESIONAL		
<i>Por</i> F. J. Cabrera F.	<i>Escala:</i> 1:250 000	<i>Fecha:</i> Junio del 83



- EXPLICACION -

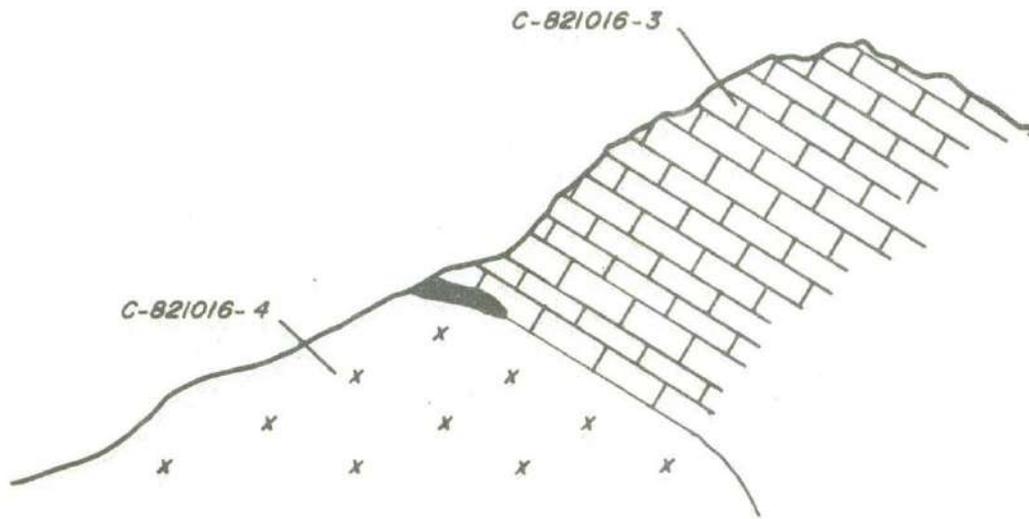
- Cuaternario [Q(al)] Aluvión
- Terciario [T(cg)] Conglomerado
- [T(a)] Andesito
- Cretácico [K(gr)] Granito
- Paleozoico [P(cz)] Calizas
- [---] Falla Normal
- [●] Depósito
- [- - -] Camino

■ Rancho

UNIVERSIDAD DE SONORA		
ESCUELA DE GEOLOGIA		
<i>Geología regional del depósito Campodónico Ures, Son.</i>		
TESIS PROFESIONAL		
Por: F. J. Cabrera F.	Escala: 1:50 000	Fecha: Junio del 83

W

E



~ 50m

-EXPLICACION-

- Cretácico X X X Granito
- Paleozoica Calizas
- Depósito

UNIVERSIDAD DE SONORA
ESCUELA DE GEOLOGIA

Sección esquemática del depósito
El Campodónico

TESIS PROFESIONAL

Por:
F. J. Cabrera F.

Escala:

Fecha:
Junio del 83

Dentro del depósito mismo existe desarrollo de minerales de - - skarn con granate, cuarzo, feldespato potásico, dolomita, olivino, -- biotita y minerales opacos.

De acuerdo a estas características, los mármoles muestran una roca que originalmente podría ser una caliza dolomítica en donde el metamorfismo fue esencialmente térmico con casi nulo aporte de metamorfismo, el fluido hidrotermal circuló más bien dentro de la misma roca intrusiva (abundancia de sericita-clorita).

c) Forma y tamaño - Se trata de varios cuerpos tabulares en la zona de contacto, con longitudes de 2 a 3 m. cada uno.

d) Composición mineralógica - Los minerales de mena son: magnetita y hematita. La magnetita constituye el 50% de la mena; forma -- cristales zonales y a veces se halla reemplazada por hematita.

La hematita constituye el otro 50%, se puede encontrar aislada o reemplazando a la magnetita.

La ganga es de granate, cuarzo, feldespato potásicos, dolomita, olivino y biotita.

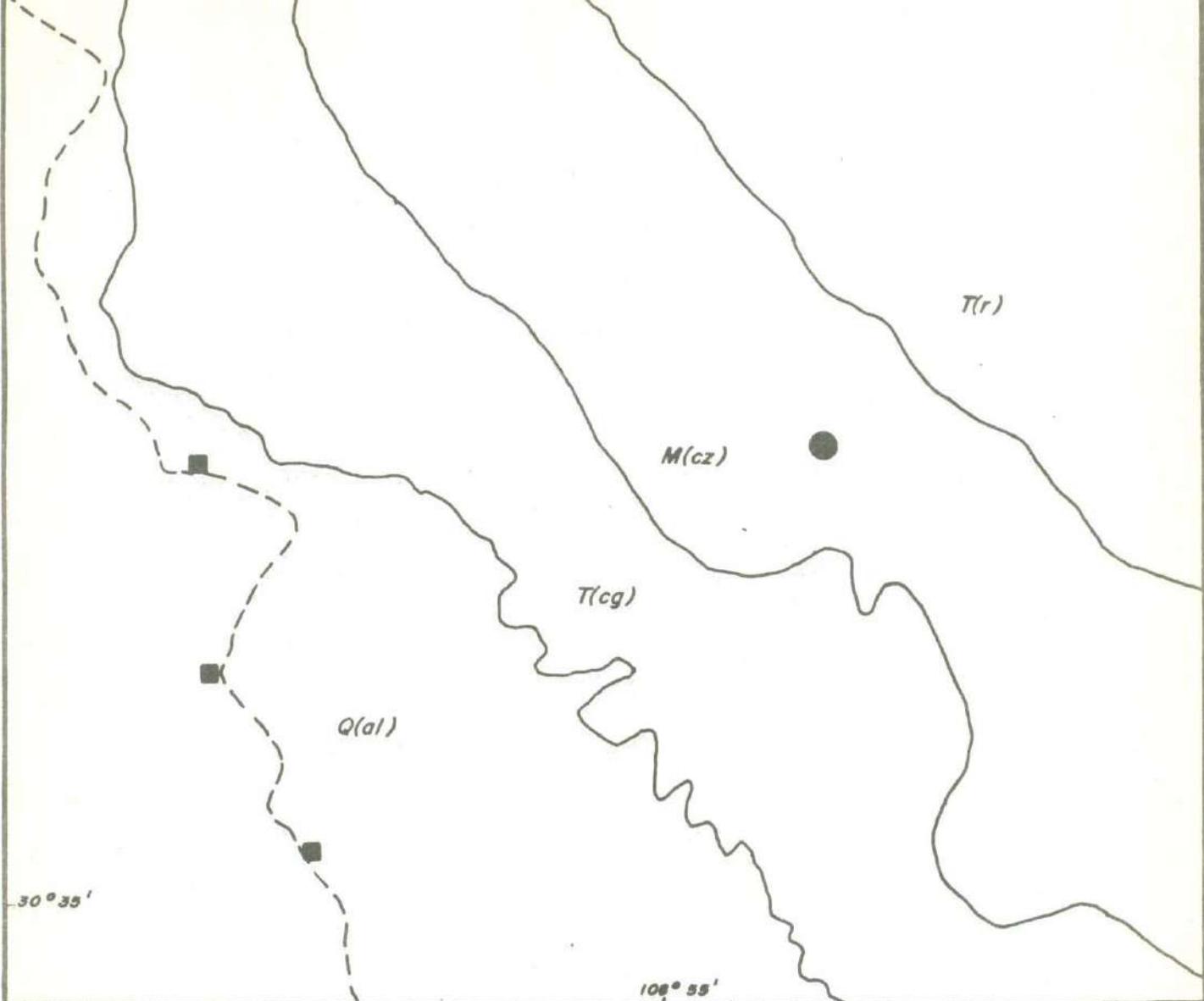
e) Potencialidad del depósito - Los recursos son muy limitados - se considera que puede haber unas 5,000 toneladas de mineral.

6.- Depósito Hachita Hueca

a) Localización e infraestructura - Se localiza en la falda - - Oeste de la sierra del mismo nombre, 13 Km. al Noroeste del poblado - de San Miguelito, ubicado en las márgenes del Río Bavispe. A partir - de San Miguelito se sigue el camino hacia el Norte en Dirección de -- Agua Prieta, a los 13 Km. se llega al Rancho Tosabiri, de ahí se continúa a pie 6 Km. en dirección al Este hasta llegar al depósito. En - San Miguelito hay agua abundante y energía eléctrica. La Estación del ferrocarril más cercana está en Agua Prieta.



UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA		
<i>Plano de localización del depósito</i> <i>Hachita Hueca, Bavizpe Son.</i>		
TESIS PROFESIONAL		
Por F. J. Cabrera F.	Escala: 1:250 000	Fecha Junio del 83



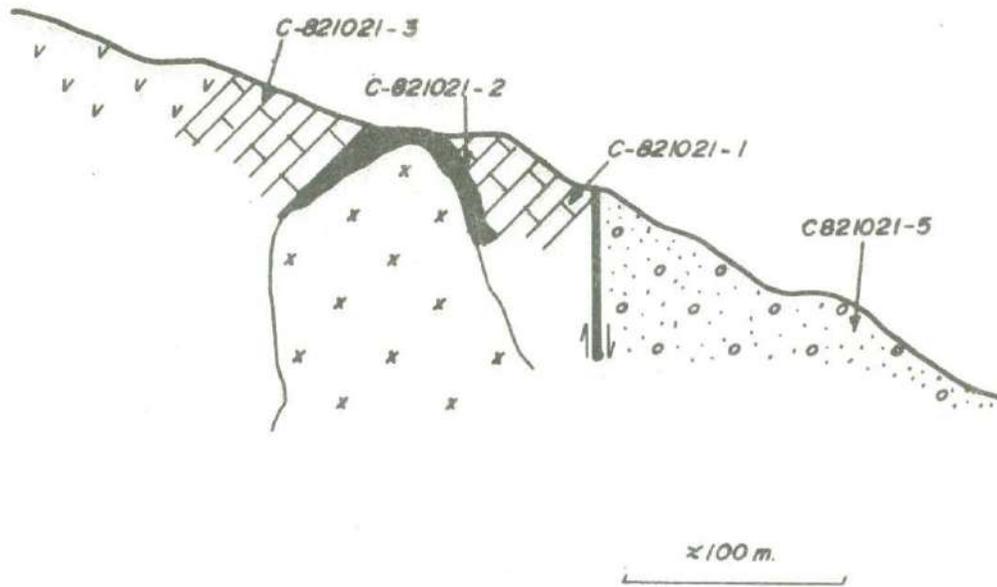
- EXPLICACION -

- Cuaternario [Q(al)] Aluvión
- Terciario [T(cg)] Conglomerado
- [T(r)] Riolita
- Mesozoico [M(cz)] Calizas
- Depósito
- Rancho
- Camino

UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA		
Fotointerpretación geológica del depósito Hachita Hueca, Bavispe, Son.		
TESIS PROFESIONAL		
Por: F. J. Cabrera F	Escala: 1:50 000	Fecha: Junio del 83

N

S



-EXPLICACION-

- CUATER-NARIO  Conglomerado
- TERCIARIO  Riolitas
- CRETACICO  Granito
- MESOZOICO  Calizas
-  Depósito
-  Falla normal

UNIVERSIDAD DE SONORA
ESCUELA DE GEOLOGIA

Seccion esquemática del depósito
Hachita Hueca.

TESIS PROFESIONAL

Por:
F. J. Cabrera F.

Escala:

Fecha:
Junio del 83

b) Ambiente geológico - De una manera muy general al Suroeste - de la Sierra de Hachita Hueca se dibujan 3 franjas de diferentes grupos de rocas orientadas Noroeste-Sureste. La franja inferior consiste de conglomerados terciarios del Grupo Báucarit, que se ponen en contacto estructural al Oeste con calizas fosilíferas mesozoicas, intrusivadas por granitos laramídicos. En la parte alta de la sierra, dominan las rocas volcánicas terciarias de composición riolítica.

En el área del depósito, la roca huésped es un mármol dolomítico (C821021-1) de color café oscuro con vetillas de calcita. En lámina delgada la roca tiene textura cristaloblástica y se compone de calcita, 87%; olivino, 5%; serpentina, 5%; clorita, 3% y trazas de cuarzo. Otra caliza metamorfizada (C821021-2) es de color gris blanco y al microscopio muestra textura xenomórfica y se compone de calcita -- 98% y serpentina 2%. Una muestra de caliza poco metamorfizada (C821021-3) es de color gris a café claro y en lámina delgada enseña una biogénesis con 10 a 20% de crinoides; 80% de calcita y trazas de cuarzo. Se encontró un conglomerado con débil metamorfismo (C821021-5) que parece provenir de una roca intrusiva; está compuesto de: cuarzo, 20%; feldespatos potásicos, 15%; muscovita 3%; calcita 5% y trazas de plagioclasas; hay alteración de sericita a partir del feldespato alcalino. El conjunto metamórfico muestra que la facies desarrollada es de hornfels de albita-epidota, siendo las rocas originales calizas dolomíticas.

c) Forma y tamaño - El depósito está en el contacto de las rocas clacáreas con la intrusión. Es un cuerpo de forma tabular de 200-m. de largo y 10 m. de ancho.

d) Composición mineralógica - La totalidad del mineral de menas magnetita caracterizada por tener fuerte magnetismo. Los minerales transparentes son: calcita, cuarzo, granate, epidota, feldespatos potásicos, serpentina y muscovita.

e).- Potencialidad del Depósito - De acuerdo a las dimensiones del afloramiento se considera que existen reservas del orden de las- 492,000 toneladas.

7.- Depósito San Pascual

a).- Localización e infraestructura - Este depósito se encuentra situado a 12 Km. en línea recta aproximadamente, al Noroeste de Alamos. Saliendo de este poblado en dirección a San Bernardo, a 8 -- Km. se toma la desviación a Tepustete, después de 5 Km. se toma el -- camino que va al Oeste y alrededor de 4 Km. se llega al poblado Piedras Verdes, de aquí al depósito se continúa 2 Km. a pie hacia el -- Oeste.

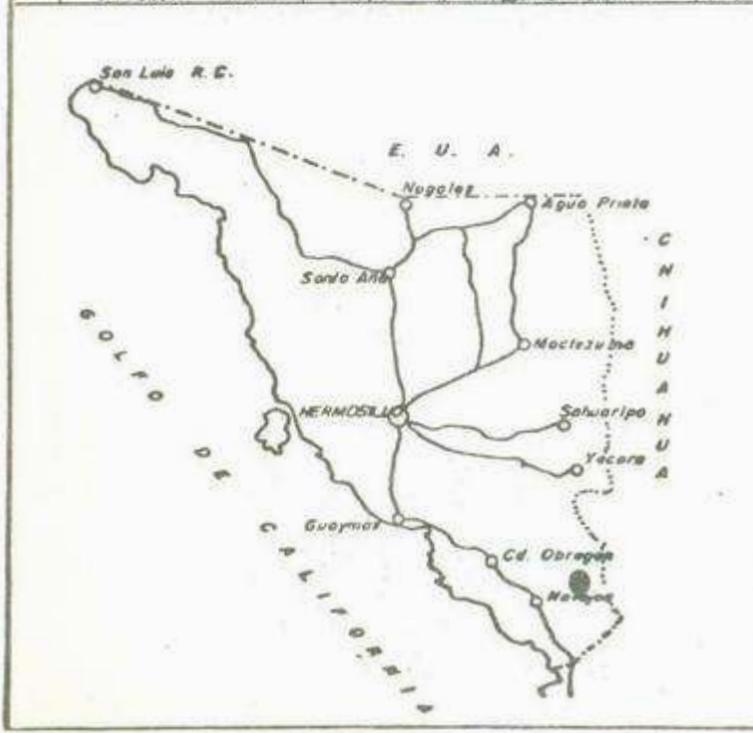
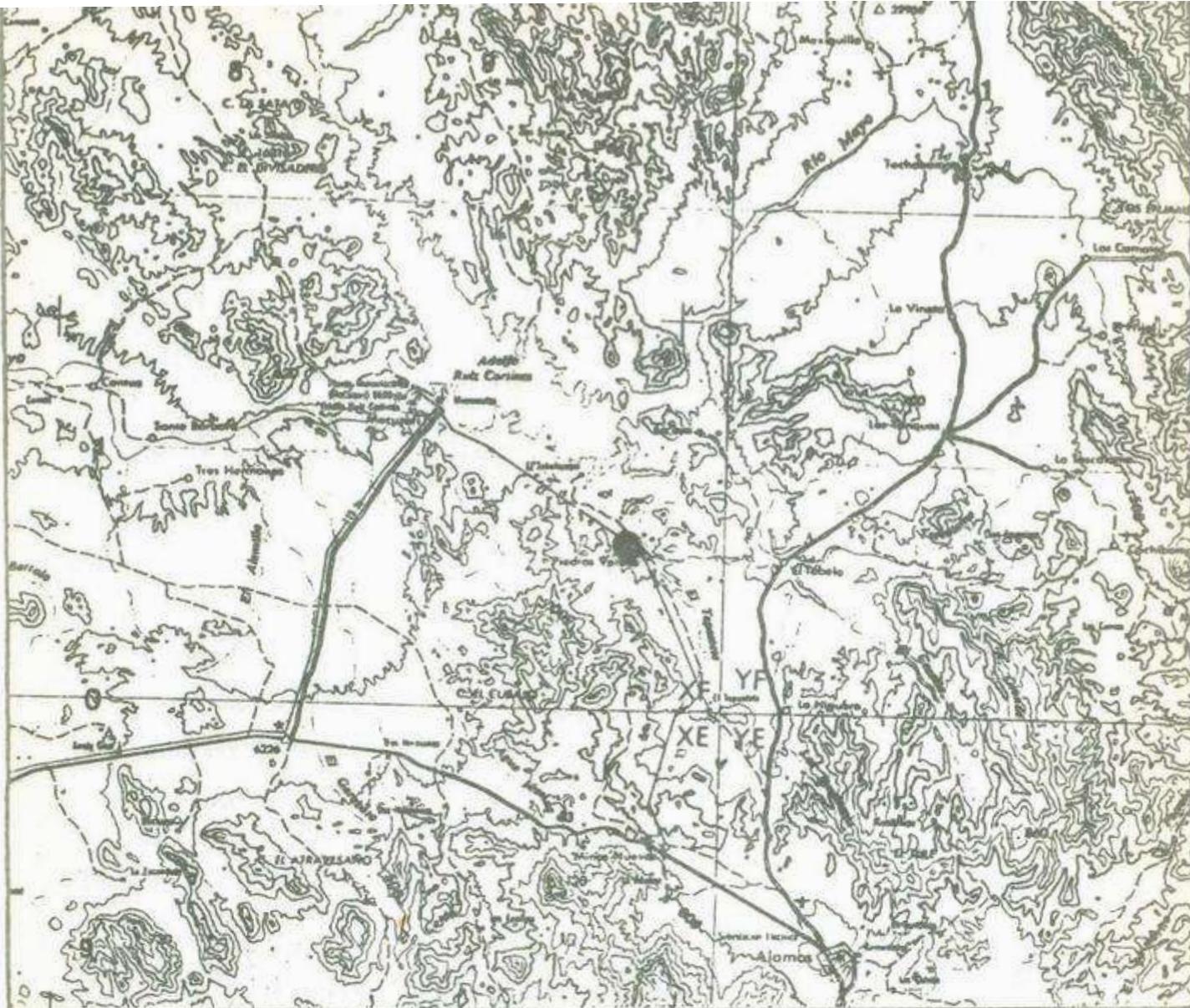
Energía eléctrica y agua abundante se encuentran en la presa - del Mocúzari, situada a 2.5 Km. al Noroeste de San Pascual. La estación de ferrocarril más cercana está en Navojoa.

b) Ambiente geológico - En el área se encuentran rocas sedimentarias de la Formación Barranca, calizas cretácicas, los valles y lo meríos se caracterizan por rocas graníticas de edad Laramídica y por último, al Suroeste de Piedras Verdes hay rocas volcánicas terciarias. En la mina Gochico al Noroeste de San Bernardo se ha reportado una serie vulcanosedimentaria de edad Cretácica (Calienes, 1981) - - aunque Rosas (1983), (comunicación personal) afirma que dicha secuencia es netamente sedimentaria.

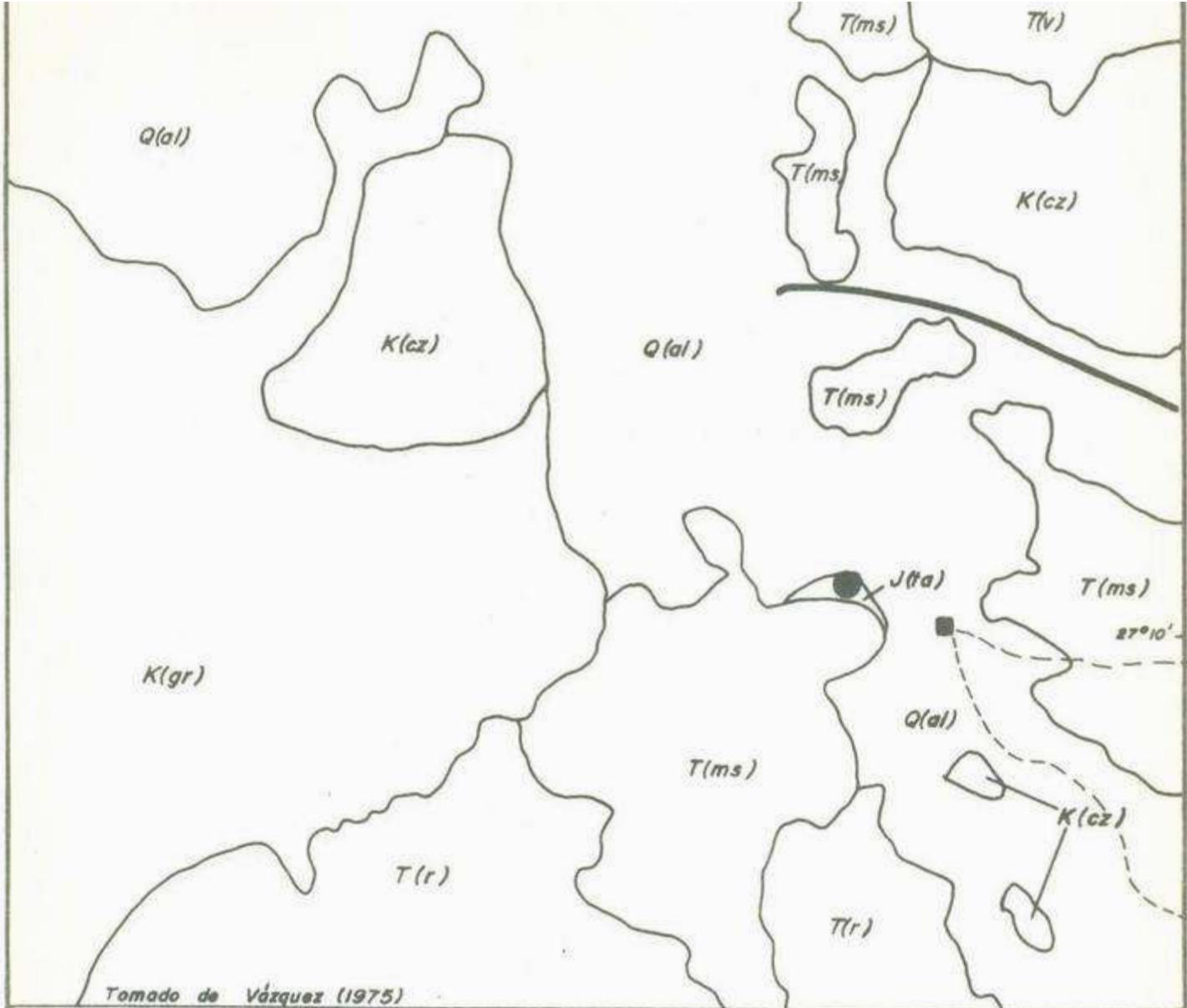
A nivel local, en el área del yacimiento, el cuerpo de fierro- está encajonado en una colada traquiandesítica de estructura fluidal mostrando "slumping" es de color rojo y en lámina delgada (820728-1) consta de feldespatos potásicos automorfos (sanidina?) plagioclasas, poco cuarzo en fenocristales y la matriz es de sílice y hematita globular. Suprayaciendo al mineral, se encuentra una caliza recristalizada (820729-4) de color gris claro, que presenta fuerte efervescencia en ácido clorhídrico diluido; al microscopio tiene textura - --

F. J. Cabrera F. | 1-250 000 | Junio del 83

F. J. Cabrera F. | 1-250 000 | Junio del 83



UNIVERSIDAD DE SONORA		
ESCUELA DE GEOLOGIA		
<i>Plano de localización del depósito</i>		
<i>San Pascual, Alamos Son.</i>		
TESIS PROFESIONAL		
<i>Por</i>	<i>Escala</i>	<i>Fecha</i>
F. J. Cabrera F.	1:250 000	Junio del 83



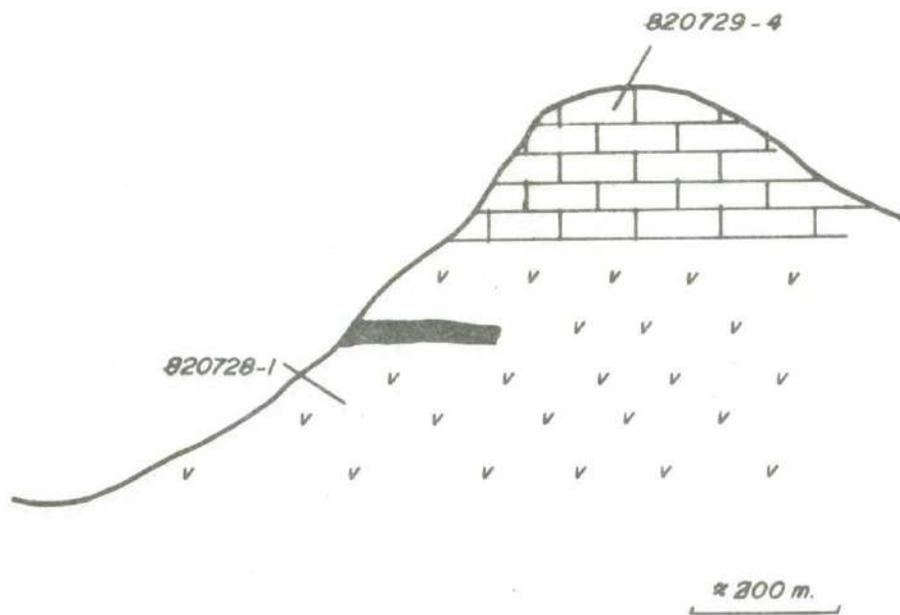
- EXPLICACION -

Cuaternario	Q(al)	Aluvión	●	Depósito
Terciario	T(γ)	Riolito	■	Rancho
	T(v)	Andesito - Riolito	---	Camino
Cretácico	K(g)	Granito		
	K(cz)	Calizo		
Jurásico	J(ta)	Traquiandesita		
Triásico	T(ms)	Metasedimentos		
		Falla		

UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA		
Geología regional del depósito San Pascual.		
TESIS PROFESIONAL		
Por: F.J. Cabrera F.	Escala: 1:250 000	Fecha: Junio del 83

NW

SE



- EXPLICACION -

- Jurásico  Traquiandesita
- Triásico  Caliza recristalizada
-  Depósito

UNIVERSIDAD DE SONORA
ESCUELA DE GEOLOGIA

Sección esquemática del depósito
San Pascual.

TESIS PROFESIONAL

Por:
F. J. Cabrera F.

Escala:

Fecha:
Junio del 83

micrítica con 30% de calcita y 70% de óxidos de fierro.

c) Forma y tamaño - El mineral se halla a manera de lentejones alargados en dirección Este-Oeste que no sobrepasan 1 m. de tamaño.- Estas estructuras están dentro de la roca volcánica y se extienden a rumbo unos 80 m. aproximadamente.

d) Composición mineralógica - Los minerales presentes son: magnetita y hematita, en proporción 3:1. Los minerales de ganga son: -- calcita, cuarzo, plagioclasas y feldespatos potásicos.

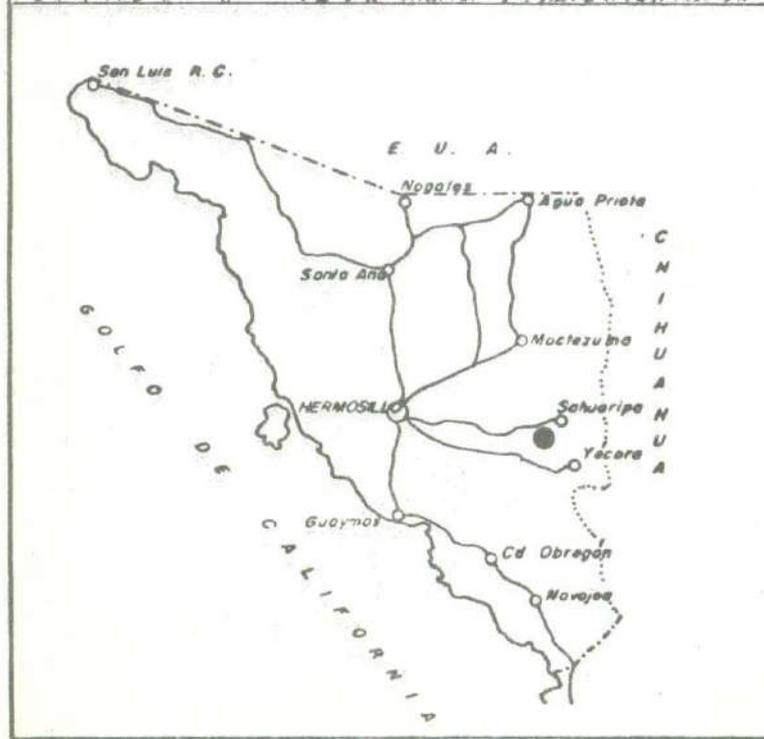
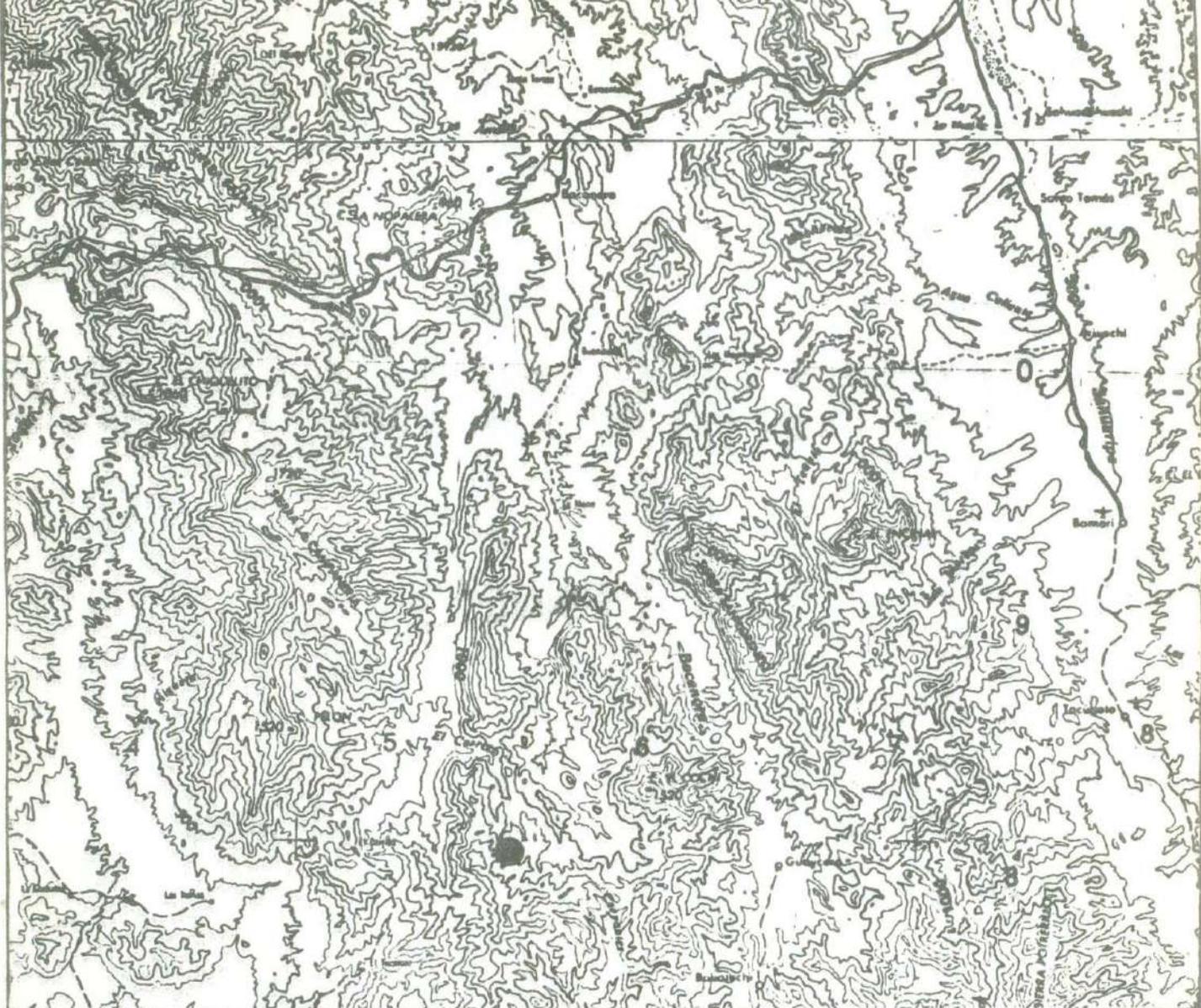
e) Potencial del depósito - Se calcula que existen unas 9,000-toneladas de recursos ferríferos de baja ley.

8.- Depósito San Marcos

a) Localización e infraestructura - Este depósito se encuentra localizado a 23 Km. en línea recta al Sur del poblado de Bacanora, - tomando el camino que va a Guaycora, a 43 Km. se llega al Rancho San Marcos. De este lugar se sigue una vereda en dirección al Oeste, a - 3 Km. se llega al depósito. El camino al Rancho es de terracería en buen estado, transitable prácticamente en cualquier época del año, - el resto se hace a pie.

La corriente eléctrica de 34.5 kv pasa por Bacanora y en el -- río del mismo nombre hay agua abundante. La estación de ferrocarril -- más cercana es la de Hermosillo.

b) Ambiente geológico - El área entre el Rancho San Marcos y - el Rancho Las Trancas se interpreta como un conjunto de bloques caídos limitados por fallas en diferentes direcciones. Las rocas sedimentarias más antiguas son cuarzitas blancas como lomeríos en las -- inmediaciones del Rancho San Marcos, calizas grises fosilíferas masi -- vas y lutitas y areniscas negras- verdes a veces con pedernal. Estas

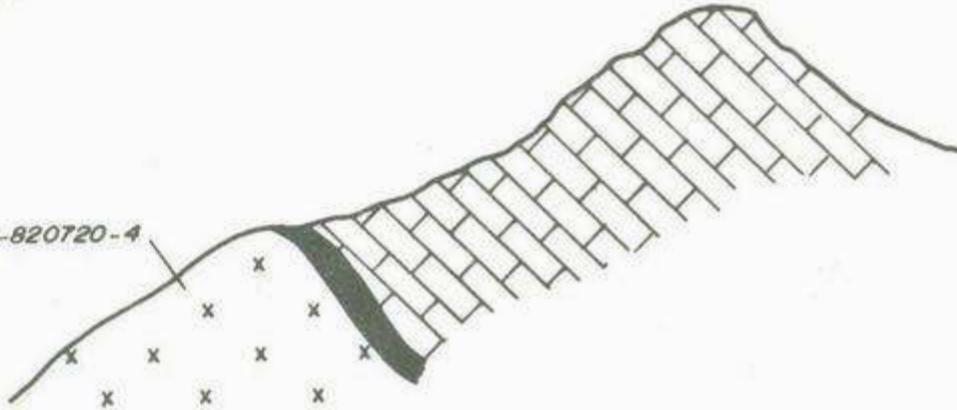


UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA		
Plano de localización del depósito San Marcos, Bacanora Son.		
TESIS PROFESIONAL		
Por F. J. Cabrera F.	Escala: 1:250 000	Fecha: Junio del 83

SW

NE

C-820720-4



≈ 50 m.

-EXPLICACION-

- Cretácico  Granito
- Paleozoico  Calizas
-  Depósito

UNIVERSIDAD DE SONORA
ESCUELA DE GEOLOGIA

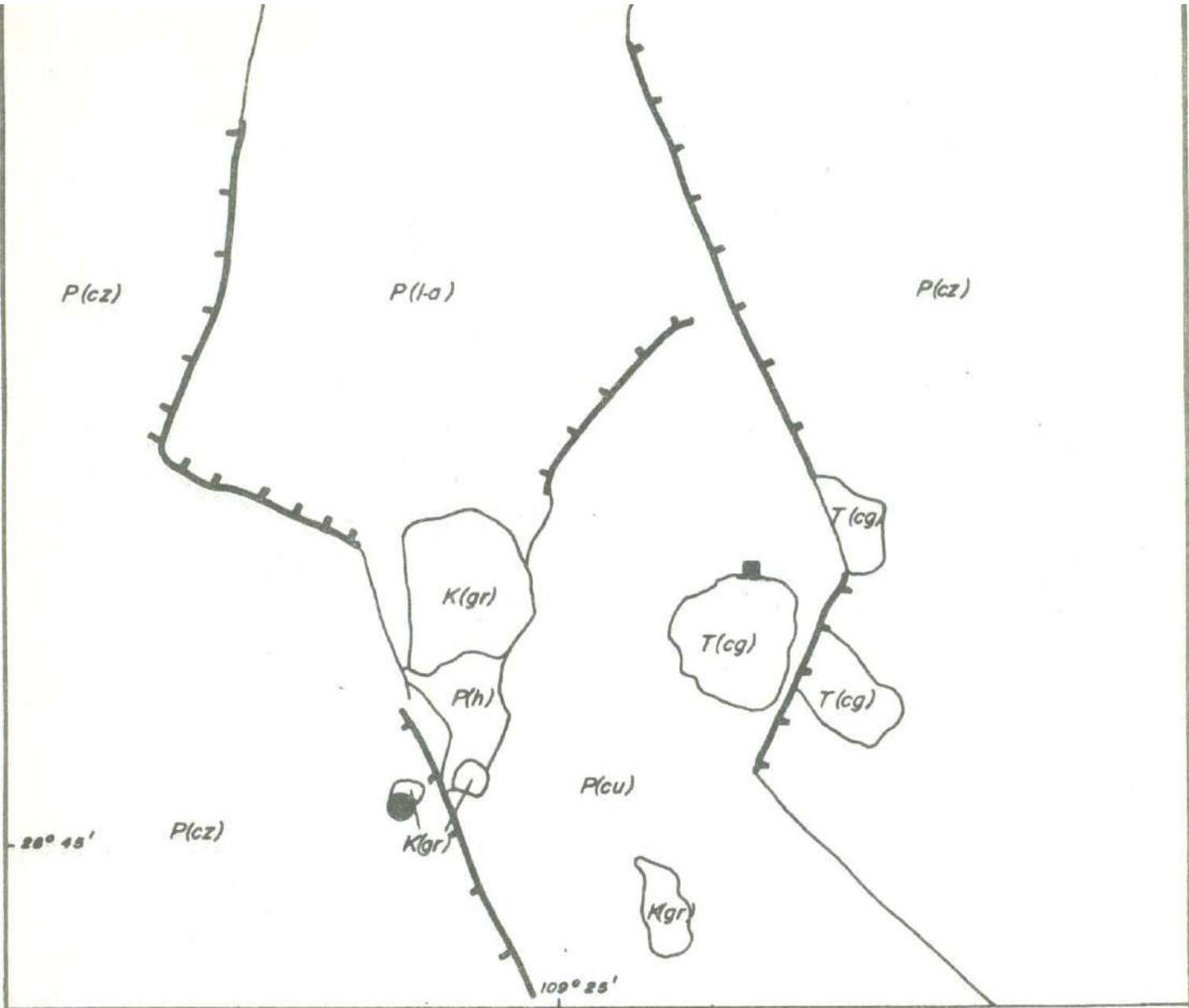
Sección esquemática de campo del
depósito San Marcos.

TESIS PROFESIONAL

Por:
F. J. Cabrera F

Escala:

Fecha:
Junio del 83



-EXPLICACION-

- Terciario [T(cg)] Conglomerado
- Cretácico [K(gr)] Granito
- [P(h)] Hórnfels
- [P(cu)] Cuarcita
- Paleozoico [P(l-a)] Lutitas y Areniscas
- [P(cz)] Calizas
- Depósito
- Rancho



UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA		
Fotointerpretación geológica del depósito San Marcos		
TESIS PROFESIONAL		
Por: F. J. Cabrera F.	Escala: 1:50 000	Fecha: Junio del 83

rocas deben ser del Paleozoico Superior o del Permotriásico y corresponden seguramente a las Formaciones: El Tigre y Mina México llamada así por Hewett (1978). Existen también granitos mesozoicos que intruccionan la secuencia anterior y conglomerados con basaltos intercalados del Grupo Báucarit en los valles.

La roca huésped al alto del depósito, es un mármol de color -- gris claro con vetillas de calcita que al microscopio se muestra con textura esparítica; se compone de calcita en bandas y presenta líneas de estilolitos. Otra variedad de la misma, es una biomicrita de -- textura sostenida por granos, contiene crinoides y fusulínidos cementados por micrita. La roca intrusiva al bajo del depósito es una -- diorita de cuarzo (C820720-4) de textura granular idiomórfica que se compone de: plagioclasas 67%; biotita 5%; cuarzo 10%, minerales opacos 1%, piroxenos 10%, hornblenda verde 5% y apatita 2%. Las plagioclasas son automorfas, gemeladas y zonales. Los piroxenos se encuentran alterados a hornblenda verde y contienen inclusiones de minerales opacos.

c) Forma y tamaño - El depósito es un cuerpo tabular de forma irregular que se encuentra en contacto de la roca intrusiva con los mármoles y forma un cuerpo de 1,000 m. de largo por 30 m. de espesor

d) Composición mineralógica - El mineral de mena es principalmente magnetita, aunque también hay hematita que reemplaza a la magnetita a través de cruceros y microvetillas. En general posee alto magnetismo. Los minerales de ganga son: granate, epidota, calcita, plagioclasas y clinopiroxenos.

e) Potencialidad del depósito - Se calcula que pueden existir recursos del orden de los 5'000,000 de toneladas. Cabe señalar que -- hace algunos años la Compañía Contratista Toronto-México (TORMEX) -- estimó que podrían existir en este yacimiento unas 9'000,000 de toneladas.

9.- Depósito Chinoverachi

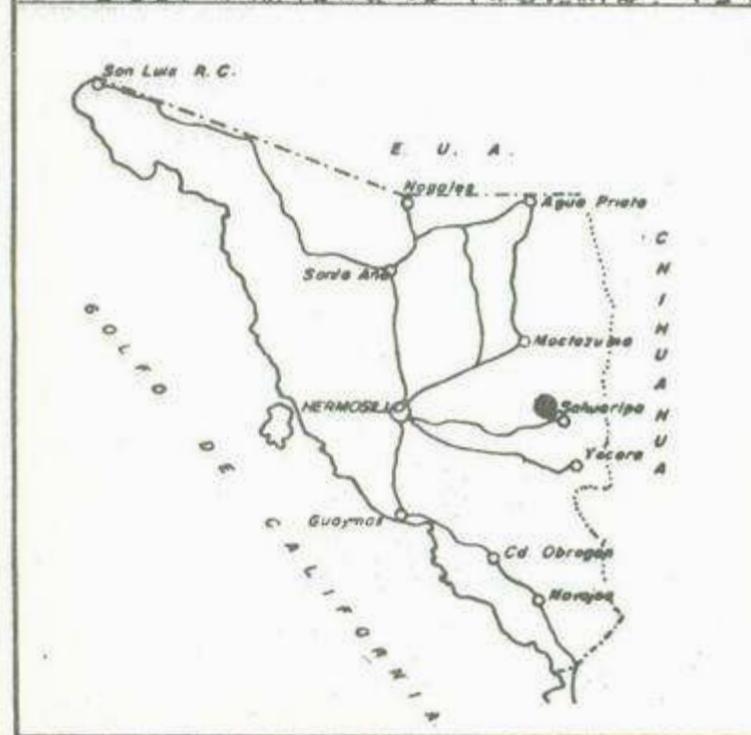
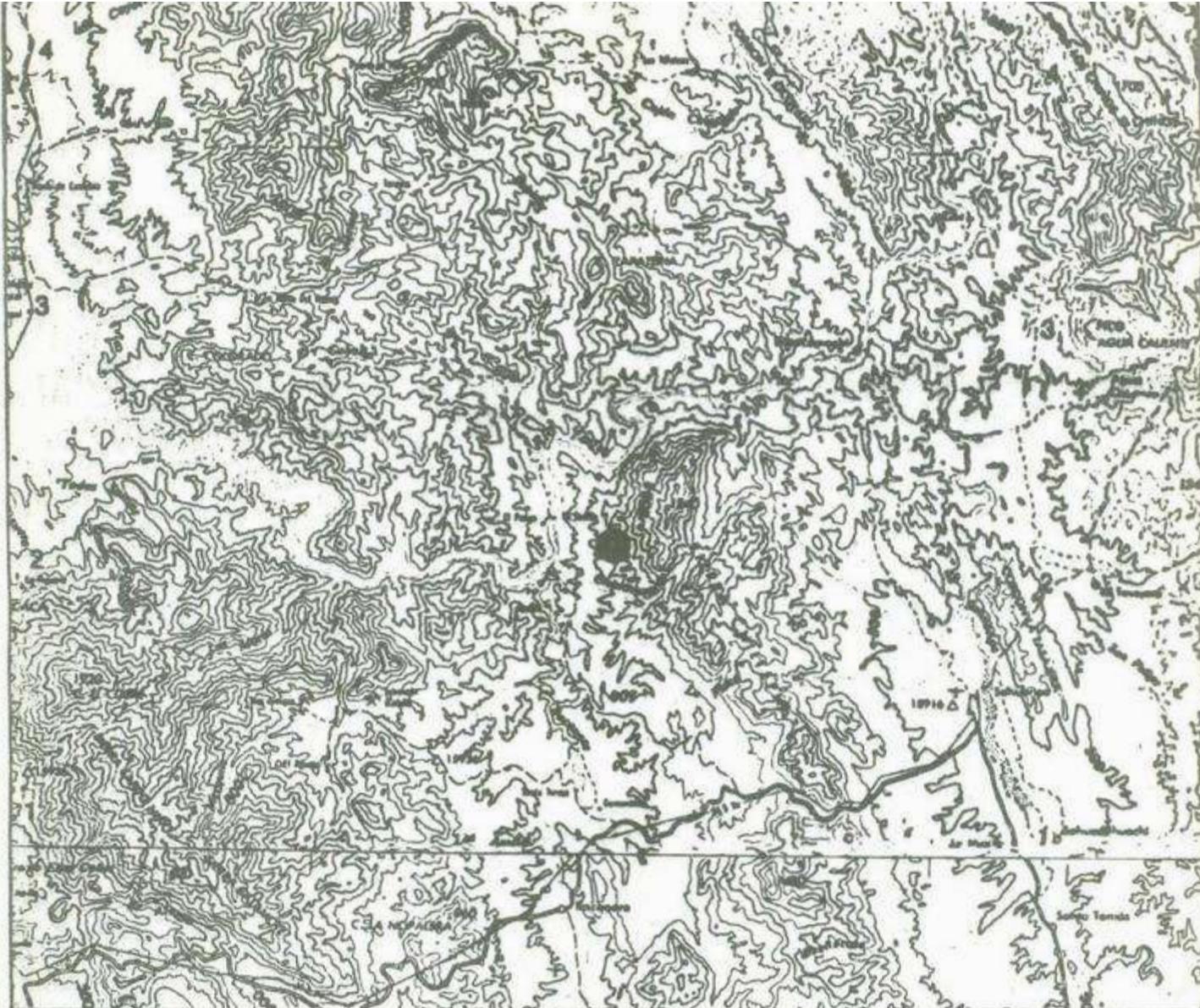
a) Localización e infraestructura - Este depósito se encuentra situado a 13 Km. de línea recta al Noroeste del poblado de Bacanora. De Bacanora se toma un camino hacia el Norte con dirección al Rancho El Raspadero, desde donde se sigue a pie hacia el Este para llegar - al depósito.

Existe camino pavimentado de Hermosillo hasta el Novillo y terracería en buenas condiciones hasta El Raspadero y 2 Km. antes de - llegar al depósito se carece de camino. Hay agua abundante en el - - Río Yaqui que pasa a un lado del rancho mencionado. La energía eléctrica pasa por Bacanora. La estación de ferrocarril más cercana está en Hermosillo.

b) Ambiente Geológico - El depósito se encuentra sobre la parte baja de la falda Oeste de la Sierra Chiltepín. En el área aflora una serie de rocas carbonatadas y detríticas del Cretácico Inferior, llamada Formación Palmas por Himanga (1977). También afloran paquetes - de andesitas, materiales piroclásticos y aglomerados del Cretácico-Superior llamado Agua Caliente por el mismo autor. Una intrusión lamílica de composición ácida atraviesa las rocas cretácicas. Finalmente, sedimentos detríticos, basaltos y aglomerados del Grupo Báucarit ocupan los lomeríos bajos cercanos al Valle.

A nivel del yacimiento, la roca únicamente con menos metamorfismo, muestra una caliza metamorfizada (820708-15) con calcita 90%; clorita 5%; minerales opacos 5% y trazas de epidota. El contacto del depósito se da con una sienodiorita (820708-14) blanca de poca profundidad que al microscopio contiene: plagioclasas 10%; clinopiroxenos 25%; minerales opacos 1% y matriz 64%; presenta poca alteración a epidota clorita y sericita; la matriz contiene cristales tabulares de feldespatos potásicos y antiguos clinopiroxenos transformados a - anfiboles.

Del mismo yacimiento 2 rocas (820708-12 y 820708-13) estudiadas al microscopio son: skarn con abundantes granates (20-50%) de la - -



UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA		
<i>Plano de localización del depósito Chinoverachi, Sahuaripa Son.</i>		
TESIS PROFESIONAL		
<i>Por</i> F. J. Cabrera F.	<i>Escala:</i> 1:250 000	<i>Fecha:</i> Junio del 83

T(cg)

K(a)

P(cz)

T(m)

-EXPLICACION-

Terciario

T(cg) Conglomerado

T(m) Monzonita

Kretacico

K(a) Andesita

K(cz) Calzas

● Depósito

■ Rancho

UNIVERSIDAD DE SONORA
ESCUELA DE GEOLOGIA

Plano geológico regional del depósito
Chinoverachi.

TESIS PROFESIONAL

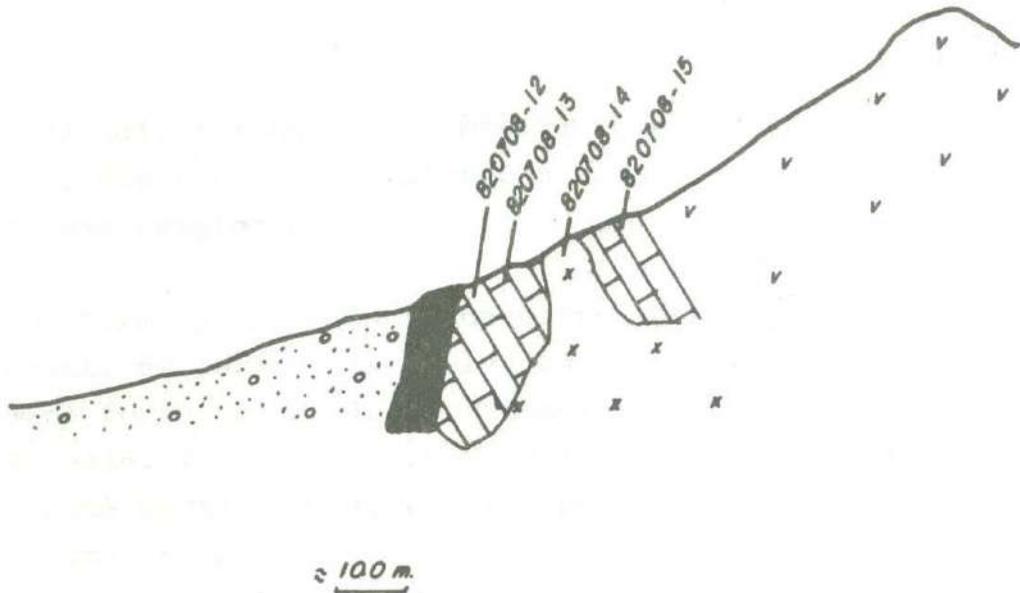
Por:
F. J. Cabrera F.

Escala:
1:50 000

Fecha:
Junio del 83

SW

NE



- EXPLICACION -

- Terciario
-  Conglomerado
- Cretácico
-  Andesitas
 -  Mármol
 -  Depósito

UNIVERSIDAD DE SONORA
ESCUELA DE GEOLOGIA

Sección esquemática del depósito
Chinoverachi

TESIS PROFESIONAL

Por:
F. J. Cabrera F.

Escala:

Fecha:
Junio del 83

existen otras manifestaciones de fierro. El camino de acceso es de terracería transitable en cualquier época del año. Agua, energía - eléctrica y ferrocarril se encuentran en Hermosillo.

serie granadita; magnetita-hematita (20-50%); clorita 5% y serpentina 25%. Estas rocas metamórficas surgieron de rocas calcáreas -- magnesianas originales.

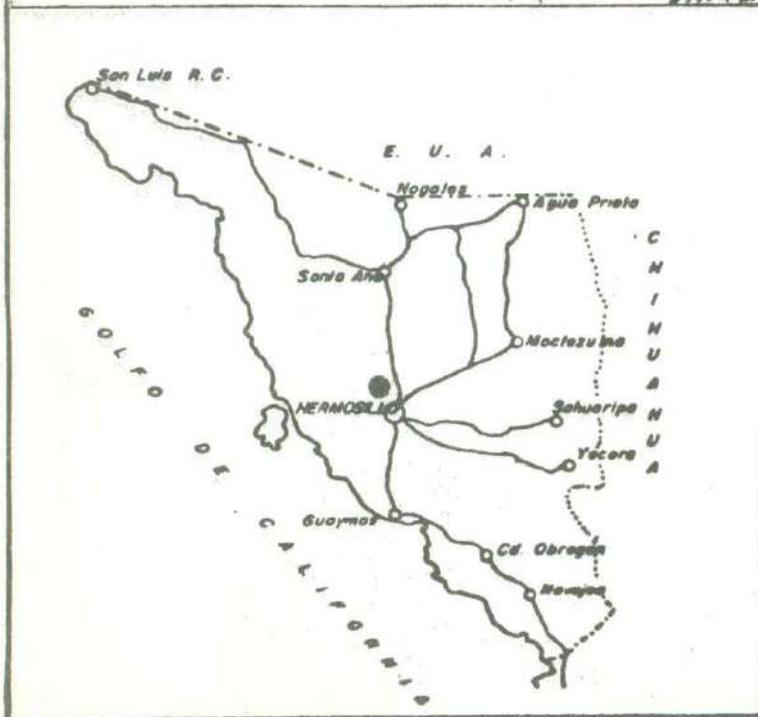
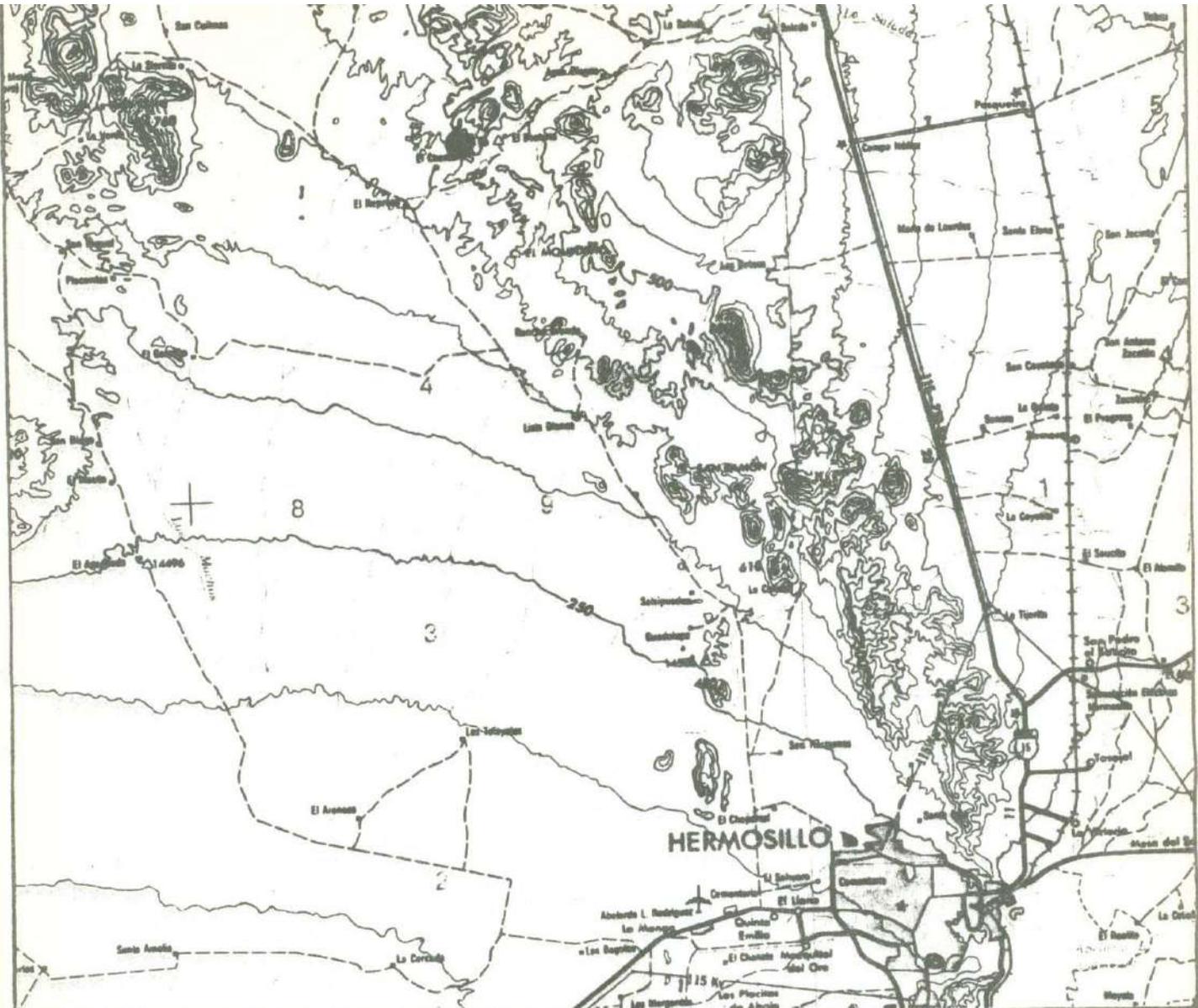
c) Forma y tamaño - El depósito se encuentra en un skarn en el contacto de la roca intrusiva con las calcáreas. Se trata de un cuerpo de forma triangular orientado burdamente en dirección Noroeste-Sureste. Tiene unos 180 M. de largo y unos 50 m. de ancho. El cuerpo está cortado al lado Oeste por una falla normal que lo pone en contacto con rocas volcánicas.

d) Composición mineralógica - El mineral de mena es moderadamente magnético. Tiene como minerales principales hematita y magnetita. El Primero constituye del 50 al 60% de la mena y el segundo del 40 al 50%. Los minerales transparentes como ya se mencionó anteriormente son: granates, epidota, cuarzo, serpentina, clorita, -- clinopiroxenos y anfíboles.

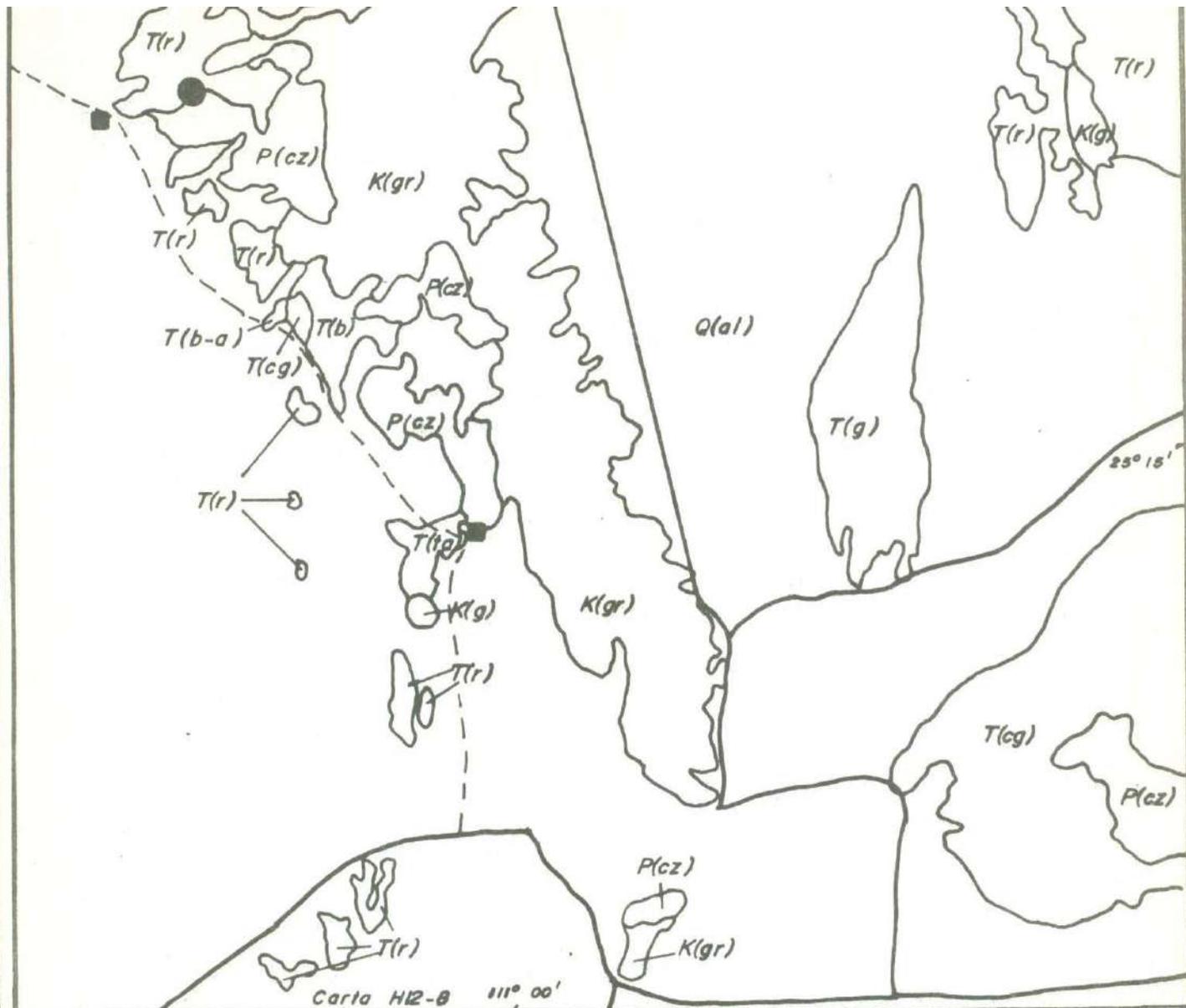
e).- Potencialidad del depósito - El Consejo de Recursos Minerales efectuó un estudio de reconocimiento en 1981 estimando la existencia de 2'543,840 toneladas. Nosotros estimamos que existen recursos de 1'500,000 toneladas.

10.- Depósito El Choro

a) Localización e infraestructura - Este depósito se encuentra situado a 28 Km. en línea recta al Noroeste de Hermosillo. El acceso se hace partiendo de la capital por la antigua carretera a Caborca (hacia el nuevo panteón municipal). Después de recorrer 35 Km. se llega al Rancho El Choro donde se encuentra el depósito. En la misma área y cerca de los Ranchos Piedras Negras y La Caridad - existen otras manifestaciones de fierro. El camino de acceso es de terracería transitable en cualquier época del año. Agua, energía - eléctrica y ferrocarril se encuentran en Hermosillo.



UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA		
<i>Plano de localización del depósito El Choro, Hermosillo Son.</i>		
TESIS PROFESIONAL		
<i>Por</i> F J Cabrera F	<i>Escala</i> 1:250 000	<i>Fecha</i> Junio del 83



- EXPLICACION -

- | | | |
|-------------|------------|--------------------|
| Cuaternario | [Q(al)] | Aluvión |
| | [T(cg)] | Conglomerada |
| Terciario | [T(r)] | Riolita |
| | [T(b-a)] | Basalto y Andesito |
| Cretácico | [K(g)] | Granito |
| Paleozoico | [P(cz)] | Calizas |
| | ● | Depósito |
| | ■ | Rancho |

- | | |
|-------|-----------|
| — | Carretera |
| - - - | Camino |

UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA		
Geología regional del Yacimiento El Choro, Hermosillo, Son.		
TESIS PROFESIONAL		
Por: F.J. Cabrera F.	Escala: 1:50 000	Fecha: Junio del 83

E

W.



~10m.

-EXPLICACION-

- Cuaternario  Aluvión
- Terciario  Andesita porfídica
- Paleozoico  Calizas
-  Depósito

UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA		
Sección esquemática del depósito El Choro.		
TESIS PROFESIONAL		
Por: F.J.Cabrera F.	Escala:	Fecha: Junio del 83

b) Ambiente geológico - En el área existen abundantes paquetes de rocas calcáreas de probable edad paleozoica, Consisten de lutitas calcáreas y calizas oolíticas en capas laminares y masivas, en algunas zonas presenta cuerpos irregulares de pedernal, bandas de sílice y microfósiles silicificados. Las rocas anteriores son intrusionadas por granitos y granodioritas laramídicas siendo ambas cubiertas por rocas volcánicas terciarias cuya composición varía de riolitas a andesitas. Las riolitas son esferulíticas fluidales con fenocristales de sanidina y ojos de cuarzo.

En la zona del depósito la roca carbonatada es una caliza fosilífera (CCH-1) que muestra al microscopio textura esparítica, se compone de: calcita 99%; cuarzo 1% y trazas de dolomita. La calcita se halla relleno de fósiles (posibles moluscos y crinoides), forma cristales maclados y la matriz es de calcita xenomorfa de grano medio; eventualmente hay cuarzo detrítico con crecimiento diagenético. La dolomita se presenta en trazas de cristales automorfos en vetillas acompañando a la calcita. La muestra CCH-3 enseña un mármol de textura cristaloblástica que se compone de: calcita 98% y cuarzo 2%.

Las rocas volcánicas (Caridad) consisten de una toba cristalina de composición riolítica, al microscopio se ve con textura porfídica seriada compuesta de: plagioclasas 10%; cuarzo 20%; feldespatos potásicos 10%; minerales opacos 1%; fragmentos de roca 1%; clorita 2% y trazas de muscovita y turmalina. El resto (55%) es de matriz feldespática. También se observó una andesita porfídica (PN) que en lámina delgada enseña textura pilotaxítica y se compone de: plagioclasas 70%; anfíboles 20%; cuarzo 5%; feldespatos potásicos 2%; siderita 3% y trazas de biotita. Los antiguos anfíboles están reemplazados por siderita; las plagioclasas tienen maclado polisintético y el cuarzo es anhedral en huecos.

Las zonas mineralizadas son skarns de granate los cuales - -

no se sabe si provienen de las calizas o de las andesitas.

c) Forma y tamaño - El depósito forma varios cuerpos tabulares en las partes inferiores de las calizas, uno de los cuerpos -- más grandes tienen 10 m. de longitud y 5 m. de ancho.

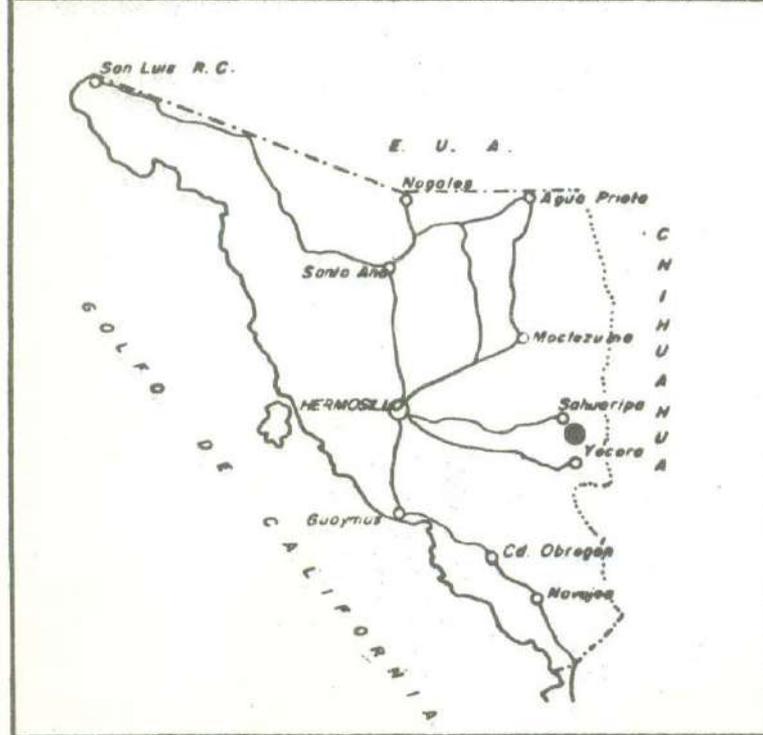
d) Composición mineralógica - Los minerales de mena son -- goethita y hematita. La goethita forma el 60% de la mena, se en--- encuentra en estructuras colomorfos y en megafenocristales de ganga hexagonal (posibles granates) reemplazados en los bordes por goe-- thita. La hematita forma el 40% de la mena, en algunos lugares se encuentra sola y en otros reemplazando a magnetita. Los minerales transparentes son: granate, dolomita, cuarzo, calcita clorita, epi₂ dota, feldespatos potásicos, plagioclasas y anfíboles.

e) Potencialidad del depósito - Se considera que en el área pueden existir recursos del orden de 100,000 toneladas.

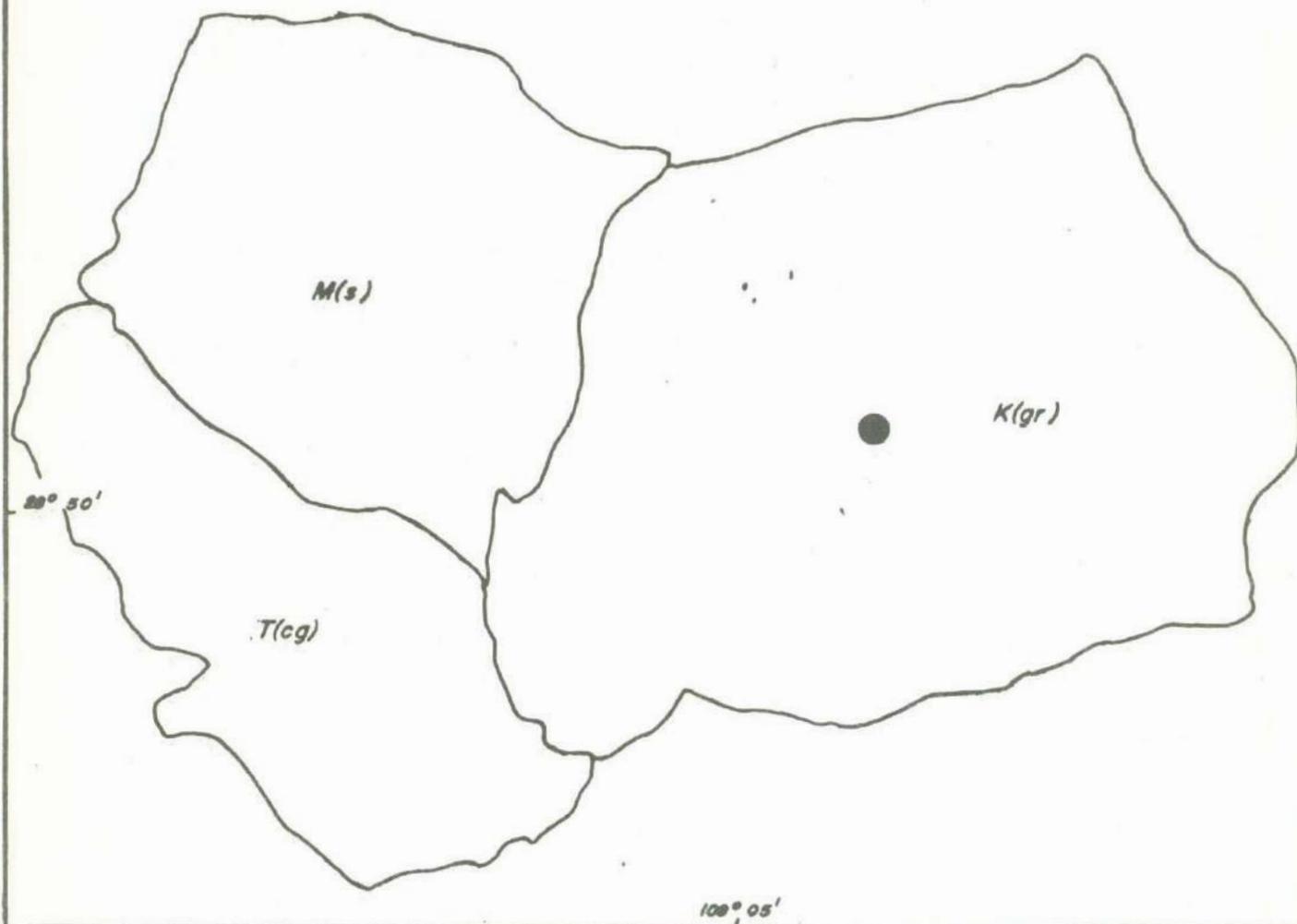
11.- Depósito San Miguelito

a) Localización e infraestructura - Este depósito se halla - situado a 10 Km. en línea recta al Este del poblado de Bámori, en la región de Sahuaripa. De este último poblado, se toma el antiguo camino a Mulatos hasta el Rancho San Miguel (14 Km.) de aquí se to₂ ma una vereda de 3 Km. hasta el Cerro San Miguel, donde se encuentra el depósito. El camino de Bámori hasta San Miguel está abandonado. La energía eléctrica más cercana pasa a unos 10 Km. y agua - abundante, se puede encontrar a 10 Km.; la estación ferroviaria -- más próxima se localiza en Hermosillo.

b).- Ambiente geológico - Una franja de rocas cretácicas se extiende Noroeste-Sureste desde el Valle de Sahuaripa hasta el Valle de Tacupeto, estas rocas son sedimentarias y vulcanosedimentarias. Las rocas se conocen como Formación Palmas y Formación Potre₂ ro según King (1939). La primera está constituida por lentes de --



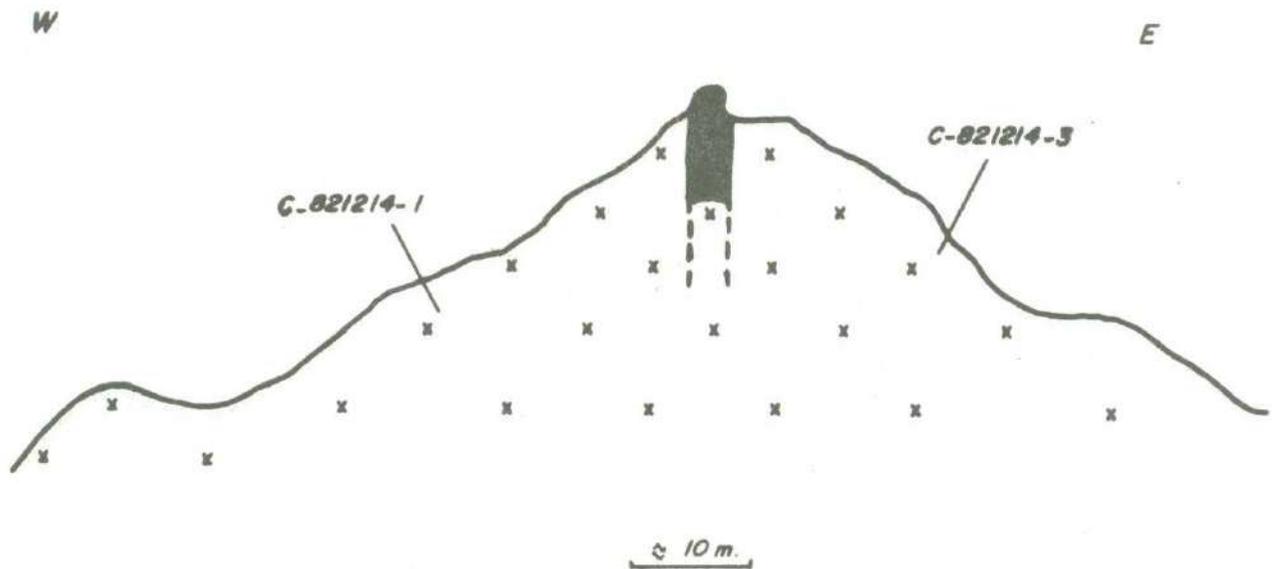
UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA		
<i>Plano de localización del depósito</i> <i>San Miguelito, Sahuaripa Son.</i>		
TESIS PROFESIONAL		
<i>Por:</i> F. J. Cabrera F.	<i>Escala:</i> 1:250 000	<i>Fecha:</i> Junio del 83



- EXPLICACION -

- Terciario T(cg) Conglomerado
- Cretácico K(gr) Granito
- Mesozoico M(s) Sedimentos
- Depósito

UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA		
Fotointerpretación geológica del depósito San Miguelito		
TESIS PROFESIONAL		
Por: F. J. Cabrera F.	Escala: 1:50 000	Fecha: Junio del 83



-EXPLICACION-

Cretacico  Granito
 Depósito

UNIVERSIDAD DE SONORA		
ESCUELA DE GEOLOGIA		
<i>Sección esquemática de campo del deposito San Miguelito</i>		
TESIS PROFESIONAL		
<i>Por:</i> F. J. Cabrera F.	<i>Escala:</i>	<i>Fecha:</i> Junio del 83

conglomerados en la base y en orden ascendente: calizas, lutitas, - areniscas y finalmente calizas masivas con intercalaciones de cuar- cita. Suprayaciendo a la anterior está la Formación Potrero que con siste de lutitas fosilíferas, calizas cafés y flujos de andesita, - toda esta secuencia está intrusionada por una diorita.

En las cercanías del yacimiento aflora una monzonita (C821214 -3) de textura granular hipidiomórfica cuya composición mineralógi- ca es: plagioclasas 40%; feldespatos potásicos 40%; siderita 8%; mi nerales opacos 10% y trazas a 2% de cuarzo. Existen vetillas de óxi dos de hierro asociadas a siderita y cuarzo; las plagioclasas están alteradas de 80 a 100% a arcillas; los carbonatos están en crista-- les automorfos; los feldespatos potásicos son xenomorfos y moldean- y cementan a las plagioclasas; el cuarzo es intersticial. La roca - intrusiva anterior tiene variaciones a una diorita(C821214-1) de -- textura subofítica cuya composición observada al microscopio es: -- plagioclasas 67%; clorita 20%; piroxenos 10% y minerales opacos 3%. Las plagioclasas son zonales en cristales tabulares alterados de 70 a 100% a sericita; la clorita altera en un 100% a antiguos anfiboles y los clinopiroxenos son incoloros.

c) Forma y tamaño - El depósito es una estructura tabular en- forma de diques que corta la roca intrusiva. Esta estructura tiene- dirección Norte-Sur con pequeñas ramificaciones laterales, sobresa- le como un crestón al lado de las rocas graníticas. La veta se ex- tiende por unos 5 Km. de longitud y con un ancho constante de unos- 4 m.

d) Composición mineralógica - El único mineral de mena es la- magnetita, la cual produce un fuerte magnetismo en el depósito. Al- microscopio se observa en ocasiones un poco de reemplazamiento a -- través de los cruceros y de microvetillas.

e) Potencialidad del depósito - Dadas las características mor- fológicas se infiere la existencia de recursos por 10'000,000 de to- neladas (5 Km. x 100 m. x 4 m. x 5 densidad).

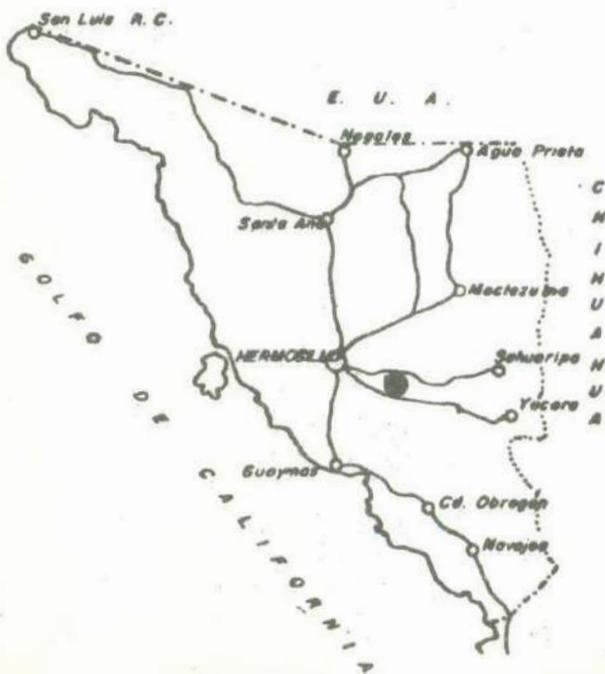
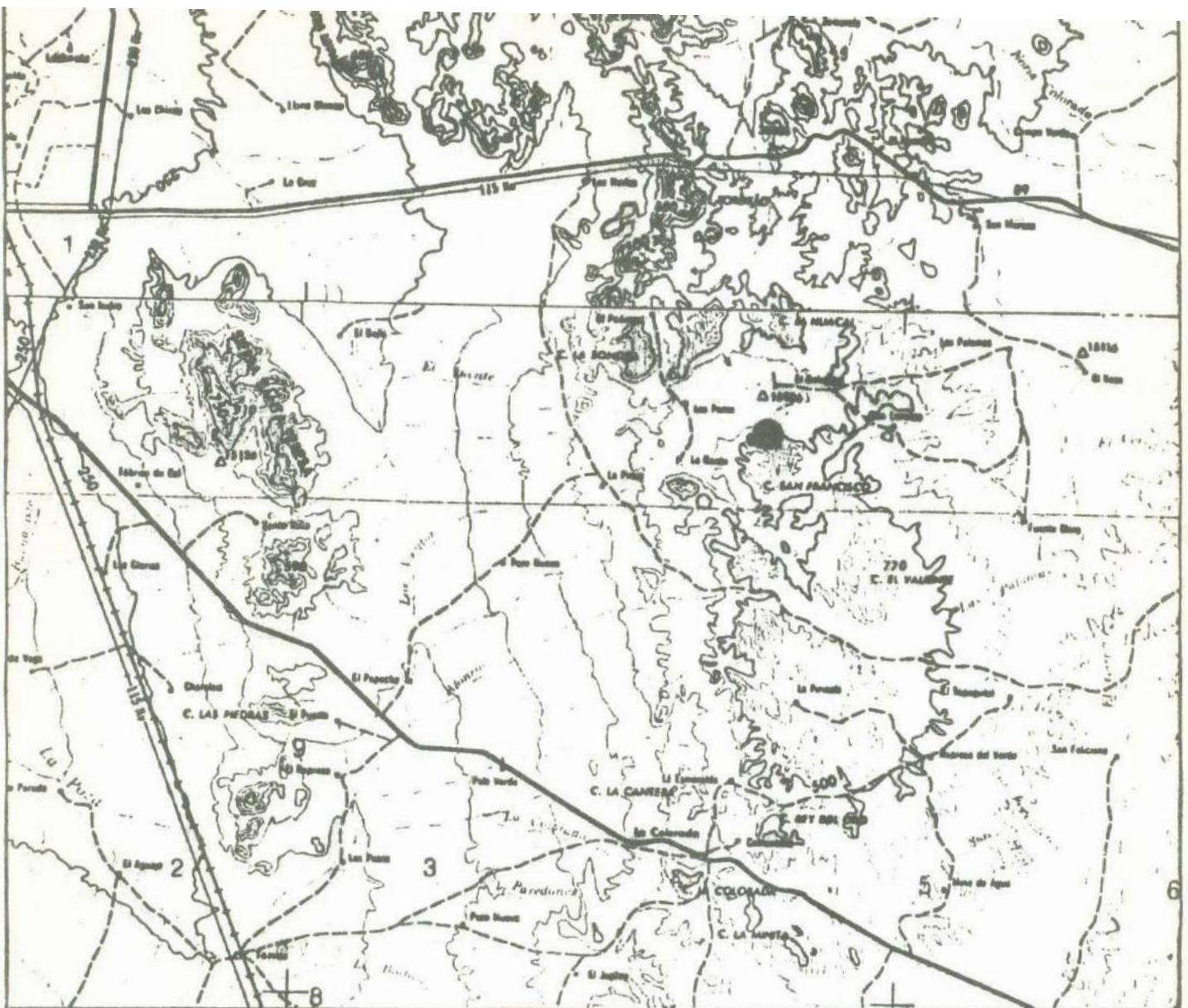
12.- Depósito El Perdido

a) Localización e infraestructura - Este depósito se encuentra situado a 40 Km. en línea recta al Este de la Ciudad de Hermosillo. El acceso se hace saliendo de Hermosillo por la carretera a Mazatán, en el kilómetro 42 está la entrada al Rancho El Aguajito, desde donde se toma un camino de terracería de 16 km. en dirección Sureste observándose unos cerros de caliza. En la parte inferior - de estas rocas se encuentra el fierro. El depósito está a 16 Km. - de carretera pavimentada; por la carretera pasa la energía eléctrica de 34.5 kv. En Hermosillo hay agua abundante así como estación- de ferrocarril.

b) Ambiente geológico - Las rocas calcáreas pueden ser calizas del Pérmico ya que cerca del lugar, Rangin (Carlos González, - comunicación oral) ha encontrado fusulínidos de esta edad en rocas parecidas. Las calizas son de color gris oscuro y muestran alta -- efervescencia en ácido clorhídrico. Estas rocas están intrusiona-- das por un granito cretácico de color blanco rosado que en los con-- tactos con las anteriores forma mármoles y hornfels de silicatos - cálcicos.

En el área del depósito la roca intrusiva es un gneiss graní-- tico (C820909-2) bastante alterado. En lámina delgada, se calcula-- ron: cuarzo 10%; feldespato potásicos 20%; matriz 56%; óxidos de - fierro 4% y en menor cantidad zircón, esfena, trazas de apatita y-- plagioclasas zonales (Alteradas de 0 a 5% a sericita y calcita). - El cuarzo se encuentra en fenocristales subautomorfos y la matriz-- es cuarzo-feldespática de grano fino.

La roca huésped del yacimiento en algunas partes se encuen-- tra recristalizada. Forma un skarn de epidota (C820909-4) teniendo-- un porcentaje de granate 20%; esfena 4%; epidota 51%; minerales -- opacos 7%; calcita 7%, cuarzo 1%, actinolita 10% y trazas de clori-- ta. La epidota es de un color amarillo limón con pleocroismo - - -

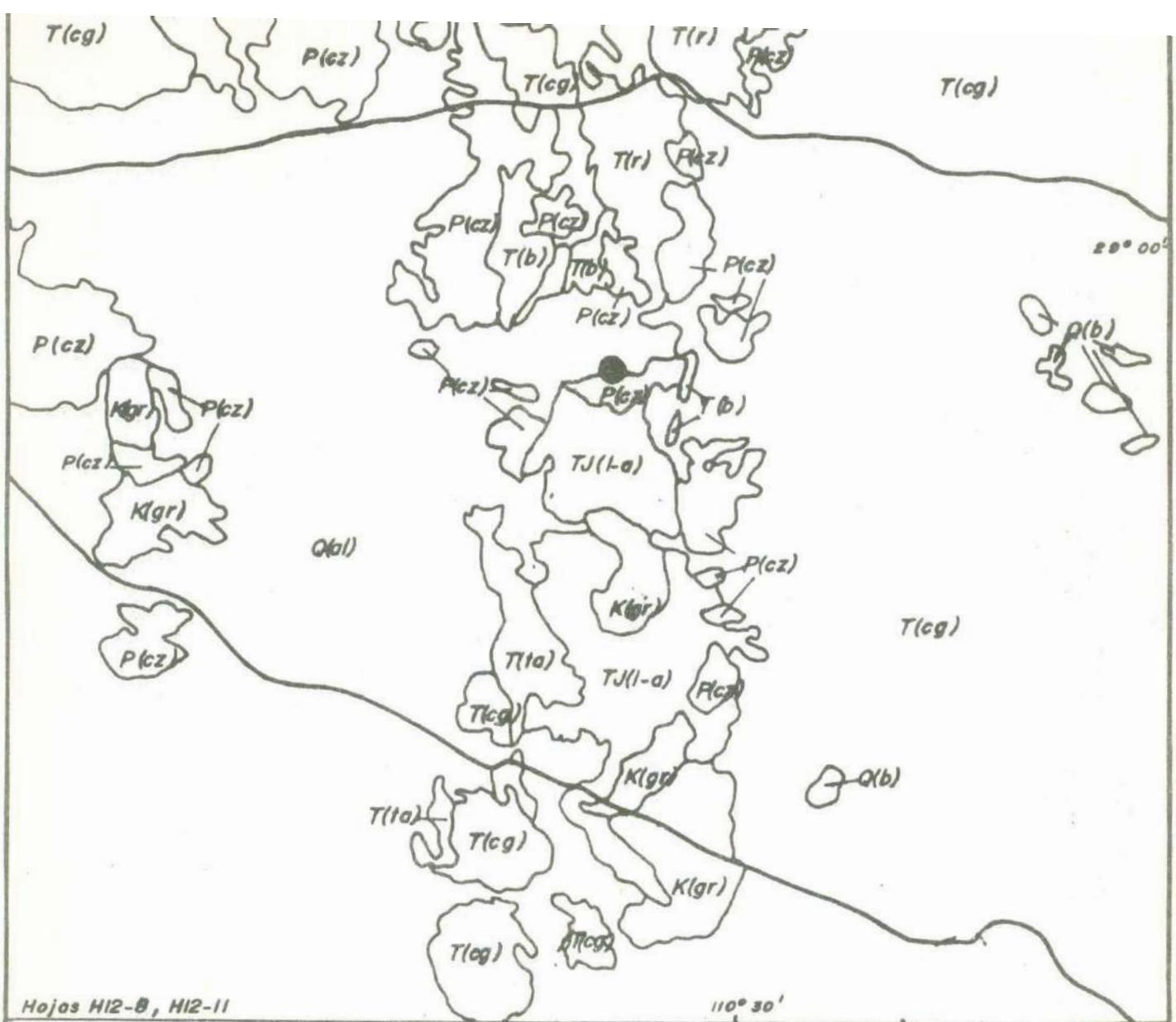


**UNIVERSIDAD DE SONORA
ESCUELA DE GEOLOGIA**

*Plano de localización del depósito
El Perdido, La Colorada Son.*

TESIS PROFESIONAL

Por:	Escala:	Fecha:
F. J. Cabrera F.	1:250 000	Junio del 83



- EXPLICACION -

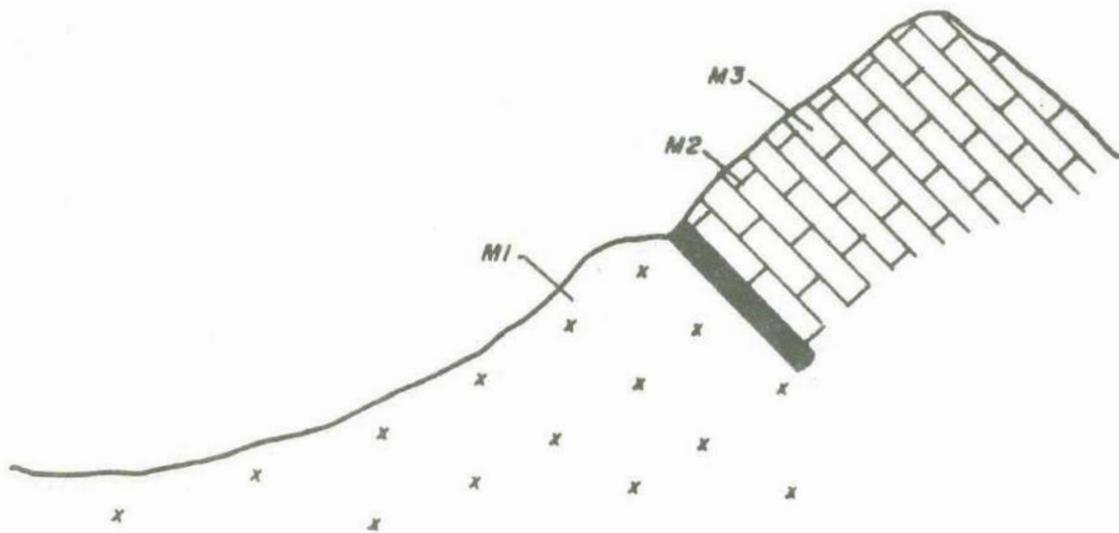
● Depósito

Cuaternario	Q(al)	Aluvián
Terciario	T(cg)	Conglomerado
	T(ta)	Traquandesita
	T(r)	Riolita
Cretácico	K(gr)	Granodiorita
	K(g)	Granito
Tria-Jur	TJ(l-a)	Lutitas - Areniscas
Paleozoico	P(cz)	Calizas

UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA		
Plano geológico regional del depósito El Perdido.		
TESIS PROFESIONAL		
Por:	Escala:	Fecha:
F. J. Cabrera F.	1:250 000	Junio del 83

N

S



-EXPLICACION-

- Cretácico  Granito
- Paleozoico  Mármol
-  Deposito

UNIVERSIDAD DE SONORA
ESCUELA DE GEOLOGIA

Sección esquemática del depósito
El Perdido.

TESIS PROFESIONAL

Por:
F. J. Cabrera F.

Escala:

Fecha:
Junio del 83

(Pistachita); los granos son zonales con anisotropía (pirineita); la calcita es intersticial; la actinolita se presente fibrosa alternándose a calcita y clorita y los minerales opacos se asocian a actinolita. Por otro lado, hay un skarn de actinolita mineralizado (C820909-6) teniendo un porcentaje de cuarzo 15%; calcita 22%; magnetita 30%; actinolita 30% y 3% de un mineral gris que puede ser un ortopiroxeno. También existe una caliza con metamorfismo incipiente que contiene; calcita 91%; óxidos 15%, cuarzo intersticial-2%. Por último, otra caliza(C820909-9) con metamorfismo incipiente, muestra un porcentaje de calcita 91%, óxidos de fierro 5%; cuarzo-intersticial 2% y epidota 2%.

La facies metamórfica desarrollada en esta zona corresponde a la de hornfels de albita-epidota y hornblenda siendo la roca original una caliza impura.

c) Forma y tamaño - El depósito se encuentra en el contacto de la roca intrusiva con la caliza formando una estructura tabular que se aprecia bien a corta distancia debido a que la erosión de las calizas cubre ligeramente la parte inferior del mineral de fierro y al mismo cuerpo intrusivo. Este cuerpo tiene un espesor de 8 m. de largo aproximadamente. El mineral de fierro se extiende a lo largo del contacto en dirección al Sureste y por otra parte, se pueden ver ramificaciones de fierro en dirección perpendicular que asciende a la caliza aprovechando zonas de debilidad estructural.

d) Composición mineralógica - Magnetita: es el principal componente de este depósito, se caracteriza por su magnetismo y su coloración oscura en muestra de mano. Constituye de un 60 a un 70% de la mena; al microscopio se encuentra intercrecida con hematita y además de la ganga atraviesa a la magnetita.

Hematita: Se encuentra en menor cantidad, del 30 al 40% de la mena y se caracteriza por su nulo magnetismo, por una parte se halla la hematita intercrecida en medio de magnetita y a veces se le encuentra reemplazándola.

Los minerales de ganga: granate (serie grandita), clorita, - calcita, cuarzo, actinolita, termolita, esfena y epidota.

e) Potencialidad del depósito - Se estima que existen recursos por más de 400,000 toneladas.

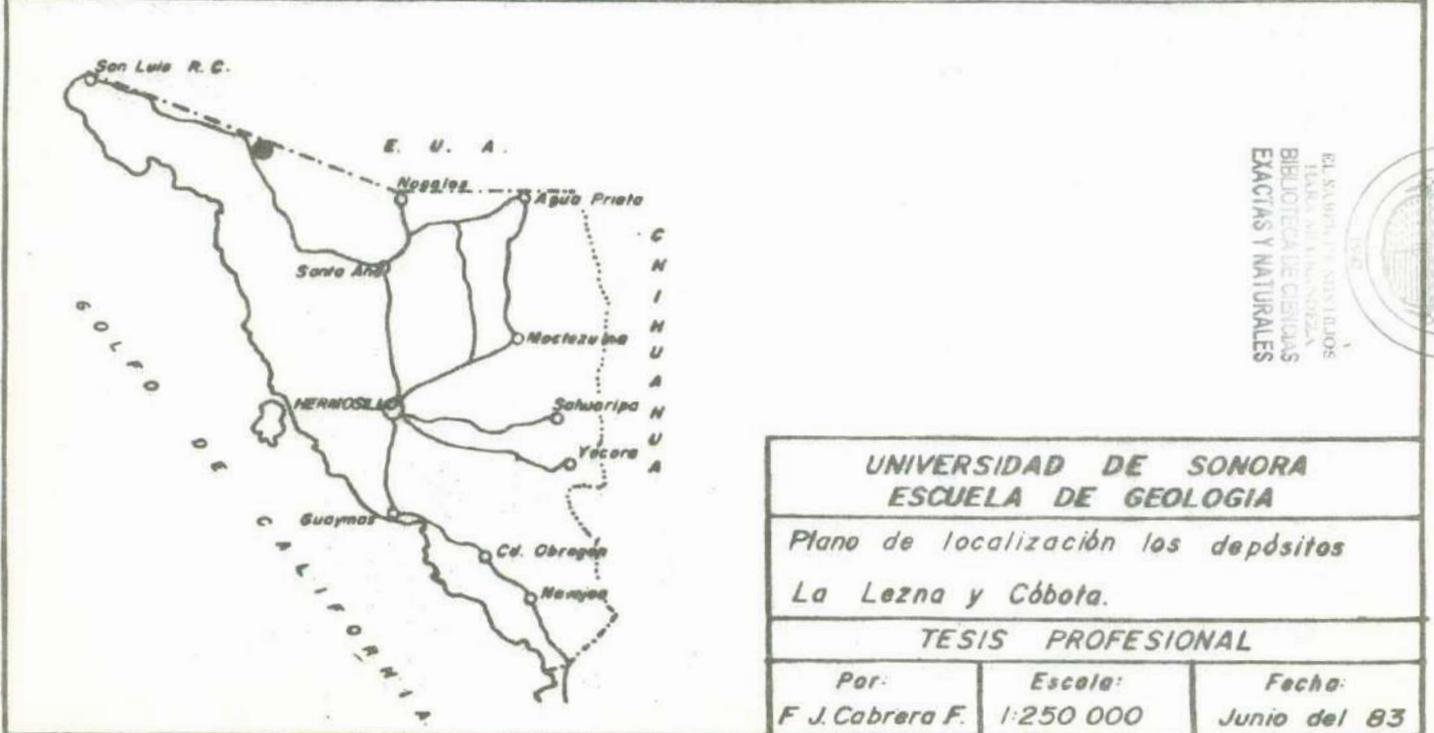
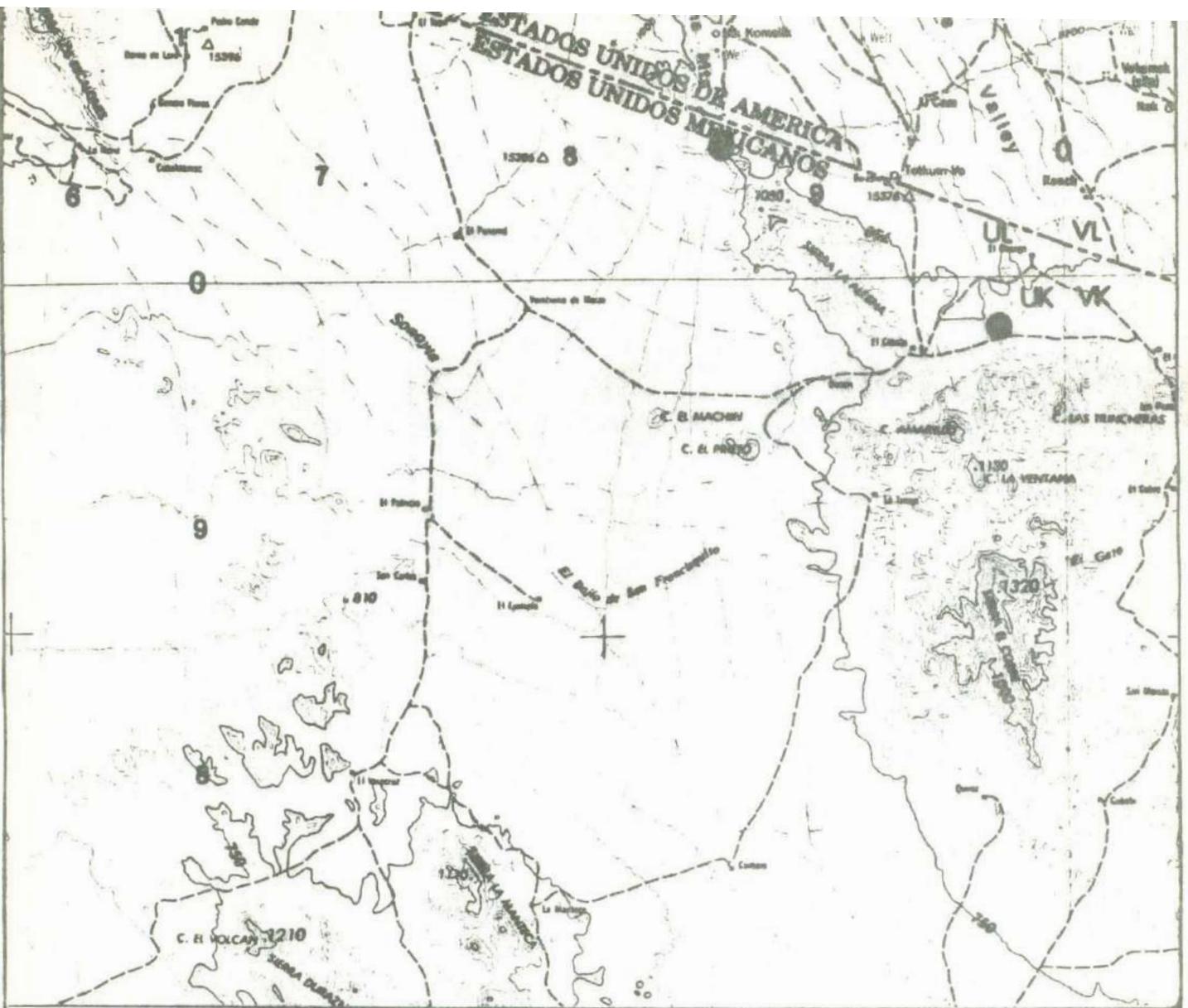
13.- Depósitos la Lezna y El Cóbota

a) Localización e infraestructura - Los depósitos La Lezna y El Cóbota se encuentran situados a 69 Km. y $S73^{\circ}E$ y a 80 Km. $S70^{\circ}E$ de la Ciudad de Sonoita. El primero se localiza en los últimos lomeríos al Norte de la Sierra La Lezna y el segundo 1 Km. al Sur del Cerro El Cóbota.

De Caborca se sigue la carretera Nacional No. 2 hacia Sonoita al llegar al antiguo mineral de Tajitos, se toma el camino al Norte rumbo al Sásabe, después de recorrer unos 80 Kms. se llega al Rancho Los Pozos, enseguida se continúa hacia el Rancho Los Golfos y - El Cóbota, a la mitad del camino está el cerro del mismo nombre donde existen manifestaciones de mineral de fierro. Para continuar hacia la Lezna se llega al Rancho El Cóbota y se sigue al Norte hacia el Rancho Serapio, de donde se continúa por un camino paralelo a la línea fronteriza, después de unos 3 km. se llega al lugar del depósito.

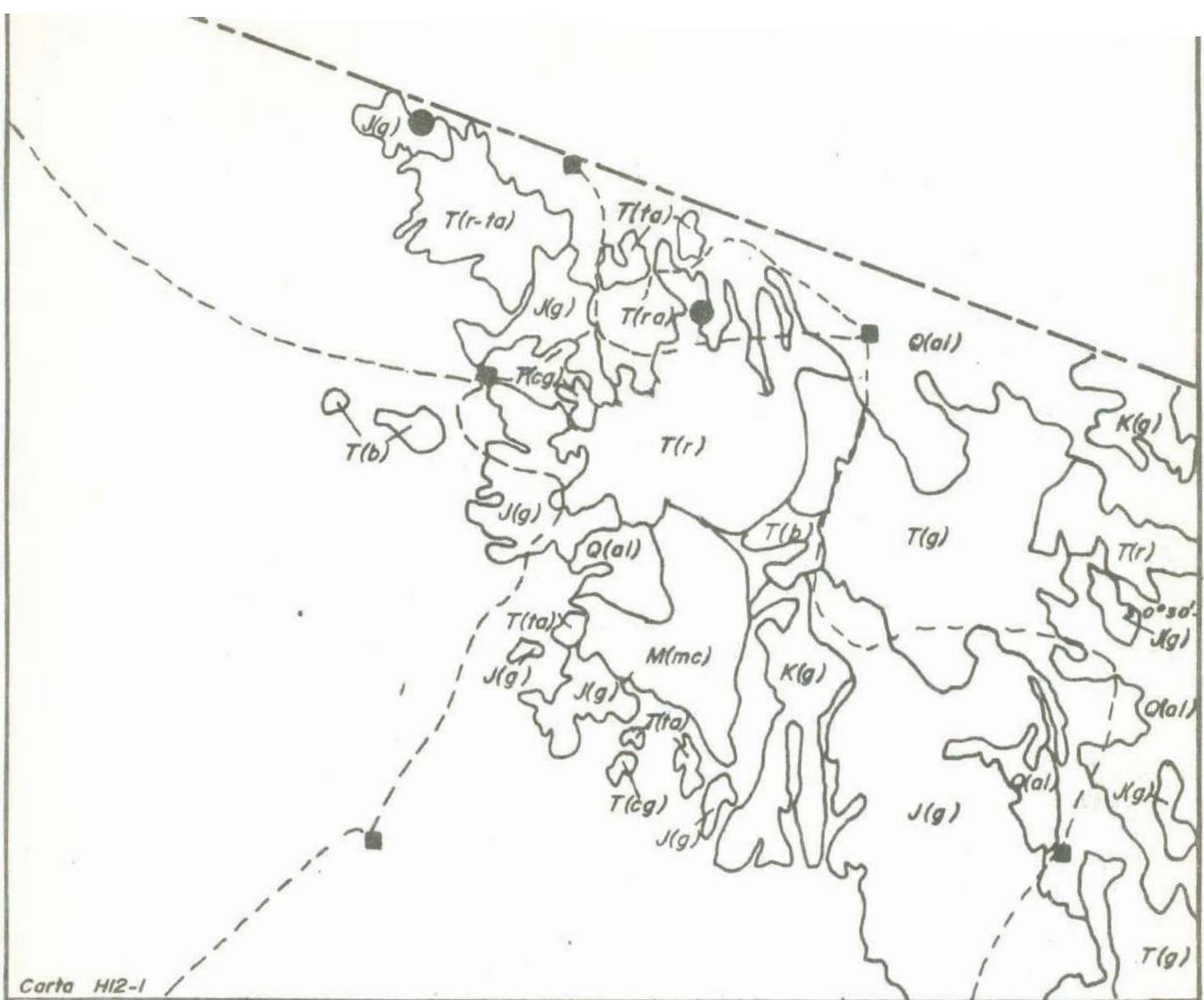
La infraestructura es mala en general, aunque los caminos de terracería están en buenas condiciones. Luz, agua y ferrocarril hay en Sonoita.

b) Ambiente Geológico - En el área del Cóbota existe un paquete de ignimbritas riolíticas bien silicificadas (Cerro El Cóbota) las cuales han sido intrusionadas por un granito de color rosa que ocupa los lomeríos bajos. Las ignimbritas muestran ojos de cuarzo y a veces son atravesadas por abundantes vetas con calcita muy bien - cristalizada. Por otra parte, el granito (C830301-5) tiene abundantes feldespatos potásicos rosas, cuarzo xenomorfo con extinción ondulan



EL SERVICIO DE INVESTIGACIONES
 Y ESTADÍSTICAS DEL INSTITUTO
 MEXICANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA
 BIBLIOTECA DE CIENCIAS
 EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA		
<i>Plano de localización los depósitos La Lezna y Cóbota.</i>		
TESIS PROFESIONAL		
Por:	Escala:	Fecha:
F. J. Cabrera F.	1:250 000	Junio del 83

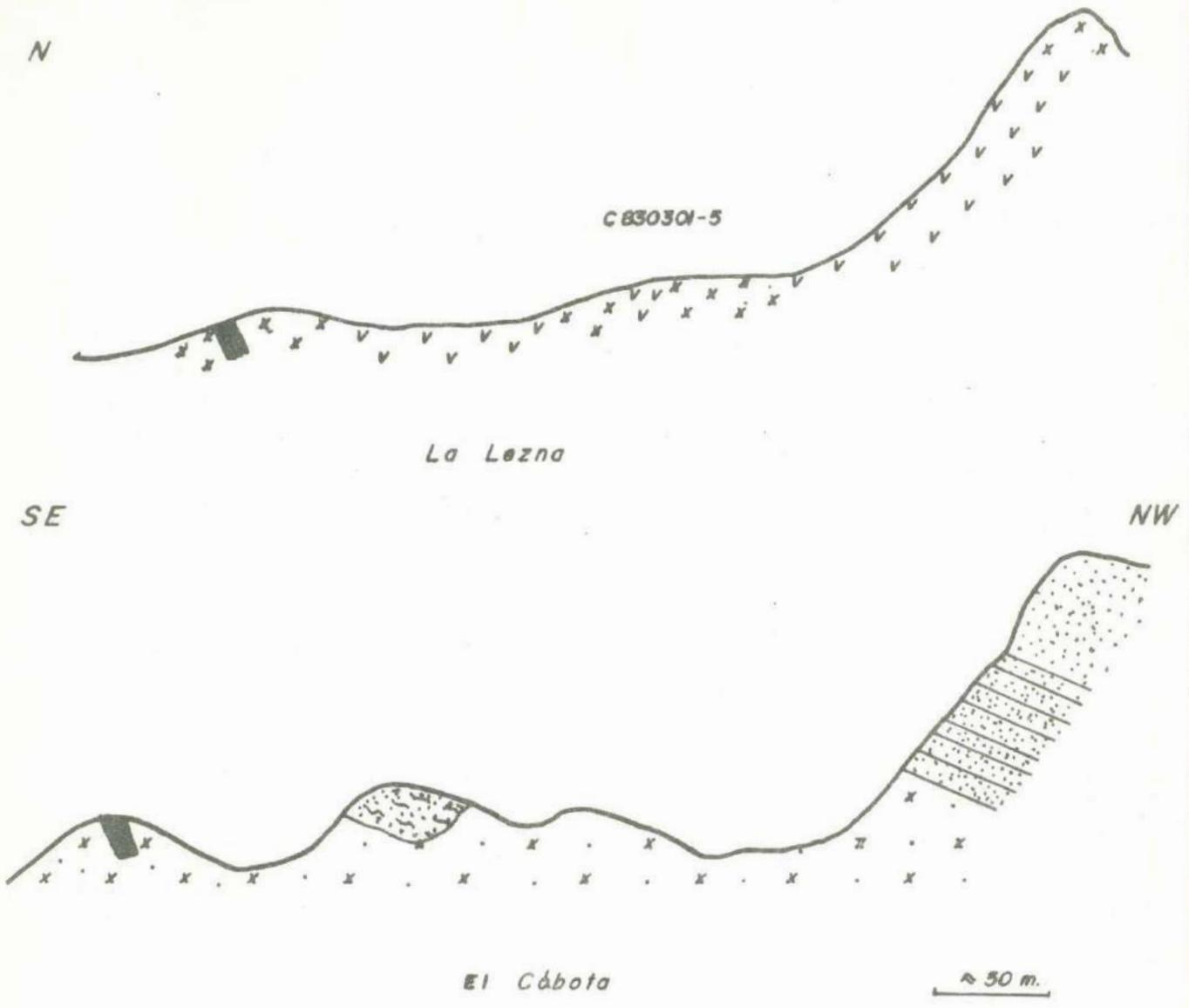


Carta HI2-1

- EXPLICACION -

Cuaternario	Q(al)	Aluvi3n	Mesozoico	M(mc)	Metaconglomerado
	T(r-ta)	Riolitas - Traquiandesita		●	Dep3sito
	T(ta)	Traquiandesita		■	Rancho
Terciario	T(r)	Riolita		---	Camino
	T(b)	Basalto			
	T(cg)	Conglomerado			
Cret3cico	K(g)	Granito			
Jur3sico	J(g)	Granito			

UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA		
Geologia regional de los depositos La Lezna y C3bota.		
TESIS PROFESIONAL		
Por: F. J. Cabrera F.	Escala: 1: 250 000	Fecha: Junio del 83



- EXPLICACION -

- | | | |
|-----------|--|--------------------------------------|
| TERCIARIO | | Diorita |
| | | Microgranito aplítico |
| | | Granito feldespático |
| JURASICO | | Ignimbritas riolíticas |
| | | Ignimbritas masivas y estratificadas |
| | | Depósito |

UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA		
Secciones esquemáticas de los depósitos La Lezna y Cábota		
TESIS PROFESIONAL		
Por: F. J. Cabrera F.	Escala:	Fecha: Junio del 83

te asociado a veces, a calcita en vetillas y minerales opacos. Se-

te asociado a veces, a calcita en vetillas y minerales opacos. Se encuentra atravesado por numerosas vetillas con hematita especular.

En la Lezna, existe un macizo de rocas dioríticas intrusionadas (?) por un microgranito aplítico. Las dioritas son oscuras verdosas y muestran variaciones texturales, las rocas están fuertemente feldespatizadas y existen transiciones graduales de diorita a granitos. Los microgranitos tienen vetillas con feldespatos potásicos y magnetita relacionadas, aunque en las dioritas también se encuentra magnetita diseminada.

No se conoce la edad de estas rocas, pero puede tratarse de macizos de edad Cretácica.

c) Forma y tamaño - En el Cóbota existen principalmente 2 -- estructuras; una de ellas se orienta $N65^{\circ}E$ y se inclina 60° al Noroeste, tiene unos 60 m. de largo y unos 2 m. de ancho. Se trata -- sobre todo de mineral de fierro y abundante sílice encajonados en rocas graníticas. La otra estructura se orienta al $N80^{\circ}E$ con inclinación de 60° al Noroeste. Este también se encajona dentro de ro--cas graníticas. En ellas existen abundantes obras mineras que se -- desarrollan al bajo de la veta, seguramente por metales preciosos-- y mena de cobre. Al alto quedan de 1.5 a 2 m. de abundante sílice-- y minerales de fierro, lo largo de la veta son unos 100 m. y segu--ramente del lugar fueron extraídas unas 3,000 toneladas de mineral.

Por lo que se refiere a La Lezna, existen una serie de afloramientos discontinuos con mineral de fierro por una distancia de unos 200 m., pero ninguno de los afloramientos rebasa los 10 m². -- La orientación general estructural es de $N74^{\circ}E$ con una inclinación de 76° al Sureste. La roca encajonante es el granito aplítico.

d) Composición mineralógica - En las manifestaciones del Có-

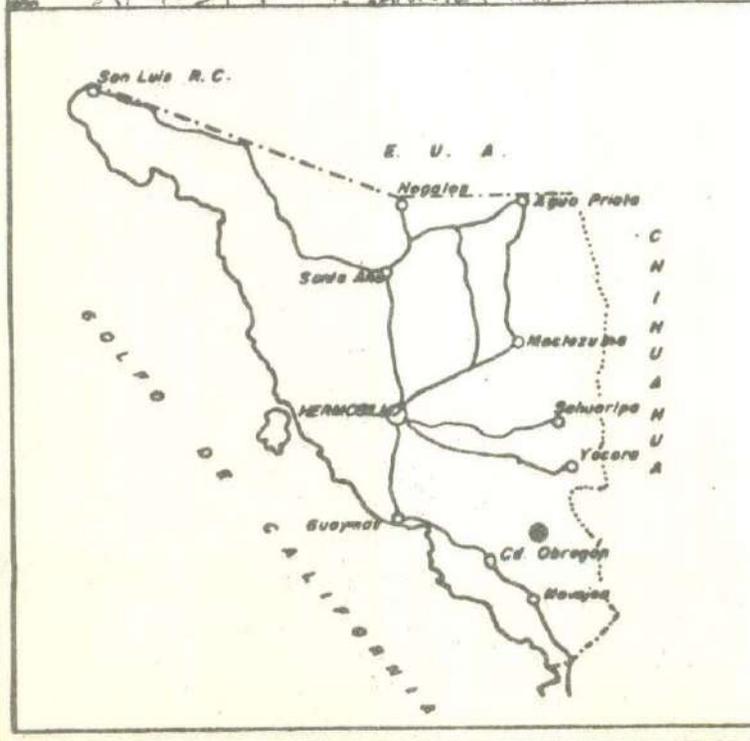
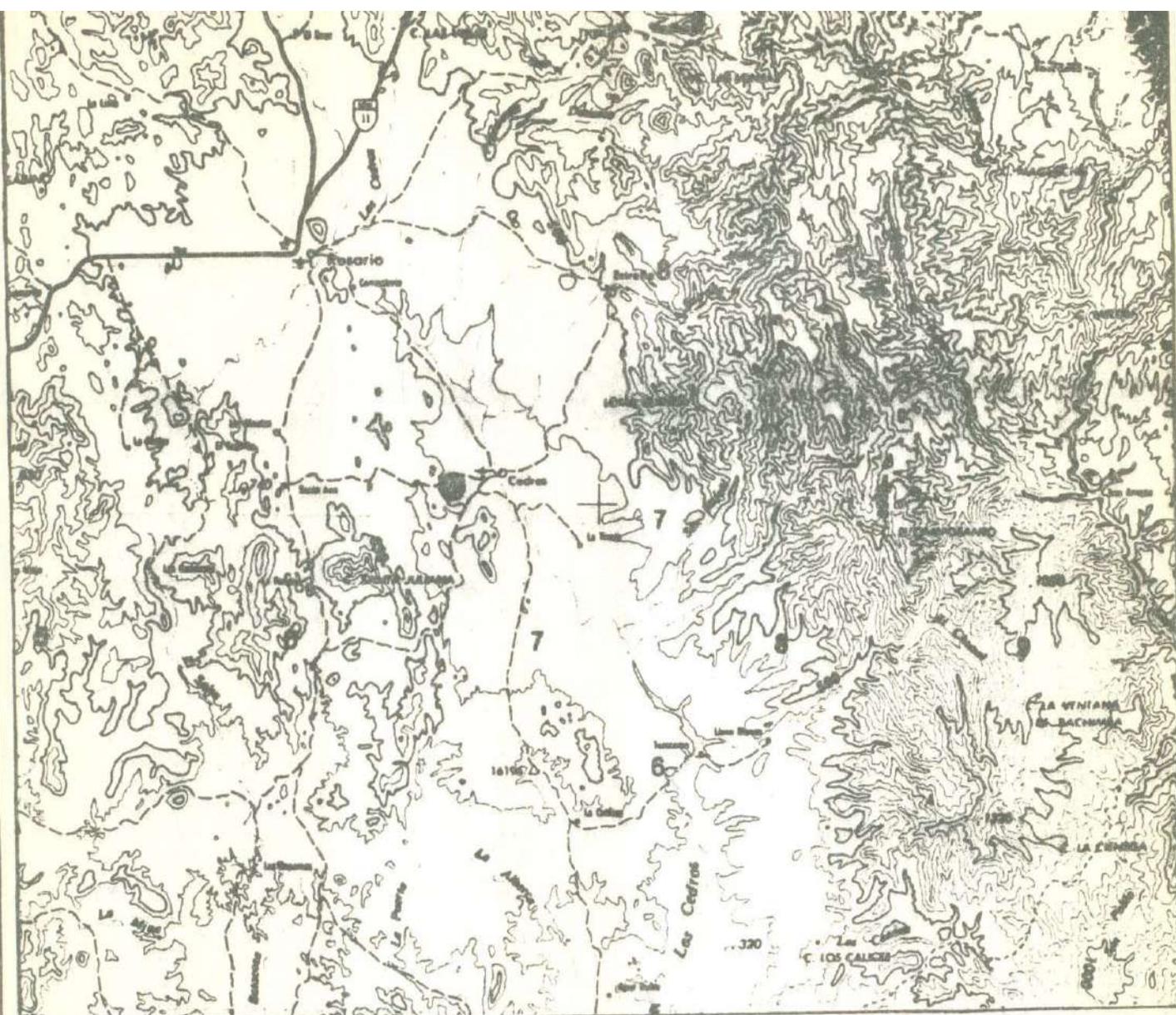
bota, la mineralización es principalmente de hematita y abundante - sílice jasperoide. En las obras mineras antiguas aparecen algunas - sales de plata y óxidos de cobre. Por otro lado, numerosas vetillas con especularita atraviesan las rocas graníticas al Noroeste de las estructuras principales. En la Lezna hay hematita especular magnetita y apatito.

e) Potencialidad de los depósitos - En El Cóbota se calcula - la existencia de recursos totales por unas 30,000 toneladas de mineral de baja ley. En La Lezna pueden haber unas 5,000 toneladas de - fierro.

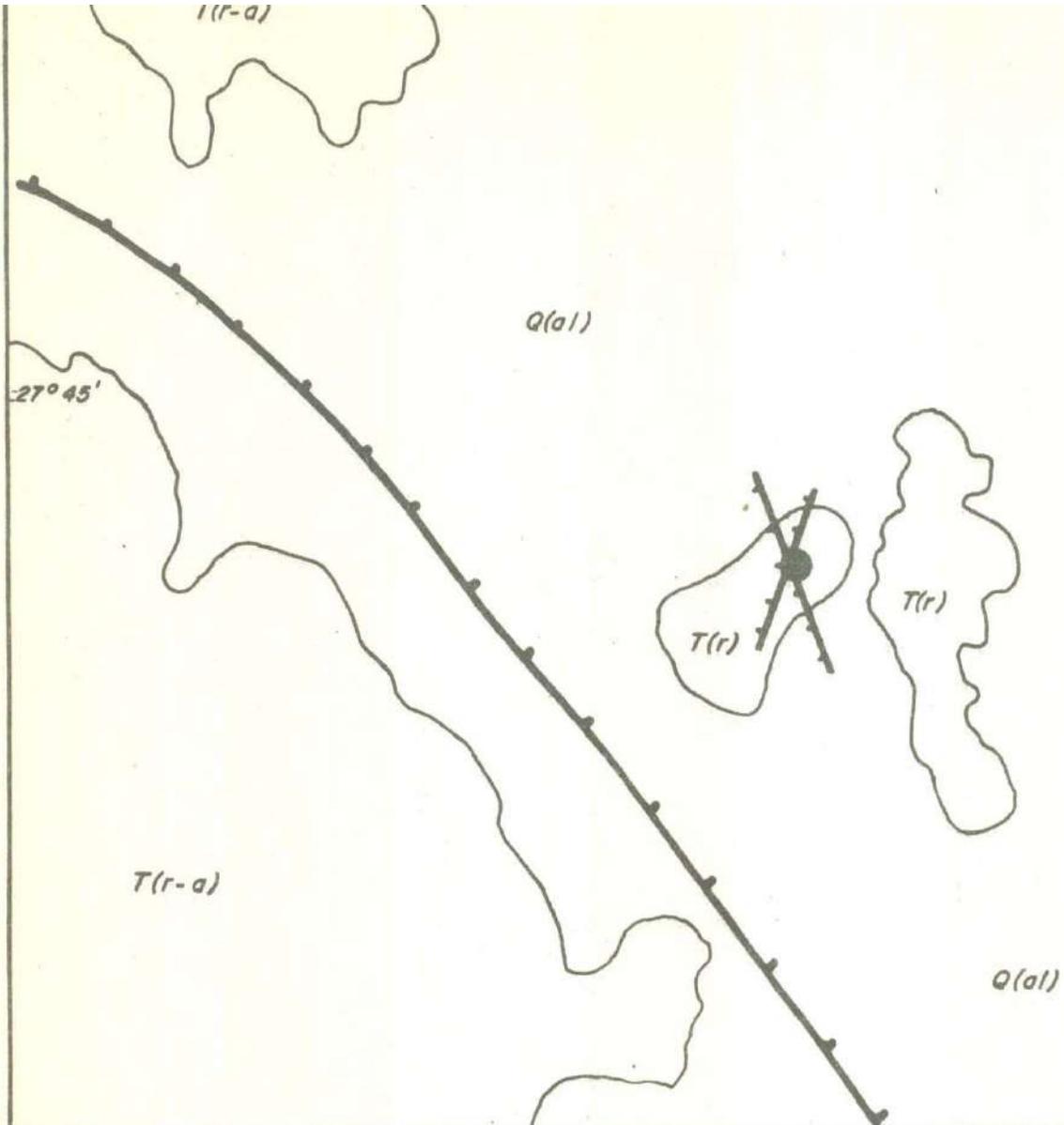
14.- Yacimiento El Volcán

a) Localización e infraestructura - Este yacimiento está si-- tuado a 50 Km. en línea recta al Noreste de Ciudad Obregón. El acceso se hace saliendo de este poblado, tomando la carretera que lleva a Tesopaco con una distancia aproximada de 75 Km; de este poblado - se toma el camino de terracería en dirección al Ejido Cedros; de este lugar parte un camino en dirección al Sureste, al avanzar 1.5 -- Km. se observa el yacimiento. Existe carretera pavimentada hasta -- Tesopaco, el resto se hace por terracería en muy buenas condiciones. En el Ejido Cedros existe energía eléctrica y agua para uso doméstico. La estación de ferrocarril más cercana es Estación Corral.

b) Ambiente Geológico - El área del yacimiento es una pequeña loma que sobresale sobre el nivel general de los valles. En el cerro El Volcán, existe una riolita alcalina de color café, compacta, con textura afanítica a porfídica en muestra de mano, que al microscopio muestra textura porfídica, ojos de cuarzo amiboides y feldespatos completamente caolinizados. Otra muestra de la misma composición, un poco menos alterada (820727-1) consiste de: cuarzo 8%; feldespato potásicos 30%; biotita 1%; minerales opacos 2% y matriz - - vitrofidica 59%. Los fenocristales de cuarzo son bipiramidales re-- sorbidos por la matriz.



UNIVERSIDAD DE SONORA		
ESCUELA DE GEOLOGIA		
<i>Plano de localización del depósito</i>		
<i>El Volcán Rosario Son.</i>		
TESIS PROFESIONAL		
<i>Por</i>	<i>Escala</i>	<i>Fecha</i>
F. J. Cabrera F.	1:250 000	Junio del 83



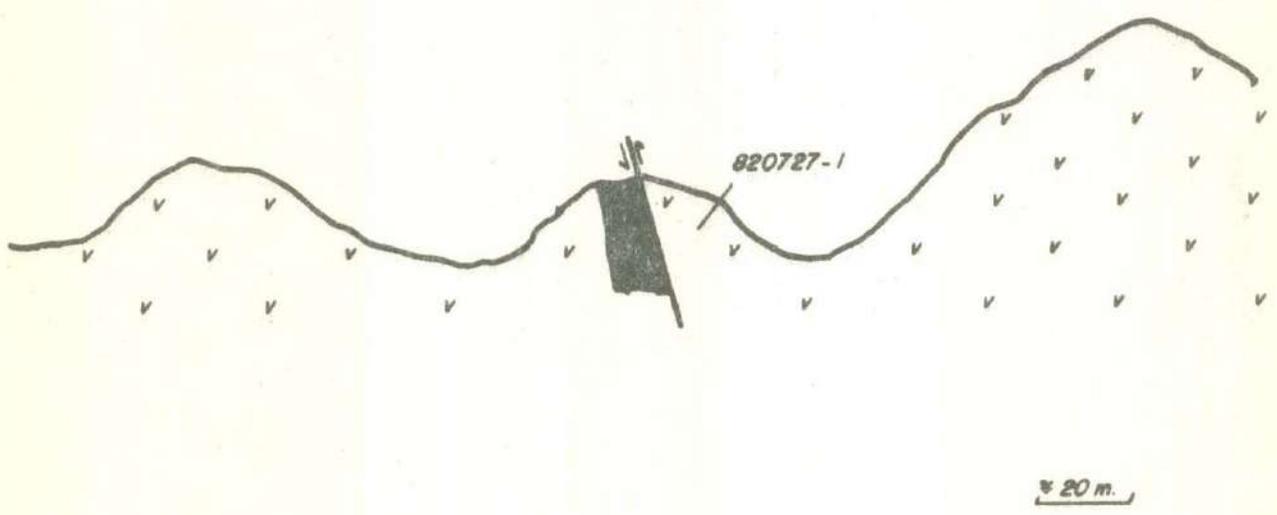
- EXPLICACION -

- Q(al) Aluvión
- T(r) Riolitas
- T(r-a) Riolita - Andesita
- Depósito
- Falla normal

UNIVERSIDAD DE SONORA		
ESCUELA DE GEOLOGIA		
Plano geológico regional del depósito El Volcan.		
TESIS PROFESIONAL		
Por:	Escala:	Fecha:
F. J. Cabrera F.	1:50 000	Junio del 83

W

E



-EXPLICACION-

-  Rialitas
-  Depósito
-  Faltas normales

UNIVERSIDAD DE SONORA		
ESCUELA DE GEOLOGIA		
Sección esquemática del depósito		
El Volcan		
TESIS PROFESIONAL		
Por:	Escala:	Fecha:
F. J. Cabrera F.		Junio del 83

En el Cerro El Volcán, existen 2 fallas normales con dirección Noroeste y Noreste respectivamente que se cortan en ángulo -- oblicuo.

Para mayores datos sobre la geología, ésta se encuentra en el trabajo de Long (1956).

c) Forma y tamaño - El yacimiento está alineado Norte-Sur, - en superficie puede seguirse por unos 200 m. a rumbo y se tienen - unos 20 m. de ancho. El cerro tiene una altura aproximada de 50 M. En perforaciones con barrenos de diamante ha sido interpretado como un cuerpo tabular con muy poca inclinación.

d) Composición mineralógica - Magnetita: Forma un 80% de la mena aproximadamente, se caracteriza por su fuerte magnetismo y se encuentra reemplazada en un alto porcentaje por hematita.

Hematita: Forma un 20% de la mena y se caracteriza por su -- magnetismo nulo, un pequeño porcentaje se encuentra solo y otro se halla reemplazando a la magnetita.

Los minerales de ganga son: apatito, pirita, calcopirita, -- cuarzo, feldespatos potásicos y biotita.

e) Potencialidad del yacimiento - La compañía ARC Laborato-- ries División of Arizona Research Consultants Inc., efectuó una - campaña de perforación con barrenos de diamante habiendo cubicado- 10.650 millones de toneladas de mineral.

V.- LOS PRINCIPALES TIPOS DE YACIMIENTOS DE FIERRO EN SONORA.

En el Estado de Sonora, existen 4 tipos diferentes de yacimientos:

- a) Yacimientos fierro en skarn
- b) Yacimientos de fierro en rocas volcánicas de depósito subaéreo
- c) Yacimientos de fierro vulcanosedimentario
- d) Yacimientos de fierro en vetas dentro de rocas intrusivas

En la tabla II se sintetizan las características generales de los yacimientos de fierro en el Estado de Sonora, incluyendo su clasificación:

a) Yacimientos de fierro en skarn - resultan ser los más numerosos y se hallan esparcidos en diferentes regiones del territorio sonorense. Son yacimientos que tienen una relación espacial y genética con rocas sedimentarias intrusionadas por rocas ígneas.

Estructuralmente son casi siempre techos colgantes formados durante 2 eventos: primero, la intrusión de cuerpos plutónicos durante la Orogenia Laramide y segundo, el sistema distensivo de Sierras y Valles Paralelos durante el Terciario Medio. Las rocas invadidas son de diferentes edades, aunque normalmente correspondan al Permotriásico y al Cretácico. Desde el punto de vista de la composición de las rocas originales, en general debían ser calizas impuras, raramente silíceas (Caracahui) y a veces magnesianas (Cerro Blanco, Hachita Hueca, Chinoverachi y Campodónico), es posible que en El Choro, fueran rocas andesíticas. Por otro lado, las rocas encajonantes siempre muestran abundante contenido de feldespatos potásicos en la matriz (¿agua circulante magmática durante los últimos estadios de enfriamiento?), así pues son normalmente granitos, monzonitas o sienodioritas.

Desde el punto de vista mineralógico, las rocas muestran las

diferentes etapas de formación de los skarns (metamorfismo y metasomatismo de contacto, depósito de óxidos hidrotermales tardíos). Lo más notable es la presencia constante de granates de la serie-grándita. En Caracahui existe wollastonita. Minerales de magnesio como serpentina, olivino (forsterita) y dolomita (siderita ?) se identificaron en Cerro Blanco, Campodónico, Hachita Hueca, Chinoverachi y El Choro. Respecto a la mineralogía de mena, los resultados mineragráficos corresponden muy bien a lo reportado en porcentajes de magnetita en Tubo Davis. Abundante magnetita en mayor proporción que hematita existe en: Cerro Blanco, Cuesta de Fierro Arroyo Coronado, Campodónico, Hachita Hueca, San Miguelito y El Perdido. En San Marcos donde según observaciones de campo y en superficies pulidas hay abundante magnetita, no resulta igual en Tubo Davis, donde se obtiene solo 32.9%. Finalmente hematita preponderante sobre magnetita hay en: Caracahui, Chinoverachi y El Choro (sólo goethita y hematita).

Desde el punto de vista geoquímico (Tabla III) todos tienen alto contenido de fierro total; este porcentaje varía de 4.20 en Chinoverachi hasta 66.80 en Campodónico.

El contenido de sílice es muy variable, se tiene un 21.40% en El Choro, 8.10% en Hachita Hueca y con el menor porcentaje está Caracahui con 0.60%.

El azufre total es bajo en todos los depósitos y varía de 1.385% en Caracahui a 0.002% en Hachita Hueca.

Con el mayor contenido de fósforo figura El Choro con 1.144 seguido por Hachita Hueca con 0.186. El depósito San Marcos es el que tiene menor cantidad: 0.010% P.

Respecto al óxido de magnesio, 2 depósitos contienen arriba del 5%: Hachita Hueca que reportó 5.099 y Cerro Blanco con 7.855% MgO. Cuesta de Fierro contiene alto porcentaje de Mn: 7.696 siendo los de menor contenido: Caracahui y Arroyo Coronado con 0.020.

Por último, los depósitos con mejores posibilidades de explotación son: Cuesta de Fierro, San Marcos y San Miguelito.

b) Yacimientos de fierro en rocas volcánicas de depósito -- subaéreo. Un único yacimiento verificado es El Volcán, aunque evidencias indican que pueden existir un cuerpo parecido en el lugar conocido como Palo Blanco.

Se trata de una estructura de fierro en el borde de un pórfido riolítico típicamente volcánico o subvolcánico como los que ocurren en los bordes o en las partes centrales de estructuras anulares. Las rocas son de edad terciaria y probablemente hayan sido emplazadas durante la etapa distensiva del Terciario Medio. El mineral es fuertemente magnético se caracteriza por contener abundante apatita que se manifiesta con un promedio de 1% de fósforo; manganeso, cobre y azufre, tiene menos de 0.01% y 0.1% y 0.020% respectivamente (Tabla III).

Se considera que este yacimiento tiene grandes similitudes genéticas con el depósito de fierro de Cerro de Mercado en Durango.

c) Yacimientos de fierro vulcanosedimentarios - Solo se conoce un depósito: San Pascual. El depósito se relaciona con rocas -- traquíticas y calizas del Cretácico. La existencia de estructuras de "slumping" en el mineral hace incuestionable el depósito bajo un tirante de agua. El mineral es fuertemente magnético. Como se muestra en la tabla III, tiene 7.85% de sílice, bajos azufre (0.006%) y (0.086%) óxidos de magnesio superior al 7.819%).

d) Yacimientos de fierro en vetas dentro de rocas intrusivas. Ocurre en los depósitos San Miguelito, La Lezna y El Cóbota, -- sumamente distantes y en ambientes diferentes el primero de los -- otros, sin embargo en ambos casos la roca encajonante se caracteriza por el alto contenido de feldespatos potásicos, la razón de este hecho puede deberse al mismo proceso que forma los núcleos de -- alteración potásica en los pórfidos cupríferos y cuyo principio se debe a la circulación de aguas de origen magmático durante los pro

TABLA III RESULTADOS DE ANALISIS A 13 MUESTRAS DE FIERRO

LACIMIENTO	Peso Esp.	%Mag T Davis	%Fe total	%Fe sol	% Fet+	% SiO2	% insol	% S total	% S en Mg	% SO4	% CaO	% P	% MgO	% TiO2	% Mn
ZARACAHUI *	1.651	1.39	60.80	60.80	0.20	0.60	4.00	1.385	.258	-	tr	.152	tr	.312	.020
ZERRO BLANCO *	4.348	71.75	61.00	9.60	9.60	7.20	0.00	0.114	.042	-	0.10	.048	7.855	.520	.0195
CUESTA DE FIERRO*	4.348	38.49	56.00	56.00	1.50	1.30	0.20	0.054	.008	-	tr	.092	1.593	.416	7.696
ARROYO CORONA	4.167	70.60	62.80	62.60	5.00	3.50	0.40	0.60	.028	-	tr	.052	0.180	.468	0.020
CAMPONONICO*	4.348	50.00	66.80	66.80	8.40	1.10	0.30	0.066	.034	-	-	.112	0.610	.312	0.290
HACHITA HUECA*	4.124	81.68	56.40	55.20	16.40	8.10	1.00	.002	.002	-	.50	.186	5.09	.520	1.243
SAN MARCOS*	4.848	32.97	61.60	61.30	2.00	2.00	0.40	0.004	.032	-	tr	.010	0.180	.416	1.332
CHINOVERACHI*	3.708	54.81	41.20	41.20	10.60	17.90	0.00	0.008	.004	-	0.20	.046	2.460	.416	0.088
EL CHORO*	3.636	5.50	44.00	43.80	0.40	21.40	0.60	0.022	.020	-	1.75	1.144	0.289	.416	1.983
EL PERDIDO*	4.651	82.84	63.00	62.80	12.00	3.20	0.90	0.022	.004	-	1.30	.090	1.044	.520	0.710
EL VOLCAN**	4.762	37.63	65.70	65.49	4.30	2.60	1.00	0.066	.002	-	0.50	0.904	tr	0.728	0.006
SAN PASCUAL***	4.167	52.92	52.80	52.60	5.40	7.85	0.00	0.006	.004	-	1.15	0.086	7.819	.520	0.053
SAN MIGUELITO	5.000	91.65	70.00	69.80	16.60	1.40	0.40	0.026	tr	-	tr	.130	.217	.728	0.260

*Fierro en skarn

** Fierro en rocas volcánicas subaéreas

*** Fierro Vulcanosedimentario

*Fuente: La Perla Minas de Fierro, S.A.

Laboratorio Metalúrgico (1983)

cesos deutéricos hidrotermales. En San Miguelito el mineral es esencialmente magnetita mientras que en la Lezna y El Cóbota es -- abundante hematita amorfa y especular. San Miguelito tiene bajos- azufre (0.026% y fósforo (0.130) y se carece de datos sobre los - otros. El Yacimiento mencionado al principio, es de primer orden- mientras que los otros dos son de poco interés económico.

VI.- RESERVAS Y LEYES.

Para estimar las reservas potenciales o inferidas y clasificadas adecuadamente, se siguió el criterio establecido por el Servicio Geológico de los Estados Unidos de Norteamérica (U.S. Geological Survey), traducción del cual se anexa al final del texto para aclarar cualquier duda que pudiera surgir.

El cálculo del tonelaje se realizó tomando el largo y ancho de los afloramientos y extrapolando hacia la profundidad, una dimensión igual a la tercera parte del largo. El volumen obtenido se multiplicó por la densidad determinada para cada yacimiento. - La única excepción fue la del depósito San Miguelito donde se consideró una profundidad igual a una quinceava parte del largo, considerando que éste es muy extenso.

Los depósitos de mayor tonelaje son: El Volcán, San Miguelito, San Marcos y Cuesta de Fierro.

Las tablas IV y V que aparecen a continuación registran: Tabla IV las reservas documentadas por el Consejo de Recursos Minerales en 1977 y Tabla V las reservas que resultaron sumando a las anteriores las contabilizadas en el trabajo de la Dirección de Minería, Geología y Energéticos.

TABLA IV: RESERVAS DE MINERAL DE FIERRO EN MILES DE TONELADAS

YACIMIENTO	TONS.POSITIVAS	TONS.PROBABLES	TONS.POSIBLES	TOTAL
YACIMIENTOS DE 5 a 10 MILLONES				
El Volcán	3,533	3 933	3 306	10 772
YACIMIENTOS MENORES DE 1 MILLON				
Hachita Hueca	100	1 000		1 100
El Chorro		8		8
Mazocahui		100		100
Arroyo Coronado		100		100
Cuesta de Fierro		100		100
San Miguel				
San Pascual	25			25
TOTAL	125	1 308		1 433
GRAN TOTAL:	3 658	5 241	3 306	12 205

Fuente: Pesquera et al. (1977)

YACIMIENTO	RESERVAS	TIPO DE RESERVAS	TIPO DE MINERAL	LEY PROMEDIO Fe
Caracahui	172 500	Inferidas	Hematita-magnetita	61%
Cerro Blanco	322 500	Inferidas	Magnetita-hematita goethita	61%
Cuesta de Fierro	860 000	Inferidas	Magnetita-hematita	56%
Arroyo Coronado	500 000	Inferidas	Magnetita-hematita pirita	62%
Campodónico	5 000	Inferidas	Magnetita-hematita	67%
Hachita Hueca	492 000	Inferidas	Magnetita	56%
San Pascual	9 000	Inferidas	Magnetita-hematita	52%
San Marcos	5 000 000	Inferidas	Magnetita-hematita	62%
Chinoverachi	1 500 000	Inferidas	Hematita-magnetita	42%
El Choro	100 000	Inferidas	Goethita-hematita	44%
San Miguelito	10 000 000	Inferidas	Magnetita	70%
El Perdido	400 000	Inferidas	Magnetita-hematita	63%
La Lezna y El Cóbota	5 000	Inferidas	Hematita-magnetita	35%
El Volcán	10 650 437	Medidas	Magnetita-hematita	65%

TOTALES: 30 016 437

RESERVAS INFERIDAS: 19 366 000

RESERVAS MEDIDAS: 10 650 437

TABLA V : Reservas de mineral de fierro en Sonora

VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

EL SABER DE NIÑITOS
HA LA SU GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

1.- En Sonora se han detectado hasta la fecha 14 depósitos - de fierro cuya magnitud real (salvo en un caso) se desconoce.

2.- Los anteriores se engloban en 4 diferentes tipos de depósitos:

- a) Yacimiento de fierro en skarn
- b) Yacimientos de fierro en rocas volcánicas de depósito subaéreo
- c) Yacimientos de fierro vulcanosedimentario
- d) Yacimientos de fierro en vetas dentro de rocas intrusivas.

3.- No se desecha la relación espacial de los yacimientos de fierro en skarn con los de fierro en vetas dentro de rocas intrusivas.

4.- Sólo se consideran de interés para explorarse en Sonora, los skarns y el fierro en rocas volcánicas subaéreas.

5.- Existen un total de reservas medidas (probadas, probables y posibles) de 10.650437 millones de toneladas en el yacimiento El Volcán cerca de Rosario de Tesopaco.

6.- Existen un total de reservas inferidas de 19.366 millones de toneladas de mineral, a comprobarse con estudios posteriores.

7.- La calidad del mineral de fierro del yacimiento El Volcán no es apropiada para un proceso siderúrgico de tipo alto horno, debido a su alto contenido de fósforo, sería necesario para su tratamiento el método de reducción directa o tecnología de plasmas.

8.- Los yacimientos más prometedores para efectuar exploración en lo inmediato son: Cuesta de Fierro, San Marcos, San Miguelito y El Volcán-Palo Blanco.

9.- Se recomiendan trabajos de geología superficial detallada y magnetometría terrestre con el objeto de definir lugares para exploración directa con barrenos de diamante.

10.- Se recomienda al mismo tiempo, hacer estudios de viabilidad para una planta concentradora de mineral de fierro o para -- una pequeña siderúrgica piloto con tecnología apropiada.

VIII.- BIBLIOGRAFIA.

- ANDERSON, T., SILVER, L., SALAS, G., 1977, Metamorphic Core Complexes on the Southern Part of the North America Cordillera, Northwestern Mexico; Geological Society of America, Abstract with Programs, - Vol. 9, No. 7, p. 881.
- BURT, D. Y PETERSEN, V. 1974, Características Generales de los Yacimientos en Skarn: Bol. Soc. Geol. del Perú, T. XLIV, pp.42-79.
- CALIENES, L., 1981, Proyecto Gochico, Geología del Yacimiento Mineral El Carrizo, Alamos, Sonora; Servicios Industriales Peñoles: Memoria XIV de la Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, pp. 14-73.
- CAMIMEX, 1981, Grupo de Productores de Minerales Sidedúrgicos: Revista de la Cámara Minera de México, Mayo-Junio, Vol. IV, No. 3, p.32.
- FLORES, T., 1951, Geología, Génesis y condiciones Estructurales de los yacimientos de Fierro en México: Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales, Bol. No. 29,30 p.
- FRUTOS, J. Y OYARZUN, J., 1975, Tectonic and Geochemical Evidence- Concerning the genesis of El Laco Magnetite - Lava Flow Deposits, Chile: Economic Geology, - Vol. 70, No. 5, p. 988.
- GOMEZ, D., 1961, Inventario de los Yacimientos Ferríferos de México: Consejo de Recursos Naturales No Renovables, Pub. 3 E, pp. 9-29.
- HERNANDEZ, J., 1981, Informe de Exploración Geológica por Fierro - en el Area Chinoverachi, Municipio de Bacanora, Sonora: Consejo de Recursos Minerales, Residencia Hermosillo, 10 p.
- HEWETT, T. 1978, Geology of the Cerro La Zacateca Area Sonora, México: Thesis of Master of Science, University

of Northern Arizona, pp. 11-40.

- HIMANGA, J., 1977, Geology of the Sierra Chiltepin, Sonora, México: Thesis of Master of Science University of Northern Arizona, pp. 19-42.
- JENSEN, M., BATEMAN, A., 1981, Economic Mineral Deposits, pp. 81-93.
- KING, R., 1939, Geological Reconnaissance in Northern Sierra Madre Occidental of México: Bull. Geol. Soc. Amer. - Vol. 50, No. 11, pp. 1625-1722.
- LONG, J., 1956, Magnetometer Survey and Geologic Examination of the Volcanic Iron Deposits, Sonora, México, Inédito, pp. 1-10.
- LYONS, J., 1975, Chupaderos Caldera and Associated Volcanogenic - - Iron Deposits, Durango, México: Thesis of Master of Arts, University of Texas at Austin, -- 119 p.
- MORALES, M., 1982, Geología Regional de las Areas de Santa Ana y la Ciénega con Enfasis en la Estratigrafía y la Estructura; Tesis Profesional, Universidad de Sonora, Inédita, 98 p.
- PEABODY, C., 1979, Geology and Petrology of a Tungsten Skarn: El -- Jaralito, Baciácora, Sonora, México: Thesis of Master o Science, Stanford University, pp. - - 26-41.
- PEREZ, E., 1982 Zoneografía, Paragénesis y Origen de los Yacimientos de Fierro del Lote El Hundido: Preparado - para Altos Hornos de México, S. A., Hermosillo Sonora, Junio, p. 19.
- PESQUERA, R., CARBONELL, M. ALMANZA, E., GUILLEN, J. Y DEPTO DE CARTOGRAFIA, 1977, Reservas y Ubicación de los Yacimientos de Mineral de Fierro en México: Geomimet, 3a. época Sept./Oct. 1979, No. 101, pp. 39-86.
- PRADO, E., 1971, Exploración Geofísica de un cuerpo de Hierro en -- Hércules, Coahuila: Reporte de Minera del Norte, S. A., Universidad Hércules, Agosto.

- RAMIREZ, S., 1884, La Riqueza Minera de México: Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, Edición Especial, México, 107 p.
- SATO, T., 1977, Los Sulfuros Masivos Volcanogenéticos, Su Metalogénia y clasificación: Depto. de Geología, - Universidad de Sonora, Publicación No. 1 - - Mayo 54 p.
- SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO, 1981, Atlas Nacional -- del Medio Físico, pp.136-137.
- STANTON, R., 1972, Ore Petrology: Mc Graw-Hill Boock Company, New York, 713 p.
- TORON, L., ESTEVE, A., 1947, Estudio de los Yacimientos Ferrife-- ros de México: Investigaciones Industriales-- del Banco de México.
- U. S. BUREAU OF MINES, 1981, Mineral Commodity Summaries, 1981, - pp. 184-187.
- VAZQUEZ, A., 1975, Economic Geology of the Alamos Mining District, Sonora, México: Thesis of Master of Science, University of Arizona, pp. 31-45.

40

PRINCIPIOS DE UNA CLASIFICACION DE RECURSOS/RESERVAS
MINERALES.

Por: el U. S. Bureau of Mines y el U. S. Geological
Survey.

INTRODUCCION:

A través de los años, geólogos, ingenieros mineros y otros - relacionados con el campo de los minerales han usado varios térmi- nos para describir y clasificar los recursos minerales, los cua- les están definidos aquí, incluyendo materiales energéticos. Algu- nos de estos términos tienen un amplio uso y aceptación, sin em- bargo, éstos no se usan algunas veces con el mismo significado. - Los miembros del U. S. Bureau of Mines y el U. S. Geological Sur- vey colectaron información de la calidad y cantidad de todos los- recursos minerales, pero desde diferentes perspectivas y propósi- tos. En 1976, un cuerpo administrativo de miembros de ambas agen- cias desarrolló una clasificación común y una nomenclatura. Esta- fué publicada en el U. S. Geological Survey Bulletin 1450-A-"Prin- cipios de los Sistemas de clasificación de los recursos minerales del U. S. Bureau of Mines y el U. S. Geological Survey. Experien- cias con este sistema de clasificación mostraron que algunos cam- bios eran necesarios para hacerla más manejable en la práctica y- más útil en proyectos a largo plazo. Entonces representantes del- Geological Survey y del U. S. Bureau of Mines colaboraron en la - revisión del Boletín 1450-A.

Los proyectos públicos a largo plazo deben estar basados en la probabilidad de descubrir nuevos depósitos; en el desarrollo - de procesos de extracción económicas para depósitos comunes inex- plotables y en conocer cuales recursos son disponibles inmediata- mente. Así los recursos deben ser continuamente calculados en la- luz de los nuevos conocimientos geológicos, de progresos en la - Ciencia y tecnología y cambios en las condiciones económicas y - políticas. Para mejor servicio este plan clasifica los recursos- en dos tipos: 1.- Geología pura o características físico-quími- cas con grado, calidad, tonelaje, espesor y profundidad del mate- rial en el lugar y 2.- Análisis de ganancias basado en el costo- de extracción y mercado del material en la economía de este tiem

po. El precedente constituye un importante objetivo de información científica de los recursos y de la fundación relativamente estable sobre la cual puede estar basada la última delineación económica - variable. El sistema de clasificación designado generalmente para todos los materiales minerales está expuesta gráficamente en las - figuras 1 y 2, sus componentes y usos están descritos en el texto. La clasificación de los minerales y recursos energéticos es necesariamente arbitraria, porque el criterio para definir no siempre -- coincide con su límite natural. El sistema puede ser usado para reportar el estado de los recursos minerales y combustibles de las - naciones o para áreas específicas.

DEFINICION DE RESERVAS/RECURSOS.

Una definición de diccionario de recursos, "algo en reserva- o listo si es necesario", ha sido adaptada para recursos energéticos y minerales, cubriendo todos los materiales, incluyendo aque-- llas conjeturas que existan, que tienen valor presente o futuro an- ticipado.

Recurso - Una concentración de ocurrencia natural de material sólido, líquido o gaseoso en la corteza terrestre de tal forma y - valor, que la extracción económica del producto es corriente o po- tencialmente factible.

Recurso original - La cantidad de un recurso antes de la pro- ducción.

Recursos identificados - Recursos cuya localización, grado, - calidad y cantidad son conocidos o estimados por evidencias geoló- gicas específicas. Los recursos identificados incluyen los compo-- nentes económicos, marginales y subeconómicos. Para reflejar varios grados geológicos estas divisiones económicas pueden ser subdividi- das en: medidas, indicadas e inferidas.

1).- Demostradas.- Un término para la suma de medidas indica- das - La Cantidad es calculada de sus dimensiones reveladas: a) Me

dida en afloramientos, trincheras, trabajos o sondeos; el grado y/o calidad, son calculados a partir de los resultados de un muestreo - detallado. Los sitios para inspección, muestreo y medición están espaciados tan cerca y el carácter geológico está tan bien definido - que el tamaño, forma, profundidad y contenido de los recursos minerales están bien establecidos.

b) Indicadas.- Cantidad, grado y/o calidad, son registrados - de información similar a la usada para los recursos medidos, pero - los sitios para inspección, muestreo y medida, están aparte o de otra manera más espaciados. El grado de seguridad, aunque inferior - al de los recursos medidos es suficientemente alto como para suponer continuidad entre puntos de observación.

2.- Inferidos - Los cálculos están basados en una continuidad supuesta más allá de los recursos medidos y/o indicados, para los -- que existe evidencia geológica, los recursos inferidos pueden ser - comprobados o no, por muestras o medidas.

Reserva base - Aquella parte de un recurso identificado que - encuentra criterios físicos y químicos mínimos especificados relacionados a la minería corriente y a las prácticas de producción incluyendo aquellos para grado, calidad espesor y profundidad. La reserva base es el recurso demostrado "in-situ (medido + indicado) -- del cual se calculan las reservas. Puede comprender las partes de - los recursos que tienen un potencial razonable para convertirse en económicamente disponibles dentro de los horizontales de planeación más allá de los que suponen tecnología aprobada y economía corriente. La reserva base incluye los recursos que son corrientemente - - económicos (reservas) marginalmente económicos (reservas marginales) y algunos de los que son corrientemente sub-económicos (recursos -- subeconómicos). El término "reserva geológica ha sido aplicado por algunos para referirse a la categoría de reserva base, pero también puede incluir la categoría de reserva base inferida, no es parte de este sistema de clasificación.

Reserva base inferida - La parte "in-situ" de un recursos - identificado del cual se calculan las reservas inferidas. Los cálculos cuantitativos están basados principalmente en el conocimiento de las características geológicas de un depósito para el que - tal vez no haya mediciones, ni muestreos. Los cálculos están basados en una continuidad supuesta más allá de la reserva base la -- cual existe evidencia geológica.

Reserva - Aquella parte de la reserva base que podrían ser-económicamente extraídos o producidos al tiempo de determinación. El término reservas, no necesariamente significa que las facilidades de extracción están "in-situ" y que son operables. Las reservas incluyen únicamente materiales recuperables; así términos tales como "reservas extraíbles" y "reservas recuperables" son redundantes y no forman parte de este sistema de clasificación.

Reservas Marginales - Aquella parte de la reserva base que al tiempo de la determinación, las fronteras son económicamente - productores. Su característica esencial es su incertidumbre económica. Incluidos están los recursos que podrían ser productos dados los cambios postulados en los factores económicos o tecnológicos.

Económico - Este término implica que la extracción o producción lucrativa bajo suposiciones definidas ha sido establecida, - analíticamente demostrada o supuesta con certidumbre razonable.

Recursos subeconómicos - La parte de los recursos identificados que no encuentran los criterios económicos de reserva y reservas marginales.

Recursos no descubiertos - Son los recursos cuya existencia únicamente se postula, comprendiendo los depósitos que están separados de los recursos identificados. Los recursos no descubiertos pueden postularse en depósitos de tal grado y localización física que los haga económicos, marginalmente económicos o subeconómicos para reflejar los grados de variación de la certidumbre geológica, los recursos no descubiertos pueden dividirse en dos partes: Re--

cursos Hipotéticos y Recursos especulativos.

1.- Recursos hipotéticos - Son los recursos no descubiertos que son similares a los cuerpos minerales conocidos y que razonablemente puede esperarse que existan en el mismo distrito productor o región bajo condiciones geológicas análogas. Si la exploración confirma su existencia y revela suficiente información acerca de su calidad, grado y cantidad, serán reclasificados como recursos identificados.

2.- Recursos especulativos - Son los recursos no descubiertos que pueden ocurrir ya sea en tipos de depósitos conocidos en ambientes geológicos favorables donde no se han hecho descubrimientos minerales o en tipos de depósitos todavía no reconocidos por su potencial económico. Si la exploración confirma su existencia y revela suficiente información acerca de su calidad, grado y cantidad, serán reclasificados como recursos identificados.

Recursos/reservas restringidas - Aquella parte de cualquier categoría de recursos/reserva que está restringida de extracción por leyes o regulaciones por ejemplo, las reservas restringidas en cuentan todos los requisitos de reservas, excepto los que están restringidos de extracción por leyes o regulaciones.

GUIA PARA LA CLASIFICACION DE LOS RECURSOS MINERALES.

1.- Todos los metales, no metales y combustibles fósiles que ocurren naturalmente en suficiente concentración pueden clasificarse en una o más de las categorías.

2.- Donde el término reserva, se use solo, sin un adjetivo que lo modifique como: indicado, marginal o inferido debe considerarse sinónimo con la categoría económica -demostrada, como se muestra en la figura 1.

3.- Las definiciones de categorías de recursos pueden modificarse por comodidad particular, para estar de acuerdo con el uso

aceptado que involucra características geológicas e ingenieriles-especiales. Tales definiciones modificadas para comodidades particulares serán dadas en publicaciones de Gobierno por venir.

4.- Las cantidades, calidades y grados pueden expresarse en términos y unidades diferentes, para propósitos diferentes, pero el uso debe ser claramente establecido y definido.

5.- El área geográfica a la cual se refiere cualquier cálculo de recurso reserva debe estar definida.

6.- Todos los cálculos deben mostrar una fecha y un autor.

7.- La reserva base es una categoría de recursos delineada por criterios físicos y químicos. Un propósito principal para el reconocimiento y evaluación es ayudar en proyectos comerciales y públicos de largo rango para la mayoría de los productores minerales, los diferentes grados de tonelaje u otros parámetros de recursos apropiados pueden especificarse para cualquier depósito o área dada, o para la nación, dependiendo de los objetivos específicos de los calculadores; entonces la posición de límite inferior de la reserva base que se extiende a la categoría subeconómica, es variable, dependiendo de estos objetivos. La intención es definir una cantidad de material "in-situ" que pueda convertirse en cualquier parte, en económico dependiendo de los planes de extracciones y sus posiciones económicas, finalmente usadas. Cuando se determinen estos criterios, el cálculo inicial de la reserva base será dividida en tres partes: reservas, reservas marginales y un remanente de los recursos subeconómicos. Para los propósitos del Impuesto Federal de productos, los criterios para las reservas base serán establecidas para cada producto.

8.- Los recursos no descubiertos pueden dividirse de acuerdo a las definiciones de recursos hipotéticos y especulativos", o pueden dividirse en términos de probabilidad relativa de ocurrencia.

