

2ij 4

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



ESTUDIO DE GEOLOGIA SUPERFICIAL CON ALGUNOS COMENTARIOS  
GEOFISICOS, OBTENIDOS DE LA EXPLORACION DE HIERRO,  
EN EL PROSPECTO EL CUATRO, MUNICIPIO DE  
JULIMES, CHIH.

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO GEOLOGO

P R E S E N T A

GUILLERMO SILVANO AVILA CARRILLO



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# I N D I C E

	Págs.
RESUMEN . . . . .	1
I.- INTRODUCCION . . . . .	3
II.- DATOS GENERALES . . . . .	4
A. AGRADECIMIENTOS . . . . .	4
B. TRABAJOS PREVIOS . . . . .	5
C. TIPO DE TRABAJO . . . . .	7
CH. ANTECEDENTES GEOLOGICOS Y GEOFISICOS QUE JUSTIFICAN LOS TRABAJOS . . . . .	7
D. OBJETIVOS DEL ESTUDIO . . . . .	8
E. PROVINCIA GEOLOGICA . . . . .	9
F. AREA . . . . .	9
III.- GEOGRAFIA DEL AREA . . . . .	9
A. ESTADO . . . . .	9
B. MUNICIPIO . . . . .	9
C. LOCALIZACION APROXIMADA (Plano T.P.-GAC-1, Plano de localización del área estudiada). . . . .	9
CH. FISIOGRAFIA . . . . .	10
D. CLIMA, FLORA Y FAUNA . . . . .	12
a) Clima . . . . .	12
b) Flora y Fauna . . . . .	12
E. CENTROS DE POBLACION Y VIAS DE COMUNICA- CION . . . . .	13
IV.- GEOLOGIA (Planos T.P.-GAC-2 y T.P.-GAC-3, Plano geológico del área estudiada, con cur- vas de nivel a cada 25 m y perfil geológi- co I del área estudiada) . . . . .	15
A. PROCEDIMIENTO DE CAMPO . . . . .	15
B. PROCEDIMIENTO DE GABINETE . . . . .	16
C. GENERALIDADES . . . . .	16
CH. ESTRATIGRAFIA . . . . .	18

	Págs.
CRETACICO . . . . .	19
FORMACION CUCHILLO . . . . .	19
a) Definición . . . . .	19
b) Distribución . . . . .	20
c) Litología y espesor . . . . .	20
ch) Relaciones Estratigráficas . . . . .	22
d) Edad y correlación . . . . .	22
e) Ambiente de depósito . . . . .	23
FORMACION LOMA DE PLATA . . . . .	24
a) Definición . . . . .	24
b) Distribución . . . . .	24
c) Litología y espesor . . . . .	25
ch) Relaciones estratigráficas . . . . .	26
d) Edad y correlación . . . . .	27
e) Ambiente de depósito . . . . .	27
FORMACION OJINAGA . . . . .	28
a) Definición . . . . .	28
b) Distribución . . . . .	28
c) Litología y espesor . . . . .	28
ch) Relaciones estratigráficas . . . . .	29
d) Edad y correlación . . . . .	30
e) Ambiente de depósito . . . . .	30
CUATERNARIO . . . . .	30
GRAVAS DE PLANICIE DE INUNDACION . . . . .	30
DEPOSITOS DE TALUD . . . . .	31
DEPOSITOS ALUVIALES Y SUELOS VEGETALES . . . . .	31
ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS . . . . .	32
a) Rocas ígneas intrusivas . . . . .	32
b) Rocas ígneas extrusivas . . . . .	33
1. Tobas riolíticas piroconsolidadas desvitrificadas . . . . .	34

	Págs.
2. Vitrófiros riolíticos . . . . .	35
3. Rocas riolíticas . . . . .	38
4. Brechas volcánicas riolíticas . . . . .	39
c) Rocas metamórficas . . . . .	39
Skarn . . . . .	39
D. GEOLOGIA ESTRUCTURAL (Plano T.P.-GAC-3, Perfiles geológicos del área estudiada). . . . .	41
a) Descripción de las estructuras . . . . .	41
1. Flanco noreste del Anticlinal El Mirador . . . . .	41
2. Intrusivo granítico El Brillante . . . . .	42
3. Rocas riolíticas Cordón Cen-- tral - Los Leones . . . . .	43
4. Rocas riolíticas de la Sierra del Pico Duro . . . . .	45
5. Flanco sur del Anticlinal El No lasco . . . . .	45
E. TECTONICA . . . . .	46
F. GEOLOGIA HISTORICA . . . . .	48
G. MINERALIZACION FERRIFERA . . . . .	50
a) Ambientes de mineralización ferrí fera observados en la región de estudio . . . . .	50
1. Mineralización en granito . . . . .	50
2. Mineralización en skarn . . . . .	51
3. Mineralización en calizas . . . . .	52
4. Mineralización en tobas riolíti cas piroconsolidadas desvitri ficas . . . . .	53
5. Mineralización en rocas riolí ticas. . . . .	54
6. Mineralización en brechas volcá nicas riolíticas . . . . .	54
b) Tipos de alteración encontrados en la región de estudio . . . . .	55

1. Oxidación . . . . .	55
2. Argilitización . . . . .	56
3. Silicificación . . . . .	57
4. Carbonatación . . . . .	57
c) Control de la mineralización . . . . .	58
ch) Génesis de la mineralización . . . . .	58
V.- RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ESTUDIOS DE DENSIDAD Y SUSCEPTIBILIDAD MAGNETICA . . . . .	61
VI.- GRAVIMETRIA . . . . .	63
1. Máximo El Mirador . . . . .	64
2. Mínimo La Mimbrosa . . . . .	65
3. Máximo Pico Duro Poniente . . . . .	65
4. Máximo El Nolasco . . . . .	66
VII.- MAGNETOMETRIA . . . . .	66
1. Máximo Arroyo El Mirador . . . . .	67
2. Mínimo La Mimbrosa . . . . .	67
3. Mínimo El Nolasco . . . . .	68
VIII.- CARACTERISTICAS GEOLOGICAS Y GEOFISICAS DE AREAS ANOMALAS CON MANIFESTACION FERRIFERA . . . . .	68
A. LOCALIDADES FERRIFERAS . . . . .	68
a) Características geológicas . . . . .	69
b) Características geofísicas . . . . .	70
B. ZONAS GEOFISICAMENTE ANOMALAS SIN MANIFESTACION FERRIFERA SUPERFICIAL . . . . .	70
a) Características geológicas . . . . .	70
b) Características geofísicas . . . . .	70
IX.- ANALISIS DE UNA ANOMALIA GEOFISICA CON CALCULO DE MAXIMA PROFUNDIDAD DE UN POSIBLE CUERPO FERRIFERO SEPULTADO . . . . .	71
A. GENERALIDADES . . . . .	72
B. BREVE DESCRIPCION DE LOS METODOS EMPLEADOS . . . . .	72
a) Skeels (gravimetría) . . . . .	72

	Págs.
b) Parker Gay (magnetometría) . . . . .	73
C. DESCRIPCION DE UNA ANOMALIA PREVIAMENTE SELECCIONADA PARA EFECTUAR SU ANALISIS GEOLOGICO - GEOFISICO . . . . .	74
a) Características gravimétricas (Plano Anomalía Residual Gravimétrica y per files gravimétricos I-I' a IV-IV') . . . . .	74
b) Características magnetométricas (Pla no Anomalía Residual de Intensidad Total del Campo Magnético y perfiles magnetométricos I-I' a V-V') . . . . .	76
c) Características geológicas . . . . .	76
ch) Interpretación (perfil geológico del cuerpo ferrífero interpretado) . . . . .	77
d) Resumen de datos del cuerpo fuente ferrífero interpretado por gravime tría, magnetometría y geología . . . . .	79
X.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . .	81
A. GEOLOGICAS . . . . .	81
B. GRAVIMETRICAS . . . . .	84
C. MAGNETOMETRICAS . . . . .	86
CH. ELECTRICAS . . . . .	87
D. MODELAJE . . . . .	88
E. OTRAS RECOMENDACIONES . . . . .	89
BIBLIOGRAFIA . . . . .	al final del texto
TABLAS:	
TABLAS A y B QUE MUESTRAN LOS VALORES DE LA DENSIDAD Y SUSCEPTIBILIDAD MAGNETICA DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ROCA (INCLUYE MINERAL DE HIERRO) ENCONTRADOS EN LA REGION DE ESTUDIO . . . . .	entre págs. 61 y 62 .62 y 63
GRAFICAS:	
PERFILES GRAVIMETRICOS, MAGNETOMETRICOS Y GEOLOGICO CON INTERPRETACION, DE UN POSIBLE CUERPO FUENTE FERRIFERO SEPULTADO . . . . .	entre págs. .74 y 78
ANEXOS:	
APENDICE DE ESTUDIOS MACROPALEONTOLOGICOS . . . . .	al final del texto

	Págs.
APENDICE DE ESTUDIOS MICROPALEONTOLOGICOS . . . . .	al final del texto
APENDICE DE ESTUDIOS PETROGRAFICOS Y MINERAGRAFICOS . . . . .	al final del texto
APENDICE DE ESTUDIOS GEOCRONOMETRICOS . . . . .	al final del texto
APENDICE DE ANALISIS QUIMICOS . . . . .	al final del texto
APENDICE DE ESTUDIOS DE DENSIDAD Y SUSCEPTIBILIDAD MAGNETICA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ROCA (INCLUYE MINERAL DE HIERRO) ENCONTRADOS EN LA REGION DE ESTUDIO . . . . .	al final del texto

PLANOS:

PLANO DE LOCALIZACION DEL AREA ESTUDIADA (Plano T.P.-GAC-1) ESCALA 1:250 000 . . . . .	entre págs. 9 y 10
PLANO GEOLOGICO DEL AREA ESTUDIADA, CON CURVAS DE NIVEL A CADA 25 m (Plano T.P. GAC-2), ESCALA 1: 10 000 . . . . .	en bolsa al final del texto
PERFIL GEOLOGICO I DEL AREA ESTUDIADA (Plano T.P.-GAC-3) ESCALA 1: 20 000 . . . . .	en bolsa al final del texto
PLANO ANOMALIA RESIDUAL GRAVIMETRICA (Plano T.P.-GAC-4), ESCALA 1: 2 500 . . . . .	entre págs. 74 y 75
PLANO ANOMALIA RESIDUAL DE INTENSIDAD TOTAL DEL CAMPO MAGNETICO (Plano T.P. GAC-5), ESCALA 1: 2 500 . . . . .	entre págs. 76 y 77
PERFIL GEOLOGICO DEL CUERPO FERRIFERO INTERPRETADO (Plano T.P. -GAC-6) ESCALA 1: 5 000 . . . . .	entre págs. 77 y 78

ESTUDIO DE GEOLOGIA SUPERFICIAL, CON ALGUNOS COMENTARIOS GEOFÍSICOS OBTENIDOS DE LA EXPLORACION POR MINERALES DE HIERRO EN EL PROSPECTO EL CUATRO, MUNICIPIO DE JULIMES, CHIHUAHUA.

RESUMEN

El presente estudio es el resultado de los trabajos de detalle geofísico y geología superficial, que se efectuaron en una región de la parte centro-oriental del Estado de Chihuahua, a 61 km al NE de Julimes y dentro de los ranchos ganaderos El Cuatro (antes Bella Vista), Trincheras, Las Palmeras y El Anteojo. Se sitúa entre los paralelos  $28^{\circ} 39'$  y  $28^{\circ} 47'$  de Latitud Norte y los meridianos  $104^{\circ} 50'$  y  $104^{\circ} 57'$  de Longitud al Oeste del Meridiano de Greenwich. El área total que cubre la zona estudiada es de  $75.8 \text{ km}^2$ ; una parte queda comprendida en la Hoja Chilicote (H13-D51) y el resto en la Hoja Charco de Peña (H13-D61) editadas por Detenal, o en las Hojas 38-17 y 38-18 de PEMEX.

Los estudios realizados fueron enfocados específicamente, a la búsqueda en forma directa y/o indirecta, de minerales de hierro de la zona estudiada. Para la búsqueda en forma directa, se hizo necesario el levantamiento de la geología de la región y el adiestramiento de grupos gambusinos para la localización de afloramientos de minerales de hierro. En tanto que para la búsqueda en forma indirecta, los levantamientos geofísicos (gravimetría y magnetometría) fueron de primordial importancia para detectar anomalías atribuibles a posibles cuerpos ferríferos sepultados, y en general, a tener un mejor conocimiento sobre el comportamiento del subsuelo de la zona estudiada.

Se realizaron los levantamientos planimétricos necesarios para el desarrollo de las operaciones geológicas y geofísicas en la región de estudio, con un tendido de líneas equidistantes, con intervalos de 100 m, y con una orientación SW-NE, en las cuales se colocaron estacas cada 50 m, con objeto de hacer observaciones altimétricas, gravimétricas y magnetométricas. El tendido de estacas, fue también utilizado en los levantamientos geológicos.

La región estudiada, queda en la margen oriental de la Cuenca de Chihuahua, lugar donde se depositaron alrededor de 6 000 m de rocas sedimentarias marinas durante la transgresión del mesozoico, las cuales mas tarde fueron plegadas y falladas durante la Orogenia Laramide, con empujes principales de SW a NE.

Posterior a los efectos de la Revolución Laramide, aconteció un periodo de acomodamiento por fallas normales de gravedad, causando en el Oligoceno-Medio, una intensa actividad volcánica, cuyo material cubrió grandes extensiones del Estado de Chihuahua.

Después de un período corto de denudación en el área de estudio, una intrusión granítica que ocurrió en el Oligoceno-Tardío, afectó al paquete de rocas sedimentarias suprayacentes, convirtiendo a éstas, parcialmente, en un skarn de granate, en tanto que a las riolitas las arquea y fractura intensamente; además, algunas soluciones mineralizantes provenientes de la misma fuente granítica, encontraron medios propicios para alojarse, dando lugar a la formación de cuerpos minerales cuyo emplazamiento es casi siempre, por rellenamiento de fracturas y, en menor grado, por reemplazamiento y/o diseminación.

En el curso del desarrollo de los trabajos realizados en la zona estudiada, se observó mineralización de hierro en granito, en skarn de granate, en calizas, en riolitas, y en tobas riolíticas piroconsolidadas desvitrificadas con textura de pórfido riolítico, descubriendo que las dos últimas asociadas a un granito más joven que ellas, pueden considerarse en la región como guías litológicas, ya que allí fueron observados los afloramientos de mineral de hierro de mejor calidad.

## I.- INTRODUCCION

Parte del presente trabajo, primordialmente en lo que a geofísica se refiere, se basa en los resultados obtenidos de los levantamientos gravimétricos y magnetométricos efectuados por la compañía GEOCA, S.A., (1983), para el "Estudio de Detalle Geofísico y Geología Superficial por Minerales de Hierro, Prospecto El Cuatro, Municipio de Julimes, Estado de Chihuahua"; por lo cual, debido al carácter confidencial de esta información, solo se habla en el presente trabajo de rasgos regionales obtenidos a partir de dichos levantamientos.

Para fines de 1969, Altos Hornos de México, S. A. (AHMSA) ya había levantado la geología del lugar, localizando además zonas de oxidación y algunos reventones de mineral de Fe; pero no fué sino hasta 1974 en que se realizó el primer levantamiento magnético a cargo también de AHMSA en los sitios con posible interés económico ferrífero. En vista de las anomalías obtenidas a partir de dichos levantamientos, el Consejo de Recursos Naturales no Renovables realizó en 1976, un levantamiento aeromagnético para la compañía La Perla, Minas de Hierro, S. A. , con el fin de cubrir una amplia región y detectar

posibles anomalías de interés atribuibles a cuerpos ferríferos en y cerca de la zona aquí estudiada. Finalmente, en 1976, --- AHMSA ejecutó 15 barrenaciones de percusión en un tajo denominado El Cuatro, cortando algunos de ellos mineral de fierro de buena calidad.

De 1976 a 1980 , prácticamente se interrumpió la exploración en la región de estudio y es hasta 1980, cuando se creo - la Subgerencia de Reservas y Recursos Alternos, dependiente de PEMEX, cuando la exploración ferrífera se intensifica a nivel-nacional. Posteriormente, dicha Subgerencia desaparecería a fi nes de 1982 por la crisis económica que envolvió al país.

A principios de 1981 se inicia la exploración geológica- y geofísica del Prospecto El Cuatro a cargo de GEOCA, S. A., - en la cual el autor tuvo la oportunidad de participar en dicho proyecto; al final se obtuvieron conclusiones muy interesantes por ser un estudio que reunió varias disciplinas de las Cien-- cias de la Tierra.

## II.- DATOS GENERALES

### A. AGRADECIMIENTOS.

Agradezco en primer lugar a mis padres y en especial a - mi madre, por haberme inculcado en la senda del estudio, así - como a mi esposa, quien tuvo a bien ayudarme a mecanografiar y organizar éste trabajo.

Agradezco también, el apoyo y las facilidades prestadas- por la compañía GEOCA, S. A., y en especial al Ing. Alejandro-

Calderón sin cuya valiosa ayuda y sabios comentarios, no hubiera sido posible elaborar el presente trabajo. Asimismo, agradezco al personal técnico que laborara en la Subgerencia de Reservas y Recursos Alternos de PEMEX y en especial, al de la -- Superintendencia General de Control de Operación de Proyectos-- como son: Ing. Mario Rosello, Ing. Rodolfo Verdugo, Ing. David Himes, Ing. Romeo Garza, Ing. Juan M. Quezadas, Ing. Alfonso -- Berrios, Ing. Leobardo Gaxiola así como al Ing. José Carrillo-Bravo e Ing. Jerzayn León, que de alguna u otra manera contribuyeron en gran forma para la realización de los trabajos efectuados en la región de estudio y cuyos oportunos y atinados -- consejos sirvieron en gran medida para el que aquí escribe.

Finalmente, agradezco al Ing. Germán Arriaga por la asesoría prestada y principalmente, por la motivación dada al autor para continuar su carrera y ver plasmado en éste sencillo-trabajo la voluntad de un explorador por mejorar día con día.

#### B. TRABAJOS PREVIOS.

En 1967, Vázquez Rendón informó sobre los levantamientos del Prospecto Maijoma, donde muestra la configuración de Anomalía de Bouguer en su plano Escala 1:200 000, con curvas isoanómalas a cada 25 u.g.

En este plano queda comprendida la zona de estudio del - presente trabajo, correspondiendo los rasgos regionales bastante bien con los obtenidos por los levantamientos gravimétricos realizados por la brigada NEGRMH-3 para el Prospecto El Cuatro.

En 1969, Altos Hornos de México, S. A., elaboró un plano geológico escala 1:50 000 en base a fotos aéreas, escala - - - 1: 80 000, quedando la zona de estudio comprendida dentro de - él. Este plano muestra entre otras cosas: hidrología, geolo- - gía, rancherías y vías de comunicación.

De los informes geológicos que ha realizado Petróleos Me- xicanos en la región, dos de ellos el IGNE-1393 y el 1425 con- tienen información del área de estudio; el 1393 es muy regio- - nal y debido a las dimensiones del área estudiada no se mani- - fiesta nada sobresaliente. El único que cubre el área, es - - el 1425 "Estudio Geológico del Prospecto San Diego", realizado por el Ing. José P. Barradas Jiménez en 1975, quien presenta - entre otros, los planos geológicos Chupadero y Mimbres, que co- rresponden a las hojas atlas escala 1:50 000, con formato de - PEMEX 38-17 y 38-18

En 1976, el Consejo de Recursos Naturales no Renovables realizó un levantamiento aeromagnético para Altos Hornos de Mé- xico, S. A., en un polígono llamado La Perla, con espaciamen- to de líneas cada 1 000 m y en porciones seccionales hasta - - 500 m; la altura de vuelo sobre el terreno fué de aproximada- - mente 300 m y su configuración se hizo con un intervalo entre- curvas de 20 gamas. Los resultados de este levantamiento se va- ciaron en planos escala 1:50 000, coincidentes en dimensiones- de latitud y longitud, con los editados por DETENAL a la misma escala.

Entre otros planos presenta las hojas 3 (Chilicote) y - 8 (Charco de Peña), donde se localiza la zona estudiada

La configuración de isoanómalas del levantamiento aero- - magnético , contiene los rasgos regionales y algunos detalles-

manifestados en la configuración de los levantamientos magnetométricos terrestres, realizados por la brigada NEGRMH-3, para el Prospecto El Cuatro.

Finalmente, Altos Hornos de México efectuó en 1969, 1974 y 1976 trabajos geológicos y geofísicos y de barrenación dentro del área estudiada.

#### C. TIPO DE TRABAJO.

Aunque para el Prospecto El Cuatro se realizaron trabajos exploratorios de geofísica y geología superficial, enfocados a comprobar la potencialidad de minerales de hierro en dicha región, el presente estudio omite algunos resultados por ser de carácter confidencial la información obtenida de dicho Prospecto.

#### CH. ANTECEDENTES GEOLOGICOS Y GEOFISICOS QUE JUSTIFICAN LOS TRABAJOS.

A partir de los levantamientos geológicos realizados por Altos Hornos de México, S. A., en 1969, fueron descubiertas intensas zonas de oxidación y algunas de mineralización, dentro del área de trabajo.

Posteriormente, en 1974, verificaron ellos mismos con magnetometría terrestre, algunos de los sitios donde aflora el mineral de hierro, encontrando anomalías magnéticas de gran intensidad, lo cual motivó que en el año de 1976, barrenaran - -

parte de la anomalía de mayor intensidad, obteniendo resultados positivos puesto que cortaron mineral de hierro. Se colaron 15 barrenos de percusión con profundidades hasta de 61 m - por lo que se cubicó poco mas de 100 000 Ton de mineral de hierro con una Ley Media de 50.8% y una densidad de 4 Ton/m<sup>3</sup>.

#### D. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.

Los objetivos del presente estudio fueron los siguientes:

- 1o. Localizar por geología superficial un yacimiento ferrífero por pequeño que fuera, o en su defecto, a partir de los levantamientos geofísicos realizados en el área de trabajo, - obtener una anomalía con posible interés económico ferrífero.
- 2o. Observar la respuesta geofísica a un yacimiento localizado por geología superficial ó viceversa, analizar detenidamente la geología sobreyacente a una anomalía geofísica con posible interés económico ferrífero.
- 3o. Tener un mejor conocimiento sobre los yacimientos descubiertos para poder generalizar las condiciones geológicas y geofísicas más favorables para la localización de yacimientos ferríferos al menos en esa región y zonas circunvecinas.
- 4o. Seleccionar aquellos yacimientos susceptibles de ser explotados comercialmente en la actualidad.

E. PROVINCIA GEOLOGICA.

16 Chihuahua.

F. AREA.

La Perla.

III.- GEOGRAFIA DEL AREA

A. ESTADO.

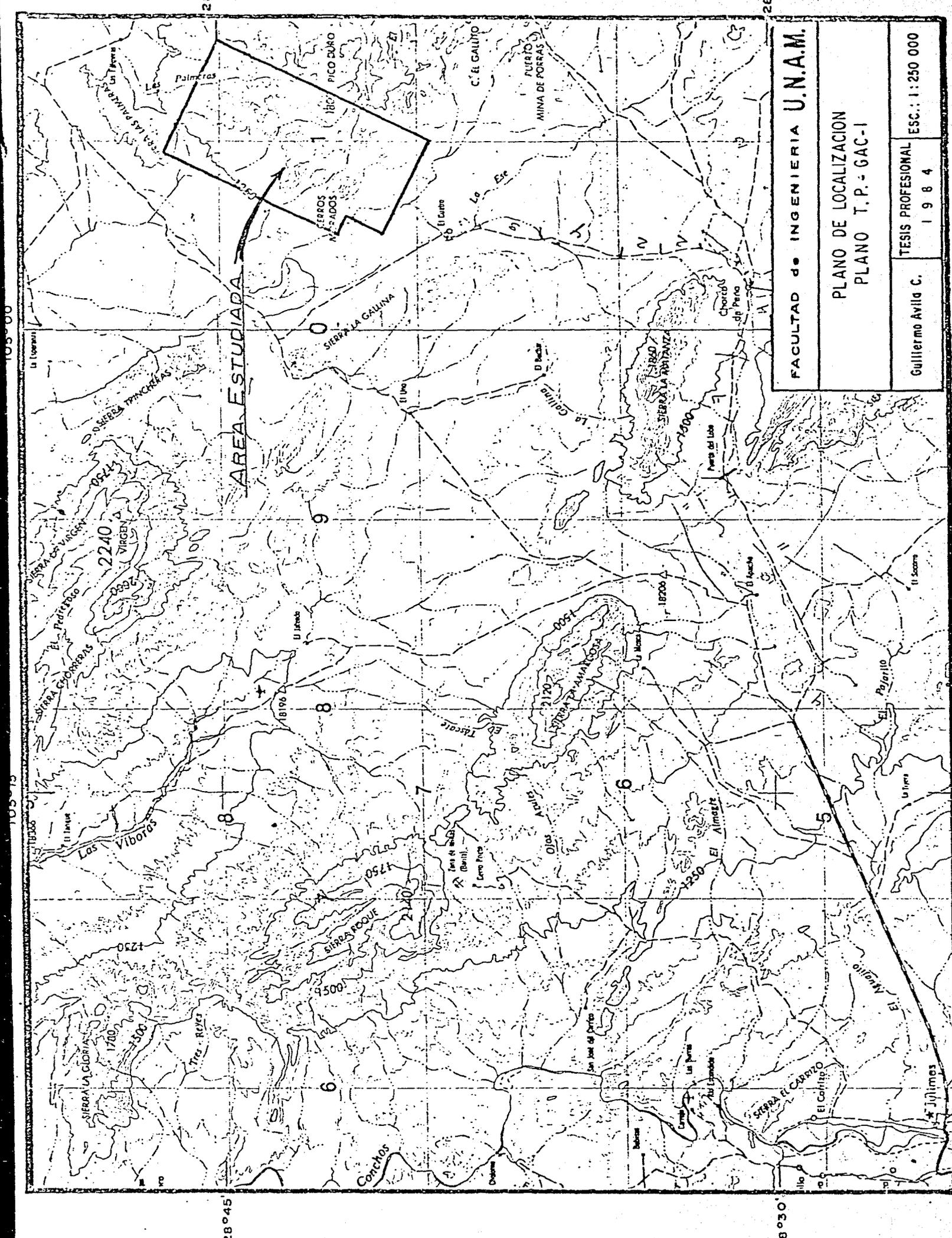
Chihuahua.

B. MUNICIPIO.

Julimes, en los limites con Manuel Benavides y Aldama.

C. LOCALIZACION APROXIMADA.

La zona estudiada se localiza en la porción centro-orien-  
tal del Estado de Chihuahua. El área que cubre dicha zona es -  
en forma general rectangular. Presenta una orientación general  
N26° 35'E y está limitada al norte por la Sierra Las Palmeras-



AREA ESTUDIADA

FACULTAD de INGENIERIA U.N.A.M.	
PLANO DE LOCALIZACION PLANO T.P.-GAC-1	
Guillermo Avila C.	TESIS PROFESIONAL 1 9 8 4
	ESC.: 1:250 000

103°80

103°73

28°45

28°50

y el rancho del mismo nombre, al sur por el rancho El Cuatro - (antes Bella Vista), al oriente por la Sierra del Pico Duro - (Sierra La Aguja) y el rancho El Anteojo y al poniente por la Sierra El Mirador y El Rancho Trincheras (ver plano T.P.-GAC - 1)

Los límites geográficos aproximados que enmarcan el área de estudio son: al norte el paralelo  $28^{\circ} 46' 30''$  de Latitud Norte, al sur el paralelo  $28^{\circ} 39' 07''$  de Latitud Norte; al oriente el meridiano  $104^{\circ} 50' 35''$  de Longitud Oeste y al poniente, el meridiano  $104^{\circ} 56' 42''$  de Longitud Oeste.

#### CH. FISIOGRAFIA.

Desde el punto de vista fisiográfico puede decirse que el área de estudio, en términos generales, se encuentra en una etapa juvenil de disección, en virtud de que las estructuras originales no han sufrido un fuerte desgaste provocado por los agentes de intemperismo y erosión, sin haber llegado esta última a su nivel base, y corresponde a una zona plegada de rocas sedimentarias marinas parcialmente erosionadas y cubiertas por riolitas y tobas ácidas e intrusionadas por un plutón que fracturó y modificó parcialmente la fisiografía.

Las sierras y lomeríos en el área de estudio están constituidas por una amplia variedad de rocas como son: calizas cretácicas plegadas, skarn de granate, granito y rocas riolíticas, mientras que en los valles existen tobas riolíticas piroconsolidadas desvitrificadas, gravas de planicie de inundación, depósitos aluviales y suelos vegetales.

El área de estudio es, en términos generales, más baja - hacia el norte que hacia el sur, y la topografía se hace más - accidentada de poniente a oriente. Los valles presentan una al titud media de aproximadamente 1 300 m, en tanto que la de las sierras alcanza hasta 1 800 m, como es el caso de la prominencia más alta en la región, constituida por el Cerro Pico Duro.

Las sierras presentan orientaciones preferenciales en -- sentido NW-SE (El Mirador y El Brillante), SW-NE (Cordón Central, La Calosa y Los Leones), N-S (Pico Duro) y E-W (El Nolasco y Las Palmeras), y los espacios existentes entre sierra y - sierra son ocupados por pequeños valles, los cuales presentan orientaciones similares a las antes mencionadas.

No existen en la región ríos de importancia ni de flujo- constante, pero si un sinnúmero de arroyos que en época de lluvias alimentan a presones para el aguaje del ganado, retenien- do algunos de ellos una buena cantidad de agua.

Entre los principales arroyos colectores se encuentran:- Agua Puerca, El Mirador y La Mimbrosa, que drenan con dire---- cción SE-NW hacia el río Conchos. En la porción norte, existen arroyos de menor importancia que drenan hacia el norte, hacia- una cuenca endorréica constituida por la Laguna Los Juncos, en donde parte del agua acumulada se percola y otra sufre fuertes evaporaciones en el estiaje.

Debido a la morfología del área estudiada, el drenaje de las sierras es preferentemente dendrítico, y en menores ocasiones radial y/o rectangular.

D. CLIMA, FLORA Y FAUNA.

a) Clima.

Según la clasificación de climas de Köppen modificada -- por E. García, la región presenta un clima desértico extremo-- so, con invierno fresco y un régimen de lluvias en verano, en el que el mes más húmedo de la mitad caliente del año, es 10 - veces mayor al más seco, y con un porcentaje de lluvia inver-- nal entre 5 y 10.2 de la total anual: es de tipo BWhW (e') --- (1970, Carta de Climas 13 R-W, Ojinaga, Chih. Esc. 1:500 000 , publicada por el Instituto de Geografía, U. N. A. M.)

Durante el tiempo de estancia en esa región se observó - en el área de estudio un clima de tipo semidesértico, extremo-- so, caracterizado por temperaturas bajas en invierno (hasta de -10°C) y altas en verano (mayores de 40°C). Las lluvias fueron escasas e irregulares y ocurrieron principalmente en los meses de Julio a Noviembre.

b) Flora y Fauna.

De acuerdo con la clasificación de las Provincias Bióti-- cas realizada por Osorio Tafall (en Tamayo, 1962), la zona de estudio cae dentro de la Provincia Chihuahua Potosinense.

Por lo observado en la zona de estudio, la vegetación -- que predomina en las partes bajas y secas son la gobernadora - (Cavillea Tridentada) y los pastizales; en ambientes calcáreos se observó gran difusión de lechugilla (Agave Lechugilla); en partes bajas con poca humedad, mezquites (Prosopsis Juliflora),

largoncillos, ocotillos, nopales y palma de ixtle; palo blanco, granjeles, palos chinos y mimbres en las márgenes de arroyos principales; álamo, acebuche y nogal en lugares con gran humedad, y finalmente encinos en las partes altas de la sierra y preferentemente en ambiente riolítico.

La fauna observada es principalmente de mamíferos, aves y reptiles. Entre los primeros se encuentran: el coyote, venado cola blanca, berrendo, liebre, conejo, ardilla, ratón de campo, zorro salvaje, zorrillo, murciélago y más raramente el puma, jabalí y tlacuache. Entre las aves más comunes son las águilas, zopilotes (auras), correcaminos, cuervos, codornices, lechuzas y donde existen depósitos con agua se pueden ver patos y garzas. Finalmente, entre los reptiles más característicos de la región se encuentra la víbora de cascabel y el camaleón.

#### E. CENTROS DE POBLACION Y VIAS DE COMUNICACION.

Los centros de población en los alrededores del área de estudio, consisten de ranchos ganaderos con reducidos núcleos de población, que sólo cuentan con los servicios más elementales para satisfacer sus necesidades primarias; entre ellos se encuentran El Cuatro (antes denominado Bella Vista), situado al sur de la zona de estudio; al norte se encuentra el rancho Las Palmeras, al NE El Derramadero y El Anteojo, al W Trincheras y al SW El Uno y El Buchar. Existe además la colonia Charco de Peña situada al S-SW del área estudiada y constituye el centro de población con mayor cantidad de habitantes en las inmediaciones de la misma.

Además de los centros de población citados, existen ---- otros de mayor importancia económica que cuentan con servicio de teléfono, telégrafo, bancos, etc., como son Julimes, La Perla, Meoqui y Ciudad Delicias y que con excepción de Julimes, - cuentan con pistas aéreas y estaciones de ferrocarril (México- Cd. Juárez). Dichos centros de población están situados aproxi madamente a 69.5, 92.4, 92.5, y 101.5 Km respectivamente, de - la zona de estudio, a partir del borde inferior de la misma.

En cuanto a vías de comunicación al área de estudio, el acceso principal es a partir del poblado de Meoqui, Chih., que se encuentra sobre la Carretera Federal 45 Torreón-Chihuahua , también conocida como Carretera Panamericana, de la cual parte hacia el norte una carretera asfaltada con un desarrollo apro ximado de 23 Km hasta la población Julimes, a partir de la --- cual se continúa por una terracería revestida, transitable en todo tiempo, que sale al oriente rumbo a Charco de Peña, con - un desarrollo aproximado de 24 Km. hasta donde el camino hac una "Y" y termina la terracería revestida; se toma por el cami no que corta a la derecha el cual es de tierra, transitable -- sólo en tiempo de seca y tiene un recorrido de 26 Km aproxima damente hasta la colonia Charco de Peña. Una vez que se ha lle gado a dicho lugar, se sigue por el camino que sale al norte, - rumbo al rancho El Cuatro, el cual es transitable en tiempo de seca y tiene un desarrollo aproximado de 16 Km. Del rancho El- Cuatro, parte un camino transitable en época de secas rumbo al norte, hacia los cerros denominados localmente Los Pilonci---- llos, con un desarrollo aproximado de 3.5 Km para llegar al -- borde inferior del área estudiada.

El tiempo de recorrido en camioneta pick-up a partir de Meoqui, Chih., es de aproximadamente 3 horas.

#### IV.- GEOLOGIA

##### A. PROCEDIMIENTO DE CAMPO.

El levantamiento de la geología principió con un reconocimiento del área de trabajo, llevando consigo planos topográficos de la región, escala 1:50 000 y fotografías aéreas a color escala aproximada 1:35 000, que sirvieron para ubicarse en el terreno y marcar algunos datos de interés.

Se aprovechó el tendido de estacas colocado por GEOCA, - S. A., para el estudio del Prospecto El Cuatro de PEMEX, a fin de obtener los mejores resultados en los levantamientos geológicos realizados en esa región.

El tendido de estacas establecido por la compañía citada, fue de 50 m entre una y otra estaca, mismas que se situaron a lo largo de líneas paralelas y equidistantes a 100 m, y con dirección SW-NE.

Sobre hojas cuadrículadas y trabajando a la escala ---- 1:2 500, se reconstruyeron las líneas y estaciones, de modo -- que al hacer diferentes y variados recorridos en el área de estudio, se pudieran vaciar directamente y en el mismo campo, -- cualquier dato considerado , ya fuese geológico o topográfico.

Se "barrió" prácticamente la zona de estudio con ayuda - de gente del lugar, a la cual se le adiestró para descubrir la mayor cantidad de afloramientos de mineral de hierro, los cuales sumaron en total 30 (entre buenos y malos), y que fueron - posteriormente verificados, muestreados y bautizados.

## B. PROCEDIMIENTO DE GABINETE.

En base a las fotografías aéreas a color escala 1:35 000 publicadas por DETENAL, se construyó un plano fotogeológico -- preliminar a la misma escala, el cual fue posteriormente restituido a la escala 1 30 000. Para tal efecto se empleó un "Lazy Daisy" (Juego de Regletas), y a través de trilateraciones con puntos identificados en el campo y en las fotos se puso el plano a la escala deseada. Posteriormente, con la ayuda de un --- "Sketch Master" vertical, se efectuó la restitución de la geología a la escala 1:30 000.

Con las observaciones tomadas directamente en el campo , el plano geológico se enriqueció notablemente y se decidió ampliarlo a la escala 1:10 000. Este último plano es el que -- se presenta en este trabajo, por considerarse como el más completo.

## C. GENERALIDADES.

La región de estudio comprende rocas sedimentarias del -- Cretácico, rocas ígneas (extrusivas e intrusivas) y rocas de -- metamorfismo de contacto; estas dos últimas originadas en el -- Terciario.

Mientras que las rocas sedimentarias representadas en la región por las formaciones Cuchillo, Loma de Plata y Ojinaga -- se encuentran aflorando en la porción poniente de la zona estudiada, las rocas extrusivas predominan en las regiones centro- y oriente de la misma; por su parte, los principales aflora--- mientos de las rocas ígneas intrusivas y de las metamórficas --

se ubican en la porción centro y SW de la región.

Las estructuras principales (pliegues, alineamientos de las rocas intrusivas y actitud de los derrames volcánicos) presentan direcciones preferenciales en sentido NW-SE, SW-NE y -- ocasionalmente N-S o E-W.

Fisiográficamente la región se encuentra en un estado juvenil de erosión y presenta un patrón de drenaje principalmente dendrítico, observándose además que la región es más elevada al oriente que al poniente.

La mineralización ocurre prácticamente en todos los tipos de rocas, presentándose casi siempre por rellenamiento de fracturas y en contadas ocasiones por reemplazamiento y diseminación. Se observó además, que la mineralización tiene preferencia por las riolitas y las tobas riolíticas piroconsolidadas desvitrificadas, estas últimas con textura de pórfido riolítico. De los tipos de alteración, la oxidación resultó de -- gran ayuda para la localización de afloramientos de mineral de hierro.

Por estudios geocronométricos realizados a muestras de roca correspondientes al intrusivo y a rocas riolíticas --- (ambas rocas dentro de la zona de estudio) pudo determinarse su edad, correspondiendo el primero al Oligoceno Tardío y los segundos al Oligoceno Medio.

En cuanto a la mineralización, se piensa que provino como resultado del acarreo de soluciones mineralizantes ligadas al enfriamiento y emplazamiento del intrusivo.

El clima observado es de tipo semidesértico, caracteriza

do en invierno por temperaturas muy bajas (hasta de  $-10^{\circ}\text{C}$ ) y en verano muy altas (mayores de  $40^{\circ}\text{C}$ ), con lluvias irregulares que ocurren de Julio a Noviembre.

La vegetación es raquílica y está constituida en su mayor parte por chaparrales y cactáceas.

Se puede conseguir agua potable en los ranchos El Cuatro, Trincheras y Las Palmeras, que son los más cercanos al área de estudio, en donde solamente existen caminos de tierra, parte de ellos transitables sólo en tiempo de secas.

Existe un subcapítulo dedicado exclusivamente a Mineralización Ferrífera, en donde se habla, entre otras cosas, de la posible génesis de los cuerpos ferríferos descubiertos, en atención a las observaciones de campo y a los estudios petrográficos y mineragráficos de láminas y superficies pulidas.

En lo que a estratigrafía y tectónica se refiere, la nomenclatura estratigráfica proviene de los levantamientos de PEMEX en áreas vecinas, así como las ideas que sobre tectónica tiene esta organización.

#### CH. ESTRATIGRAFIA.

La columna estratigráfica del área estudiada, se reduce a las siguientes formaciones, que en orden cronológico ascendente son: Cuchillo, Loma de Plata y Ojinaga; esta última aunque si bien se encuentra fuera del área, se le observa cerca de la región en cuestión.

Además de las formaciones citadas, afloran, por una parte rocas ígneas tanto intrusivas como extrusivas, ambas del terciario; y por otra, rocas metamórficas y sedimentos continentales postcretácicos.

En el presente trabajo se emplean los nombres formacionales que señala Valencia (1973) en su estudio del Prospecto Ojinaga "A". Asimismo, se introducen algunos comentarios dados por la compañía GEOCA, S. A. (1982), relacionados con el Prospecto Tosisihua.

A continuación se describen las características principales de las formaciones o conjuntos de rocas indicados.

## CRETACICO

### FORMACION CUCHILLO

#### a) Definición.

Burrows (1909) aplicó el nombre de Formación Cuchillo al referirse a los sedimentos que afloran en el valle del Río Conchos en las cercanías de Coyame, Chih. En el sitio considerado como localidad tipo, la unidad está formada por lutitas grisoscuro y calizas intercaladas con yesos y anhidrita. Esta unidad formacional se encuentra entre la Formación Las Vigas y la Caliza Aurora.

Petróleos Mexicanos emplea informalmente el nombre de Formación Coyame en lugar de Formación Cuchillo.

b) Distribución.

En el informe final del Prospecto Tosisihua (GEOCA, S. A. 1982), se comenta que los sedimentos que integran la Formación Cuchillo, presentan mayor distribución que los de la Formación Las Vigas, debido a la mayor amplitud de la transgresión de -- los mares del Aptiano y Albiano, y que hacia la Plataforma del Diablo predominan en facies arenosas, mientras que rumbo al SW la litología es de preferencia calcáreo-arcillosa (como sucede en la región de estudio). Su espesor se reduce de SW a NE.

En el área estudiada sólo aflora en las sierras el Nolasco y La Calosa, localizadas en la porción NW de la misma.

c) Litología y espesor.

La Formación Cuchillo está compuesta por dos miembros y, aunque no se observó el inferior, Jaime López (en GEOCA, S. A. 1982), indica que es arcillo-calcáreo-arenoso, constituido por una alternancia de lutitas, calizas y calizas limolíticas, con algunas intercalaciones de areniscas y yeso masivo sacaroide - interestratificado.

El miembro superior está integrado por una secuencia de mudstone en estratificación media a gruesa, gris oscuro a pardo grisáceo, con alternancia de lutitas calcáreas gris ó beige.

En el cañón del Saucito en la Sierra de Cuchillo Parado, la Formación de Cuchillo Parado (SIC.) tiene un espesor de --- 1 129 m (Valencia, 1973). Regionalmente su espesor se reduce, - como ya se mencionó, de SW a NE, hacia la Plataforma del Dia-- blo. En la Sierra del Hueso su espesor es de 770 m, en la Amaru

gosa 906 m, en la Sierra de Los Frailes tiene 977 m, en La Ran-  
chera alcanza 1 236 m y en la de San Carlos 871 m.

En el área de estudio, no se observó el contacto infe-  
rior con la Formación Las Vigas, ni el contacto superior con -  
la Formación Benigno; y por lo que se midió en el flanco sur -  
de la Sierra El Nolasco, se obtuvo un espesor incompleto de la  
Formación Cuchillo de aproximadamente 110 m, el cual se deta-  
lla a continuación en orden cronológico de depósito:

No aflora el contacto inferior con la Formación Las Vi-  
gas.

25 m Calizas con textura wackestone , gris-morado, que in-  
temperiza gris-blanco con tintes rojizos, de estra-  
tificación gruesa a masiva y concreciones de SiO<sub>2</sub>-  
pequeñas y amarillas; además, presentan microfauna  
del Cretácico Inferior (Favusella sp. y Colomiella  
recta) (Muestras GAC-98-82, GAC-99-82, GAC-101-82-  
y GAC-102-82, apéndice micropaleontológico).

10 m Calizas arcillosas, grises, que intemperizan beige  
con tintes rojizos, de estratificación delgada a -  
media y con fractura irregular. Por su constitu-  
ción, origina un puerto de erosión entre dos cuer-  
pos de calizas gruesas.

25 m Calizas con textura wackestone gris-crema, que in-  
temperiza beige y en forma subnodular, de estratifi-  
cación media y con alternancia de calizas arcillo-  
sas gris-rojo que intemperizan beige.

20 m Calizas gruesas a masivas (+ 1.0 m), grises, muy-corrugadas, e intemperizan beige y en forma de bloques.

10 m Calizas con textura wackestone , gris que intemperiza gris-crema, de estratificación media, en alternancia con margas café crema dando lugar a quiebres - entre las calizas. En ocasiones se presentan algunas concreciones calcáreas.

20 m Calizas con textura wackestone, gris, que intemperiza gris claro, de estratificación media a gruesa.

No se observó el contacto superior con la Formación Benigno.

#### ch) Relaciones estratigráficas.

En el área estudiada no se observaron sus contactos inferior y superior, sin embargo, Jaime López (en GEOCA, S. A., -- 1982) afirma que el contacto inferior con la Formación Las Vigas es transicional y se define en el primer estrato de caliza biógena de su base. El contacto superior es concordante en la base de la primera capa de caliza masiva de la sobreyacente -- Formación Benigno, la cual da un cambio topográfico bien definido.

#### d) Edad y correlación.

La edad de la Formación Cuchillo abarca el Aptiano y par

te del Albiano Inferior, edad que se definió por fósiles colectados por Valencia (1973): Dufrenoya sp., Parahoplites sp., y Acanthoplites sp. y Exogyra quitmanensis, y por lo que señala Gries (en GEOCA, S. A., 1982): Dufrenoya justinae y Douvilleiceras sp.

En el área de estudio no se encontraron macrofósiles, -- salvo algunos gasterópodos Cerithium ó Turritella (Muestra GAC-61A-82, Apéndice Macropaleontológico); sin embargo, microfósiles como Favusella sp. y Colomiella recta, fueron identificados en estudios micropaleontológicos, asignándoles una edad correspondiente al Albiano Inferior (Muestras GAC-98-82, 99-82, 101-82 y 102-82, Apéndice Micropaleontológico).

Esta formación se correlaciona con la parte inferior de la Formación U-Bar del SE de Nuevo México y con la Formación Bluff cuyo miembro superior se correlaciona con la Formación Benigno y el miembro inferior es equivalente a la Formación Cuchillo. La Formación Bluff está definida cerca de las montañas Quitman del W de Texas.

El miembro inferior de la Formación Cuchillo se correlaciona con la Formación La Peña del NE de México.

e) Ambiente de depósito.

"La Formación Cuchillo se depositó en una zona de transición entre el ambiente litoral de la Formación Las Vigas y el ambiente lejano al litoral de la Formación Benigno. Esto manifiesta un avance continuo de transgresión marina del Mesozoico".

"El miembro inferior de la Formación Cuchillo se caracteriza por sedimentos que se depositaron en aguas someras de circulación restringida con repetidas invasiones del mar abierto. El miembro superior, se depositó en ambiente nerítico externo, con oscilaciones marinas dando lugar a la secuencia calcáreo - arcillosa alternamente" (GEOCA, S. A., 1982).

#### FORMACION LOMA DE PLATA.

##### a) Definición.

Ambury (en GEOCA, S. A., 1982) propuso el nombre Calizas Loma de Plata para unos estratos que se encuentran entre la cima de la Formación Benevides y la base de la Formación -- Marga Grayson en Pinto Canyon, condado de Presidio, Texas ---- (E.E.U.U.). Este autor midió 240 m de espesor de una alternancia de estratos delgados de caliza nodular con cuerpos de caliza masiva de color pardo grisáceo, con bandas de pedernal gris y varios horizontes de rudistas silicificados.

##### b) Distribución.

En el área estudiada se encuentra aflorando en el extremo poniente de la Sierra El Mirador y en el Cerro denominado - El Caloso.

c) Litología y espesor.

Esta formación está constituida por mudstone, wackestone y packstone de color gris, en estratificación gruesa a masiva, con nódulos de pedernal y líneas estilolíticas. Lateralmente - cambia hacia el SE de la Sierra El Mirador a un skarn originado por metamorfismo de contacto.

Según Valencia (1973), el espesor de esta unidad es de - 409 m medidos en la Sierra Cuchillo Parado ; Barradas (1974), midió 409 m en el Sinclinal Boquilla.

En el área de estudio aflora un espesor incompleto de la Formación Loma de Plata, de 312 m, medidos en la porción NW de la Sierra El Mirador y distribuidos de acuerdo al orden cronológico de depósito:

No aflora en contacto inferior con la Formación Benevi--des.

88 m Calizas wackestone gris oscuro que intemperiza a -- gris claro a veces beige, corrugada, con estratificación delgada a media y en ocasiones intercalada con material arcilloso, lo que da lugar a puertos de erosión. Se observó además fuertemente fracturada, preferencialmente en sentido perpendicular al rumbo de capa. Lateralmente, gradúan hacia el SE - en skarn de granate, que presenta en ocasiones wo--llastonita.

55 m Calizas con textura packstone, gris oscuro, que intemperiza gris crema, corrugadas, con estratificación gruesa a masiva (+ 1 m), líneas estilolíti---

cas, concreciones de  $\text{SiO}_2$  e intenso fracturamiento perpendicular al rumbo de capa. Gradualmente cambian hacia el SE en un skarn de granate.

- 12 m Calizas arcillosas gris claro que intemperizan --- beige, de estratificación delgada a media. En esta parte de la unidad, se presentan pequeños puertos de erosión.
- 160 m Calizas gruesas a masivas color gris, que intemperizan gris claro, con textura wackestone concreciones de  $\text{SiO}_2$  y fracturamiento perpendicular al rumbo de capa. Lateralmente gradúan hacia el N y SE - en un skarn de granate, que presenta en ocasiones sulfuros diseminados (pirita). En ambas rocas se - observaron hilos o reventones de mineral de Fe generalmente por rellenamiento de fracturas.

El contacto superior con la Formación Del Río no aflora.

#### ch) Relaciones estratigráficas.

GEOCA, S. A., (1982), menciona que tanto el contacto inferior como el superior están bien definidos, debido a la naturaleza incompetente de la Formación Benevides que la subyace y - la Formación Del Río que la sobreyace. La Formación Loma de -- Plata se distingue entonces, por dar un alto topográfico en -- las sierras. Ambos contactos son concordantes.

En el área de trabajo no se observaron estos contactos, - debido principalmente a la falta de afloramiento de las formaciones infra y suprayacentes.

d) Edad y correlación.

La edad de esta unidad formacional según GEOCA, S. A., - (1982), corresponde a la parte baja del Albiano Superior, determinada por la posición estratigráfica que guarda y por los Texicaprina sp. (Rudista caprínido) y Enallaster (Washitastei) bravoensis Böse del Albiano Tardío (GEOCA, S. A. op. cit.).

En el área de estudio se descubrieron restos de equinodermos en una caliza finamente recristalizada, sin presentar microfósiles característicos (Muestra GAC-93-82, apéndice Micropaleontológico).

La Formación Loma de Plata se correlaciona con la parte superior de la Formación Georgetown de Texas, E.E.U.U., y con gran parte de la Formación Mojado, expuesta en las montañas -- Big Hatchet del SW de Nuevo México. Las Calizas Santa Elena -- del área de Big Bend, son también correlacionables con la Formación Loma de Plata.

e) Ambiente de depósito.

Las calizas de la Formación Loma de Plata se depositaron en aguas templadas de ambiente marino somero, con construcciones de arrecifes de rudistas y caprínidos. El ambiente de depósito de esta unidad se puede referir al ambiente nerítico. Valencia (1973) opina que los cambios de espesor presentes en esta formación, manifiestan las primeras pulsaciones de la Orogenia Laramide, las cuales deben de haber propiciado aislados -- depocentros locales (GEOCA, S. A., 1982).

## FORMACION OJINAGA.

### a) Definición.

Burrows en su trabajo realizado en 1909 (pág. 326), da el nombre de Formación Ojinaga a una secuencia de calizas, lutitas y areniscas de estratificación delgada, localizadas en la vecindad de Ciudad Ojinaga, Chih., las cuales contienen con creciones calcáreas, amonites y abundantes ejemplares de ---- Inoceramus sp.

### b) Distribución.

Se le encuentra aflorando fuera del área de estudio, cerca de la parte extrema SW de la misma; en el valle situado entre las Sierras La Gallina y El Mirador.

### c) Litología y espesor.

La Formación Ojinaga cerca del área de la zona de estudio está constituida por estratos delgados de areniscas, lutitas y calizas. Tiene abundantes Inoceramus labiatus y otros fósiles (Muestras GAC-92-82-1 a 92-82-10, Apéndice Macropaleontológico).

En el área de la Sierra de San Carlos y de la Sierra Lajitas, Hernández (1973) midió aproximadamente 1 400 m de espesor, Valencia (1973) midió una sección incompleta de la Formación Ojinaga de 656 m en el Valle Ojinaga, 10 Km al sur de la ciudad del mismo nombre.

Mc Bride y Caffey (1979) opinan que las formaciones Ojinaga y San Carlos en el Valle de Ojinaga debieron constituir una cuenca del Cretácico Tardío y que la secuencia estratigráfica preservada en dicha cuenca tiene un espesor máximo de -- 1 600 m.

Fuera del área de estudio y al SW de la misma, en la zona donde colindan los pastizales El Tres y El Cuatro, se le encuentra aflorando con un espesor de aproximadamente 50 m. En este mismo lugar existen fragmentos de material volcánico que enmascaran a esta formación.

Sus contactos inferior y superior no fueron observados y de lo que aflora en gran porcentaje consiste en calizas arenosas grises, en ocasiones pardo o verdosas, en bancos de 15 a 20 cm , que intemperizan crema-rojizo y pardo. De vez en cuando se observan delgadas intercalaciones de lutita en capitas de - 0.5 cm y/o areniscas beige-anaranjado que intemperizan pardo-rojizo.

Al NW de estos afloramientos, rumbo al Rancho Trincheras, se observaron algunas calizas metamorfoseadas.

#### ch) Relaciones estratigráficas.

Aunque no se observaron los contactos inferior y superior, distintos autores señalan que el contacto inferior es -- concordante y claro con el cambio de calizas-areniscas y lutitas de la Formación Ojinaga a las calizas de la Formación ---- Buda; en tanto que el contacto superior es transicional con la Formación San Carlos.

d) Edad y correlación.

Según los fósiles colectados en el estudio del Prospecto Tosisihua (GEOCA, S. A., 1982) y en el presente estudio, así como por los estudios de Miller (1957), Wolleben (1966) y Powell (1965), la Formación Ojinaga tiene una edad Cenomaniano, Turoniano, Senoniano (Couraciano).

La Formación Ojinaga es correlacionable con la Formación Chispa Summit del NE de Chihuahua y con las formaciones Pen y Boquillas del área del Big Bend. Además se correlaciona con las formaciones Indidura y Agua Nueva del NE de México y el Grupo Eagle Ford de W de Texas, E.E.U.U.

e) Ambiente de depósito.

Los sedimentos que caracterizan esta formación, así como los fósiles encontrados, son indicios de un ambiente nerítico de depósito en mar abierto.

CUATERNARIO.

A continuación se describen los materiales pertenecientes al Cuaternario, encontrados dentro del área de estudio.

GRAVAS DE PLANICIE DE INUNDACION.

Consisten de material suelto, débilmente compactado, que-

ha sido transportado por los arroyos en época de lluvias, desde las sierras hasta los valles, en donde pierden fuerza las corrientes y depositan el material. Los fragmentos de roca observados varían de tamaño, desde gravas a guijarros, y provienen ya sea de calizas, skarn calcáreo, granito y/o riolitas; además, los envuelven una matriz arcillosa pardo claro u oscuro, que en ocasiones, se presenta sumamente oxidada.

Se consideran como los materiales más antiguos del Cuaternario y descansan sobre diversas formaciones. Únicamente se les encontró al W y SE del área estudiada.

#### DEPOSITOS DE TALUD.

Consisten de material suelto del tamaño de guijarro o mayor, encontrado en el piamonte de algunos cerros y serranías. Se les observa particularmente en los Cerros Los Piloncillos y en la Sierra El Mirador.

#### DEPOSITOS ALUVIALES Y SUELOS VEGETALES.

Están formados principalmente por material del tamaño de limo y de arcilla; su color varía de beige a pardo oscuro, presentando tonalidades rojizas o grisáceas cuando existen zonas de alteración, como oxidación y argilitización, respectivamente.

Aflora indistintamente en las partes bajas del área estudiada, predominando hacia el sur y NE de la misma.

## ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS.

Descontando los sedimentos cuaternarios de todas las rocas que afloran en el área estudiada, un 70% corresponden a rocas ígneas, un 10% a rocas sedimentarias y un 20% a rocas metamórficas.

### a) Rocas ígneas intrusivas.

La actividad ígnea intrusiva en la región se considera que fue de gran relevancia, pues además de afectar las rocas preexistentes, causó mineralización en algunas de ellas.

En el área de estudio las rocas intrusivas están representadas por un granito calcoalcalino de augita, gris-verde, que intemperiza pardo-anaranjado, y que presenta en ocasiones sulfuros diseminados (pirita), granates, wollastonita y/o espectralita.

El cuerpo principal de este plutón aflora a lo largo de la Sierra denominada El Brillante, con 4 Km de largo y una anchura media de 1 Km. Rodeando a esta Sierra (cerca del contacto Sierra-Valle) se encuentra una aureola de metamorfismo de contacto constituida básicamente por un skarn de granate.

Se le encuentra aflorando también en el Cerro del Pre---són, en la localidad La Campana y en la región de las Cuchi---llas, aunque en estas dos últimas presenta un grano más fino.

Por gravimetría se detectó que la masa principal del plutón se encuentra al sur de la Sierra El Brillante, y la edad -

de éste corresponde a 27<sub>±</sub>2 M.A., (Oligoceno Tardío) (Muestra - GAC-1-82 Apéndice Geocronométrico y GAC-7-81 Apéndice Petrográfico y Mineragráfico).

Este cuerpo en su emplazamiento dió lugar a estructuras satélites como microgranitos (Muestra GAC-26-82, Apéndice Petrográfico y mineragráfico); por otra parte, modificó a los sedimentos cretácicos, transformándolos parcialmente en un skarn calcáreo. Finalmente, se considera que fue el responsable de la mineralización en la región estudiada.

El estudio petrográfico de las muestras GAC-7-81 y 46-82 (Apéndice Petrográfico y Mineragráfico) indica que varía en su composición de granito calcoalcalino de augita (Sierra El Brillante) a granito alcalino (Las Cuchillas)

En el principal afloramiento del granito (Sierra El Brillante) la textura es holocristalina, alotriomórfica de grano medio, conteniendo como minerales principales andesina, oligoclasa, cuarzo y microclina. La roca en sí es un agregado de cristales generalmente anedrales de feldespatos potásicos (microclina), con intercalaciones de plagioclasas sódico-cálcicas (andesina-oligoclasa); el cuarzo está en cristales anedrales rellenando intersticios en el agregado de feldespato. Contiene entre otros minerales accesorios: apatita, como cristales anedrales diseminados, a menudo como inclusiones en los feldespatos.

#### b) Rocas ígneas extrusivas.

En lo que se refiere a las rocas ígneas extrusivas se --

tiene una secuencia cronológica que por orden de aparición es como sigue:

1. Tobas riolíticas piroconsolidadas desvitrificadas.
2. Vitrófiro riolítico.
3. Rocas riolíticas.
4. Brechas volcánicas riolíticas.

1. Tobas riolíticas piroconsolidadas desvitrificadas.

Las tobas riolíticas piroconsolidadas desvitrificadas han sido clasificadas texturalmente como pórfido riolítico; sin embargo, la extensión de éstas es muy grande, abarcando varios kilómetros cuadrados en área, por lo cual, cuando se hable de pórfido riolítico se hará desde el punto de vista textural.

Por otra parte, los planos consultados que muestran la configuración de Anomalía de Bouguer corregida por rugosidad del área de trabajo, no manifiestan nada sobresaliente respecto a este tipo de roca; lo mismo pasa con los resultados obtenidos de las muestras colectadas de este tipo de roca para determinar su densidad.

Esta roca es de color rosa claro, con fenocristales de feldespatos que resaltan en la superficie de intemperismo y que presentan en ocasiones un brechamiento por soluciones hidrotermales, acompañado en algunos casos por mineralización de fierro y/o silicificación. Esta roca es al parecer la preferida para la mineralización de fierro, ya que en ella se encontraron un gran número de afloramientos de este mineral.

El estudio petrográfico de las muestras GAC-6-81, 12-82, 60-82, 65-82, 79-82, 86-9-82 y 86-10-82 (Apéndice Petrográfico y Mineragráfico) que se colectaron en las localidades Regional Superior, Cerro de Las Aguilas, Arroyo El Camaleón, Los Sulfuros y La Pesada, indican que la textura observada en todos los casos es holocristalina porfídica, estando las rocas constituidas esencialmente por un intercrecimiento muy abundante de cristales anedrales de cuarzo y feldespatos potásicos (microclina), en ocasiones de tipo micropegmatítico, en tanto que las plagioclasas son de composición media (andesina-oligoclasa) y se presentan como fenocristales euedrales y subedrales diseminados en la matriz cuarzofeldespática.

Los feldespatos potásicos se encuentran en general con una incipiente alteración a minerales arcillosos (pertenecientes probablemente al grupo del caolín) y las plagioclasas se presentan con alteraciones parciales a calcita, sericita y minerales arcillosos (pertenecientes probablemente al grupo de la montmorillonita).

## 2. Vitrófiros riolíticos.

Se les encuentra descansando en forma discordante sobre calizas o sobre skarn y, en ocasiones, interestratificados con las primeras coladas riolíticas, conservando un estrecho paralelismo respecto a ellas. Su posición es siempre inclinada y con buzamientos de más de 40° al NE, NW, SE y SW. Son negros e intemperizan a pardo con fenocristales de feldespatos y xenolitos de riolita. Por lo general, sus espesores varían de 1 a 10 m, siendo la media de aproximadamente 1.50 m;

alcanzan longitudes que van desde algunos metros hasta varias decenas de metros y, en pocas ocasiones, hasta varias centenas de metros. Algunas veces se pueden observar brechas por soluciones hidrotermales en los contactos inferior y superior de los vitrófiros, como sucede en el Vitrófiro Las Aguilas, situado sobre el flanco NW del cerro del mismo nombre.

De los vitrófiros encontrados, solamente uno de ellos, -- El Cuatro, resultó ser un vitrófiro traquítico a diferencia de los demás, que son riolíticos. Este vitrófiro traquítico casi no posee lustre, es decir, incluso a la fractura es opaco; además, es muy pesado y presenta la mayor susceptibilidad magnética obtenida ( $2\ 950 \times 10^{-6}$  cgs) para los distintos vitrófiros muestreados en el área de estudio. Estas dos últimas características del vitrófiro traquítico, quizá se deban al contenido de magnetita en forma de finos microcristales dentro de la matriz vítrea. Cabe mencionar que cercano a este vitrófiro se encuentra un yacimiento ferrífero de interés económico, el --- cual ha sido parcialmente barrenado por Altos Hornos de México, S. A., (1976).

Damon y otros (1979), mencionan a un yacimiento ferrífero del tipo de metamorfismo de contacto denominado El Anteojo, el cual se encuentra muy cerca del área estudiada en el presente trabajo; indican además: "El Anteojo cae en un cinturón rico en hierro en el este de Chihuahua (a 812 Km de la Paleotrinchera), que contiene también el yacimiento de La Perla, el cual está localizado en un vitrófiro riódacítico que ha sido fechado por determinaciones concordantes de biotita y feldespatos -- entre  $31.8 \pm 0.5$  y  $31.5 \pm 0.7$  M.A., respectivamente (Van Allen y otros, 1978). Amplio brechamiento y reemplazamiento es característico de la roca huésped en La Perla".

Considerando las edades obtenidas por Van Allen y otros (1978) respecto al vitrófiro riódacítico de La Perla, se observa que coinciden bastante bien con la determinada para unas -- rocas riolíticas en la zona de estudio, la cual fue de -----  $32 \pm 2$  M.A.; por otra parte, sabiendo de antemano que los vitrófiros encontrados en la región de estudio se encuentran por lo general subyaciendo a las riolitas, o interestratificadas con ellas en las primeras coladas, la correspondencia observada en edades entre ambas rocas (vitrófiro riódacítico de La -- Perla y riolitas y vitrófiros de la región de estudio) es bastante buena.

En cuanto a los vitrófiros riolíticos (La Pesada, El Arco, El Globo, Las Aguilas y Los Piloncillos), éstos presentan lustre a la fractura y no son tan pesados como el anterior. -- Por otra parte, aunque la susceptibilidad de éstos es un poco alta, no puede compararse con el anterior, ya que el intervalo de aquellos fluctúa entre  $352 \times 10^{-6}$  y  $1\ 080 \times 10^{-6}$  cgs (ver Apéndice de estudios de densidad y susceptibilidad magnética).

Los estudios petrográficos de las muestras de vitrófiros que fueron colectadas al NW del Cerro Las Aguilas, N-NE de los Cerros Los Piloncillos, al Norte de la localidad La Pesada y al SE del Tajo El Cuatro, indican que los vitrófiros presentan -- una textura hipocristalina, en ocasiones porfídica, fluidal o microlítica y que se encuentran esencialmente constituidos por un agregado muy abundante de vidrio de composición ácida, sanidino y cuarzo (salvo la GAC-87-82 que no contiene cuarzo). Presentan o no desvitrificación, y entre otros minerales accesorios se encuentra la magnetita, la cual está diseminada en finos microcristales en toda la roca, impartiendo a ésta en algunos casos, una susceptibilidad magnética de consideración.

Cabe hacer hincapié que algunos de los afloramientos de mineral de hierro de relativa importancia fueron localizados en las cercanías de los vitrófiros.

### 3. Rocas riolíticas.

Siguiendo en secuencia cronológica ascendente, se tienen las riolitas, las cuales abarcan toda la porción oriental y -- parte del centro del área de trabajo. Sobreyacen en forma concordante a las tobas riolíticas piroconsolidadas desvitrificadas y a los vitrófiros riolíticos, no así a las calizas, skarn o granitos, sobre los cuales yace en forma discordante.

Estas riolitas se pueden dividir en dos miembros:

Primeramente, el miembro inferior se presenta con capas de roca delgadas a laminares e intemperiza en forma de lajas. Su color al fresco es rosa-morado, e intemperiza en rojo. Presenta un espesor medio de aproximadamente 20 m. El miembro superior que sobreyace al anterior, se caracteriza por tener capas de roca medianas a gruesas y se trata de una secuencia de riolitas moradas que intemperizan a morado pálido; son además muy compactas y presentan estructura fluidal.

El espesor de ambos miembros varía, ya que se les encuentra desde capas delgadas que enmascaran a calizas, hasta formando montañas, con más de 400 m de espesor (como sucede en el Cerro Pico Duro). Ambos miembros se encuentran en ocasiones su umamente oxidados y por lo general presentan sobre la superfi--

cie de intemperismo una delgada costra negra de óxidos de manganeso. De vez en cuando se llegó a observar ignimbritas de cristales intercalados en uno y otro miembro.

Una muestra del miembro superior fue fechada con  $32 \pm 2$  M.A., (Oligoceno Medio) por el método de K/Ar (Muestra GAC-4-82, Apéndice Geocronométrico).

#### 4. Brechas volcánicas riolíticas.

En algunos lugares, como en el flanco SW del Cerro Los Leones y en la zona de Ampliación, se observaron unas brechas volcánicas riolíticas, sobreyaciendo en forma más o menos concordante a las riolitas. Estas brechas son rosa-morado al fresco e intemperizan en gris-blanco, negro o beige. Se observaron muy fracturadas con relleno de carbonatos de calcio, y en la porción de la ampliación se encontraron sumamente alteradas (argilitizadas).

#### c) Rocas metamórficas.

##### Skarn

Como rocas metamórficas existentes dentro del área estudiada se encuentra un skarn cuyo mineral esencial puede ser el granate o la escapolita y que se deriva de la secuencia sedimentaria mesozoica. Conserva en algunas partes la estructura relictiva de estratificación.

A esta roca sólo se le encuentra de la parte media del área de trabajo hacia el sur, como sucede en los alrededores de la Sierra El Brillante y en una porción del flanco oriente de la Sierra El Mirador, ya que de la parte media hacia el norte, sólo se observan calizas alteradas, " recocidas " y recristalizadas, en ocasiones con una costra de carbonatos rojos, anaranjados o amarillos, a manera de penacho sobre ellas, pero sin presentar un metamorfismo intenso o minerales de metamorfismo de contacto, lo cual sugiere que el efecto del cuerpo principal del intrusivo sobre esta región no es tan intenso, quizá porque el vértice del mismo se sitúa en la parte sur del área estudiada (lo cual se refleja en los planos consultados sobre la configuración de Anomalía de Bouguer Corregida por Relieve Topográfico) y el plutón se profundiza restringiendo sólo el efecto de metamorfismo de contacto a la parte sur del área.

En general, la roca es gris-verde al fresco e intertemperiza en pardo; su estratificación varía de mediana a gruesa, aunque en algunas ocasiones se observaron estratos laminares. Con frecuencia presenta abundantes granates verdes (var. andradita-grosularita) y en menor cantidad pardo oscuro, amarillo o zonados. Trae consigo además, wollastonita, escapolita, especularita y/o sulfuros diseminados (pirita).

El estudio petrográfico de algunas rocas de la zona de metamorfismo de contacto, indicó para los skarns de granate una textura granoblástica, formados esencialmente por un agregado heterogranular de cristales de granate (var. andradita-grosularita), con sus contornos subedrales y en ocasiones euedrales, dando lugar a la formación de rombododecaedros y en parte trapezoedros. Pertenecen a una facies de hornfels de piroxena con una temperatura de formación inferior o vecina a 800° C (Muestras GAC-1-81, 3-81, 5-81 y 57-82, Apéndice Petro-

gráfico y Mineragráfico).

Para los skarns de escapolita que tienen una distribución más local (SW del Presón El Mirador), los estudios petrográficos de las muestras GAC-55-82 y 105-82 (Apéndice Petrográfico y Mineragráfico) indican una textura granoblástica, en donde la roca está formada por un agregado de cristales muy finos de calcita y porfidoblastos de escapolita.

#### D. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

##### a) Descripción de las estructuras.

En términos generales, los alineamientos de las principales estructuras observadas en la zona de estudio son preferentemente NW-SE, NE-SW, N-S y ocasionalmente E-W. A continuación se mencionan las principales estructuras que se encuentran en la región estudiada:

##### 1. Flanco noreste del Anticlinal El Mirador.

La Sierra conocida como El Mirador presenta una orientación NW-SE. De la parte central de esta sierra hacia el NW -- predominan calizas de la Formación Loma de Plata, las cuales -- gradúan hacia el SE a un skarn, en donde es posible apreciar estructuras relictas de estratificación. A esta zona de metamorfismo de contacto se le conoce localmente como Cerros Morados.

La Sierra El Mirador constituye el flanco NE del anticlinal del mismo nombre, cuyo plano axial ha sido interpretado sobre los pastizales El Tres y El Cuatro, cercano al arroyo Agua Puerca. Este flanco, presenta buzamientos preferentemente hacia el NE; sin embargo, en la zona metamorfoseada se encuentran buzamientos casi verticales o ligeramente invertidos hacia el SW, lo cual puede deberse a una ligera recumbencia del pliegue, o al acomodamiento por fallamiento en esta región, ya que además, por fotogeología, se determinaron 3 fallas de rumbo (aparentemente de corto desplazamiento) transversales a la estructura que forma la Sierra El Mirador.

La Sierra El Mirador, dentro de la parte estudiada, posee aproximadamente 3.5 Km de longitud, con una posible extensión mínima hacia el SE de 2 Km más, aunque en forma discontinua y representada por los Cerros La Montura, Los Piloncillos y El Caloso; el primero convertido parcialmente a un skarn, los segundos cubiertos por rocas riolíticas que enmascaran a un skarn y calizas de la Formación Loma de Plata, y el tercero constituido por calizas finamente recristalizadas de la Formación Loma de Plata. En cuanto a la anchura de la Sierra El Mirador varía de 200 m en su parte más angosta hasta 1 Km en su parte más ancha.

## 2. Intrusivo granítico El Brillante

Determinado petrográficamente como un granito calcoalcalino y fechado en  $27 \pm 2$  M.A. (Oligoceno Tardío), también se le observa con una alineación NW-SE, paralela en términos generales a la Sierra El Mirador y separada de ella por un valle de aproximadamente 1.1 Km de anchura.

Este cuerpo intrusivo aflora a lo largo de la Sierra El Brillante, con 4 Km de longitud y una anchura media de 1 Km. - Alrededor de este cuerpo se puede apreciar perfectamente una aureola de metamorfismo de contacto, constituida principalmente por un skarn de granate que conserva aún la estructura relictas de estratificación.

El intrusivo se encuentra sumamente fracturado; presenta dos fracturas principales perpendiculares al rumbo de la estructura y además, intemperiza por lo general en forma de bloques, por lo que se puede observar en muchos casos foliación en esta roca, siendo principalmente paralela y perpendicular al rumbo de la estructura.

Existe en ocasiones mineralización ferrífera por relleno de fracturas, observándose que éstas, al menos superficialmente, no pasan de los 5 m de ancho en esta roca, siendo las más comunes aquellas de  $1.0 \pm 0.20$  m de espesor.

Finalmente, la parte aflorante de este granito se puede considerar como una apófisis del mismo, principalmente por haberse hallado granates subedrales de gran tamaño incluidos en una masa granítica a lo largo de toda la costilla de esta Sierra.

### 3. Rocas riolíticas Cordón Central-Los Leones.

Estas rocas presentan una orientación NE-SW, y se encuentran enmascarando parcialmente una extensión de aproximadamente 5.5 Km de longitud por 1 Km de anchura, haciéndose esta última un poco mayor hacia el NE. Corren a lo largo de la Sierra

rra Cordón Central y del Cerro Los Leones, interrumpidos por un pequeño valle donde cruza el arroyo La Mimbrosa.

Se pudo diferenciar 2 miembros en esta misma roca: el -- miembro inferior caracterizado por intemperizar en forma de la jas y presentar coloraciones intensas al intemperismo, y el -- miembro superior caracterizado por presentar un intemperismo en forma de bloques y coloraciones no tan intensas como el anterior, además de dar lugar a la formación de acantilados en las partes más altas de estas sierras.

Ambos miembros presentan pseudoestratificación con echados al NW y al SE, aunque el rumbo de capa es por lo general NE-SW. Asimismo, en algunas ocasiones se pudo observar un vitrófiro riolítico intercalado entre las primeras coladas de -- riolita o también, descansando discordantemente sobre skarn -- calcáreo y subyaciendo concordantemente a las riolitas.

Estas rocas riolíticas se observaron sumamente fractu-- radas, principalmente en direcciones paralela y perpendicular al rumbo de capa. Por fotogeología se pudo determinar una frac tura que corre por más de 2 Km de longitud con rumbo aproximadamente paralelo a la Sierra Cordón Central.

Las fracturas observadas en esta roca, raramente sobrepa san los 80 cm de anchura y en algunas ocasiones (como en el Ce rro Los Leones), son utilizadas por las abejas para construir sus panales. Aunque se observó mineralización en riolitas, así como brechamiento por soluciones mineralizantes, se considera que el principal papel que jugaron estas rocas fue la de ----- actuar como roca sello.

#### 4. Rocas riolíticas de la Sierra del Pico Duro.

Las rocas riolíticas de la Sierra del Pico Duro se encuentran con un rumbo general N-S, con ligera desviación hacia el E. Estas rocas cubren una extensión (en la parte extrema -- oriente del área estudiada) de más de 8 Km de longitud por --- 1 Km de anchura (variando esta última  $\pm 0.5$  Km), prolongándose aún más hacia el oriente, en dirección del rancho El Anteojo.- En algunos sitios se pueden apreciar acantilados propios de -- las rocas riolíticas, las cuales se encuentran sumamente frac- turadas principalmente en dirección paralela y perpendicular - al alineamiento principal de la estructura. Se observó, ade--- más, una estructura fluidal típica de riolitas e intemperismo- en bloques, dando lugar a una pseudoestratificación, principal- mente en riolitas miembro superior. Sobre esta sierra es diffi- cil encontrar algún vitrófiro, a excepción del vitrófiro tra-- quítico encontrado al SE del Tajo de Fe El Cuatro. Cabe mencio- nar que a partir del Tajo El Cuatro hacia el NE se encontraron ventanas de erosión de calizas, calizas recristalizadas y de - skarn de granate (este último no cartografiado por las dimen-- siones del afloramiento), por lo que se puede concluir que los derrames riolíticos se depositaron siguiendo las formas de las estructuras sedimentarias cretácicas existentes antes del vul- canismo terciario.

#### 5. Flanco sur del Anticlinal El Nolasco.

Hacia la parte extrema NW del área estudiada afloran ro- cas sedimentarias del Cretácico Inferior, representadas en es- ta región por la Formación Cuchillo, la cual se localiza sobre las sierras El Nolasco y La Calosa. Estas rocas se encuentran-

prácticamente horizontales, o en ocasiones ligeramente buzantes al N o NE.

En realidad la estructura anticlinal no se aprecia en el área de estudio, ya que su eje (interpretado por DETENAL) queda fuera de ella, por lo que podría interpretarse también como un monoclinal, por la gran extensión que presentan los estratos sin flexión alguna.

En ocasiones este flanco está cortado por vetas de Fe menores de 5 m de anchura, vetas de calcita blanca (menores de 0.80 m de espesor) y más raramente por vetas de granate de aproximadamente 0.30 m de espesor, todas ellas con rumbo burdamente paralelo al eje estructural (este-oeste). En ocasiones se pudieron apreciar también rocas riolíticas rellenando fracturas en rocas sedimentarias.

Las rocas sedimentarias observadas en esta región se encuentran sumamente fracturadas, principalmente en direcciones paralela y perpendicular al rumbo de las capas, intemperizando por lo general en forma de bloques (estratos gruesos) o subnodular (estratos medianos), y en ocasiones dando lugar a puentes de erosión cuando el material es arcillo-calcareo.

#### E. TECTONICA.

Paleogeográficamente el área de trabajo está comprendida dentro de la llamada Cuenca de Chihuahua, la cual tal vez tuvo su origen primario durante la Fase Orogénica de fines del Paleozoico, en la cual el Cratón de América del Norte fue afectado por fallamiento en bloques; pero no es sino hasta fines del

Triásico o principios del Jurásico cuando dicha Cuenca se define completamente (quizá por reacomodo de la corteza terrestre) comenzando a tener depósitos evaporíticos a partir del Jurásico Superior; posteriormente se depositaron areniscas, lutitas y calizas durante el Cretácico, hasta alcanzar un espesor de más de 6 000 m de rocas sedimentarias marinas depositadas durante el Mesozoico, las cuales fueron deformadas y falladas por la Orogenia Laramide desarrollada a fines del Cretácico y principios del Terciario.

Enseguida continúa una etapa de denudación de rocas mesozoicas que perdura hasta el Oligoceno Medio, en donde aparecen rocas volcánicas de tipo ácido, originadas posiblemente por la relajación de esfuerzos de la corteza terrestre. Estos derrames (al menos localmente) se observan paralelos al rumbo de las estructuras mesozoicas, las cuales son a su vez el reflejo de los esfuerzos que actuaron en su deformación y del medio en donde se desarrollaron.

Por lo general, las estructuras observadas tanto dentro del área estudiada como en la vecindad, poseen una orientación NW-SE y en menores ocasiones SW-NE. Estos patrones de orientación son los que siguieron las rocas riolíticas para su depósito, que más tarde se vieron sujetas a una gran erosión, permitiendo aflorar parcialmente las rocas que habían cubierto.

A fines del Oligoceno, la región se vio afectada por rocas intrusivas ácidas causando metamorfismo de contacto en calizas y arqueando la cubierta volcánica; además, provocaron una gran cantidad de fracturas nuevas en ambas rocas y algunas fallas de tipo normal.

Estas nuevas estructuras (fracturas y fallas) fueron utilizadas por fluídos hidrotermales (provenientes de las rocas intrusivas) que dieron lugar en algunos casos a yacimientos minerales de fierro, principalmente por rellenamiento de fracturas y ocasionalmente por reemplazamiento o diseminación en distintos tipos de roca observados en la región estudiada.

Finalmente, un levantamiento general de la región permitió aflorar a las rocas intrusivas causantes del metamorfismo y a algunas zonas de mineralización, pues indudablemente, algunas otras permanecen aún sepultadas.

#### F. GEOLOGIA HISTORICA.

Desde fines del Jurásico una buena porción del Estado de Chihuahua comenzó a sufrir una lenta pero progresiva transgresión, depositándose inicialmente gran cantidad de evaporitas - en lo que sería más tarde lo que ahora se conoce como Cuenca de Chihuahua, limitada en ese entonces por las penínsulas de Aldama y del Diablo y la Isla de Coahuila. La invasión de los mares continuó convirtiendo a las penínsulas citadas en plataformas y el espacio comprendido entre ambas pasó a ser la Cuenca de Chihuahua, lugar en donde se depositaron alrededor de -- 6 000 m de sedimentos marinos.

Gries (1970), opina que entre el Senoniano y el Eoceno--Tardío, el basamento evaporítico fue basculado hacia el Este, lo que motivó el deslizamiento de las rocas cretácicas suprayacentes y su consecuente deformación. Esta deformación se acentuó con empujes de flujos evaporíticos sobre núcleos anticlinales, reactivando viejos sistemas de fallas.

Una vez que la secuencia sedimentaria Jurásica-Cretácica hubo sido plegada, levantada y fallada por la Orogenia Laramide, los agentes de intemperismo y erosión actuaron en forma -- conjunta para denudar parcialmente las estructuras formadas.

Un fallamiento normal por bloques post-laramídico en el basamento, ocasionó una intensa actividad volcánica, que se desarrolló en el Oligoceno Medio (Muestra GAC-4-82,  $32 \pm 2$  M.A., Oligoceno Medio; Apéndice Geocronométrico), cubriendo grandes áreas y enmascarando estructuras mesozoicas.

Es a fines del Oligoceno, cuando una intrusión granítica (Muestra GAC-1-82,  $27 \pm 2$  M.A., Oligoceno Tardío; Apéndice Geocronométrico) afectó las rocas de la región de estudio, creando en las formaciones suprayacentes arqueamiento, fracturamiento, fallamiento y metamorfismo de contacto.

Contemporánea a la intrusión se generó una gran cantidad de fracturas en las rocas pre-existentes. Estas fracturas aligeraron enormemente las presiones internas del subsuelo ocasionadas por el plutón, permitiendo circular a través de ellas -- fluidos hidrotermales, mineralizantes, los que al encontrar un ambiente propicio para su depósito dieron lugar a la formación de yacimientos minerales, ya fuese por reemplazamiento, rellenamiento de fracturas y/o diseminación.

Por último, un levantamiento regional, tal vez Mio-Pleistocénico, combinado con erosión, permitió aflorar al granito y a otras rocas, dando lugar al paisaje actual.

## G. MINERALIZACION FERRIFERA.

- a) Ambientes de mineralización ferrífera observados en la región de estudio.

La mineralización ferrífera en la región de estudio fue observada en diferentes tipos de roca, algunos de los cuales - contenían mineral de mejor calidad que en otros, por lo cual - se considera conveniente describir la mineralización ferrífera en cada uno de los ambientes donde se encontró.

Al hablar de mineralización, se estará uno refiriendo a mineralización ferrífera, a no ser que se indique lo conducente.

### 1. Mineralización en granito.

La mineralización en este tipo de roca fue observada básicamente en la periferia del principal afloramiento del cuerpo intrusivo, siendo los reventones de fierro numerosos, pero de cortas dimensiones (0.30 a  $\pm$  4 m de ancho y de 3 a  $\pm$  200 m de largo). A estos se les encontró generalmente por relleno de fracturas y en menor grado por reemplazamiento y/o diseminación en la roca encajonante.

La mineralización observada es casi siempre de baja calidad, pues aunque consiste de hematita con bajo contenido de magnetita, su porcentaje de  $\text{SiO}_2$  es elevado. En ocasiones se observó también la variedad micácea de la hematita (especularita) y sulfuros (pirita) diseminados en la roca, estos últimos incrementándose notablemente en la porción extrema NW de la Sierra El Brillante.

Además de lo anterior, se encontró que los granates de mayor tamaño se localizan en la costilla de la Sierra El Brillante (afloramiento principal del intrusivo), y que existe un incremento de micas hacia la porción extrema SE de la misma sierra, específicamente en el Cerro El Ausente.

## 2. Mineralización en skarn.

Cuando la mineralización ocurre en skarn, ya sea en skarn de granate o en skarn de escapolita, mejora un poco en su calidad, principalmente si se encuentra retirada de los afloramientos de granito, lo cual se traduce en una disminución del contenido de  $\text{SiO}_2$  en el mineral. Los reventones ferríferos observados en este ambiente se presentan más formales que en el ambiente anterior y sus dimensiones varían desde 0.50 a  $\pm$  25 m de ancho, y de 5 a  $\pm$  200 m de largo, alojándose en el skarn por rellenamiento de fracturas.

Es muy posible que a profundidad existan depósitos minerales por reemplazamiento, tanto en granito como en skarn, que puedan tener interés económico ferrífero.

La mineralización en la zona de skarn se encuentra en las faldas norte y sur de la parte media y SE de la Sierra El Brillante, y en el flanco oriental de la Sierra Cordón Central. En menor grado se localiza también sobre el flanco sur de la Loma El Brillante y en la parte metamorfoseada de la Sierra El Mirador.

### 3. Mineralización en calizas.

La mineralización ferrífera en calizas se restringió a vetillas o hilos de fierro o, como en algunos casos, a vetas muy delgadas y de corta extensión (0.20 a  $\pm$  3 m de espesor y  $\pm$  10 m de largo); aunque en el flanco NE de la Sierra El Mirador en su parte no metamorfoseada se encontraron algunos flotados de fierro de buena calidad. La mineralización en este ambiente se localiza en las partes N, SW, S y central de la zona estudiada. En la parte norte se encuentra en fracturas perpendiculares al plano de buzamiento, cortando estratos horizontales fosilíferos de la Formación Cuchillo o bien cortando estratos recristalizados de la misma formación muy compactos y de color verde, encontrándose asociados en ambos casos, a riolitas o tobas riolíticas piroconsolidadas y desvitrificadas. En la cercanía de algunos sitios mineralizados en esta parte del área se localizaron además vetas verticales de calcita blanca de aproximadamente 0.80 m de ancho por 100 m de largo, encajonadas en calizas de la Formación Cuchillo, observándose en forma más o menos paralela al rumbo de los reventones ferríferos.

En la parte SW del área estudiada la mineralización en calizas se observó en las cercanías de fallas de rumbo de corto desplazamiento, situadas en la Sierra El Mirador; la mineralización en este lugar comprende hilillos de mineral de Fe encajonados en calizas de la Formación Loma de Plata y corriendo en forma más o menos paralela al rumbo de capa de dichas rocas. Algunos flotados de mineral de Fe de buena calidad fueron hallados en estas rocas, sin encontrar la fuente de origen de donde vinieron.

En la parte sur de la región la mineralización, al igual que en la parte SW, se observó en forma de pequeños hilos y al

gunos flotados de mineral de fierro en calizas ligeramente recristalizadas de la Formación Loma de Plata; tal es el caso -- del Cerro El Caloso y la falda N y E de los Cerros Los Piloncillos.

Finalmente, en la porción media del área de trabajo, se observaron calizas recristalizadas y recocidas, fuertemente -- oxidadas, pero con bajo contenido de mineral de Fe.

#### 4. Mineralización en tobas riolíticas piroconsolidadas desvitrificadas.

Los reventones de mineral de fierro de mejor calidad casi siempre se encontraron en este tipo de roca. La mineralización hallada consistió, en la mayoría de los casos, en relleno de fracturas, observándose además en algunas partes brechamiento por soluciones mineralizantes. Se considera que el reemplazamiento se restringe exclusivamente al contacto de los bordes de las tablas del mineral con la roca encajonante, siendo posible que sea de mayor importancia a profundidad.

Por apreciación visual y con la ayuda de un imán el mineral encontrado en la mayoría de los afloramientos de fierro en esta roca consistió básicamente de hematita, con bajas cantidades de magnetita y/o limonita (con excepciones de algunas localidades donde la magnetita es el principal mineral de mena) y contenido variable de  $\text{SiO}_2$ .

Al consultar los levantamientos magnetométricos realiza-

dos por GEOCA, S. A., (1983) en este tipo de roca, se hallaron abundantes anomalías dipolares con fuerte gradiente horizontal, lo que indica que los cuerpos ferríferos pueden tener a profundidad cantidades diferentes de magnetita que las observadas superficialmente.

#### 5. Mineralización en rocas riolíticas.

Tanto esta roca como a la anterior (tobas riolíticas - piroconsolidadas desvitrificadas), pueden ser consideradas como buenas rocas encajonantes para el mineral de hierro, y como prueba de ello se tiene el Tajo El Cuatro, realizado en ambiente riolítico. Aquí, se cree que el mineral se halla emplazado por relleno de fracturas, y consiste de magnetita martitizada con bajo contenido de  $\text{SiO}_2$ , observándose además en las tablas del mineral reemplazamiento y brechamiento por soluciones mineralizantes.

Aunque existe mineralización en las riolitas, se cree -- que el principal papel que desarrollaron estas rocas fue el de actuar como sello para las soluciones mineralizantes, principalmente por estar discordantes a las demás rocas. Este punto se discutirá más ampliamente en los subcapítulos siguientes.

#### 6. Mineralización en brechas volcánicas riolíticas.

Prácticamente la mineralización ferrífera es nula en este tipo de roca, salvo algunos hilillos de Fe encontrados por relleno de fracturas cerca del Cerro Los Leones. Con más -----

frecuencia se observó en esta localidad el relleno por carbonatos de calcio de fracturas muy angostas. Asimismo, en la zona de ampliación se observó una intensa alteración (argilitización).

b) Tipos de alteración encontrados en la región de estudio.

Los tipos de alteración encontrados en el área de estudio comprenden: oxidación, argilitización, silicificación y carbonatación.

1. Oxidación.

La oxidación se encontró en diversos ambientes como en las tobas riolíticas piroconsolidadas desvitrificadas ( $Ox_1$ ), riolitas ( $Ox_2$ ), skarn ( $Ox_3$ ) y granito ( $Ox_4$ ), impartiendo en ellas coloraciones características de este tipo de alteración (rojo, anaranjado o amarillo mostaza).

De entre las zonas de oxidación, las que más destacan son las encontradas en las tobas riolíticas piroconsolidadas desvitrificadas y en las riolitas; pueden ser consideradas como buenas guías\* cuando su color es muy intenso.

---

\*Se aplica aquí el término de guía, al conjunto de rasgos naturales que conducen al descubrimiento de nuevos cuerpos mineralizados, o al incremento en volumen de los ya conocidos.

La oxidación del skarn puede dar lugar a confusión, principalmente cuando es granatífero, porque el elemento fierro interviene en la fórmula química del granate andradita, el cual se encuentra ampliamente distribuido en la zona de metamorfismo.

En cuanto a la oxidación del granito puede resultar también engañosa para el descubrimiento de cuerpos minerales, ya que como en este caso, el granito presenta diseminación de magnetita y pirita, minerales susceptibles de oxidarse al medio ambiente.

Aunque se ha discutido la oxidación en las rocas principales donde se presenta, no cabe duda que puede considerarse como buena guía en la región de estudio para la localización de cuerpos minerales de fierro.

## 2. Argilitización.

A diferencia de la oxidación, la cual se encuentra difundida en casi toda el área de estudio, destacando en algunas partes más que en otras, la argilitización solo se observó en la parte NE de la misma, principalmente en tobas riolíticas piroconsolidadas desvitrificadas, provocando un panorama grisblanquecino que contrasta notablemente con las zonas de oxidación (rojizas) o con los suelos cuaternarios (pardo claro). Puede ser considerada como buena guía en esta porción del área estudiada, ya que se encontraron una gran cantidad de flotados de mineral de hierro de regular tamaño (+ 10 cm de diámetro), en una zona que presenta este tipo de alteración.

Esta alteración también fue identificada en unas brechas volcánicas riolíticas localizadas en la zona de ampliación, -- las cuales se observaron en algunas partes en donde se hallan intrusionadas por masas de cuarzo.

### 3. Silicificación.

La silicificación, por su parte, puede ser considerada como una guía más fina, aunque más local que las demás, ya que -- en casi todos los afloramientos descubiertos de mineral de hierro se encontró una estrecha asociación con la mineralización ferrífera, actuando quizá como medio de transporte para las soluciones mineralizantes. En la mayoría de los casos se trata -- de pequeñas masas de cuarzo independientes de la mineraliza---ción, pero cercanas a ella (Sierra El Brillante, localidad La Fortuna, zona de ampliación) o como sílice incluido en una ma--sa mineralizada (diversas localidades de afloramientos de mineral).

### 4. Carbonatación.

Este tipo de alteración solo se observó en las partes -- central y norte del área de estudio, asociada en ocasiones tanto a la oxidación como a la silicificación. Consiste, por lo general, en la formación de una costra (a manera de penacho) de carbonatos rojos, amarillos, anaranjados y/o blancos, sobre calizas recristalizadas, algunas veces dando aspecto requemado -- (recocado). En otras ocasiones, la carbonatación solamente se observó como vetillas de calcita (hasta de 5 cm de ancho),

incluidas en la misma caliza, o más raramente, como vetas de calcita rellenas de fracturas de hasta 0.80 m de anchura (Localidad Los Fósiles).

c) Control de la mineralización.

En cuanto al control de la mineralización, se opina que es de tipo estructural-estratigráfico, es decir, está dado por la conjugación de un control estructural (fallas, fracturas y estructuras), con un control stratigráfico bien definido por una discordancia angular o litológica, generada por una cubierta riolítica sobre rocas sedimentarias o ígneas (granito y tobas riolíticas piroconsolidadas desvitrificadas).

ch) Génesis de la mineralización.

Después de un análisis exhaustivo realizado a la información proveniente de estudios varios (petrográficos, minerográficos y geocronométricos, etc.) correspondientes a diferentes muestras colectadas dentro del área estudiada, así como a las evidencias de campo encontradas, se cree que la mineralización en la región aparece como producto final de la intrusión de un granito calcoalcalino que afectó tanto a la secuencia sedimentaria-cretácica como a la cubierta volcánica riolítica; a la primera la modifica y la convierte parcialmente en un skarn de granate, en tanto que a la segunda la arquea y disloca (en ocasiones) de su posición original.

Una vez que el granito intrusiona, genera un gran número

de fracturas en las rocas suprayacentes, lo que permite circular a los fluídos provenientes del mismo hasta llegar a la su perficie o alojarse en un medio propicio donde reaccionan y de positan su contenido. Estos fluídos hidrotermales reaccionaron enérgicamente con las rocas carbonatadas inmediatas a la intrusión, generando así nuevos minerales como el granate, la wollastonita, la escapolita, etc., todos ellos de metamorfismo de contacto. Por otro lado, soluciones mineralizantes fueron transportadas por fluidos ricos en  $\text{SiO}_2$ , o inyectadas por el mismo magma, depositando así su carga por relleno de fracturas, reemplazamiento y diseminación en la roca encajonante, lo que indica, que el yacimiento podría tener un origen ortomagmático.

Estudios mineragráficos realizados a varias muestras de mineral de Fe, indican que las texturas que presentan estas mi neralizaciones suelen ser muy parecidas a las rocas ígneas. Es to refuerza el origen ortomagmático de los yacimientos encontrados.

Se piensa que los fluídos circularon a través de planos de estratificación, fracturas y fallas ya existentes, así como de las nuevas generadas por la intrusión, ascendiendo éstos en forma relativamente fácil hasta llegar a la cubierta volcánica, la que por estar discordante y poseer baja permeabilidad, actuó como un "sello", impidiendo que se perdieran por completo los fluídos al exterior, y disminuyendo además la temperatu ra de éstos al entrar en contacto con las rocas frías de la cu bierta riolítica, lo que motivó a que las soluciones que ----- traían consigo buscaran un ambiente favorable para su depósito.

Una idea respecto al origen de los cuerpos fuente mues treados en relación con una gama de rocas estudiadas en la re-

gión, así como su relación con otros yacimientos minerales de hierro del país y extranjeros la brinda Arriaga (1982), quien estudió para este trabajo varias láminas y superficies pulidas:

"1. Las rocas estudiadas se encuentran relacionadas -- con actividades (volcánicas, hipoabisales y plutónicas) de magmas alcalinos y calcoalcalinos.

2. La asociación de rocas alcalinas y calcoalcalinas-presentes suelen estar estrechamente asociadas al Modelo de Yacimientos Ferríferos llamado "Tipo Magnetita con Apatita".

El modelo característico de este tipo de depósitos es Kirunavaara en Suecia y se aproxima al tipo de mineralización en Cerro del Mercado.

3. La paragénesis constante en este tipo de yacimientos es magnetita, martita, apatita, silicatos, calcita y cuarzo. En las rocas estudiadas generalmente se presenta siempre la asociación magnetita + apatita.

4. La forma de los yacimientos en este tipo puede ser de forma tabular o lenticular, incluso en vetas. - Las estructuras brechoides no son raras.

5. El parecido mineralógico entre las rocas riolíticas y la mineralización (inciso 3) han inducido a pensar que existen mineralizaciones ferríferas que provienen del mismo magma que los vitrófiros riolíticos y riolitas. Además, las texturas que presentan estas mineralizaciones suelen ser muy parecidas a las rocas ígneas.

6. Las rocas estudiadas de composición alcalina y calcoalcalina pueden ser consideradas como buenas guías litológicas para yacimientos minerales formados por segregación.
7. Los fenómenos de pirometasomatismo no son raros en presencia de rocas alcalinas (pórfidos riolíticos, granitos) emplazadas en rocas calcáreas. En algunas regiones de la Costa del Pacífico (Las Truchas, Mich.) este fenómeno se desarrolla en rocas de tipo andesítico, produciendo skarns."

#### V.- RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ESTUDIOS DE DENSIDAD Y SUSCEPTIBILIDAD MAGNETICA.

Con el fin de tener un mejor control en la interpretación geológica-geofísica de los levantamientos realizados, se consideró adecuado realizar un muestreo de los diferentes tipos de roca hallados en la región de estudio (incluyendo mineral de Fe) para determinar la densidad y susceptibilidad magnética de cada una de éstas (Apéndice de estudios de Densidad y Susceptibilidad Magnética); asimismo, los resultados obtenidos ayudaron de gran manera en la selección de anomalías causadas por posibles cuerpos fuente.

A continuación se dan en las tablas A y B los resultados de las referidas determinaciones, de lo cual se puede concluir lo siguiente:

Los granitos muestran una susceptibilidad magnética baja, no así su densidad, que de las rocas (sin incluir mineral-

TABLA A

VALORES DE LA DENSIDAD Y DE LA SUSCEPTIBILIDAD MAGNETICA DE LOS DISTINTOS TIPOS DE  
ROCAS DEL PROSPECTO EL CUATRO, CHIH.

MUESTRA	LOCALIDAD	TIPO DE ROCA	DENSIDAD SUSCEPT. MAG. (g/cm <sup>3</sup> ) x 10 <sup>-6</sup> C.G.S.	
GAC-25-82	Arroyo La Mimbrosa	Granito	2.78	352
26-82	La Campana	Granito	2.82	470
46-82	Las Cuchillas	Granito	2.67	20
12-82	SE del Cerro Las Aguilas	Tobas Riol. Pirocons. Devit. (Pórfido Riol.)	2.60	1 200
60-82	El Camaleón	Tobas Riol. Pirocons. Devit. (Pórfido Riol.)	2.25	2
65-82	Las Lomitas	Tobas Riol. Pirocons. Devit. (Pórfido Riol.)	2.05	0
79-82	Regional Superior	Tobas Riol. Pirocons. Devit. (Pórfido Riol.)	2.83	236
80-82	La Pesada	Tobas Riol. Pirocons. Devit. (Pórfido Riol.)	2.29	25
85-82	La Pesada	Tobas Riol. Pirocons. Devit. (Pórfido Riol.)	2.33	32
86-9-82	La Pesada	Tobas Riol. Pirocons. Devit. (Pórfido Riol.)	2.24	275

MUESTRA	LOCALIDAD	TIPO DE ROCA	DENSIDAD SUSCEPT. MAG. (g/cm <sup>3</sup> ) x 10 <sup>-6</sup> C.G.S.	
GAC-20-82	Las Aguilas	Vitrófiro Riolítico	2.17	350
37-82	El Globo	Vitrófiro Riolítico	2.18	1 000
41-82	El Arco	Vitrófiro Riolítico	2.13	560
72-82	Piloncillos	Vitrófiro Riolítico	2.21	1 080
81-8-82	La Pesada	Vitrófiro Riolítico	2.26	352
87-82	El Cuatro	Vitrófiro Traquítico	2.09	2 950
18-82	Las Aguilas	Riolitas	2.30	790
29-82	Sur Arroyo el Meon	Riolitas	2.36	440
81-2-82	La Pesada	Riolitas	2.45	245
81-9-82	La Pesada	Ignimbrita	1.88	60
88-82	El Cuatro	Riolitas	2.40	30
74-82	Zito	Riolitas	2.32	450
78-82	Ampliación	Brechas Volcánicas	2.19	120
48-82	Cueva de Zito	Brechas Volcánicas	2.21	197
64-82	El Cholo	Calizas	2.53	5

MUESTRA	LOCALIDAD	TIPO DE ROCA	DENSIDAD SUSCEPT. MAG. (g/cm <sup>3</sup> ) x 10 <sup>-6</sup> C.G.S.	
GAC-83-82	La Pesada	Calizas	2.53	110
43-82	El Arco	Skarn Calcáreo	2.40	15
57-82	El Pozo	Skarn Calcáreo	2.58	20
28-82	Arroyo El Meón	Brechas por soluciones Mineralizantes	2.15	5
90-82	El Cuatro	Brechas por soluciones Mineralizantes	2.45	70
56-82	El Brillante	Masas de Cuarzo	2.66	0
77-82	Ampliación	Masas de Cuarzo	2.57	0

de fierro) es la que se observó más alta, dando una densidad promedio de  $2.76 \text{ g/cm}^3$ .

Las tobas riolíticas piroconsolidadas desvitrificadas -- presentan una susceptibilidad magnética que varía de 0 a  $1\ 200 \times 10^{-6}$  unidades c.g.s., pasando por 2, 25, 32, 236 y 275 -----  $\times 10^{-6}$  unidades c.g.s., es decir, si se observa a la mayoría, se constata que la susceptibilidad es baja, más aún que la -- del granito. En cuanto a densidades, la media anda en  $2.31 \text{ --- gr/cm}^3$ , siendo el valor máximo de 2.6 y el mínimo de  $2.05 \text{ --- g/cm}^3$ . Se descartó un valor de 2.83, dado que no corresponde con la realidad.

En cuanto a los vitrófiros, se observó que este tipo de roca (sin considerar al mineral de Fe) es la que presenta mayor susceptibilidad magnética en la región de estudio, variando desde  $350 \times 10^{-6}$  hasta  $2\ 950 \times 10^{-6}$  unidades c.g.s. Se cree que esto se deba, principalmente, al contenido de magnetita en forma de microcristales diseminados en la roca. La densidad de esta roca, varía de 2.09 a 2.26, localizándose la media en ---  $2.17 \text{ g/cm}^3$ .

Las riolitas y brechas volcánicas riolíticas presentaron una susceptibilidad magnética muy errática, variando desde ---  $30 \times 10^{-6}$  hasta  $790 \times 10^{-6}$  unidades c.g.s. En cuanto a sus densidades, se observaron un poco más uniformes, localizándose la media en  $2.32 \text{ g/cm}^3$ .

Las calizas y el skarn tuvieron susceptibilidades magnéticas muy bajas, y sus densidades oscilaron entre  $2.48 \pm 0.05 \text{ --- g/cm}^3$ .

Finalmente cabe mencionar que las masas de cuarzo tuvieron

TABLA B

VALORES DE LA DENSIDAD Y DE LA SUSCEPTIBILIDAD MAGNETICA DE MUESTRAS DE CANAL DE MINERAL DE FIERRO PROVENIENTES DE DISTINTOS AFLORAMIENTOS DEL PROSPECTO EL CUATRO, -- ESTADO DE CHIHUAHUA.

MUESTRA	LOCALIDAD	TIPO DE ROCA	DENSIDAD SUSCEPT. MAG.	
			(g/cm <sup>3</sup> )	x 10 <sup>-6</sup> C.G.S.
GAC-Q-1-82	Cholo	Mineral de Fierro*	3.06	148
2-82	Zito	Mineral de Fierro*	3.37	226
3-82	Camaleón	Mineral de Fierro*	3.35	90
4-82	Chema	Mineral de Fierro*	3.67	2 050
5-82	Olvido	Mineral de Fierro*	3.58	690
6-82	Lomitas	Mineral de Fierro*	4.27	7 850
9-82	India	Mineral de Fierro*	3.26	391
10-82	Palos Chinos	Mineral de Fierro*	3.45	120
11-82	El Cuatro	Mineral de Fierro*	2.99	14 000
14-82	El Pozo	Mineral de Fierro*	3.07	177

(\*) Algunas de las muestras de canal superficiales de mineral de fierro, de diferentes localidades ferríferas dentro del Prospecto El Cuatro, que se utilizaron para determinar contenido de fierro total, óxido férrico, óxido ferroso, sílice, fósforo y azufre, fueron empleadas también para obtener sus densidades y susceptibilidades magnéticas correspondientes. Cabe mencionar que estos últimos estudios se hicieron a partir de muestras molidas y cuarteadas.

MUESTRA	LOCALIDAD	TIPO DE ROCA	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	SUSCEPT. MAG. x 10 <sup>-6</sup> C.G.S.
GAC-Q-16-82	Quico	Mineral de Fierro*	3.09	197
18-82	7 Venados	Mineral de Fierro*	2.77	80
19-82	El Reliz	Mineral de Fierro*	2.79	11 200
20-82	Olivas	Mineral de Fierro*	2.27	148
23-82	La Fortuna II	Mineral de Fierro*	3.33	120
25-82	La Pesada II	Mineral de Fierro*	3.40	8 700

(\*) Algunas de las muestras de canal superficiales de mineral de fierro, de diferentes localidades ferríferas dentro del Prospecto El Cuatro, que se utilizaron para determinar contenido de fierro total, óxido férrico, óxido ferroso, sílice, fósforo y azufre, fueron empleadas también para obtener sus densidades y susceptibilidades magnéticas correspondientes. Cabe mencionar que estos últimos estudios se hicieron a partir de muestras molidas y cuarteadas.

una susceptibilidad magnética de 0 y una densidad aproximada de  $2.60 \text{ g/cm}^3$ .

En cuanto a las bajas densidades del mineral de Fe, se puede deber a que los estudios se hicieron a partir de muestras molidas y cuarteadas provenientes a su vez de muestras de canal obtenidas de los reventones de Fe. Las densidades son del orden de  $3.3 \pm 0.2 \text{ g/cm}^3$  y sólo una es mayor de  $4 \text{ g/cm}^3$ , densidad que se considera como la adecuada para el mineral de Fe.

Las susceptibilidades magnéticas obtenidas para mineral de Fe son muy erráticas, ya que se encuentran desde  $80 \times 10^{-6}$  hasta  $14\ 000 \times 10^{-6}$  unidades c.g.s., pasando por 90, 120, 148, 177, 197, 226, 391, 690, 2 050, 7 850, 8 700, y  $11\ 200 \times 10^{-6}$  unidades c.g.s.

La disparidad tanto en densidades como en susceptibilidades magnéticas obtenidas de las muestras de mineral de Fe se cree que se deban (además de los comentarios realizados anteriormente) a las diferentes condiciones de intemperismo, erosión, desmagnetización, contenido de  $\text{SiO}_2$ , etc., que se encuentran en el afloramiento de mineral las cuales, a su vez, deben ser distintas a profundidad, haciendo variar las propiedades físicas y, por consiguiente, la calidad del mineral.

## VI.- GRAVIMETRIA.

Una gran ayuda para la interpretación geológica final del presente trabajo fue el que se haya permitido consultar

las configuraciones de Anomalía de Bouguer corregida por relieve topográfico y de Anomalía Residual, realizadas sobre la misma área de este trabajo por GEOCA, S. A., (1983) para Petróleos Mexicanos.

Debido a la confidencialidad de la información consultada solo se tratarán rasgos regionales, aclarándose que las observaciones e interpretaciones que aquí se presentan son de carácter descriptivo cualitativo.

A continuación se describen las principales anomalías regionales, registradas en los planos de Anomalía de Bouguer. -- Los resultados de las anomalías locales de carácter residual relacionadas con la mineralización de fierro se describen en forma general en el capítulo VIII, junto con otras propiedades geofísicas y geológicas, por considerar que todas ellas están interrelacionadas.

#### 1. Máximo El Mirador.

Es el máximo regional más notable que aparece dentro del área de estudio, quedando ubicado en la parte sur de la misma. Se extiende en dirección NW-SE a lo largo de 3.5 Km aproximadamente, a partir de la isoanómala -3 850 u.g., y presenta una anchura de más o menos 2 Km. Este máximo culmina en la curva isoanómala cerrada -3 710 u.g., profundizándose hacia los flancos NE y SW con un gradiente aproximado de 0.14 u.g./m. Coincide en términos generales con la Sierra El Mirador, compuesta en su porción NW por rocas sedimentarias de la Formación Loma de Plata y por un skarn de granate en la parte SE. Es el reflejo del cuerpo intrusivo granítico que se cree tenga su masa principal bajo esta sierra.

## 2. Mínimo La Mimbrosa.

Es el mínimo regional más sobresaliente dentro del área estudiada y se sitúa en la parte poniente de la misma. Presenta una orientación NW-SE con varias sinuosidades; además, se le puede considerar paralelo en términos generales al máximo anterior. Este mínimo queda abierto al NE, al salirse de los límites de la zona de estudio, en donde se observa que se profundiza en esa dirección. Es muy posible que su existencia se deba a fallamiento por bloques, acaecido a fines de la Orogenia Laramide, ya que topográficamente hablando, el mínimo se encuentra sobre una región peneplaneada con abundante material de relleno (gravas de planicie de inundación y material aluvial).

## 3. Máximo Pico Duro Poniente.

Es este otro máximo de gran amplitud, aunque más pequeño que el Máximo El Mirador. Se localiza en la porción central del área de estudio y presenta una orientación SW-NE. Tiene una longitud 2.6 Km en su parte más notable (a partir de la isoanómala -3 870 u.g.) y una anchura que varía de 0.5 a 1.1 Km. Culmina en la curva cerrada -3 790 u.g., hundiéndose hacia los flancos NW y SE con un gradiente de aproximadamente 0.14 u.g./m en la porción sur.

Las rocas que afloran sobre este máximo regional corresponden a tobas riolíticas piroconsolidadas desvitrificadas, skarn de granate y rocas riolíticas. Su existencia es muy posible que sea debida a la continuación del cuerpo intrusivo hacia esta zona, principalmente por la evidencia del metamorfismo de contacto observado en calizas.

#### 4. Máximo El Nolasco.

Situado en la porción NW del área de trabajo y con una orientación NW-SE, algo cóncavo al norte. Se manifiesta en particular su flanco SW ya que el flanco NE queda fuera del área cubierta. Sobre el terreno corresponde al flanco de un pliegue, donde las rocas de la Formación Cuchillo buzan ligeramente al NE y NW.

Para el resto del área trabajada se observa una alternancia de máximos y mínimos que guardan cierto paralelismo entre sí, con una orientación preferencial SW-NE; se presentan alargados y estrechos y en ocasiones sólo se marcaron por la tendencia de las isoanómalas.

#### VII.- MAGNETOMETRIA

Al igual que en gravimetría, el haber sido posible consultar las configuraciones de Intensidad Total del Campo Magnético y de Anomalía Residual, realizadas sobre la misma zona de estudio por GEOCA, S. A., (1983), fue de gran utilidad, principalmente para la interpretación geológica final.

Debido a la confidencialidad de la información consultada, sólo se hablará de rasgos regionales, y se aclara, que las observaciones e interpretaciones que aquí se presentan, son de carácter descriptivo-cualitativo.

A continuación se describen las principales anomalías regionales, registradas en los planos de Intensidad Total del Campo Magnético. Los resultados de las anomalías locales de ca

rácter residual relacionadas con la mineralización de fierro, se describen en forma general en el capítulo VIII junto con -- otras propiedades geofísicas y geológicas, por considerar que -- todas ellas están interrelacionadas.

#### 1. Máximo Arroyo El Mirador.

Este máximo es el único de tipo regional observado dentro del área estudiada. Se localiza en la parte sur de la misma y presenta una orientación NW-SE, más o menos paralela al -- máximo gravimétrico regional El Mirador, pero desfasados sus -- ejes entre sí por aproximadamente 650 m. Se ubica sobre el Valle El Mirador, sitio donde aflora un granito calcoalcalino y un skarn de granate. Su longitud a partir de la isogama 49 000 es de aproximadamente 3 Km en su parte más intensa, prolongándose 1 Km más hacia el NW. La anchura media es de 1.2 Km, y se observan varias culminaciones en curvas cerradas que van de -- 49 500 a 49 750 gamas, a partir de las cuales el máximo cae -- abruptamente hacia sus flancos SW y NE con gradientes medios -- de 0.65 gamas/m y 1.63 gamas/m, respectivamente.

El desplazamiento con respecto al máximo gravimétrico regional no resulta raro, si se toma en cuenta la distribución -- irregular de magnetita, primeramente como disseminación en el -- granito, y en segundo lugar, por concentración mecánica en la parte de rellenos aluviales (Arroyo El Mirador).

#### 2. Mínimo La Mimbrosa.

Se caracteriza por una zona irregular en la distribución

de los alineamientos de la configuración de isoanómalas, con valores -- ligeramente arriba o abajo del valor de fondo. Poseé, además, -- una orientación burdamente paralela al mínimo gravimétrico regional del mismo nombre, siendo por otra parte bastante sinuoso en su desarrollo. Su longitud dentro del área estudiada es de aproximadamente 2.7 Km, quedando abierto hacia el poniente.

### 3. Mínimo El Nolasco.

Este mínimo se encuentra localizado en la porción NW del área estudiada, y se le observa mejor definido que el mínimo anterior, ya que presenta una franca caída al norte, con un gradiente aproximado de 0.17 gamas/m. Coincide en forma aproximada con el Máximo Gravimétrico regional El Nolasco. La coincidencia del máximo gravimétrico con el mínimo magnetométrico, -- se cree que se deba a la densidad propia de las calizas de la Formación Cuchillo ( $2.4 \text{ g/cm}^3$  aproximadamente) y de una posible estructura anticlinal localizada en la Sierra El Nolasco -- y además, a la baja susceptibilidad que presentan estas rocas calcáreas ( $15 \times 10^{-6}$  a  $110 \times 10^{-6}$  unidades c.g.s.).

Para el resto del área se observaron algunos alineamientos bien definidos y "zonas muertas", estas últimas con una configuración muy errática, con isogamas ligeramente arriba o abajo del valor de fondo calculado para la región de estudio.

## VIII.- CARACTERISTICAS GEOLOGICAS Y GEOFISICAS DE AREAS ANOMALAS CON MANIFESTACION FERRIFERA.

### A. LOCALIDADES FERRIFERAS.

a) Características geológicas.

El ambiente geológico de los afloramientos de mineral de hierro descubiertos en la región de estudio fue muy variado, - encontrándose mineralización prácticamente en todos los tipos de roca mapeados en este estudio.

La mineralización se observó principalmente por relleno de fracturas, y en menor escala, por reemplazamiento y/o diseminación en la roca encajonante, aunque cabría esperar que - el reemplazamiento fuera de cierta importancia a profundidad.

El principal mineral de fierro encontrado en los sitios mineralizados fue sin duda magnetita martitizada o, en ocasiones, definitivamente hematita. Esto se pudo comprobar fácilmente debido al débil magnetismo que ejercía el mineral al acercar un imán, y posteriormente por estudios petrográficos y minerográficos. Cabe mencionar también, que de los minerales indeseables para el Fe encontrados en esta región, fue sin lugar a duda la sílice, hallándose ésta en diversas proporciones respecto al mineral de Fe.

En cuanto a las dimensiones de los afloramientos se pudo observar que la tendencia central de éstos oscila alrededor - de 1 x 20 m (anchura y longitud), aunque hay sitios con más de 20 m de anchura y 100 m de longitud, y por otra parte, menores de 1 m de anchura y escasamente 2 m de longitud.

Generalmente todos los reventones de Fe muestran diferentes tipos de alteración inmediatas al afloramiento, tal es el caso de la oxidación (que es la más difundida), argilitiza-----ción, carbonatación y silicificación observados en la roca encajonante.

b) Características geofísicas.

Algunas de las principales anomalías geofísicas, principalmente magnéticas, coincidieron con afloramientos ferríferos, observándose en el sitio de afloramiento o en la vecindad de éste la extensión y orientación de la anomalía, uno o varios dipolos bien definidos, y sus respectivos gradientes horizontales, por lo general muy intensos.

B. ZONAS GEOFISICAMENTE ANOMALAS SIN MANIFESTACION FERRIFERA SUPERFICIAL.

a) Características geológicas.

Gran parte de las anomalías geofísicas detectadas por gravimetría y/o magnetometría corresponden superficialmente a alteraciones en la roca aflorante, principalmente oxidación, y ocasionalmente argilitización; también fueron observados algunos flotados de mineral de Fe sobre estas anomalías, por lo cual no se descarta la posibilidad de encontrar cuerpos sepultados de mineral de Fe a partir de las anomalías geofísicas, que por su extensión, gradiente horizontal y similitud con aquéllas correspondientes a reventones ferríferos, hacen suponer cierto éxito en exploraciones más detalladas.

b) Características geofísicas.

Indudablemente, se considera a la magnetometría como una herramienta de gran ayuda en la búsqueda de cuerpos ferríferos (magnetita), y aunque superficialmente en la región de estudio

se observó que la mayoría de los afloramientos de mineral de hierro poseen un débil magnetismo, es muy posible que a profundidad los cuerpos estén mejor preservados de la desmagnetización, originada principalmente por diversos procesos provocados por los agentes del intemperismo.

Las principales anomalías magnetométricas observadas en la región de estudio presentan una orientación bien definida, como si existieran cuerpos minerales relleno de fracturas, dipolaridad normal o invertida y, lo más característico, un fuerte gradiente horizontal. Algunas de ellas, coinciden con anomalías gravimétricas de las cuales se hablará en seguida.

Se considera que el método gravimétrico empleado para la búsqueda de cuerpos ferríferos fue el adecuado, más sin embargo, debido a la estrechez de los cuerpos y al espaciamiento de las estaciones no se detectaron como se hubiera deseado. Lo mejor pudiera haber sido el cerrar la malla en gravimetría, al detectar anomalías magnetométricas importantes.

Por lo observado en anomalías gravimétricas de importancia se constató que algunas de ellas tienen correspondencia con anomalías magnetométricas observándose, además, un fuerte gradiente horizontal, que en algunos casos después de la culminación de la anomalía gravimétrica, cae abruptamente. Dichas anomalías reflejan un posible reemplazamiento en la roca encajonante.

#### IX.- ANALISIS DE UNA ANOMALIA GEOFISICA CON CALCULO DE MAXIMA- PROFUNDIDAD DE UN POSIBLE CUERPO FERRIFERO SEPULTADO.

A. GENERALIDADES.

Después de analizar varios métodos gravimétricos y magnetométricos para el cálculo de máxima profundidad de un posible cuerpo fuente, se consideraron como más apropiados para el cálculo de ésta los métodos de Skeels para gravimetría y el de Parker Gay para magnetometría. El primero considera el máximo-contraste de densidad permitido en un ambiente geológico cualquiera, y el segundo toma en cuenta parámetros importantes de un cuerpo magnetizado como son: intensidad total del campo magnético en la región problema, inclinación magnética de la misma, al azimut magnético de la estructura que provoca dicha anomalía y la susceptibilidad magnética del cuerpo analizado. Dichos parámetros no son empleados por otros métodos, los cuales se basan casi exclusivamente en el cálculo de máximas pendientes, amplitudes o distancias características, obtenidas de un perfil residual, o a través de una serie de factores descubiertos a partir de modelos experimentales.

Siempre se tuvo en cuenta el ambiente geológico donde se ubica la anomalía, principalmente para efectuar la interpretación geofísica.

B. BREVE DESCRIPCION DE LOS METODOS EMPLEADOS.

a) Skeels (gravimetría).

Este método se basa en la consideración de que "la máxima profundidad para una anomalía particular está representada

muy aproximadamente por la profundidad de la cima de la masa - de lados verticales - prisma o cilindro según el caso - cuya anomalía da la aproximación más cercana a la anomalía observada, cuando el contraste de densidad usado es el máximo permitido, considerando la localidad geológica" (Skeels, 1970).

Para el empleo de este método es necesario construir un perfil de la anomalía (preferentemente de anomalía residual), por medio del cual se obtienen determinados parámetros que son llevados a unas relaciones establecidas por Skeels; posteriormente, con los resultados obtenidos, se consulta una serie de nomogramas a partir de los cuales se determinan las profundidades máximas de la cima y base del cuerpo que causa dicha anomalía, así como la anchura del mismo.

b) Parker Gay (magnetometría).

Este método se basa principalmente en la superposición de un perfil magnetométrico (preferentemente residual) convertido a perfil unitario, sobre una serie de curvas patrón dadas por Parker Gay. Se observa detenidamente cual es la que mejor corresponde, y una vez seleccionada se determinan ciertos parámetros, que junto con aquellos propios del lugar (intensidad total de la región, inclinación magnética de la misma, azimut magnético de la estructura que causa dicha anomalía y susceptibilidad magnética considerada para la misma) son llevados a unas relaciones establecidas por el Sr. Parker (obtenidas por medio de modelos experimentales), a través de las cuales se obtiene finalmente la profundidad de la cima del cuerpo magnetizado y su espesor, así como el buzamiento del mismo.

C. DESCRIPCION DE UNA ANOMALIA PREVIAMENTE SELECCIONADA PARA EFECTUAR SU ANALISIS GEOLOGICO - GEOFISICO.

A continuación se describe solamente la anomalía denominada "Silvana", en donde se indican además los resultados a que se llegó después de efectuar un análisis geológico-geofísico de la misma, y del empleo de los métodos manuales para el cálculo de máxima profundidad realizado en esta zona.

- a) Características gravimétricas (plano Anomalía Residual gravimétrica y perfiles gravimétricos I-I' a IV-IV'):

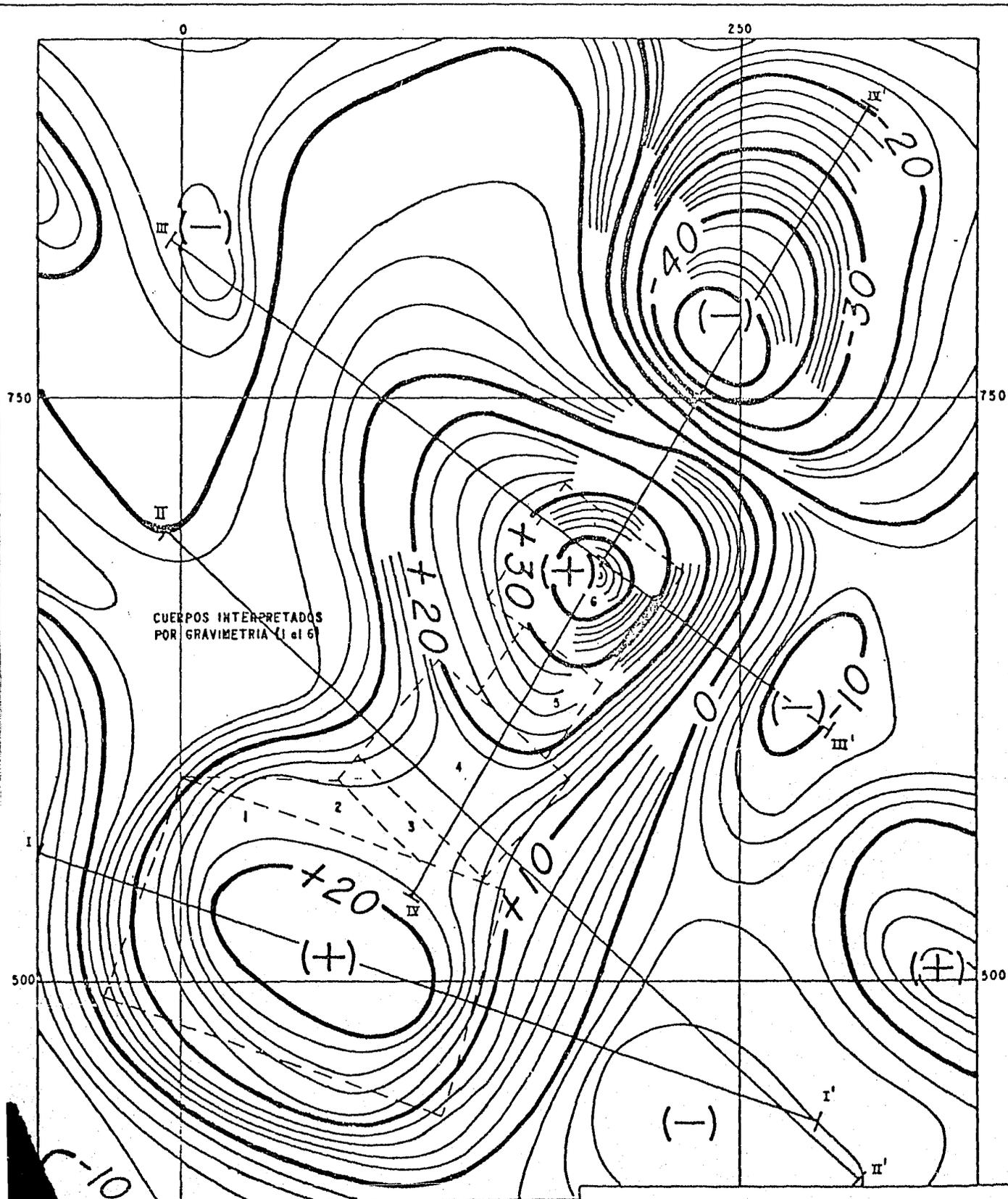
La anomalía gravimétrica está constituida por dos máximos alineados entre sí, que sobresalen de la configuración residual observada. La anomalía en sí, tiene una orientación SW-NE y el tamaño de ésta es de aproximadamente 360 m de largo por  $200 \pm 20$  m de ancho.

La anomalía se hace un poco más estrecha hacia el centro de la misma, lugar en donde existe un pequeño mínimo que separa a los dos máximos importantes mediante una distancia de 70 m aproximadamente a partir de la formación de los mismos, ya que dichos máximos distan entre sí 205 m a partir de sus culminaciones.

El primer máximo, que es el situado más al norte, culmina con la curva isoanómala + 46 u.g., a partir de la cual su gradiente cae abruptamente hacia un mínimo situado al NE del mismo, y que culmina con la isoanómala -54 u.g. El gradiente horizontal observado entre

# ANOMALIA SILVANA

*Residual Gravimétrico*



CUERPOS INTERPRETADOS POR GRAVIMETRIA (1 al 6)

- LOS
- (+) MAXIMO O ALTO GRAVIMETRICO
  - (-) MINIMO O BAJO GRAVIMETRICO
  - 500 CURVAS ISOANOMALAS
  - PERFIL RESIDUAL GRAVIMETRICO

FACULTAD de INGENIERIA U.N.A.M.

PLANO DE ANOMALIA RESIDUAL GRAVIMETRICA (PLANO T.P.-GAC-4) QUE MUESTRA LA CONFIGURACION GRAVIM. DE LA ANOMALIA SILVANA

Guillermo Avila C.

TESIS PROFESIONAL

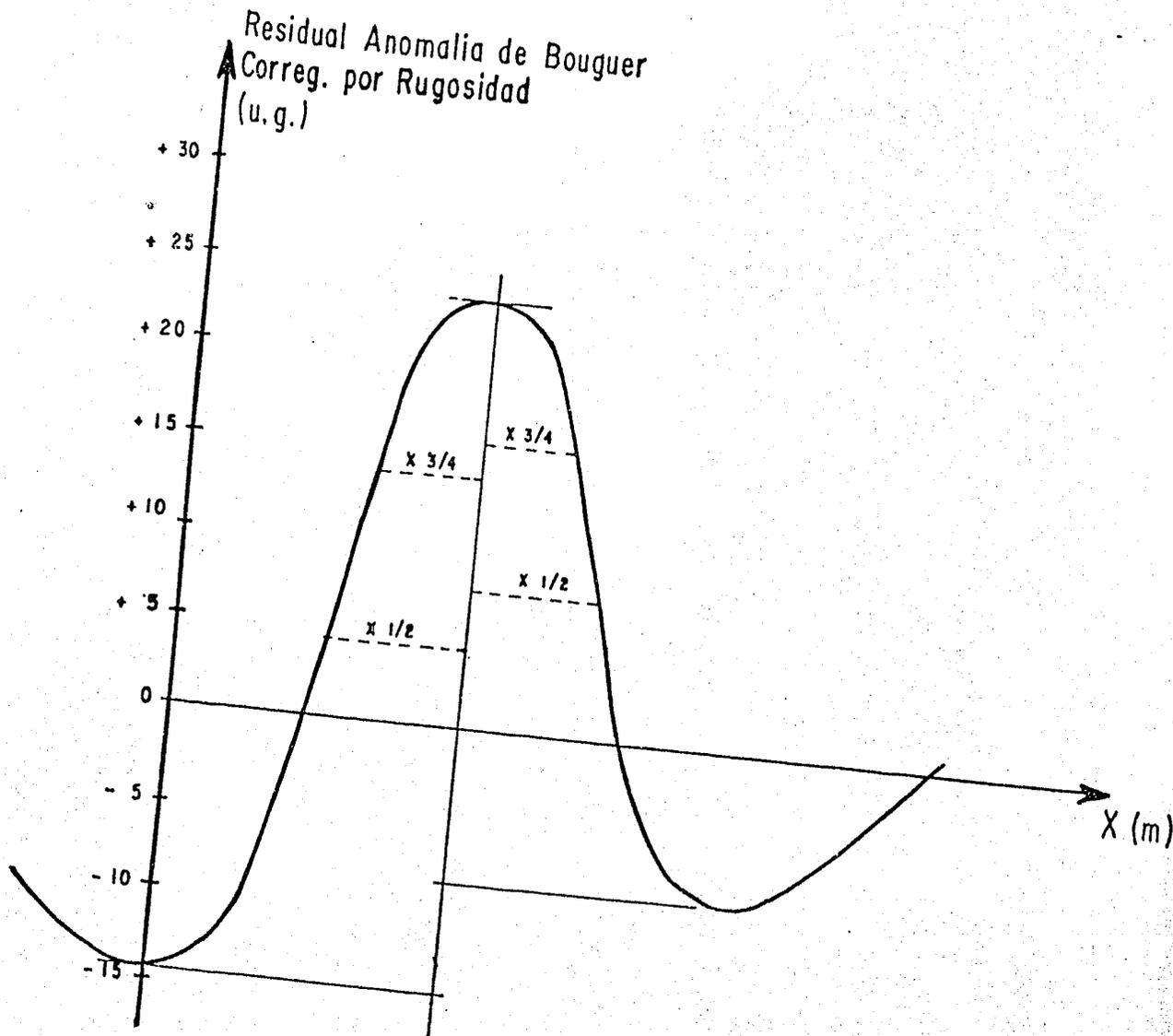
1984

ESC. 1:2500

# ANOMALIA SILVANA

## PERFIL I-I'

(METODO DE SKEELS)



RAMA CURVA	$\Delta g \text{ máx (mgal)}$	$X \text{ 1/2 (Km)}$	$X \text{ 3/4 (Km)}$
IZQUIERDA	3.80	0.100	0.072
DERECHA	3.15	0.090	0.064

FACULTAD de INGENIERIA U.N.A.M.

PERFIL RESIDUAL GRAVIMETRICO I-I' EMPLEAD PARA EL CALCULO DE LA MAX. PROFUNDIDAD Y DIMENSIONES DE UN POSIBLE CUERPO FERRIFERO SEPULTADO

Guillermo Avila C.

TESIS PROFESIONAL

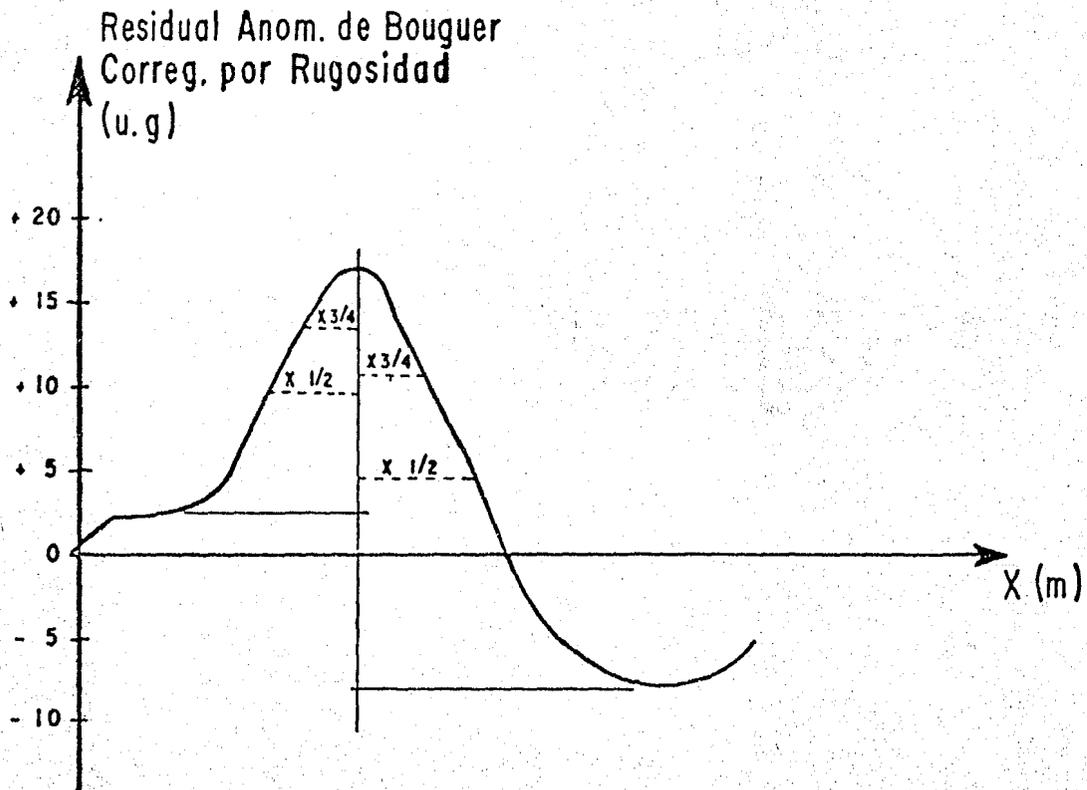
Esc. No. 115 000

1984

# ANOMALIA SILVANA

## PERFIL II-II'

(METODO DE SKEELS)



RAMA CURVA	$\Delta g_{\max}$ (mgol)	X 1/2 (Km)	X 3/4 (Km)
IZQUIERDA	1.46	0.055	0.038
DERECHA	2.50	0.078	0.048

FACULTAD de INGENIERIA U.N.A.M.

PERFIL RESIDUAL GRAVIMETRICO II-II', EMPLEADO PARA EL CALCULO DE LA MAX. PROFUNDIDAD Y DIMENSIONES DE UN POSIBLE CUERPO FERRIFERO SEPULTADO

Guillermo Avila C.

TESIS PROFESIONAL

ESC. HOR. 1'5 000

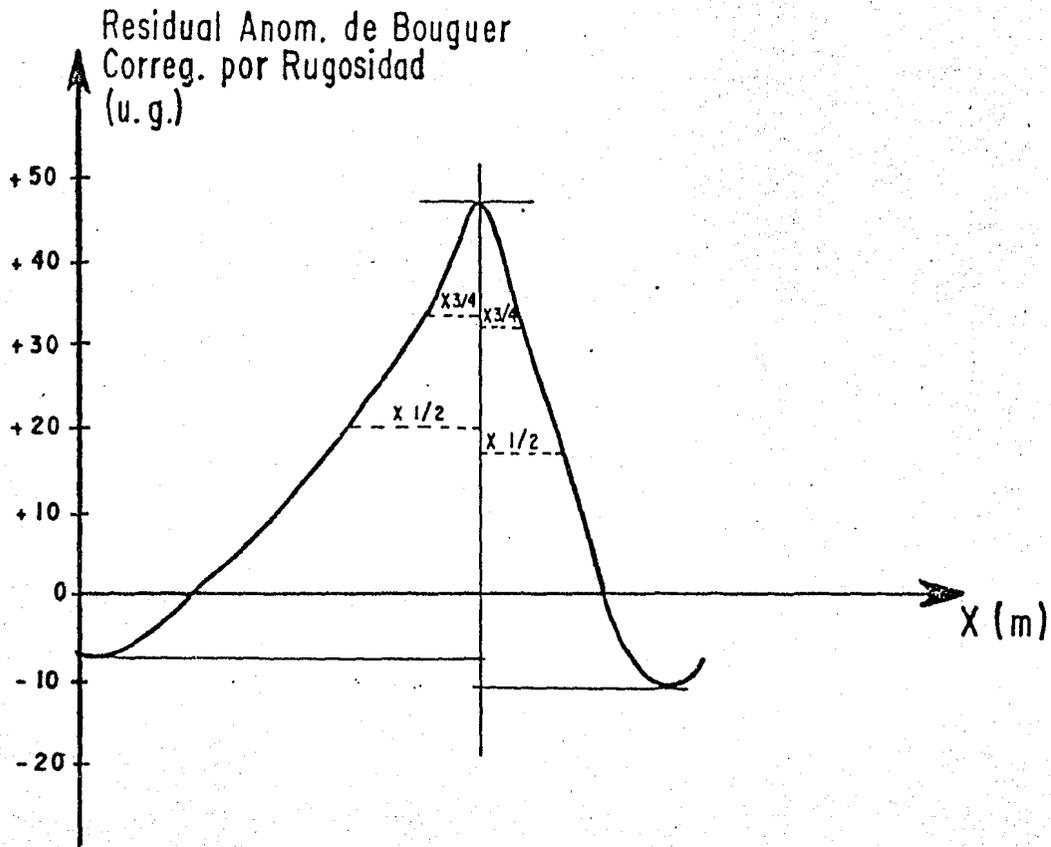
1984

ESC. VERT. 11500

# ANOMALIA SILVANA

## PERFIL III-III'

(METODO DE SKEELS)



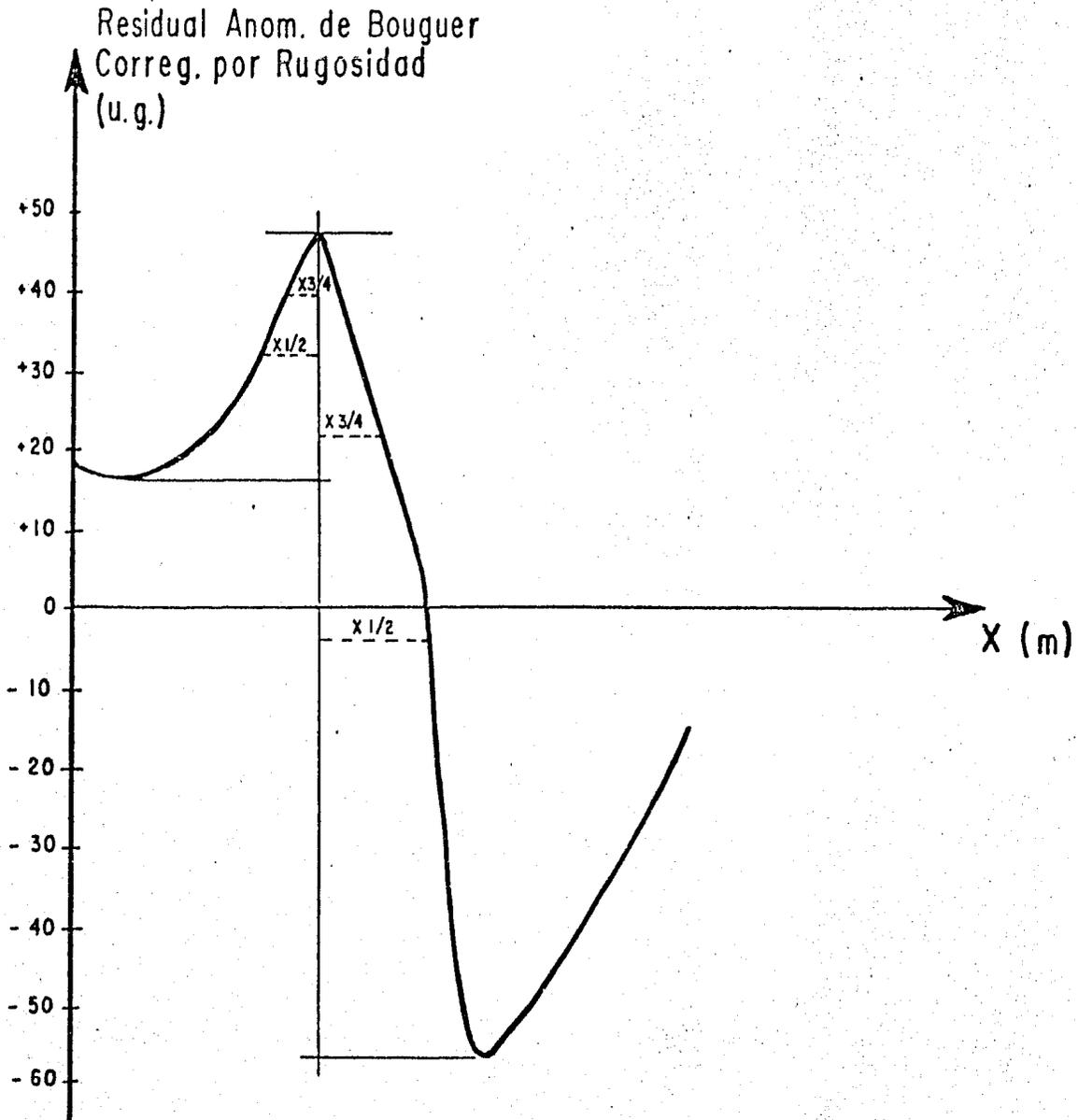
RAMA CURVA	$\Delta g_{m\acute{o}x}$ (mgel)	X 1/2 (Km)	X 3/4 (Km)
IZQUIERDA	5.40	0.080	0.035
DERECHA	5.80	0.055	0.030

FACULTAD de INGENIERIA U.N.A.M.		
PERFIL RESIDUAL GRAVIMETRICO III-III', EMPLEADO PARA EL CALCULO DE MAX. PROFUNDIDAD Y DIMENSIONES DE UN POSIBLE CUERPO FERRIFERO SEPULTADO		
Guillermo Avila C.	TESIS PROFESIONAL 1984	ESC. HOR. 115 000 ESC. VERT. 111 000

# ANOMALIA SILVANA

## PERFIL IV-IV'

(METODO DE SKEELS)



RAMA CURVA	$\Delta g \text{ m\AA s (mgal)}$	X 1/2 (Km)	X 3/4 (Km)
IZQUIERDA	3.10	0.036	0.020
DERECHA	10.40	0.075	0.040

FACULTAD de INGENIERIA U.N.A.M.

PERFIL RESIDUAL GRAVIMETRICO IV-IV' EMPLEADO  
PARA EL CALCULO DE MAX. PROFUNDIDAD Y DIMENSIONES  
DE UN POSIBLE CUERPO FERRIFERO SEPULTADO

Guillermo Avila C.

TESIS PROFESIONAL

ESC. HOR. 115 000

1984

ESC. VERT. 111 000

máximo y mínimo es de aproximadamente 1.01 u.g./m, -- que es el mayor gradiente observado en la anomalía.

El mismo máximo presenta otros gradientes horizontales no tan intensos como el primero pero si de consideración, los cuales son los siguientes: a partir de la culminación del máximo hacia el SE, el gradiente respectivo es de 0.62 u.g./m, en donde cae también -- bruscamente; hacia el NW es de 0.28 u.g./m en donde -- se pierde suavemente; en tanto que hacia el SW es de 0.29 u.g./m que cae a un pequeño mínimo, para luego -- subir al segundo máximo situado al sur del primero.

El segundo máximo que, como ya se mencionó, se encuentra al SW del primero, presenta hacia el NE un gradiente muy suave (0.11 u.g./m) que cae al mínimo que separa ambos máximos de la anomalía. Los gradientes importantes de este máximo se observan al SE, NW y -- SW, los cuales son respectivamente de 0.30, 0.33 y -- 0.28 u.g./m.

Finalmente, los gradientes observados en la parte central de la anomalía son de 0.21 u.g./m tanto al NW como al SE.

Las amplitudes observadas en el perfil I-I' (trazado sobre el máximo situado al SW de la anomalía) son de 38 u.g. en la rama izquierda y de 31.5 u.g. en la rama derecha; en el perfil II-II' (que cruza por la parte media de la anomalía) se tiene una amplitud de --- 14.6 u.g. en la rama izquierda y 25 u.g. en la rama -- derecha; en el perfil III-III' (trazado en sentido -- NW-SE sobre el máximo situado al NE de la anomalía) --

se observaron 54 u.g., de amplitud en la rama izquierda y 58 u.g., en la rama derecha; finalmente, en el perfil IV-IV' (trazado en sentido SW-NE sobre el mismo máximo anterior) existe una amplitud de 31 u.g. en la rama izquierda y de 104 u.g., en la rama derecha.

- b) Características magnetométricas (plano Anomalía Residual de intensidad total del campo magnético y perfiles magnetométricos I-I' a V-V'):

Correspondiendo a la anomalía gravimétrica, se encuentra un máximo y un mínimo magnetométricos asociados en forma dipolar, quedando localizado el mínimo al poniente y NW del máximo. Se observa además que el mismo mínimo se relaciona con otros máximos (uno situado al NE y otro al poniente del mínimo) aunque gravimétricamente esas asociaciones carecen de interés, por lo que se describirá exclusivamente las características del dipolo magnético que tiene correspondencia con la anomalía gravimétrica.

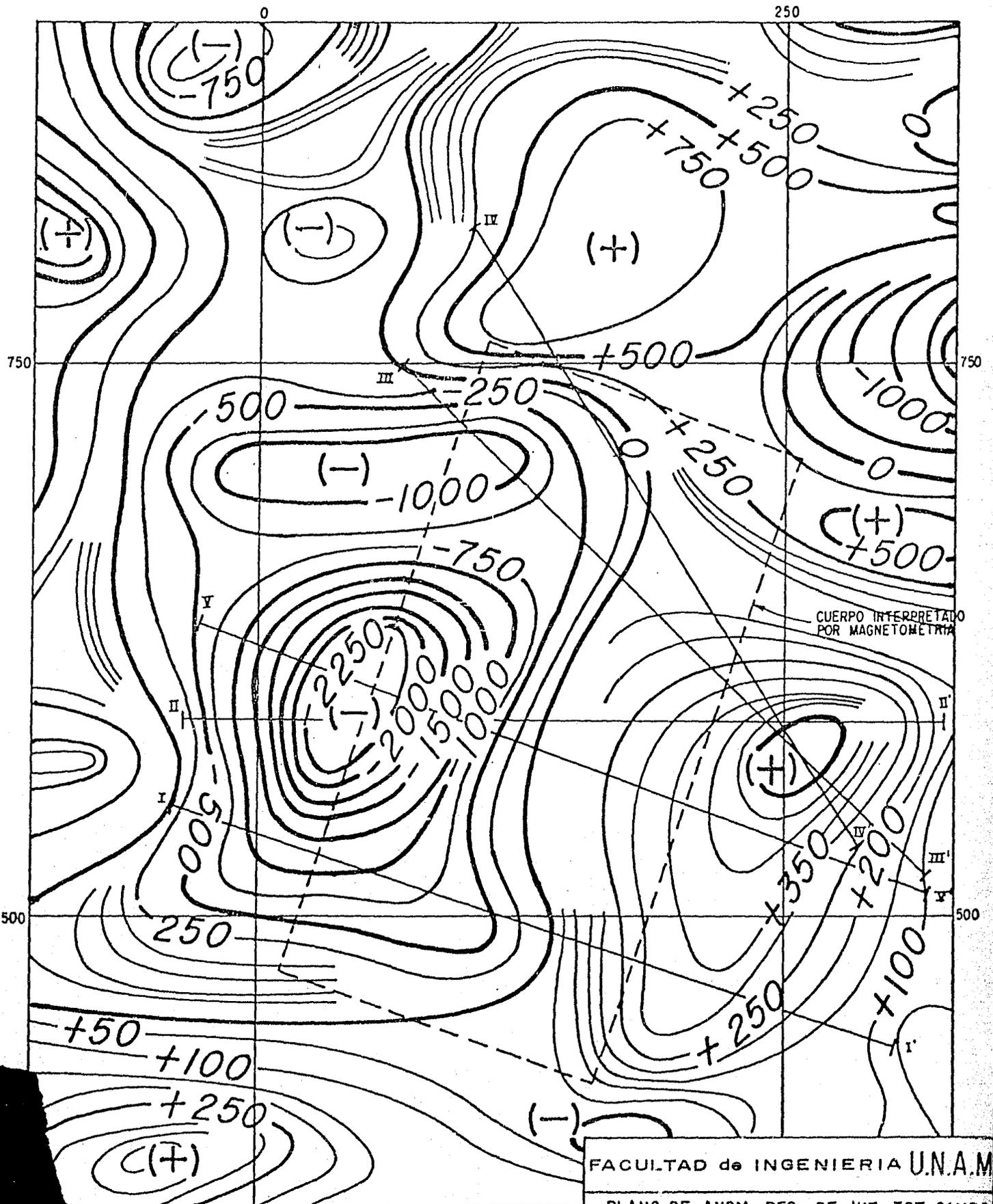
La extensión superficial de la anomalía, de acuerdo a lo manifestado por el dipolo, es de aproximadamente 300 m en sentido SW-NE; posee además, un gradiente horizontal de 16.2 gamas/m medido entre ambos polos, y cuenta con una amplitud máxima de 2 860 gamas.

- c) Características geológicas:

Ambas anomalías geofísicas se encuentran localizadas-

# ANOMALIA SILVANA

Residual Magnetométrico (Int. Tot.)



(+) MAXIMO O ALTO MAGNETOMETRICO  
 (-) MINIMO O BAJO MAGNETOMETRICO  
 CURVAS ISOGAMAS  
 PERFIL RESIDUAL MAGNETOMETRICO

FACULTAD de INGENIERIA U.N.A.M

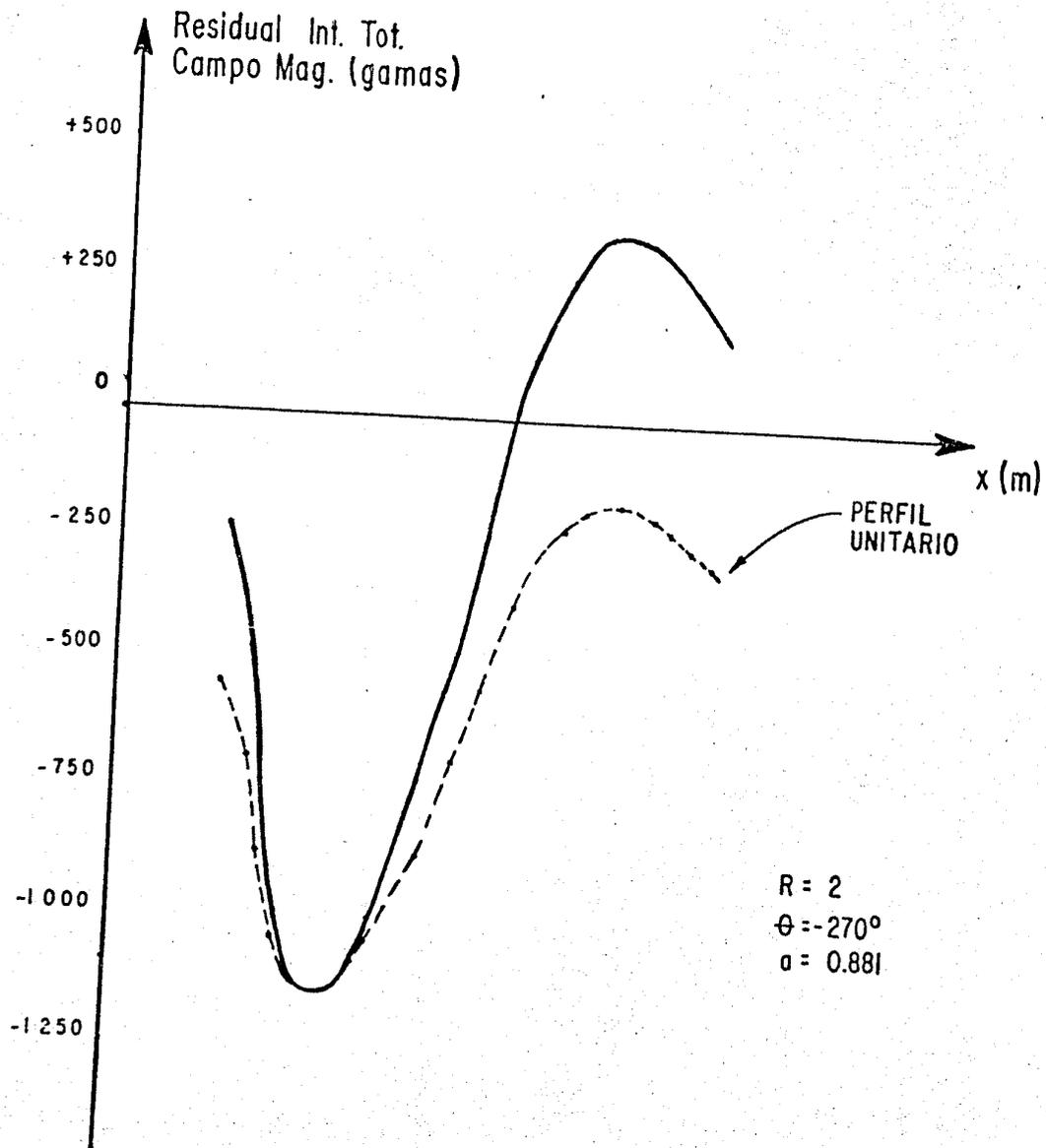
PLANO DE ANOM. RES. DE INT. TOT. CAMPO MAGNETICO (PLANO T.P.-GAC-5) QUE MUESTRA LA CONFIGURACION MAGNETOM DE LA ANOM. SILVANA

Guillermo Avila C.	TESIS PROFESIONAL 1984	ESC. 1:2500
--------------------	---------------------------	-------------

# ANOMALIA SILVANA

## PERFIL I-I'

(METODO DE PARKER GAY)



FACULTAD de INGENIERIA U.N.A.M.

PERFIL RESIDUAL MAGNETOM. I-I', EMPLEADO PARA EL CALCULO DE MAX. PROFUNDIDAD Y DIMENSIONES DE UN POSIBLE CUERPO FERRIFERO SEPULTADO

Guillermo Avila C.

TESIS PROFESIONAL

1964

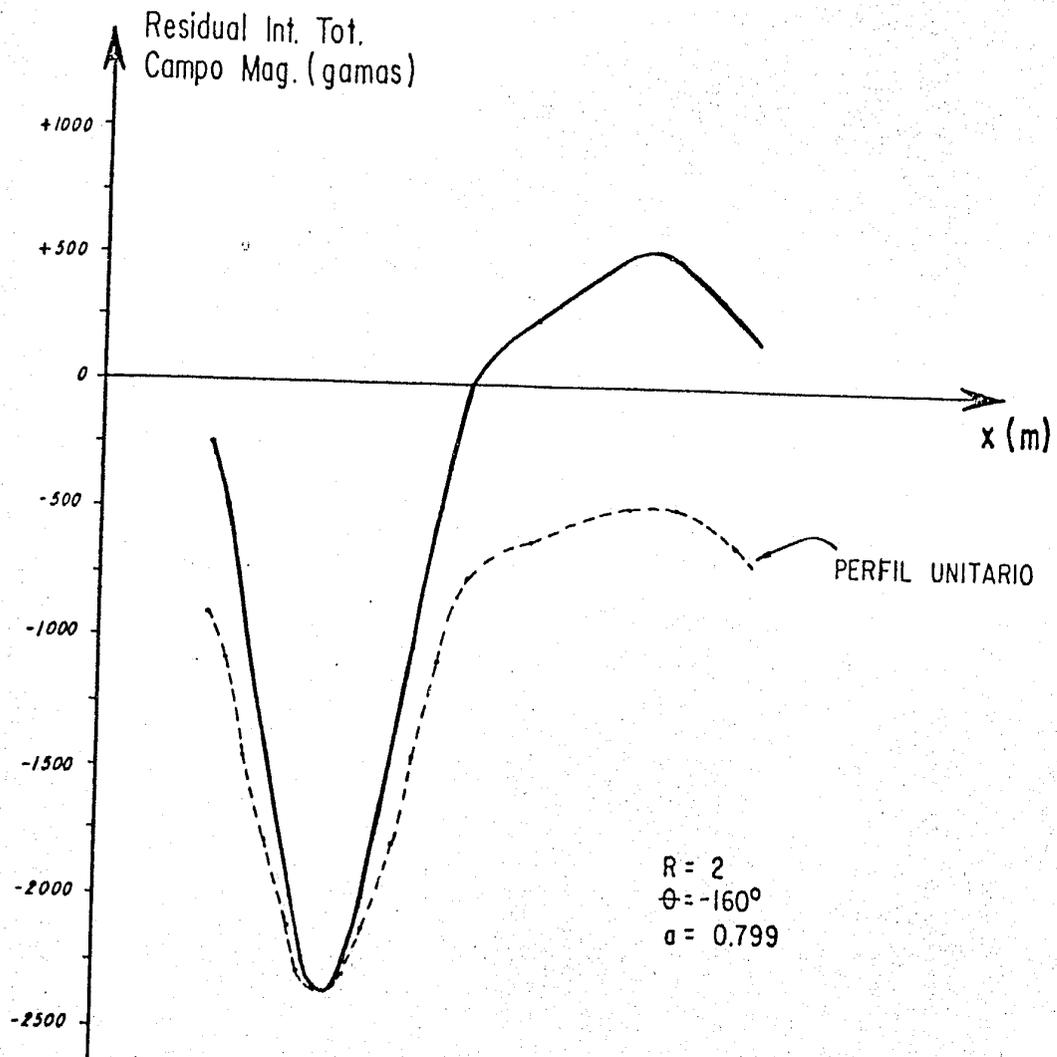
ESC. HOR. 115 000

ESC. VERT. 1115 000

ANOMALIA SILVANA.

PERFIL II-II'

(METODO DE PARKER GAY)



FACULTAD de INGENIERIA U.N.A.M.

PERFIL RESIDUAL MAGNETOM. II-II', EMPLEADO  
PARA EL CALCULO DE MAX. PROFUNDIDAD Y DIMEN-  
SIONES DE UN POSIBLE CUERPO FERRIFERO SEPULTAD

Guillermo Avila C.

TESIS PROFESIONAL

ESC. HOR. 1:5000

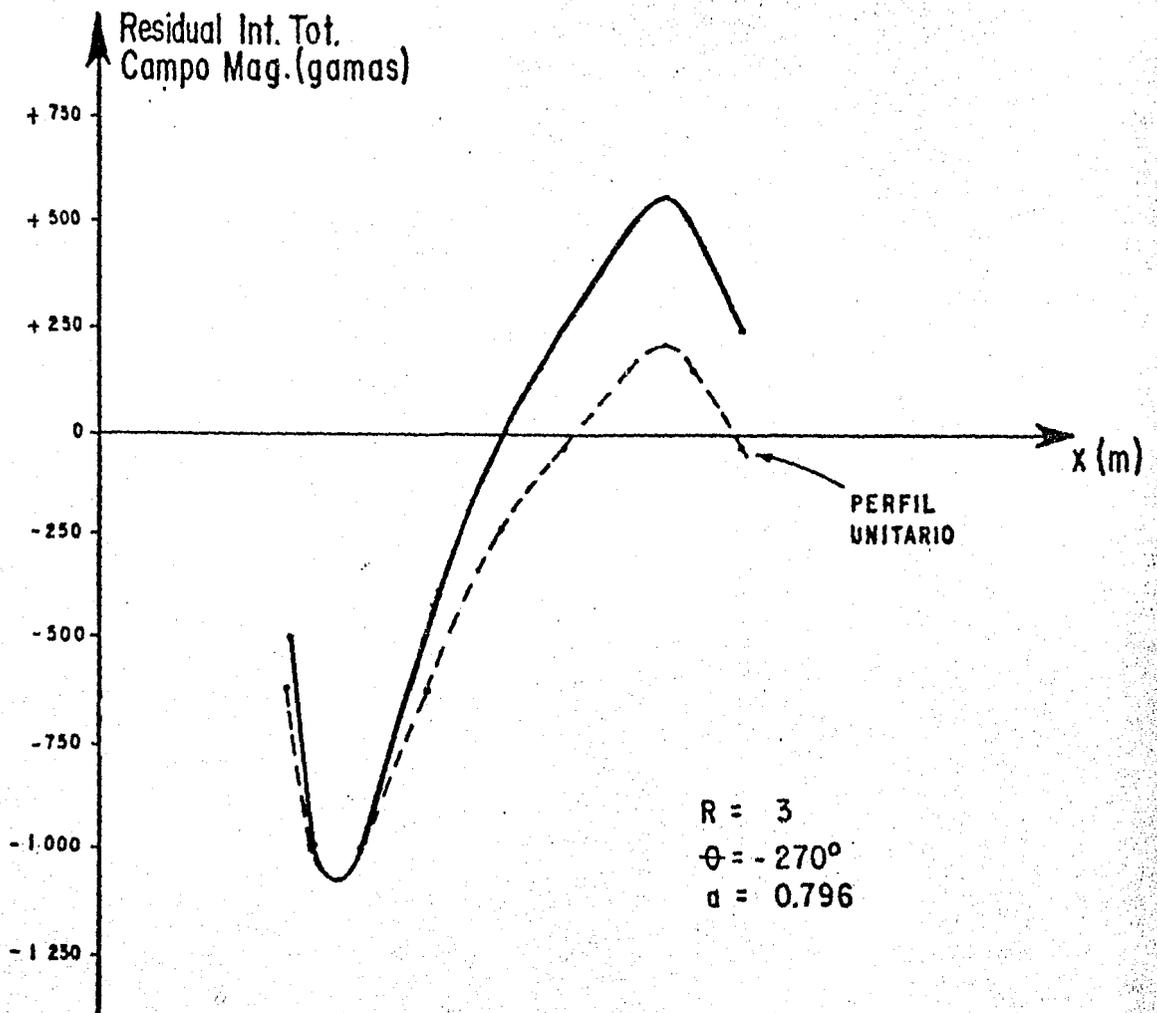
1984

ESC. VERT. 1:30000

# ANOMALIA SILVANA

## PERFIL III-III'

(METODO DE PARKER GAY)



FACULTAD de INGENIERIA U.N.A.M.

PERFIL RESIDUAL MAGNETOM. III-III', EMPLEADO PARA EL CALCULO DE MAX. PROFUNDIDAD Y DIMENSIONES DE UN POSIBLE CUERPO FERRIFERO SEPULTADO

Guillermo Avila C.

TESIS PROFESIONAL

ESC. HOR. 115 000

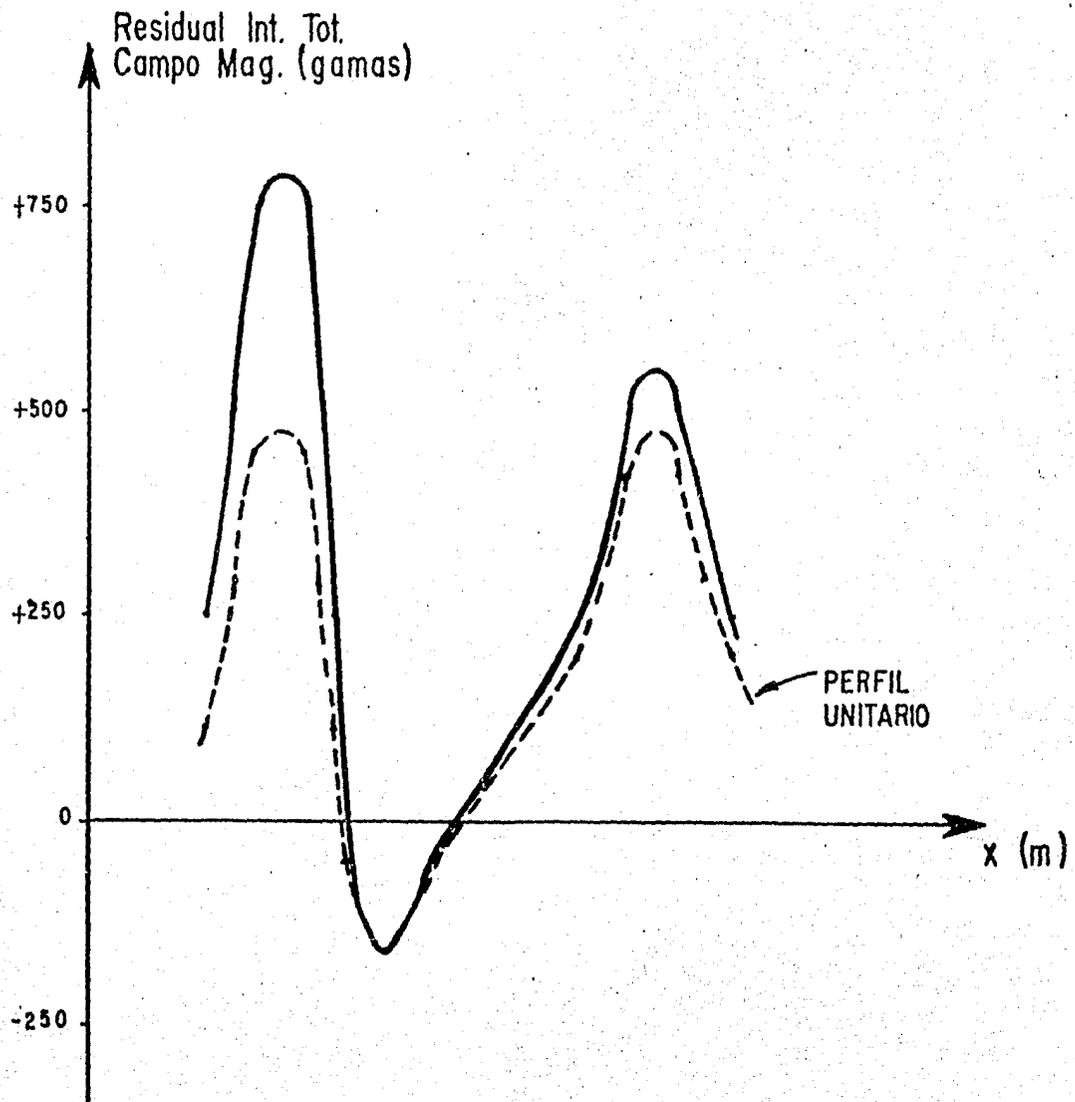
1 9 8 4

ESC. VERT. 1:20 000

# ANOMALIA SILVANA

## PERFIL IV-IV'

(METODO DE PARKER GAY)



FACULTAD de INGENIERIA U.N.A.

PERFIL RESIDUAL MAGNETOM. IV-IV', EMPLEADO  
RA EL CALCULO DE MAX. PROFUNDIDAD Y DIMENSIO  
DE UN POSIBLE CUERPO FERRIFERO SEPULTAI

Guillermo Avila C.

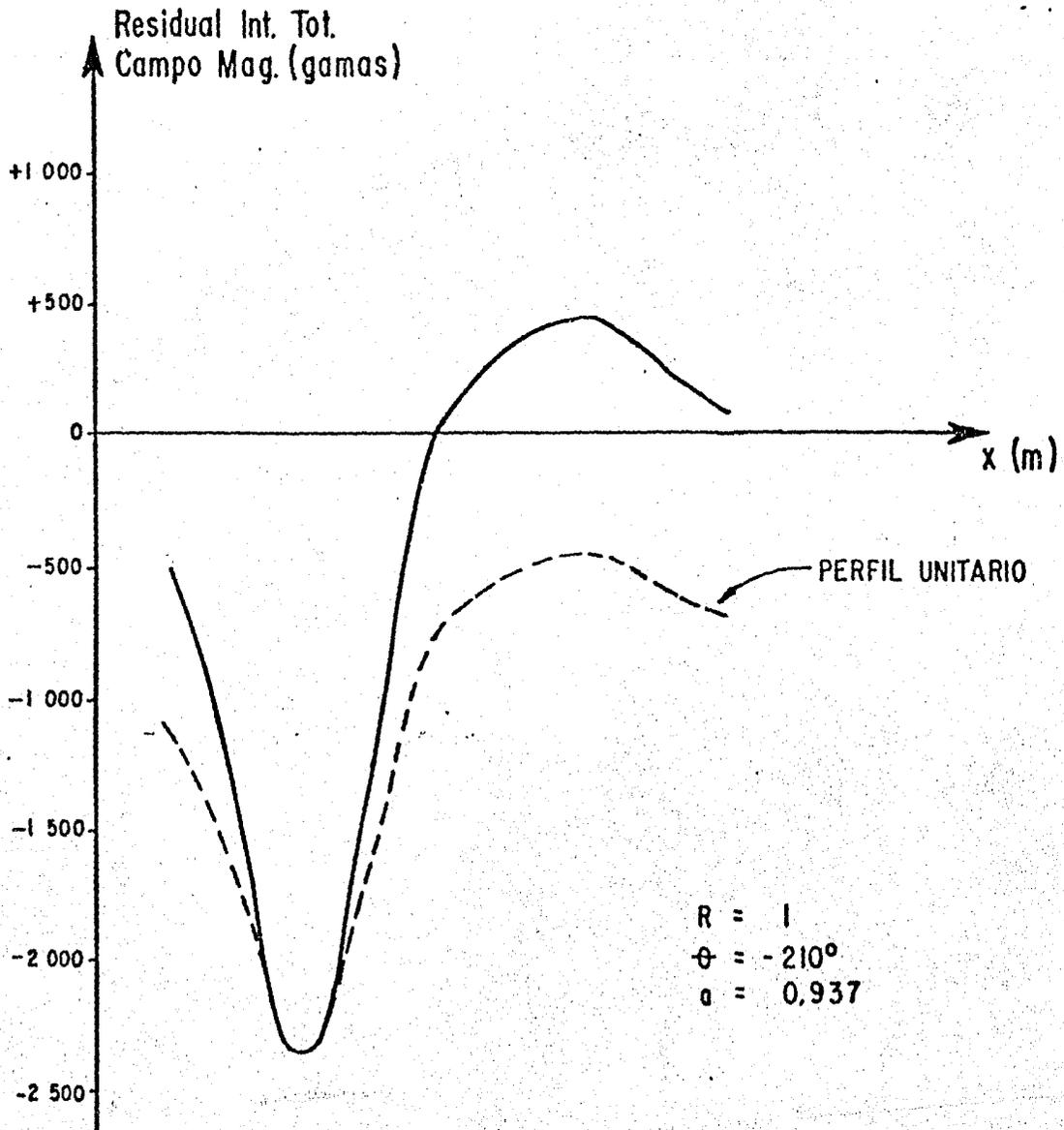
TESIS PROFESIONAL  
1984

ESC. HOR. 1150  
ESC. VENT. 1110

# ANOMALIA SILVANA

## PERFIL V-V'

(METODO DE PARKER GAY)



FACULTAD de INGENIERIA U.N.A.M.		
PERFIL RESIDUAL MAGNETOM. V-V', EMPLEADO PARA EL CALCULO DE MAX. PROFUNDIDAD Y DIMENSIONES DE UN POSIBLE CUERPO FERRIFERO SEPULTADO		
Guillermo Avila C.	TESIS PROFESIONAL 1 9 8 4	ESC. HOR. 113 000 ESC. VERT. 130 000

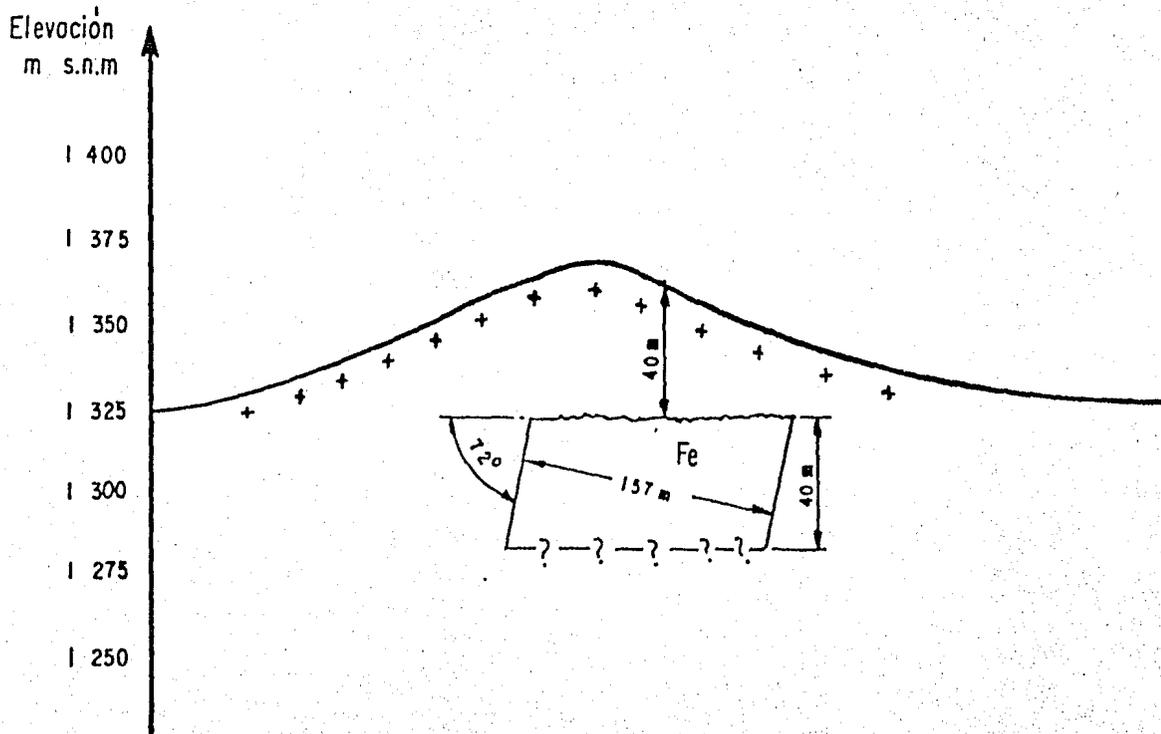
en un puerto topográfico de poca elevación respecto al valle inmediato. Superficialmente existe una cubierta no muy gruesa de riolitas que enmascaran a calizas del Cretácico Inferior (en partes ligeramente metamorfoseadas. No se observó algún afloramiento de mineral en esta zona de análisis, aunque si, algunos flod<sub>o</sub>s de hierro, fuerte oxidación e intenso fracturamiento en riolitas las cuales a su vez se encontraron discordantes (visto por medio de ventanas de erosión) respecto a las calizas.

ch) Interpretación (perfil geológico del cuerpo ferrífero interpretado):

Considerando únicamente la gravimetría, la anomalía quedaría repartida en 6 cuerpos cuya adición daría un total de 5 102 640 toneladas de mineral de hierro con una densidad de  $4.5 \text{ ton/m}^3$ . Si se emplea una densidad de  $4.0 \text{ ton/m}^3$  (la cual se considera más realista) se obtendría para el mismo volumen de mineral un tonelaje de 4 535 680; además, aplicando un factor del 50% a esta cifra (por considerar que los cuerpos pudieran sufrir estrechamientos, perderse completamente, bajar su Ley etc.) se tendrían finalmente 2 267 840 toneladas de mineral de Fe, cifra que se calcula más realista de acuerdo a la interpretación geológico-gravimétrica.

Por otra parte, considerando solamente la anomalía dipolar magnetométrica, y empleando una susceptibilidad magnética de  $14\ 000 \times 10^{-6}$  c.g.s., cabría esperar un cuerpo de 7 680 000 toneladas de mineral de Fe. Al

PERFIL GEOLOGICO DEL CUERPO FERRIFERO  
INTERPRETADO A PARTIR DE LA ANOMALIA  
GRAVIMETRICA MAGNETOMETRICA SILVANA



+	+	+
+	+	+

 ROCAS RIOLITICAS

FACULTAD de INGENIERIA U.N.A.M.		
PERFIL GEOLOGICO DEL CUERPO FERRIFERO INTERPRETADO (PLANO T.P.-GAC-6) A PARTIR DE LA ANOM. GRAVIMETRICA-MAGNETOM. DENOMINADA SILVANA		
Guillermo Avila C.	TESIS PROFESIONAL 1964	ESC.HOR. 145.000 ESC.VERT. 112.500

igual que en gravimetría, el cálculo de la cubicación se hizo sin limitación alguna de circunstancia que lo modificara como pudiera ser falta de continuidad en el cuerpo, estrechamiento del mismo, disminución de la ley, mayor susceptibilidad magnética a profundidad, y otras más; tales circunstancias son difíciles de evitar, por lo que si se aplica a la cifra anterior un factor del 40% se tendrían 3 072 000 toneladas de mineral de Fe, cifra que se antoja más realista a partir del análisis geológico-magnetométrico.

Finalmente, considerando la gravimetría, magnetometría y la geología de la región, así como a los factores de corrección correspondientes, se tendría un cuerpo de forma aproximada a la de un prisma trapezoedral con 2 669 920 ton. de mineral de Fe, buzante 72° al NW, en donde su cima estaría a una profundidad de  $40 \pm 10$  m, observándose además que hacia la parte extrema NE de la anomalía geofísica pudiera encontrarse más somera. En cuanto a la profundidad máxima calculada para la base del cuerpo, se obtuvo a 80 m, cifra que pudiera incrementarse ligeramente. Se hace hincapié que la cubicación obtenida corresponde a reservas geológicas y no a reservas minables.

El cuerpo ferrífero interpretado no aflora; sin embargo, existe una cubierta no muy gruesa de riolitas que descansa discordantemente sobre calizas del Cretácico Inferior (en ocasiones ligeramente metamorfoseadas), por lo cual el cuerpo fuente puede armar en cualquiera de estos dos tipos litológicos.

d) Resumen de datos del cuerpo fuente ferrífero interpretado por gravimetría, magnetometría y geología.

1. Profundidad aproximada a la cima del cuerpo (gravimetría-magnetometría).  $P_c = 40 \pm 10$  m
2. Profundidad aproximada a la base del cuerpo (gravimetría).  $P_b = 80$  m
3. Longitud aproximada del cuerpo (tamaño anomalía).  $L = 300$  m
4. Anchura aproximada del cuerpo (magnetometría).  $A = 157$  m
5. Espesor aproximado del cuerpo (gravimetría).  $E = 40$  m
6. Rumbo aproximado del cuerpo (magnetometría).  $R_{bo} = N 19^\circ 00' E$
7. Buzamiento aproximado del cuerpo.  $Buzam. = 72^\circ$  al NW
8. Densidad utilizada.  $d = 4.5 \text{ ton/m}^3$
9. Susceptibilidad magnética considerada.  $k = 14\,000 \times 10^{-6} \text{ cgs.}$
10. El cuerpo ferrífero interpretado no aflora; superficialmente existe una cubierta riolítica no muy gruesa la cual se encuentra sumamente oxidada y --

fuertemente fracturada que descansa discordantemente sobre calizas del Cretácico Inferior (en partes ligeramente metamorfoseadas), por lo cual, el cuerpo puede armar en cualesquiera de estos dos tipos litológicos.

11. Cubicación obtenida a partir de la anomalía magnetométrica.  $C_m = 7\ 680\ 000$  ton.
12. Cubicación obtenida a partir de la anomalía gravimétrica.  $C_g = 5\ 102\ 640$  ton.
13. Cubicación magnetométrica aplicando un factor del 40% sobre tonelaje obtenido (11):  
 $C_{mr} = 3\ 072\ 000$  ton.
14. Cubicación gravimétrica empleando una densidad de  $4\ \text{ton/m}^3$  y un factor del 50% aplicado al tonelaje obtenido (12):  
 $C_{gr} = 2\ 267\ 840$  ton.
15. Cubicación final obtenida considerando gravimetría, magnetometría y geología:  
 $C_f = 2\ 669\ 920$  ton.

OBSERVACIONES:

La aplicación de los factores del 40% y del 50% sobre (11) y (12) respectivamente se consideran adecuados, ya que el cálculo de éstos se hizo sin limitación alguna que los modificara (falta de continuidad del cuerpo, estrechamiento del mismo, disminución de la ley y otros), por lo que los tonela-

jes obtenidos en (13) y (14) se consideran como más realistas. La cubicación final considerada (15), se obtuvo como promedio de los anteriores.

## X.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### A. GEOLOGICAS.

La zona de estudio se encuentra localizada paleogeográficamente dentro de la Cuenca de Chihuahua, lugar en donde se depositaron alrededor de 6 000 m de sedimentos marinos. Estos sedimentos dieron origen a rocas sedimentarias marinas, las cuales fueron plegadas, falladas y reacomodadas durante la Orogenia Laramide (fines del Cretácico-principios del Terciario). Después de una denudación relativamente breve, se depositaron tobos y rocas riolíticas en el Oligoceno Medio, cubriendo grandes extensiones del Estado de Chihuahua, lo que produjo en mascaramiento de gran parte de las estructuras sedimentarias mesozoicas preexistentes. Posteriormente una nueva etapa de denudación permitió descubrir en algunas partes a las rocas cretácicas cubiertas por las rocas extrusivas. Es también en el Terciario cuando algunas intrusiones ígneas hacen su aparición, como es el caso de la zona de estudio, en la cual un plutón de composición granítica del Oligoceno Tardío afectó al paquete de rocas suprayacentes por metamorfismo de contacto, arqueamiento, fracturamiento y mineralización, siendo ésta última la etapa más interesante, ya que aquí radica la esencia del objeto de los trabajos realizados en este estudio. Finalmente, un nuevo levantamiento quizá mio-pleistocénico, permite

aflorar al intrusivo y hace aparecer a la región en forma muy similar a como se le aprecia en la actualidad.

Las estructuras principales en la zona de estudio, presentan una orientación preferencial NW-SE (que es el mismo a nivel regional) y en menores casos SW-NE, y más raramente N-S o E-W.

Por las evidencias geológicas observadas en el área estudiada, así como por los estudios petrográficos y mineralográficos realizados a diferentes tipos de roca en la región de estudio, se cree que la mineralización ferrífera fue causada, en particular, por soluciones mineralizantes ferríferas provenientes del mismo magma que el de las rocas ígneas. La mineralización fue encontrada principalmente en relleno de fracturas --en ocasiones con amplio brechamiento-- y en menor grado por diseminación y reemplazamiento; así, se encuentra prácticamente en todos los tipos litológicos cartografiados, pero en especial en riolitas, tobas riolíticas piroconsolidadas desvitrificadas, granito y en skarn (estas dos últimas, por lo común, --con elevado contenido de  $\text{SiO}_2$ ). En general la asociación granito-calizas-riolitas puede considerarse como una buena guía para la localización de cuerpos mineralizados en la región de estudio y en los alrededores de ésta.

Se considera que la mineralización presenta una estrecha relación con los vitrófiros riolíticos, los cuales han de ---- haber actuado como una trampa, debido a sus características impermeables, que sirvieron como sello para evitar la fuga total de fluidos hidrotermales y, a su vez, favorecer la precipitación de minerales.

Los principales tipos de alteración encontrados en la re

gión de estudio son -en orden de importancia- : oxidación, silicificación, argilitización y carbonatación.

Cabe mencionar que más del 70% de las localidades ferríferas descubiertas durante el trabajo de campo, se encontraron con bajo contenido de magnetita (apreciación visual y empleo de imán), o que ha sido magnetita que con el tiempo se ha ido oxidando para dar lugar a la martita. Con frecuencia el principal mineral de mena es la hematita, la cual se encuentra asociada con variables cantidades de magnetita y/o martita, de aquí que el barrido geológico para la localización de reventones de Fe, haya sido de gran utilidad, ya que permitió conocer físicamente los afloramientos de este mineral en lugares donde la intensidad total del campo magnético es baja. Se considera importante señalar que la cantidad de magnetita puede variar con la profundidad del yacimiento, ya que en la parte aflorante de éste, o aquella que se localice más cerca a la superficie, recibirá en forma más intensa la acción de los agentes de intemperismo y erosión, provocando de esta manera la alteración en la fórmula química original del mineral. Por lo cual se recomienda hacer un muestreo más detallado (no solamente de muestras superficiales de canal como se hizo en este estudio) que comprenda tomas de varias muestras de canal transversales a la estructura, y de ser posible a diferentes profundidades.

La zona de estudio sí tiene interés económico-ferrífero, baste señalar que empleando métodos manuales para el cálculo de máxima profundidad de un posible cuerpo fuente, se calcularon poco más de 2 millones de toneladas de mineral de Fe como reserva inferida, con una Ley media del 50% de Fe en la anomalía geofísica denominada Silvana, cantidad que se incrementaría sensiblemente al considerar las del resto del área; así pues, cabe esperar un incremento notable de las reservas de mineral de Fe, comparadas con las que se conocían al iniciar es

te estudio.

Se recomienda hacer detalle geológico en cada una de las localidades ferríferas descubiertas, especialmente: El Cuatro, La Pesada, La Fortuna, La India, El Olvido, Las Lomitas, Regional Superior, al poniente del Regional 12.4, al oriente del Cerro El Caloso, Olivas y en los cerros Los Piloncillos; asimismo, conviene hacer catas, zanjas o trincheras con toma de muestras de canal, para poder definir continuidad, dimensiones y Leyes de los cuerpos minerales.

#### B. GRAVIMÉTRICAS.

Los trabajos gravimétricos efectuados en el Prospecto El Cuatro dejaron ver que tres son los rasgos gravimétricos regionales más importantes, a saber: Máximo El Mirador, Mínimo - La Mimbrosa y Máximo Pico Duro Poniente, que coinciden con los trends estructurales observados por geología superficial; además, al comparar los planos de Anomalía de Bouguer y Anomalía-Residual se observó que se repitieron algunos de los alineamientos observados en los primeros, otros desaparecieron, o bien se reforzaron en su alineamiento.

El Máximo El Mirador, que se encuentra desplazado al sur de los afloramientos del granito y del máximo regional magnetométrico Arroyo El Mirador, se piensa debe su desplazamiento a que la masa principal del granito no está en los lugares de afloramiento de éste (Sierra El Brillante) sino más bien al sur (Sierra El Mirador) donde existen minerales de alta densidad producidos por metamorfismo de contacto, como es el granate, (densidad de 3.5 a 4.3 g/cm<sup>3</sup>), y la presencia del skarn --

claramente indica la cercanía del cuerpo intrusivo, por lo que la masa principal debe encontrarse en la ubicación de la Sierra El Mirador, y los afloramientos del granito que aparecen -- sean estructuras o apófisis de la masa principal.

El método gravimétrico empleado fue de gran ayuda, sobre todo para definir las estructuras regionales; sin embargo, se considera que por lo angosto de los reventones ferríferos observados ( $\pm 1$  m) y el espaciamiento previsto entre líneas y estaciones, pudo perderse en muchos casos la influencia de un cuerpo mineral que produjera una anomalía gravimétrica de interés, y salvo algunos cuerpos de dimensiones mayores, fueron detectados por este método.

Se tiene conocimiento de que los yacimientos de manganeso localizados al SE del área de estudio, en la Sierra Los Organos (C.R.M., 1958) se encontraron relleno de fracturas en riolitas, y salvo raras excepciones, eran mayores de 1 m de espesor; dicho espesor, así como los principales "trends" de mineralización, se parecen en mucho a los encontrados en la zona de estudio, por lo cual es posible esperar a nivel regional -- fracturas de  $\pm 1$  m de ancho, muchas de las cuales hayan sido rellenas por minerales, y otras a nivel local de mayor espesor.

Para futuras exploraciones por minerales de hierro en o en los alrededores de la zona de estudio, se recomienda primeramente, levantar la geología con la colaboración de grupos de gambusinos o pintistas para localizar la mayor cantidad de reventones de fierro y, en segundo lugar, emplear en forma simultánea la magnetometría de detalle, ya que ambos métodos combinados, son una fuerte herramienta para localizar yacimientos ferríferos. La gravimetría de detalle se aplicaría una vez lo-

calizadas anomalías magnetométricas o reventones ferríferos -- que pudieran presentar posibilidades económicas favorables.

Para el área estudiada se recomienda efectuar detalle -- gravimétrico en las principales manifestaciones superficiales de mineral consideradas como buenas, así como en los posibles cuerpos sepultados, reflejo de las anomalías magnetométricas de mayor intensidad. La observación se realizaría en forma de malla, en la que los espaciamientos entre líneas y estaciones no fueran mayores de 10 m.

### C. MAGNETOMETRICAS.

Los trabajos magnetométricos efectuados en el Prospecto El Cuatro dejaron ver dos rasgos regionales en el área trabajada, a saber: El Máximo Arroyo El Mirador y El Mínimo El No-- lasco; además, se detectaron algunas zonas magnetométricamente "muertas" es decir, con valores ligeramente arriba o abajo del valor de fondo (48 610 gamas). También se detectó un sinnúmero de anomalías magnéticas, algunas de las cuales coinciden con afloramientos de mineral de Fe, y otras no tienen expresión su perfiacial, pero por su configuración, gradiente horizontal, -- continuidad, y similitud con aquellas, se comportan magnética- mente interesantes.

Al comparar los planos de Intensidad Total de Campo Mag- nético con los de Anomalía Residual Magnetométrica, se observó repetición, desaparición o reforzamiento de los alineamientos magnetométricos originales, y la separación mas clara de va--- rias de las anomalías.

Se piensa que la magnetometría fue la técnica geofísica de mayor utilidad, empleada a gran escala en la zona de trabajo, con un poder resolutivo de gran ayuda para definir con mayor propiedad las áreas donde existen reventones de fierro --- coincidentes con la anomalía, y así estimar la posible extensión manifestada por la configuración de la anomalía. La magnetometría también permitió valorar la presencia de posibles --- cuerpos sepultados, reflejo de las anomalías de mayor intensidad sin expresión ferrífera superficial.

Cabe mencionar nuevamente que muchas de las localidades ferríferas en el área de trabajo carecen de un porcentaje importante de magnetita (al menos superficialmente) y es la hematita el principal mineral de mena, por lo que cabría esperar, en algunos casos, débiles anomalías magnéticas en cuerpos con posibilidades económico-ferríferas que podrían tener interés, como podría ser el caso de las localidades ferríferas La India y El Olvido.

Algunas de las anomalías magnetométricas de interés quedaron interrumpidas en el límite oriente del Prospecto El Cuatro con franca tendencia a continuarse en esa dirección, por lo que se recomienda levantar magnetométricamente las zonas anómalas al oriente de la línea regional 12.4 (Anomalías Regional - 12.4 y Caloso Oriente).

#### CH. ELECTRICAS.

A pesar de que en este estudio no se comentó nada (por tratarse de información confidencial), respecto a levantamientos eléctricos efectuados por GEOCA, S. A., (1983) para una --

anomalía magnetométrica, en la cual, la resistividad fue un -- elemento muy importante al interpretar los posibles cuerpos mi-- nerales, el autor -quien tuvo la oportunidad de observar los - resultados a que se llegaron- juzga conveniente seguir empleán-- dola en los sitios recomendados, en particular, en las locali-- dades ferríferas de mayor interés y en las anomalías magnetomé-- tricas más sobresalientes, a modo de S.E.V. (sondeo eléctrico-- vertical) y no como calicatas, por obtenerse una mejor correla-- ción de las resistividades.

#### D. MODELAJE.

Aunque sólo se aplicó el modelaje bidimensional de gravi-- metría y magnetometría a la Anomalía Silvana, a través de los métodos manuales empleados en el cálculo e interpretación de - cuerpos minerales no aflorantes, los resultados que se obtuvie-- ron permiten indicar que es un método de fuerte poder resolu-- tivo, que mejora en mucho con técnicas por computadora, es de-- cir, debido a las características particulares de los métodos-- manuales, la gran mayoría de éstos, aunque son de fácil empleo y relativamente rápidos, presentan deficiencias a la hora de - definir la geometría de un cuerpo, sobre todo si es de forma - irregular, lo cual no presenta problema alguno para el modela-- je bidimensional y/o tridimensional a partir del uso de la com-- putadora, con la que se emplean diversos algoritmos que permi-- ten "jugar" prácticamente con la anomalía, hasta encontrar un modelo de cuerpo (formado en forma diferencial) que satisfaga-- dicha anomalía. La aplicación de estos métodos en los sitios - promisorios y siguiendo las recomendaciones que la experiencia dictó para la Anomalía Silvana, podría ahorrar mucho dinero an-- tes de iniciar una campaña de perforación -que indiscutiblemen--

te es el método a seguir- para cuantificar las reservas positivas, pero que con una buena localización de barrenos basada en los resultados del modelaje, eliminaría muchas áreas por perforar y a la vez, ayudaría a la programación de las profundidades de los barrenos.

E. OTRAS RECOMENDACIONES.

Se dieron ya las conclusiones y recomendaciones que se consideraron pertinentes por lo que toca a la zona que comprende este estudio. A nivel regional, fuera del área de estudio, se cree que tal vez presenten interés para búsqueda de minerales de hierro las siguientes zonas -algunas quizá ya registradas o valorizadas- en donde se recomienda efectuar primeramente los levantamientos geológicos a nivel regional y después, seleccionar a partir de ellos las áreas que puedan presentar interés para trabajos de detalle.

AREA CON POSIBLE INTERES ECONOMICO - FERRIFERO.

MOTIVO PRINCIPAL POR EL CUAL SE RECOMIENDA.

Al Norte del Prospecto - El Cuatro hasta el Rancho Las Palmeras.

Fuertes zonas de oxidación y rocas favorables para localización de fierro.

Al Oriente de la Línea Regional 12.4 (Sierra del Pico Duro) hasta Las Lomas El Soto.

Terreno muy fracturado con posibles fallas normales.

En la Sierra de La Gallina y Lomas del Palo Blanco, al SW del Prospecto-El Cuatro.

A lo largo de la falla normal interpretada al SW del Prospecto El Cuatro (cerca del Arroyo -- Agua Puerca).

Alrededores del Rancho El Anteojo, de Norte a Sureste.

Extremo NW de la Sierra-Fernando.

Zonas de oxidación en riolitas y rocas sedimentarias calcáreas, -- convertidas parcialmente en un skarn de granate.

Falla normal de grandes dimensiones, junto con zonas de granate observadas en algunas partes por donde cruza su traza.

Características similares a las encontradas en el Prospecto El Cuatro: granito, calizas y riolitas.

Zonas de oxidación muy intensa en calizas y -- aparentemente en riolitas.

Por último se tiene conocimiento que cerca del puerto -- que existe entre las sierras Roque y La Amargosa, se explota un yacimiento de fierro asociado con barita, el cual se lleva a Meoqui, Chih., para su embarque.

Otros tipos de materiales que pudieran presentar interés cerca de la zona de estudio son el manganeso y la barita. El primero se halló rellenando fracturas muy angostas (menores de

20 cm) en riolitas, al SW de la zona estudiada, en los alrededores del rancho El Uno, localizado en la misma dirección de la Sierra Los Organos, donde existen algunos yacimientos de manganeso de interés, muchos de los cuales ya han sido explotados. En cuanto a la barita, por muestras colectadas por un rancho y dadas al autor para su clasificación, ésta se localizó en la Sierra La Matanza y en la Sierra La Amargosa, en donde según la información proporcionada, el mineral se encuentra relleno de fracturas menores de 1 m de espesor en rocas sedimentarias del Cretácico Inferior.

Tanto las Sierras La Matanza, La Amargosa y otras más cerca y dentro de la zona de estudio, tienen una dirección NW-SE, lo que hace posible esperar cuerpos minerales (ferrosos y no ferrosos) preferentemente en esa dirección.

## BIBLIOGRAFIA

- ALTOS HORNOS DE MEXICO, S. A. 1969 Exploración Yacimiento de Hierro "El 4". La Perla Minas de Fierro, S. A., por el Ing. Marco Antonio Ramírez L. 6 págs.
- ALTOS HORNOS DE MEXICO, S. A. 1974 Yacimiento de Fierro "EL CUATRO", Magnetometría de detalle, 3 págs., 1 plano.
- ALTOS HORNOS DE MEXICO, S. A. 1976 Informe final del Yacimiento "EL CUATRO", 3 págs., 1 tabla, 14 gráficas, 19 secciones (incluye datos de la barrenación).
- ARRIAGA GARCIA G., 1980 Apuntes de clase de las asignaturas: Yacimientos Minerales I, Yacimientos Minerales II y Minerografía y Métodos de Geología de Minas, U.N.A.M., Facultad de Ingeniería.
- BARRADAS J., J. P., 1974 Estudio Geológico del Proyecto Coyame, Chih. PEMEX., Informe NE-M-1393. Archivos Gerencia de Exploración, México, D. F.
- BARRADAS J., J. P., 1975 Estudio Geológico del Proyecto San Diego. PEMEX. Informe NE-M-1425. Archivos Gerencia de Exploración, México, D. F.
- BATEMAN, ALAN M., 1957 Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico. Traducido de la 2a. ed. Amer., por José Luis Amarós, Ediciones Omega, S.A.

- BAUER, JAROSLAV, 1974 A field guide in colour to minerals, rocks and precious stones. Octopus Book Limited.
- BLACK, RHONA M., 1976 Elementos de Paleontología. -- Traducido de la ed. en inglés por Ma. Teresa Fernández. Fondo de Cultura Económica.
- BOTT, M. H. P. y SMITH, R. A. 1958 The estimation of the limiting depth of Gravitating bodies. - Geophysical Prospecting, vol. 6, págs. 1 a 10.
- CLARK, K. F., DAMON P. E., SHUTTER S. R., SHAFFIQULLAH M., 1979 Magmatismo en el norte de México en relación a los yacimientos metalíferos, in Memoria -- XIII, Convención Nacional ---- A.I.M.M.G.M., Acapulco Gro. -- p. 8-57.
- CEPEDA DAVILA, L., 1980 Apuntes de Yacimientos Minerales, U.N.A.M., Facultad de Ingeniería, Depto. Yac. Minerales.
- CONSEJO DE RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, 1958 Yacimientos de manganeso en el Estado de Chihuahua, por el -- Ing. Alejandro R. Ayub M. Boletín 43, Serie B-2.
- CONSEJO DE RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, 1976 Levantamiento Aeromagnético de la zona "La Perla", Chih.
- DOBRIN, M. B., 1975 Introducción a la Prospección Geofísica, Traducido de la 2a. ed. en inglés por Fuster y Martínez, Ed. Omega, S. A.
- ENCISO DE LA VEGA, S., 1973 Guía del Prospector Minero, -- Instituto de Geología, U.N.A.M., Serie Divulgación, núm. 1.

GARZA GUILLEN T., 1979

Siderurgia: Tecnología y Materias Previas, S.P.P., in Mem.-Tec. XIII Conv. A.I.M.M.G.M.,-Acapulco Gro. p. 776-797.

GEOCA, S. A., 1980.

Compilación, análisis y evaluación de la información geológico-geofísica del Prospecto El Cuatro, Chih., previa a la ejecución de los trabajos de campo, Brigada Gravimétrica 11, -18 págs., 7 planos.

GEOCA, S. A., 1982.

Informe final de los trabajos de geología superficial de detalle estructural del Prospecto Tosisihua del Estado de Chihuahua. NE-M-1755, Archivos Gerencia de Exploración PEMEX,--México, D. F., 154 págs.

GEOCA, S. A., 1983.

Informe final del estudio geofísico de detalle y geología superficial por minerales de hierro del Prospecto El Cuatro, Area La Perla, Estado de Chihuahua. Archivos Gerencia de Exploración, PEMEX, México, D. F.

GONZALEZ REYNA JENARO, 1956.

Riqueza minera y Yacimientos minerales de México, 3a. edición. Congreso Geológico Internacional, XX Sesión, México.

GUILLEMOT, J., 1971.

Geología del Petróleo. Traducido de la ed. francesa por Fernando Meléndez H. Ed. Paraninfo. Madrid, España.

HATCH F. H., WELLS A. K., WELLS M. K., 1972.

Petrology of the Igneous Rocks, rewritten thirteenth edition. Thomas Murby & Co.

INSTITUTO DE GEOGRAFIA,  
U.N.A.M., 1970.

Carta de Climas 13R-W, Ojina--  
ga, Chih. Esc. 1: 500 000.

KRUMBEIN, W. C., SLOSS,  
L. L., 1969.

Estratigrafía y Sedimentación.  
Traducido de la 2a. ed. en in-  
glés por Rafael García D. ----  
UTEHA.

LA FEHR T., R., 1975.

Applied Geophysics, University  
of Houston, vol. 2.

LEPP, HENRY, 1975.

Geochemistry of Iron. Bench---  
marck Papers in Geology/18. --  
Dowden Hutchinson and Ross,---  
Inc.

LEVINSON, A. A., 1974.

Introduction to Exploration --  
Geochemistry. Applied Publi---  
shing Ltd.

LINDGREN, W., 1933.

Mineral Deposits, fourth edi-  
tion. McGraw-Hill Book Co.

LOGACHEV A. A., ZAJAROV,  
V. P., 1978.

Exploración Magnética. Traduci-  
do del ruso por Juan González-  
M. Editorial Reverté.

MAKSIMOV, MILOSERDINA,  
ERIOMIN, 1973.

Breve curso de prospección geo-  
lógica. Traducido del ruso por  
Silvia Sosin, Editorial MIR.

MIRONOV, U. S., 1977.

Curso de prospección gravimé-  
trica. Trd. del ruso por Ma---  
nuel Gisbert. Edit. Reverté.

NOCKOLDS, KNOX, CHINNER,  
1978.

Petrology for students. Cam---  
bridge University Press.

- ODUM, EUGENE P., 1979. Ecología, Trad. de la ed. en inglés por Miguel Angel Marrón A., C.E.C.S.A.
- PARKER GAY, S., 1967. Standar curves for interpretation of magnetic anomalies --- over long tabular bodies. In - Mining Geophysics, vol. II, p. 512-548, Society of Explora--- tion Geophysicist.
- PETTIJOHN, F. J., 1975. Sedimentary Rocks. Third edi--- tion, Harper and Row, publi--- shers.
- POWELL, J. D. , 1965. Late Cretaceous Platform-basin facies, northern México and ad yacent Texas: Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., v. 49, Núm. 5 p. 511-525., 8 figs.
- PRESS F., SIEVER R., 1978. Earth, second edition. W. H. - Freeman and Co.
- SKEELS, D. C., 1970. Solución aproximada al proble- ma de la máxima profundidad en la interpretación gravimétrica. Traducido por A. Camargo Z., - in Bol. Asoc. Mex. Geof. Expl. vol. XI. Feb-Mar 1970. Núm. 1, p. 22-24.
- SHERBON HILLS, E. 1975. Elements of Structural Geology, Second edition. Science Paper- backs.
- SHOEFFER J., 1975. Gravimetrié Apliquee. Ed. Tech nip, Francia.
- TAMAYO, J. L., 1962. Geografía General de México, 4 vols. Instituto Mexicano de In

- vestigaciones Económicas, México 2a. ed.
- TELFORD, GELDART, SHERIFF, KEYS, 1976. Applied Geophysics, Cambridge-University Press.
- THRUSH, PAUL W., 1968. A dictionary of mining, mineral and related terms. Compiled and edited by Paul W. Thrush and the staff of the Bureau of Mines. (Washington)-U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Mines.
- VALENCIA R. J., 1973. Estudio geológico del Prospecto "Ojinaga A", Chihuahua. PEMEX, Informe NE-M-1348. Archivos Gerencia de Exploración -- PEMEX., México, D. F.
- VAZQUEZ R. H., 1967 Levantamiento gravimétrico en el Estado de Chihuahua. Informe núm. 4, Area Ojinaga, NE-M-1060. J.G.R. ZNE 55, 26 págs.-- 7 planos. Archivos Gerencia de Exploración, PEMEX, México, -- D. F.
- WINKLER, HELMUT G. F., 1976. Petrogenesis of Metamorphic -- Rocks. Fourth edition, Springer Verlag, New York Inc.
- WOLLEBEN, J. A., 1966 Nomenclatura litoestratigráfica de las unidades del cretácico Superior en el oeste de Texas y noreste de Chihuahua: -- Bol. Soc. Geol. Mexicana, Tomo XXVIII, núm. 2, p. 65-74.

A N E X O S

APENDICE DE ESTUDIOS MACROPALEONTOLOGICOS



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA

# INSTITUTO DE GEOLOGIA

APARTADO POSTAL 70 296

04510 MEXICO, D. F.

CIUDAD UNIVERSITARIA

15 de Octubre de 1982.

Ing. Guillermo Avila Carrillo  
GEOCA, S.A.  
P r e s e n t e :

Me permito informar a Usted el resultado del estudio paleontológico efectuado en una muestra (con 10 ejemplares) que procede del ejido Felipe Angeles, Municipio de Julimes, Chihuahua, según orden No. 16 del 29 de Septiembre del presente año.

1) Muestra GAC-92/82-1

Localidad exacta: cerco que divide los ranchos El Cuatro de Trincheras (Pasto El Tres).

Unidad litoestratigráfica: ¿Formación Ojinaga?

Litología: Calizas café amarillento de textura packstone que intemperiza a café pardoso, de estratificación media.

Edad supuesta: Cretácico Superior.

Determinación Paleontológica:

Mollusca-Bivalvia

Inoceramus hercynicus Petrascheck

Edad: Turoniano. Este bivalvo ha sido descrito por Boese (1923, Inst. Geol. México, boletín 42, p. 181, lám. 12, figs. 1-5) del Turoniano de Opal Zacatecas y por Kauffman (1976, Annales du Muséum d'Histoire Naturelle de Nice, tomo 4, p. 6) del Turoniano Medio de Inglaterra.

2) Muestra GAC-92/82-2, 3, 4, 5

Localidad exacta: cerco que divide los ranchos El Cuatro de Trincheras (Pasto de Tres).

Unidad litoestratigráfica: ¿Formación Ojinaga?

Litología: Caliza café amarillento de textura packstone que intemperiza a café pardoso, de estratificación media.

Edad supuesta: Cretácico Superior.

Determinación Paleontológica:

Mollusca-Bivalvia

Inoceramus labiatus Schlotheim

Edad: Turoniano. Esta especie es muy frecuente en México. Ha sido descrito por Boese (ibid) del Turoniano de Zacatecas y Durango.

En la Serie de Inocerámidos de Inglaterra Kauffman (ibid) la reporta del Turoniano Temprano.

3) Muestra GAC-92/82-6, 7, 8, 9

Localidad exacta: cerco que divide los ranchos El Cuatro de Trincheras (Pasto El Tres).

Unidad litoestratigráfica: ¿Formación Ojinaga?

Litología: Calizas café amarillento de textura packstone que intemperiza a café pardoso, de estratificación media.

Edad supuesta: Cretácico Superior

Determinación Paleontológica:

Mollusca-Bivalvia

Inoceramus crippei Mantell

Edad: Cenomaniano. Esta especie forma parte de la "Serie de Inoceramus" de Bohemia (Kauffman, 1976, Annales du Muséum d'Histoire Naturelle de Nice, tomo 4, p. XIII.2, lám. 2, fig. 1) donde indica una edad Cenomaniano Medio.

4) Muestra GAC-92/82-10

Localidad exacta: cerco que divide los ranchos El Cuatro de Trincheras (Pasto El Tres).

Unidad litoestratigráfica: ¿Formación Ojinaga?

Litología: Calizas café amarillento de textura packstone que intemperiza a café pardoso, de estratificación media.

Edad supuesta: Cretácico Superior

Determinación Paleontológica:

Mollusca-Cephalopoda

Belemnites americana (Morton)

Edad: En las costas del Atlántico de Estados Unidos esta especie es característica del Cretácico Superior. (Schimer, H., Schrock, R., 1943, Index Fossils of North America, cap. 10, p. 597, lám. 250, figs. 13, 18).

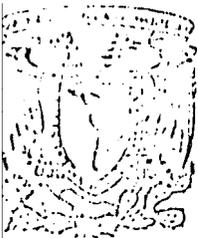
A t e n t a m e n t e

*Laura Bolaños Lozano*  
Biól. Laura Bolaños Lozano  
Depto. de Paleontología.

Supervisión: *Blanca Estela Buitrón*  
Dra. Blanca Estela Buitrón  
Jefe del Depto. de Paleontología.

c.c.p.- Dr. José C. Guerrero García  
Director, Instituto de Geología, UNAM.

mc\*



INSTITUTO DE GEOLOGIA  
APARTADO POSTAL 70-296 CIUDAD UNIVERTARIA  
04510 MEXICO, D.F.

REPUBLICA NACIONAL  
DE MEXICO

28 de Octubre de 1982.

Ing. Avila Carrillo  
GEOCA, S.A.  
P r e s e n t e :

Me permito informar a Usted sobre el resultado de un estudio paleontologico de una muestra procedente de Julimes, Chih., según Orden No. 19, del 10-14-82.

Muestra GAC-61A/82

Colector.- Ing. Avila Carrillo

Localidad: Reventón de los Fósiles, Pasta del Nolasco, Trincheras, Julimes, Chihuahua.

Edad supuesta: Cretácico Inferior

Litología: Calizas fosilíferas gris oscuro. Roca encajonante del Reventón de Fe.

Gasterópodos pequeños incluidos en la roca. Se hicieron cortes y láminas delgadas, a pesar de lo cual no se pudieron observar detalles de ornamentación. Los cortes corresponden a ejemplares de:

Cerithium o Turritella

Edad: Indeterminable

A t e n t a m e n t e

Dra. Gloria Alencáster de Félix

APENDICE DE ESTUDIOS MICROPALAEONTOLOGICOS

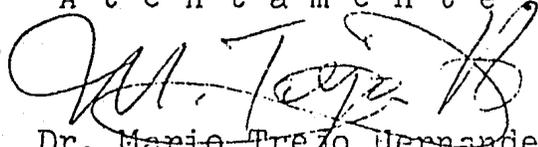
Cuernavaca, Mor., a 29 de noviembre de 1982.

RESUMEN.- Las muestras estudiadas corresponden a las siguientes edades y facies, (números del colector).

Albiano Inferior, facies de cuenca: 98,99,101 y 102.

Edad y facies indeterminable: 93.

A t e n t a m e n t e

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'M. Trejo H.', written in a cursive style with a large initial 'M' and a stylized 'H'.

Dr. Mario Trejo Hernandez.

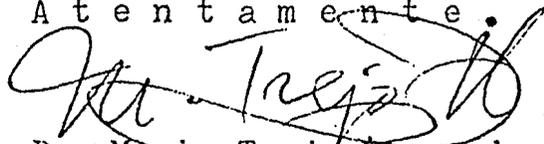
Cuernavaca, Mor., a 29 de noviembre de 1982.

GAC-93. Micrita color gris, finamente recristalizada con escasos restos de equinodermos. Sin microfósiles característicos.

Edad indeterminada.

Facies indeterminada.

A t e n t a m e n t e .



Dr. Mario Trejo Hernández.

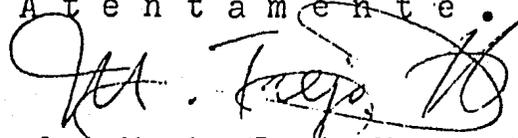
Cuernavaca? Mor. a 29 de noviembre de 1982.

GAC-98. Micrita color café grisáceo, con escasos radio-  
larios calcificados, Favusella sp., Colomiella recta, C. mexicana  
Calpionellonsella maldonadoi, oncolitos y escasos foraminíferos  
arenaceos.

Edad: Albiano Inferior

Facies de cuenca somera.

Atentamente.



Dr. Mario Trejo Hernandez.

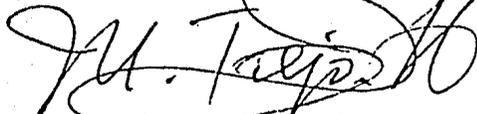
Cuernavaca, Mor., a 29 de noviembre de 1982.

GAC-99. Micrita color café rojizo, con Favusella sp.  
Colomiella recta, C. mexicana, C. semiloricata y Calpionellopsella maldonadoi.

Edad: Albiano Inferior.

Facies de cuenca.

A t e n t a m e n t e .



Dr. Mario Trejo Hernandez.

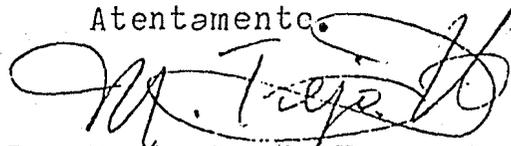
Cuernavaca , Mor., a 29 de noviembre de 1982.

GAC-101.- Micrita color café crema, con escasos restos de sacocómidos y otros equinodermos, Favusella sp., Microcalamoides diversus y Colomiella recta .

Edad: Albiano Inferior.

Facies de cuenca.

Atentamente.



Dr. Mario Trejo Hernandez.

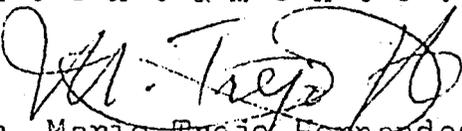
Cuernavaca, Mor., a 29 de noviembre de 1982.

GAC-102. Micrita color crema, con restos de equino  
dermos, Favusella sp., escasas Colomiella recta y Microcalamoi  
des diversus .

Edad Albiano Inferior.

Facies de cuenca.

A t e n t a m e n t e .

  
Dr. Mario Trejo Hernandez.

APENDICE DE ESTUDIOS PETROGRAFICOS Y  
MINERAGRAFICOS

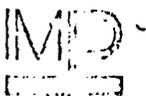
RESUMEN DE ESTUDIOS PETROGRAFICOS Y MINERAGRAFICOS

<u>MUESTRA</u> <u>NUMERO</u>	<u>CLASIFICACION</u>	<u>ORIGEN</u>	<u>NOTAS</u>
GAC-1-81	Skarn de granate bandeado.	Metamorfismo de contacto.	Facies de hornfels de piroxena.
GAC-2-81	Martita.	Hipogénico.	Cristalización directa líquidos ferríferos (ortomagmáticos).
GAC-3-81	Skarn de granate	Metamorfismo de contacto	Facies de hornfels de piroxena.
GAC-4-81	Cuarzo var. Esquelética.	Hipogénico.	-- -- -- -- --
GAC-5-81	Skarn de granate	Pirometasomático.	Facies de hornfels de piroxena.
GAC-6-81	Pórfido Andesítico.	Hipabisal.	-- -- -- -- --
GAC-7-81	Granito calcoalcalino de augita.	Plutónico.	-- -- -- -- --
GAC-8-81	Ignimbrita de cristales	Piroclástico.	-- -- -- -- --
GAC-9-81	Mármol mineralizado.	Metamorfismo regional o de contacto.	Facies hornfels de albita epidota.
GAC-4-82	Microgranito calcoalcalino.	Hipabisal con alteración hidrotermal.	-- -- -- -- --
GAC-12-82	Pórfido riolítico calcoalcalino de hornblenda.	Hipabisal.	-- -- -- -- --
GAC-20-82	Vitrófiro riolítico fluido	Extrusivo.	-- -- -- -- --

<u>MUESTRA</u> <u>NUMERO</u>	<u>CLASIFICACION</u>	<u>ORIGEN</u>	<u>NOTAS</u>
GAC-23-A-82	Mineral de Mena- (Fe).	Pirometasomá tico.	-- -- -- -- --
GAC-26-82	Microgranito cal coalcalino de au gita.	Hipabisal.	-- -- -- -- --
GAC-46-82	Granito alcalino	Plutónico.	-- -- -- -- --
GAC-51-82	Brecha minerali- zada.	Pirometasomá tico.	-- -- -- -- --
GAC-55-82	Skarn de escapo- lita.	Pirometasomá tico.	Facies de hornfels de piroxena.
GAC-57-82	Skarn de granate	Pirometasomá tico.	Facies de hornfels de piroxena.
GAC-60-82	Pórfido riolíti- co alterado.	Hipabisal -- con pneumató lisis.	-- -- -- -- --
GAC-65-82	Pórfido riolíti- co calcoalcalino.	Hipabisal.	-- -- -- -- --
GAC-66-82	Sombrero de Fie- rro.	Supergénico.	-- -- -- -- --
GAC-72-82	Vitrófiro riolí- tico (obsidiana).	Extrusivo.	-- -- -- -- --
GAC-79-82	Pórfido riolíti- co calcoalcalino de hornblenda.	Hipabisal.	-- -- -- -- --
GAC-81-8-82	Vitrófiro riolí- tico (fluidal).	Extrusivo.	-- -- -- -- --
GAC-86-9-82	Pórfido riolíti- co alcalino.	Hipabisal.	-- -- -- -- --
GAC-86-10-82	Pórfido riolíti- co calcoalcalino	Hipabisal.	-- -- -- -- --

<u>MUESTRA</u> <u>NUMERO</u>	<u>CLASIFICACION</u>	<u>ORIGEN</u>	<u>NOTAS</u>
GAC-87-82	Vitrófiro Traquí tico.	Extrusivo.	- - - - -
GAC-91-82	Mena de fierro - brechado.	Pirometasomá tico.	- - - - -
GAC-105-82	Skarn de calcita y escapolita.	Pirometasomá tico.	- - - - -

APENDICE DE ESTUDIOS GEOCRONOMETRICOS



INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO  
 SUBDIRECCION DE TECNOLOGIA DE EXPLORACION  
 LABORATORIO DE GEOCRONOMETRIA

DETERMINACION DE EDAD POR EL METODO POTASIO-ARGON

No. DE SERIE DE LABORATORIO: SGC-678

No. DE MUESTRA: GAC-4-82

COLECTOR: GEOCA, S. A.

PROCEDENCIA: Pico Duro, El Cuatro, Chih.

CLASIFICACION Y MINERALOGIA: Riolita. Textura microcristalina desvitrificada.

Mineralogía: Fenocristales de sanidino y cuarzo engastados en una pasta de cuarzo, feldespato potásico y hematita.

MINERAL ANALIZADO: Sanidino

FECHA DE ENTRADA: 23-VIII-82

FECHA DE SALIDA: 31-VIII-82

Análisis de Potasio:

3.1968	% K	Prom. % K	K <sup>40</sup> , ppm.
		3.1968	3.7307

Análisis de Argón

0.006954	Ar <sup>40*</sup> , ppm	Prom. Ar <sup>40*</sup> , ppm	% Ar <sup>40*</sup> = 28.1
		0.006954	% Ar <sup>40</sup> Atmosférico = 71.9

$Ar^{40*}/K^{40} = 0.001864$

EDAD:  $32 \pm 2$  M.A. Oligoceno Medio \*\*

Constantes usadas:

$\lambda_{\beta} = 4.962 \times 10^{-10} \text{ año}^{-1}$   
 $\lambda_e = 0.581 \times 10^{-10} \text{ año}^{-1}$   
 $K^{40}/K = 1.167 \times 10^{-4} \text{ átomo/átomo}$

Ecuación usada:

$$EDAD = \frac{1}{\lambda_e + \lambda_{\beta}} \ln \left[ \frac{\lambda_{\beta} + \lambda_e}{\lambda_e} \times \frac{Ar^{40*}}{K^{40}} + 1 \right]$$

NOTAS: \*\* Según la escala de Tiempo del Fanerozoico (Sociedad Geológica de Londres 1964)

Ar\* Se refiere a Ar<sup>40</sup> radiogénico

M.A. Se refiere a millones de años

Ing. Antonio Narváez Gama

LABORATORIO DE GEOCRONOMETRIA



INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO  
SUBDIRECCION DE TECNOLOGIA DE EXPLORACION  
LABORATORIO DE GEOCRONOMETRIA

DETERMINACION DE EDAD POR EL METODO POTASIO-ARGON

No. DE SERIE DE LABORATORIO: PGC-678

No. DE MUESTRA: GAC - 1 - 82

COLECTOR: GEOCA, S. A.

PROCEDENCIA: Sierra El Brillante, El Cuatro, Chih.

CLASIFICACION Y MINERALOGIA: Pórfido monzonítico de piroxenos. Textura granular -porfídica-hipidiomórfica. Mineralogía: Oligoclasa-andesina, ortoclasa, augita, esfena, apatito, trazas de biotita, magnetita.

MINERAL ANALIZADO: Plagioclasa

FECHA DE ENTRADA: 23 - VIII - 82

FECHA DE SALIDA: 31 - VIII - 82

Análisis de Potasio:

1.0807	% K	Prom. % K	K <sup>40</sup> , ppm.
		1.0807	1.2612

Análisis de Argón

0.001967 Ar <sup>40*</sup> , ppm	Prom. Ar <sup>40*</sup> , ppm	% Ar <sup>40*</sup> = 15.6
	0.001907	% Ar <sup>40</sup> Atmosférico = 84.4

$Ar^{40*}/K^{40} = 0.00156$

EDAD:  $27 \pm 2$  M.A. Oligoceno Tardío \*\*

Constantes usadas:

Ecuación usada:

$\lambda_{\beta} = 4.962 \times 10^{-10} \text{ año}^{-1}$   
 $\lambda_e = 0.581 \times 10^{-10} \text{ año}^{-1}$   
 $K^{40}/K = 1.167 \times 10^{-4} \text{ átomo/átomo}$

$$EDAD = \frac{1}{\lambda_e + \lambda_{\beta}} \ln \left[ \frac{\lambda_{\beta} + \lambda_e}{\lambda_e} \times \frac{Ar^{40*}}{K^{40}} + 1 \right]$$

NOTAS: \*\* Según la escala de Tiempo del Fanerozoico (Sociedad Geológica de Londres 1964)

Ar\* Se refiere a Ar<sup>40</sup> radiogénico

M.A. Se refiere a millones de años

Ing. Antonio *(F. Martínez)* Gama  
LABORATORIO DE GEOCRONOMETRIA

APENDICE DE ANALISIS QUIMICOS

COMISION DE FOMENTO MINERO  
UNIDAD TECAMACHALCO

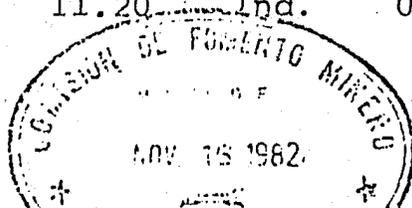
Puente de Tecamachalco No. 26 Apartado Postal 10-762  
11000 México, D.F. 540 31 07

CERTIFICADO NUM. 3230  
REGISTRO NUM. 3079-3103-P  
RECIBO NUM. 1903

GEOCA, S. A. P/C. Y ORDEN DE PEMEX.

LA DE LA MUESTRA EDO. DE CHIHUAHUA.  
FECHA DE LA MUESTRA SEPTIEMBRE 27, 1982. FECHA CALIDA NOVIEMBRE 16, 1982.

TRA	FIERRO TOTAL Fe%	OXIDO FE RROSO FeO%	SILICE SiO <sub>2</sub> %	FOSFORO P%	AZUFRE S%	CALCIO CaO%	OXIDO FE RRICO Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %
Q-1/82	29.20	2.71	51.10	Ind.*	0.10	0.67	38.75
Q-2/82	53.60	0.19	9.00	Ind.	0.03	0.50	76.43
Q-3/82	45.60	0.39	25.16	Ind.	0.13	0.70	64.78
Q-4/82	44.20	2.32	27.50	Ind.	0.03	0.48	60.63
Q-5/82	43.70	2.19	23.10	Ind.	0.03	2.13	60.06
Q-6/82	58.80	3.22	12.50	Ind.	0.10	0.34	80.51
Q-7/82	15.60	3.03	60.50	Ind.	0.07	5.18	18.94
Q-8/82	18.00	2.71	59.50	Ind.	0.07	6.55	22.74
Q-9/82	37.40	1.10	37.60	Ind.	0.07	0.67	52.26
Q-10/82	42.60	1.42	26.90	Ind.	0.04	1.68	59.34
Q-11/82	57.00	5.74	7.20	0.07	0.02	4.87	75.14
Q-12/82	3.80	0.10	11.50	0.14	0.52	43.85	5.33
Q-13/82	57.60	0.97	6.30	0.24	0.26	0.45	81.29
Q-14/82	44.20	2.00	27.24	Ind.	0.12	0.73	60.99
Q-15/82	13.20	0.13	7.90	Ind.	0.03	39.03	18.73
Q-16/82	38.40	9.55	36.90	Ind.	0.15	0.95	44.33
Q-17/82	4.80	0.10	3.52	0.02	0.02	49.28	6.76
Q-18/82	27.80	2.32	48.70	Ind.	0.07	1.00	37.18
Q-19/82	48.20	3.03	11.90	0.08	0.14	2.24	65.56
Q-20/82	34.80	3.61	41.20	0.26	0.11	0.78	45.76
Q-21/82	13.35	1.38	66.12	0.23	0.06	3.05	17.56
Q-22/82	19.90	1.22	49.22	0.03	0.10	3.56	27.10
Q-23/82	45.20	0.71	22.56	Ind.	0.17	1.40	63.85
Q-24/82	10.40	4.24	79.62	0.07	0.06	1.54	10.15
Q-25/82	53.60	2.57	11.20	Ind.	0.01	4.23	73.79



\* Ind. = indicios

DEPTO. ESTADO SOLIDO

JEFE DEPTO. CONTROL QUIMICO

JEFE DEPTO. EXPERIMENTACION

PTO. DE ENSAYE

JEFE DEPTO. DE INVESTIGACION

SAB. QUIMICO

chc.

APENDICE DE ESTUDIOS DE DENSIDAD Y SUSCEPT  
TIBILIDAD MAGNETICA DE LOS DIFERENTES TI-  
POS DE ROCA (INCLUYE MINERAL DE HIERRO) -  
ENCONTRADOS EN LA REGION DE ESTUDIO.

# Ing. Rogelio Aspíroz Aguilar

ASESOR EN GEOFISICA

AV. BARRANQUILLA 77  
MÉXICO 14, D. F. 07300

TELÉFONO 506-58-80  
R.F.C. AIAR 380515

RDS-001

<u>MUESTRA</u>	<u>DEBILIDAD</u> <u>(<math>\gamma</math>/CM<sup>3</sup>)</u>	<u>SUST. MAGNÉTICA X 10<sup>-6</sup> c.g.s.</u>
GAC-12/82	<u>2.60</u>	<u>1200</u>
GAC-18/82	<u>2.30</u>	<u>790</u>
GAC-20/82	<u>2.17</u>	<u>550</u>
GAC-25/82	<u>2.72</u>	<u>352</u>
GAC-26/82	<u>2.22</u>	<u>470</u>
GAC-28/82	<u>2.15</u>	<u>5</u>
GAC-29/82	<u>2.26</u>	<u>440</u>
GAC-37/82	<u>2.19</u>	<u>1000</u>
GAC-41/82	<u>2.19</u>	<u>560</u>
GAC-43/82	<u>2.40</u>	<u>75</u>
GAC-46/82	<u>2.57</u>	<u>20</u>
GAC-55/82	---	---
GAC-56/82	<u>2.66</u>	<u>0</u>
GAC-57/82	<u>2.52</u>	<u>20</u>
GAC-60/82	<u>2.45</u>	<u>2</u>
GAC-64/82	<u>2.52</u>	<u>5</u>
GAC-65/82	<u>2.25</u>	<u>0</u>
GAC-72/82	<u>2.21</u>	<u>1030</u>
GAC-77/82	<u>2.57</u>	<u>0</u>
GAC-78/82	<u>2.19</u>	<u>120</u>
GAC-79/82	<u>2.22</u>	<u>236</u>
GAC-80/82	<u>2.22</u>	<u>25</u>
GAC-81-2/82	<u>2.45</u>	<u>245</u>
GAC-81-8/82	<u>2.26</u>	<u>952</u>
GAC-81-1/82	<u>1.98</u>	<u>60</u>
GAC-83/82	<u>2.52</u>	<u>110</u>
GAC-85/82	<u>2.23</u>	<u>32</u>
GAC-86-9/82	<u>2.24</u>	<u>275</u>
GAC-87/82	<u>2.09</u>	<u>2950</u>
GAC-88/82	<u>2.40</u>	<u>30</u>
GAC-90/82	<u>2.45</u>	<u>70</u>
GAC-74/82	<u>2.22</u>	<u>450</u>
GAC-48/82	<u>2.21</u>	<u>127</u>

# Ing. Rogelio Aspíroz Aguilar

ASESOR EN GEOFISICA

AV. BARRANQUILLA 77  
MEXICO 14, D. F., 07300

TELEFONO 555-58-90  
R.F.C. AIAR 300515 2.00

<u>IDENTIFICACION</u>	<u>DENSIDAD (<math>\rho/cg^3</math>)</u>	<u>SUBC. MAG. X <math>10^{-5}</math> c.g.s.</u>
GAC-Q-1/82	3.06	143
GAC-Q-2/82	3.37	226
GAC-Q-3/82	3.35	90
GAC-Q-4/82	2.87	2 050
GAC-Q-5/82	3.53	630
GAC-Q-6/82	4.27	7 350
GAC-Q-9/82	3.26	391
GAC-Q-10/82	3.45	120
GAC-Q-11/82	3.99	14 000
GAC-Q-14/82	3.07	177
GAC-Q-16/82	3.09	197
GAC-Q-18/82	2.77	80
GAC-Q-19/82	2.79	11 200
GAC-Q-20/82	2.87	143
GAC-Q-23/82	3.33	120
GAC-Q-25/82	3.40	8 700

Total : 16 mnestras.

# S E C C I O N      G E O L O G I C A      1

A → N 65° 00' E

S 65° 00' W ← B → S 75° 00' E

← C → S 35° 00' E

← D → N 35° 00' W

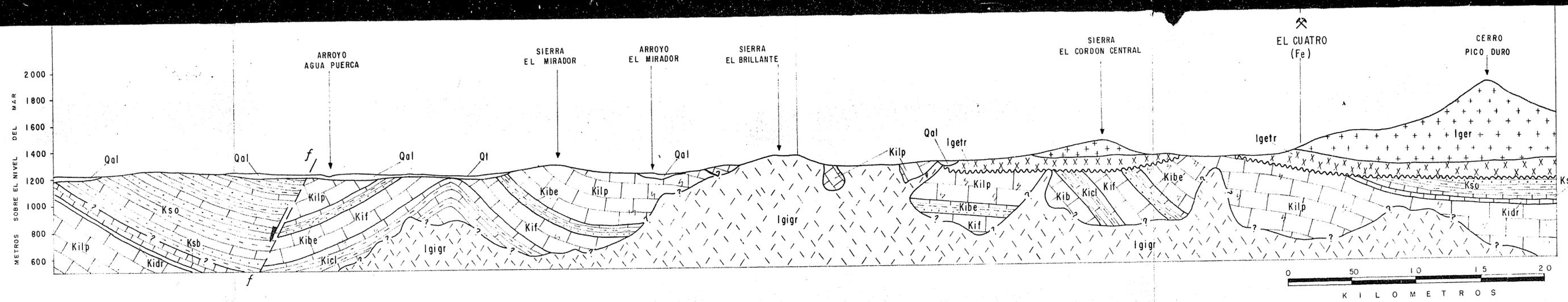
O	O	CUATERNARIO
O	O	
O	O	MIOCENO PALEOCENO
O	O	PRIOR

ROCAS SEDIMENTARIAS      ROCAS IGNEAS  
EXTRUSIVAS INT

Qal  
DEPOSITOS ALUVIALES Y SUELOS VEGETALES

Qt  
DEPOSITOS DE TALUD

Discordancia



C E R R O N O Z A R

P A L E O C E N O I N F E R I O R

E O C E N O I N F E R I O R

S U P E R I O R

M E S O Z O I C O

C R E T A C I O

A L B I A N O

A P T I A N O

Igigr SKARN CALCAREO  
GRANITO CALCO-ALCALINO

Iger CORRIENTES RIOLITICAS  
Igetr TOBAS RIOLITICAS PIROCONSOLIDADAS DEVITRIFICADAS  
Vf VITROFIRO RIOLITICO

COLUMNA LITOLOGICA

- SKARN CALCAREO
- CALIZAS GRUESAS A MASIVAS
- LUTITA
- ARENISCA
- WACKSTONE DE ESTRATOS DELGADOS A MEDIOS
- GRANITO CALCOALCALINO
- CORRIENTES RIOLITICAS
- TOBAS RIOLITICAS PIROCONSOLIDADAS DEVITRIFICADAS

M E S O Z O I C O

C R E T A C I O

A L B I A N O

S U P E R I O R

C E N O M A N I A N O

T U R O N I A N O

- Kso Fm. OJINAGA
- Ksb Fm. BUDA
- Kidr Fm. DEL RIO
- Kilp Fm. LOMA DE PLATA
- Kibe Fm. BENEVIDES
- Kif Fm. FINLAY
- Kicl Fm. CALIZAS Y LUTITAS SIN NOMBRE
- Kib Fm. BENIGNO
- Kicu Fm. CUCHILLO

Discordancia

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
SECCION GEOLOGICA 1 (A,B,C,D)  
Guillermo Avila C. TESIS PROFESIONAL 1984 ESC: 1:20,000

EDITAR ESTOS PLANOS

EN ROLIO 1 ING.

GEOLOGO 1984

TESIS # 4

GUILLERMO AVILA A.

# E Y E N D A

ROCAS ROCAS ROCAS  
 SEDIMENTARIAS IGNEAS METAMORFICAS  
 EXTRUSIVAS INTRUSIVAS

## SIMBOLOGIA

**Qal**  
 DEPOSITOS ALUVIALES  
 Y BLOQUES VEGETALES

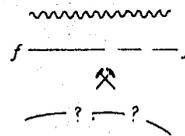
**Ql**  
 DEPOSITOS DE TALUD

DISCORDANCIA \_\_\_\_\_

FALLA, DISCONTINUA CUANDO INFERIDA \_\_\_\_\_

MINA \_\_\_\_\_

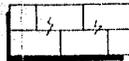
CONTACTO GEOLOGICO INDEFINIDO \_\_\_\_\_



**Iggr** SKARN CALCAREO  
 GRANITO  
 CALCO-ALCALINO

## COLUMNA LITOLOGICA

**Iger** CORRIENTES RIOLITICAS  
**Iqetr** TOBAS RIOLITICAS PIROCONSOLIDADAS DEVITRIFICADAS  
**Vf** VITROFIRO RIOLITICO



SKARN CALCAREO



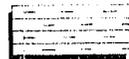
WACKSTONE DE ESTRATOS DELGADOS A MEDIOS



CALIZAS GRUESAS A MASIVAS



GRANITO CALCOALCALINO



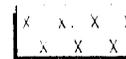
LUTITA



CORRIENTES RIOLITICAS



ARENISCA



TOBAS RIOLITICAS PIROCONSOLIDADAS DEVITRIFICADAS

Discordancia

**Kso**

Fm. DJINAGA

**Ksb**

Fm. BUDA

**Kidr**

Fm. DEL RIO

**Klpp**

Fm. LOMA DE PLATA

**Kibe**

Fm. BENEVIDES

**Kif**

Fm. FINLAY

**Kicl**

Fm. CALIZAS Y LUTITAS SIN NUMBRE

**Kib**

Fm. BENIGNO

**Kicu**

Fm. CUCHILLO

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

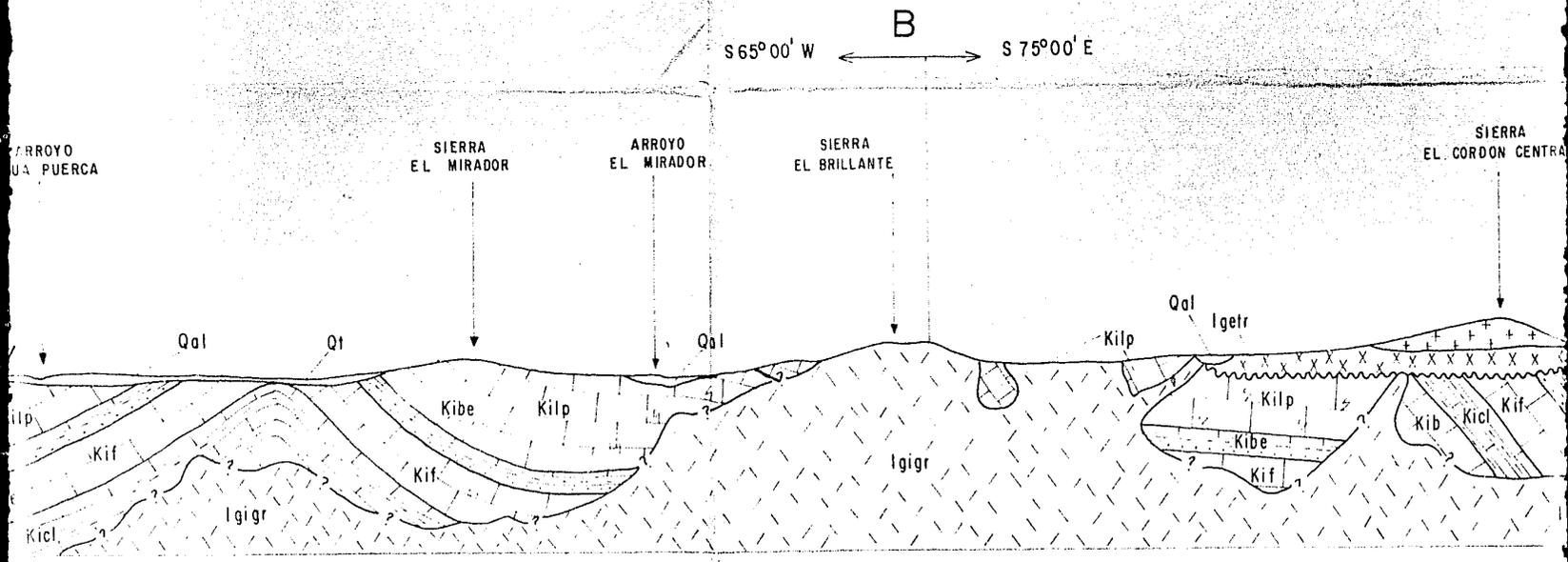
SECCION GEOLOGICA 1 (A,B,C,D)

Guillermo Avila C. TESIS PROFESIONAL ESC 1:20,000

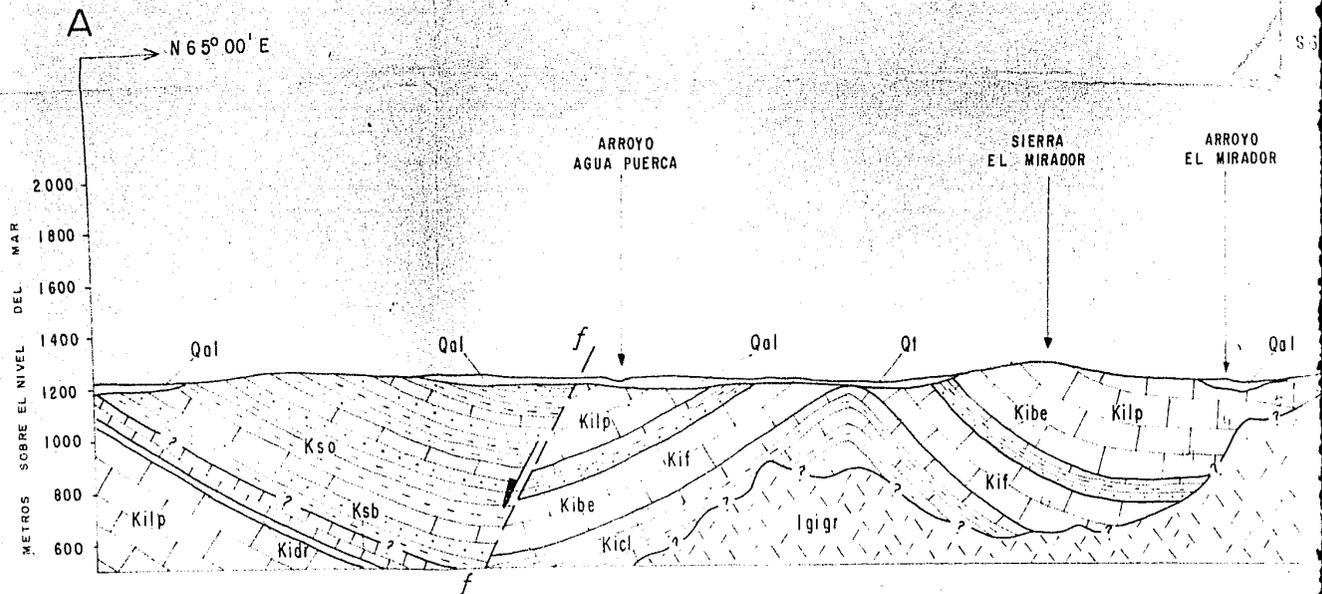
1984



# SECCION GEOLOGICA



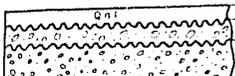
# S E C C I O N





# LUMNA ESTRATIGRAFICA COMPUESTA DEL PROSPECTO EL CUATRO

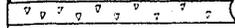
0 m  
0 m



DEPOSITOS ALUVIALES Y SUELOS  
ZONA DE TALUD. CONSISTE DE MATERIAL SUELTO DEL TAMAÑO GUIJARRO O MAYOR ENCONTRADO EN EL DE ALGUNOS CERROS

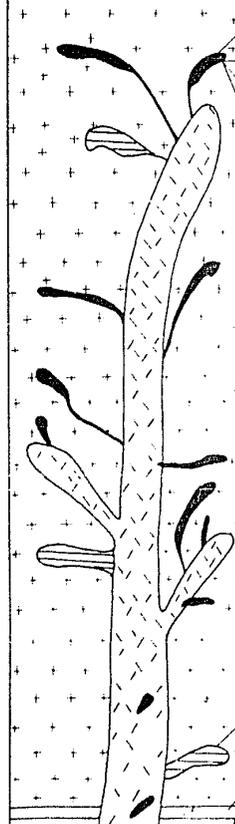
MATERIAL SUELTO, POCO COMPACTADO CONSTITUIDO POR FRAGMENTOS DE ROCAS DEL TAMAÑO DE Y GUIJARROS DE CALIZAS, PORFIDO RIOLITICO, RIOLITAS Y GRANITOS.

5 m



BRECHAS VOLCANICAS RIOLITICAS MORADO PALIDO, QUE INTEMPERIZAN GRIS BLANCO, NEGRO O BEIG ULTIMO CUANDO HAN SUFRIDO ALTERACION HIDROTHERMAL), CARBONATOS DE CALCIO SE ENCUENTRAN DO FRACTURAS DE ESTA ROCA.

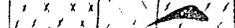
> 400 m



- GAC-91-82
- GAC-0-11-82
- GAC-91-82
- GAC-0-11-82
- GAC-4-82
- GAC-18-82
- GAC-56-82
- GAC-81-8-82
- GAC-81-8-82

RIOLITAS MORADAS CON ESTRUCTURA FLUIDAL, QUE INTEMPERIZAN MORADO PALIDO Y QUE EN O PRESENTAN UNA DELGADA COSTRA NEGRA DE LIMONITA SOBRE LA SUPERFICIE DE INTEMPERISMO. CRISTALES DE CUARZO, FELDESPATOS ALCALINOS Y A VECES CRISTALES DE MAGNETITA MUY OXIDA ENCUENTRAN ENGASTADOS EN UNA MASA AFANITICA MORADA LA ROCA ES EN GENERAL COMPACTA FRACTURAS EXISTENTES SON PREFERENTEMENTE PERPENDICULARES A LA PSEUDOESTRATIFICACION. VECES DESCANSAN CONCORDANTEMENTE SOBRE RIOLITAS COLORADAS LAJOSAS (MIEMBRO INFERIOR), CIANDOSE DE ESTAS ULTIMAS POR (1) EL COLOR Y (2) EL GRUESO, YA QUE ESTAS ULTIMAS MINARES O DELGADAS, NO ASI LAS PRIMERAS QUE SON MEDIANAS A GRUESAS. OTRAS VECES CUENTRAN DESCANSANDO DIRECTA Y CONCORDANTEMENTE SOBRE UN VITROFIRO RIOLITICO. SE CUENTRA TAMBIEN COMO ROCA ENCAJONANTE DE CUERPOS MINERALES DE FIERRO, Y SE OF TANTO ESTA COMO EL VITROFIRO SIRVIERON DE SELLO PARA LAS SOLUCIONES MINERALIZAN PRESENTA UNA DENSIDAD PROMEDIO DE 2.35 gr/cm<sup>3</sup>, Y POR ESTUDIOS GEOCRONOMETRI SE HA DATADO DE 32 ± 2 M A (OLIGOCENO MEDIO)

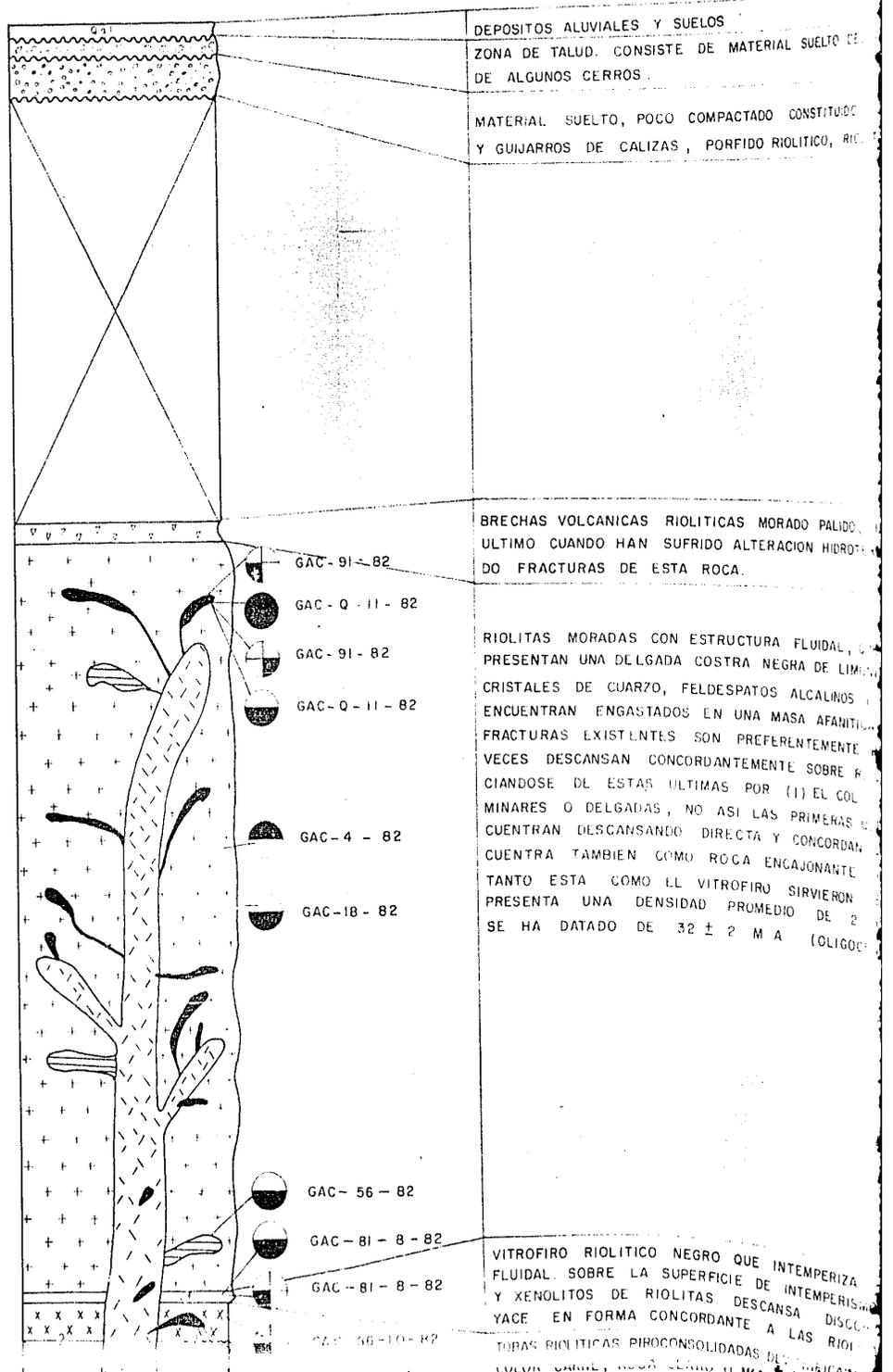
0 m



VITROFIRO RIOLITICO NEGRO QUE INTEMPERIZA PARDO, LIGERAMENTE DESVITRIFICADO Y CON FLUIDAL SOBRE LA SUPERFICIE DE INTEMPERISMO DESTACAN FENOCRIETALES DE FELDESPATOS Y XENOCITOS DE RIOLITAS DESCANSA DISCORDANTEMENTE SOBRE CALIZAS O SKARN CALCAREO EN FORMA CONCORDANTE A LAS RIOLITAS RIOLITICO, AL FRESCO T

# COLUMNA ESTRATIGRAFICA COMPLETA DEL PROSPECTO EL CUATRO

E N O Z O I O C U A T E R N A R I O	RECIENTE	10m
	PLEISTOCENO	10m
	PLIOCENO	
	MIOCENO	
	SUPERIOR	5m
	> 400 m	
	> 10m	



... TIENEN UN ...  
 ... CARACTERIZAN ...  
 ... ENES SE PRE- ...  
 ... EN ESTA ROCA ...  
 ... AS SU DENSI- ...  
 ... ETICA DE ESTA ...  
 ...  
 ... INTEMPERI- ...  
 ... (us). ...  
 ... BLOQUES - ...  
 ... (BO) TAMBIEN ...  
 ... Y DE LA ...  
 ... AMOS MINE ...  
 ... NERALIZACION ...  
 ... ENTA UNA ...  
 ... TADO DE --- ...  
 ... COMO MI ...  
 ... EL BAJO GRA ...  
 ... CACION (TAN- ...  
 ...  
 ... CTADA POR ...  
 ... DA Y CON ES- ...  
 ... O, PROVOCANDO ...  
 ... MBO DE CAPA ...  
 ... STRATIFICACION ...  
 ... PENDICULAR AL ...  
 ... Y DANDO LU-- ...  
 ...  
 ... WACKSTONE; CON- ...  
 ... TERALMENTE ...  
 ... MINADOS --- ...  
 ... NERAL DE ...  
 ...  
 ... USENTES POR ...  
 ...  
 ... MEDIA -

CER  
AGU  
LOC LA PESADA

PASTO  
EL TRES

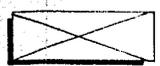
SIERRA EL BRILLANTE

SIERRA EL MIRADOR

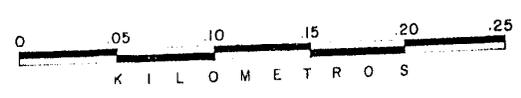


- MUESTRA ESTUDIADA POR MICROFOSILES
- MUESTRA ESTUDIADA POR PETROGRAFIA (LAMINA DELGADA)
- MUESTRA ESTUDIADA POR PLTROGRAFIA (SECCION PULIDA)
- MUESTRA ESTUDIADA GEOCRONOMETRICAMENTE (Ar/K)
- MUESTRA ESTUDIADA POR DENSIDAD Y SUSCEPTIBILIDAD MAGNETICA
- MUESTRA ESTUDIADA POR ANALISIS QUIMICO

OTROS SIMBOLOS

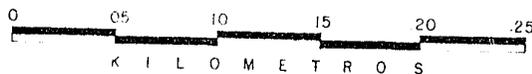


FALTA DE AFLORAMIENTOS









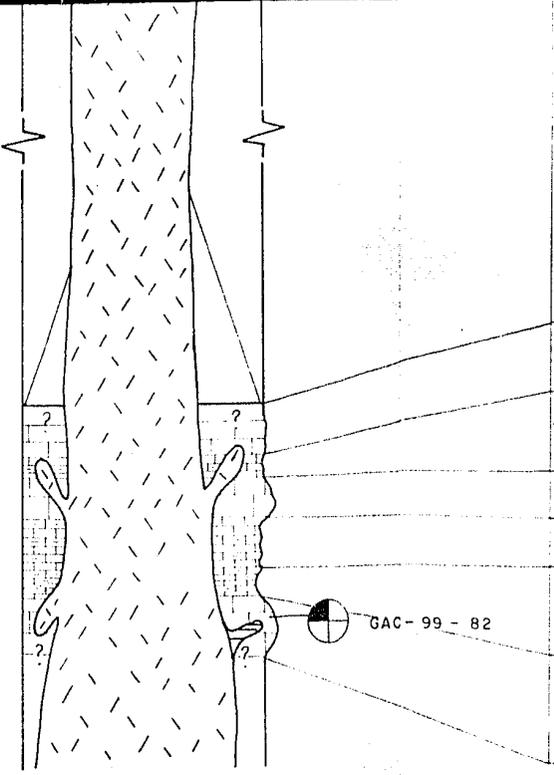
ON MEDIA -  
DIA, EN AL-  
SE OBSER-  
Y EN --  
AN, DE ES-  
HEIGE.  
DA A MEDIA,  
RF DOS ---  
CS, DE --  
MICROFAU -

SIERRA EL NOLASCO

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
COLUMNA ESTRATIGRAFICA  
COMPUESTA  
Guillermo Avila C. TESIS PROFESIONAL ESC 1:2,500  
1984

PLANO T.P. -GAC-7

A P T I A N O	INFERIOR M E D	
	FORMACION BENIGNO	FORMACION CALIZAS Y FI
FORMACION CUCHILLO		
> 110 m		



- CALIZAS CON TEXTURA WACKSTONE, GRIS, QUE INTEMPERIZA A GRIS CLARO, DE ESTRATIFICACION GRUESA
- CALIZAS CON TEXTURA WACKSTONE, GRIS, QUE INTEMPERIZA A GRIS CREMA, DE ESTRATIFICACION MEDIA EN ALTERNANCIA CON MARGAS CAFE-CREMA FORMANDO QUIEBRES ENTRE LAS CALIZAS. EN OCASIONES HAY ALGUNAS CONCRECIONES CALCAREAS.
- CALIZAS GRUESAS A MASIVAS ( $\approx 10$  m), GRISES, MUY CORRUGADAS QUE INTEMPERIZAN A GRIS EN FORMA DE BLOQUES.
- CALIZAS CON TEXTURA WACKSTONE, GRIS-CREMA, QUE INTEMPERIZA BEIGE Y EN FORMA SUBORDINADA EN ALTERNANCIA CON CALIZAS ARCILLOSAS GRIS ROJO QUE INTEMPERIZAN A GRIS.
- CALIZAS ARCILLOSAS, GRISES, QUE INTEMPERIZAN BEIGE CON TINTES ROJIZOS DE ESTRATIFICACION MEDIA. QUE SE FRACTURA EN FORMA IRREGULAR. POR SU CONSTITUCION OCASIONA UN PUERTO DE EROSION EN LA SUPERFICIE DE CALIZAS GRUESAS.
- CALIZAS CON TEXTURA WACKSTONE, GRIS-MORADO, QUE INTEMPERIZA GRIS-BLANCO CON TINTES BEIGOS EN ALTERNANCIA CON CALIZAS GRUESAS A MASIVA Y CONCRECIONES DE SIO PEQUENAS Y AMARILLAS Y DE LA ERA DEL CRETACICO INFERIOR (*Favosella* sp y *Colomiella recta*).

M E S

C R E

I N A

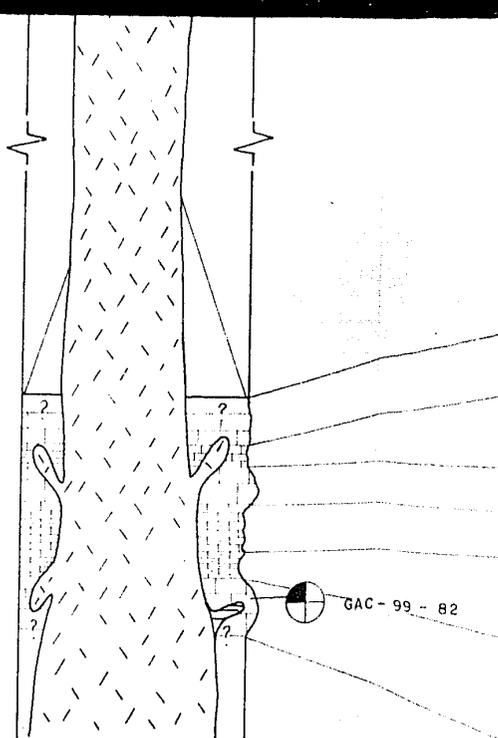
INFERIOR M E D

FORMACION CUCHILLO

> 110 m

FORMACION BENIGNO

FORMACION BENIGNO



CALIZAS CON TEXTURA WACKSTONE, GRIS, QUE INTEMPERIZA A GRIS CLARO, A GRUESA.

CALIZAS CON TEXTURA WACKSTONE, GRIS, QUE INTEMPERIZA A GRIS CREMA, DE ALTERNANCIA CON MARGAS CAFE-CREMA FORMANDO QUEBRES ENTRE LAS CALIZAS. HAY ALGUNAS CONCRECIONES CALCAREAS.

CALIZAS GRUESAS A MASIVAS ( $\approx 10$  m), GRISES, MUY CORRUGADAS QUE INTERSTRATIFICACION MEDIA, SE ENCUENTRA EN ALTERNANCIA CON CALIZAS ARCILLOSAS GRIS ROJIZO.

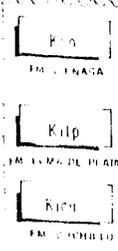
CALIZAS CON TEXTURA WACKSTONE, GRIS-CREMA, QUE INTEMPERIZA BEIGE Y EN ALTERNANCIA CON CALIZAS ARCILLOSAS GRIS ROJIZO.

CALIZAS ARCILLOSAS, GRISES, QUE INTEMPERIZAN BEIGE CON TINTES ROJIZOS DE ESTE TIPO QUE SE FRACTURA EN FORMA IRREGULAR POR SU CONSTITUCION OCASIONA UN PUEBLO DE CUERPOS DE CALIZAS GRUESAS.

CALIZAS CON TEXTURA WACKSTONE, GRIS-MORADO, QUE INTEMPERIZA GRIS-BLANCO EN ALTERNANCIA CON CALIZAS MASIVAS Y CONCRECIONES DE SiO<sub>2</sub> PEQUEÑAS Y MEDIANAS DEL CRETACICO INFERIOR (*Favosella* sp. y *Colomiella recta*).

MESOZOICO	C	CRETACEO	CRETACEO
	C	CRETACEO	CRETACEO
	C	CRETACEO	CRETACEO

DISCORDANCIA



ALTERACION

ROCKS PIROCONSOLIDADAS DEVITRIFICADAS CON ...

ROCKS ...

MAPEO (NO CARTOGRAFADO)

ROCKS PIROCONSOLIDADAS DEVITRIFICADAS ...

ROCKS ...

ROCKS ...

MINERIZACION

ROCKS ...

ROCKS ...

I-6

J-6

28°40'30"

SIMBOLOS GEOLOGICOS

- CONTACTO GEOLOGICO, DISCONTINUIDAD, PLANEO, ...
- NUMERO Y LOCALIDAD MEDIDA EN EL CAMPO Y FUENTE ...
- NUMERO Y LOCALIDAD DE ESTRATOS, DE TERMINAL ...
- NUMERO Y LOCALIDAD DE ESTRATOS, DE ...
- ESTRATO EN POSICION HORIZONTAL
- ESTRATO CON LITADO ...
- FRONTERA ...
- FAJAS, ...
- FAJAS ...
- RELLENO ...
- ... ..
- ... ..
- ... ..



SIMBOLOS TOPOGRAFICOS

- BALNEARIO
- TERMINAL ...
- DRENAJE VERDE ...
- CURVA DE NIVEL
- MINA
- ARROYO ...
- PUENTE
- CENTRO DE FOTOGRAFIA AEREA ...
- VERTICE LIGADOS A LOS ...
- MICROFILAS
- CERCO



I-7

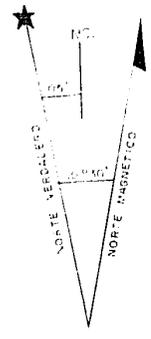
J-7

28°39'45"

104°52'00"

104°51'00"

MAPA DE DECLINACIONES

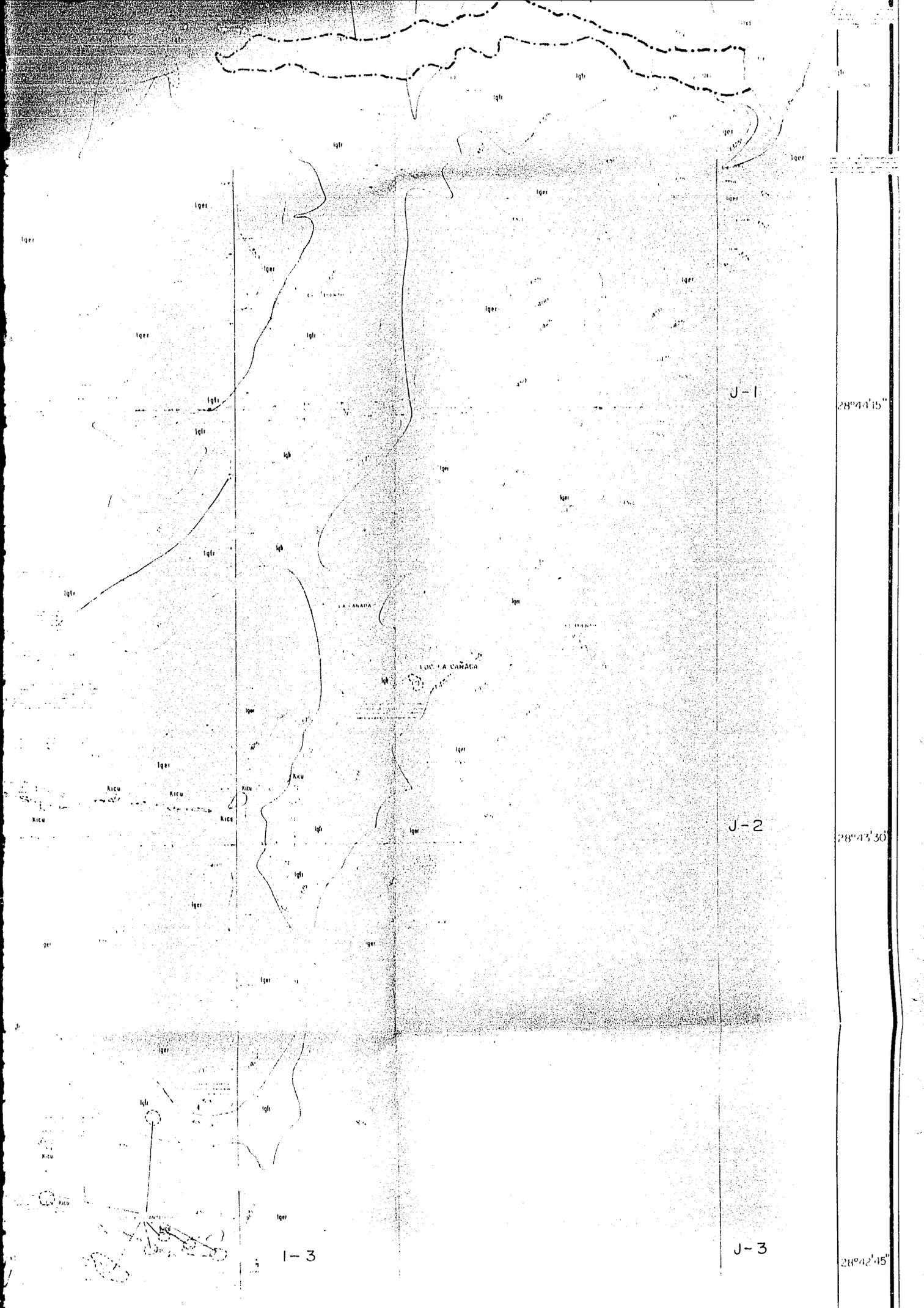


CENTRO DE ...

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
 LEVANTAMIENTO GEOLOGICO CON  
 CURVAS MAESTRAS DE NIVEL  
 A CADA 25 METROS  
 Guillermo Avila C TESIS PROFESIONAL ESC: 1 10,000  
 1984

PLANO T.P.-GAC-2





J-1

28°43'15"

J-2

28°43'30"

I-3

J-3

28°42'45"

I-18

J-1

28°46'45"

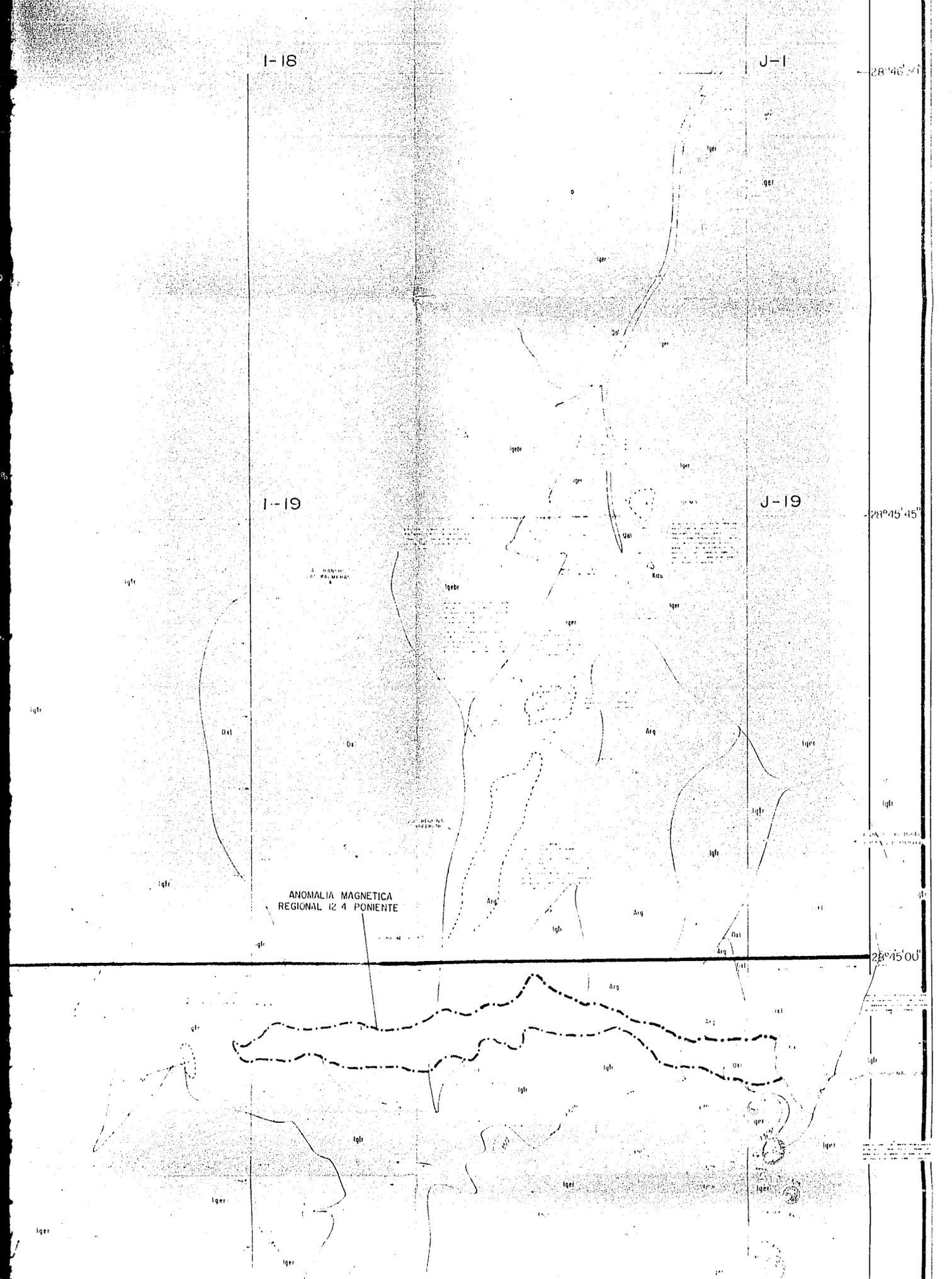
I-19

J-19

28°45'45"

28°45'00"

ANOMALIA MAGNETICA REGIONAL 12 4 PONIENTE



28°47'15"

I-18

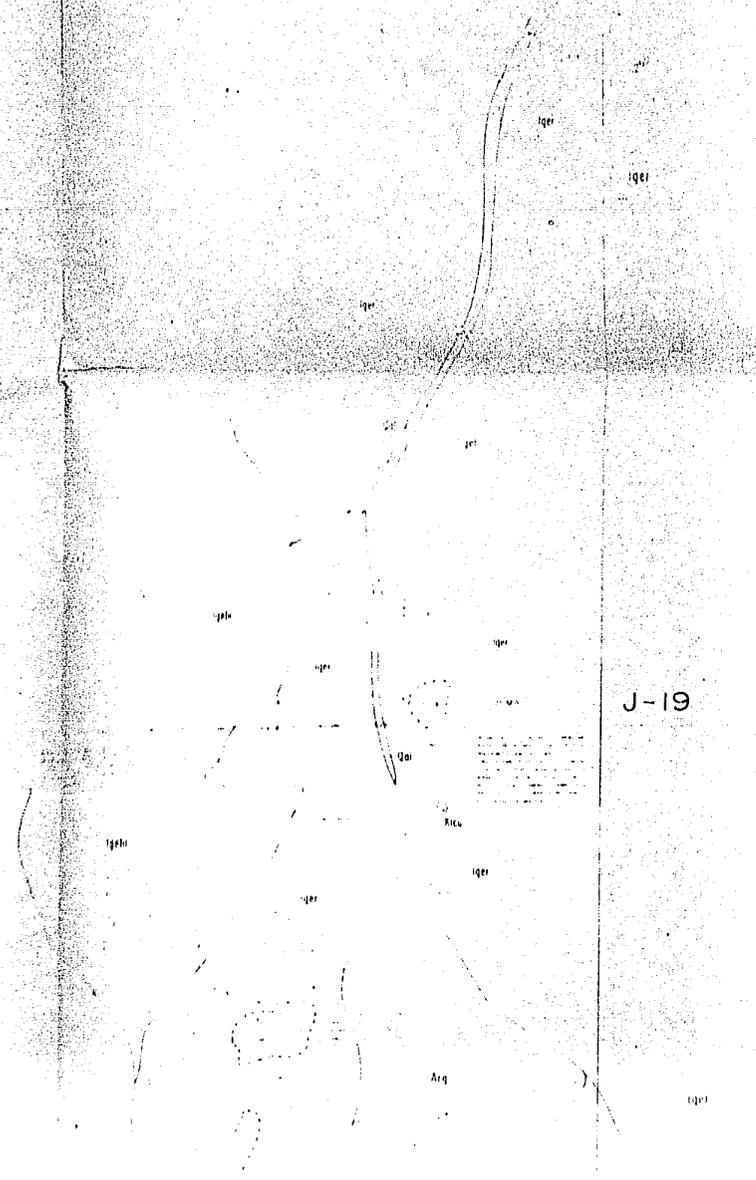
J-1

28°46'30"

I-19

J-19

28°45'45"







ANOMALIA MAGNETICA  
A. ORIENTE

ANOMALIA MAGNETICA  
REGIONAL 12 4 PONIENTE

CERRO LOS LEONES

CUEVA DE  
ZITZA

Kicu

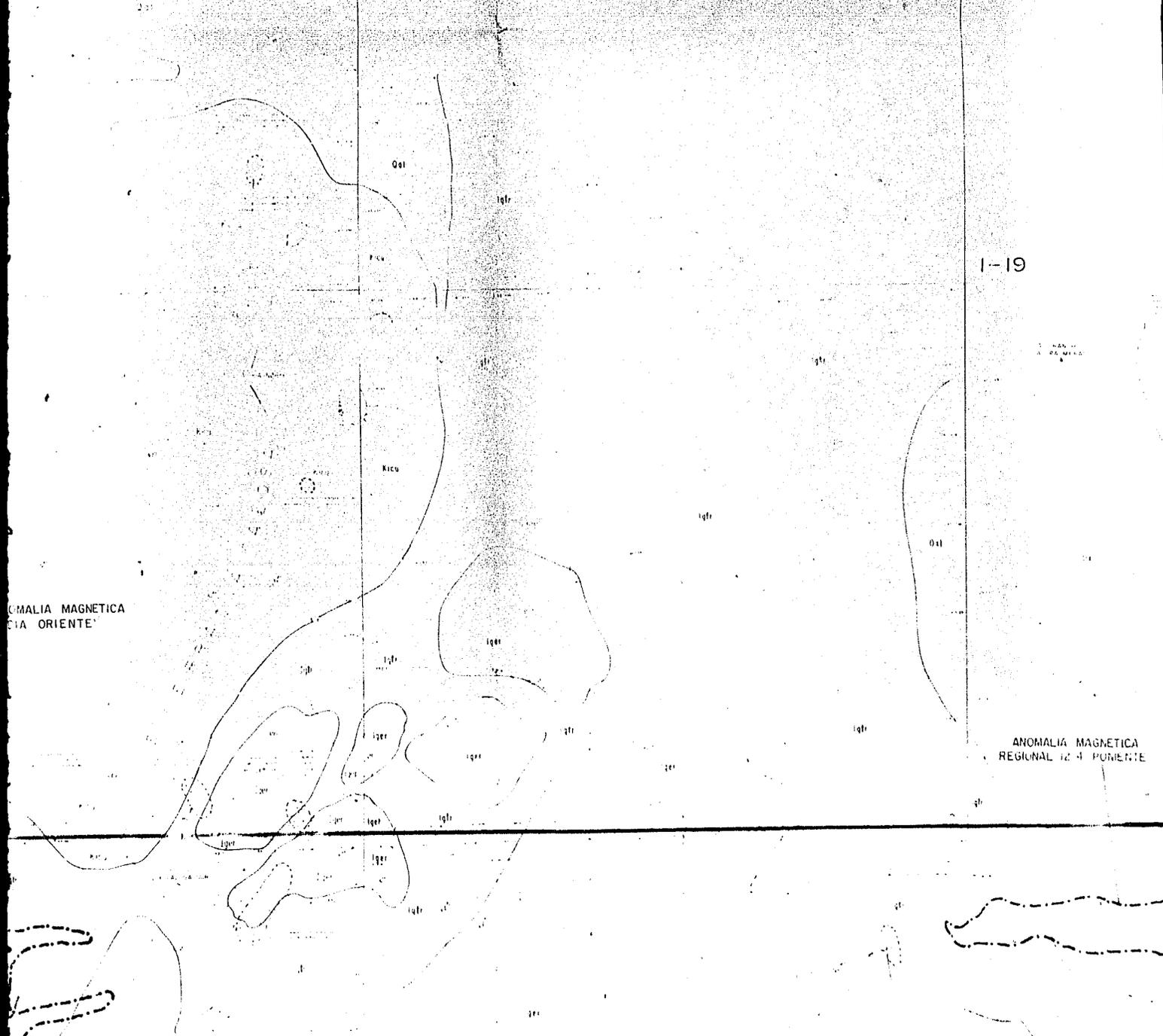
H-18

I-18

I-19

ANOMALIA MAGNETICA  
REGIONAL DEL N. ORIENTE

ANOMALIA MAGNETICA  
REGIONAL DEL S. PONENTE



H-18

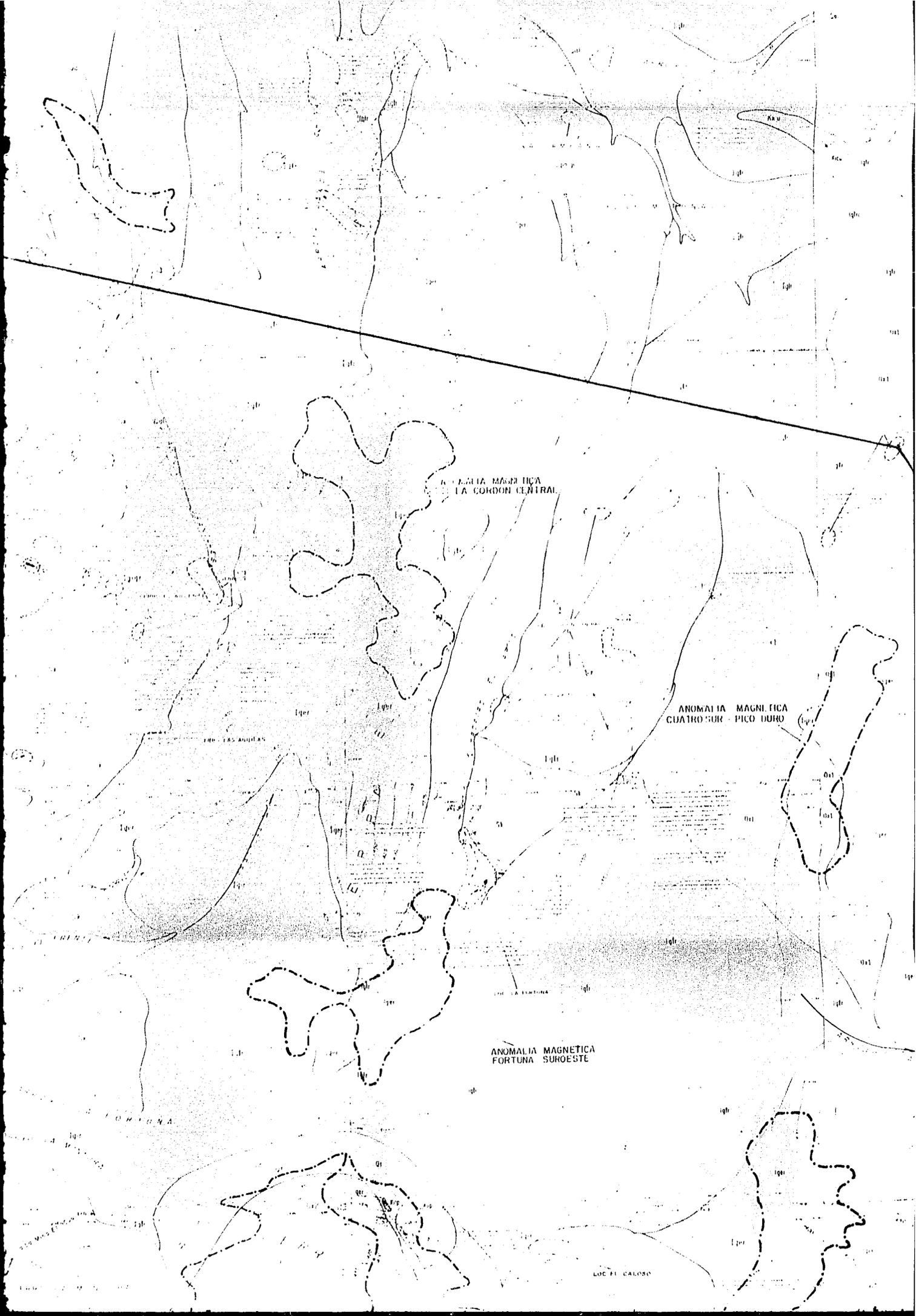
I-18

I-19

ROMANIA MAGNETICA  
DIA ORIENTE

ROMANIA MAGNETICA





ANOMALIA MAGNETICA  
LA CORDON CENTRAL

ANOMALIA MAGNETICA  
CUATRO SUR - PICO DURO

ANOMALIA MAGNETICA  
FORTUNA SUROESTE

LOC. EL CALOSO

FORTUNA

LOS ANDES

LA VENTURA

ANOMALIA MAGNETICA  
INDIA ORIENTE

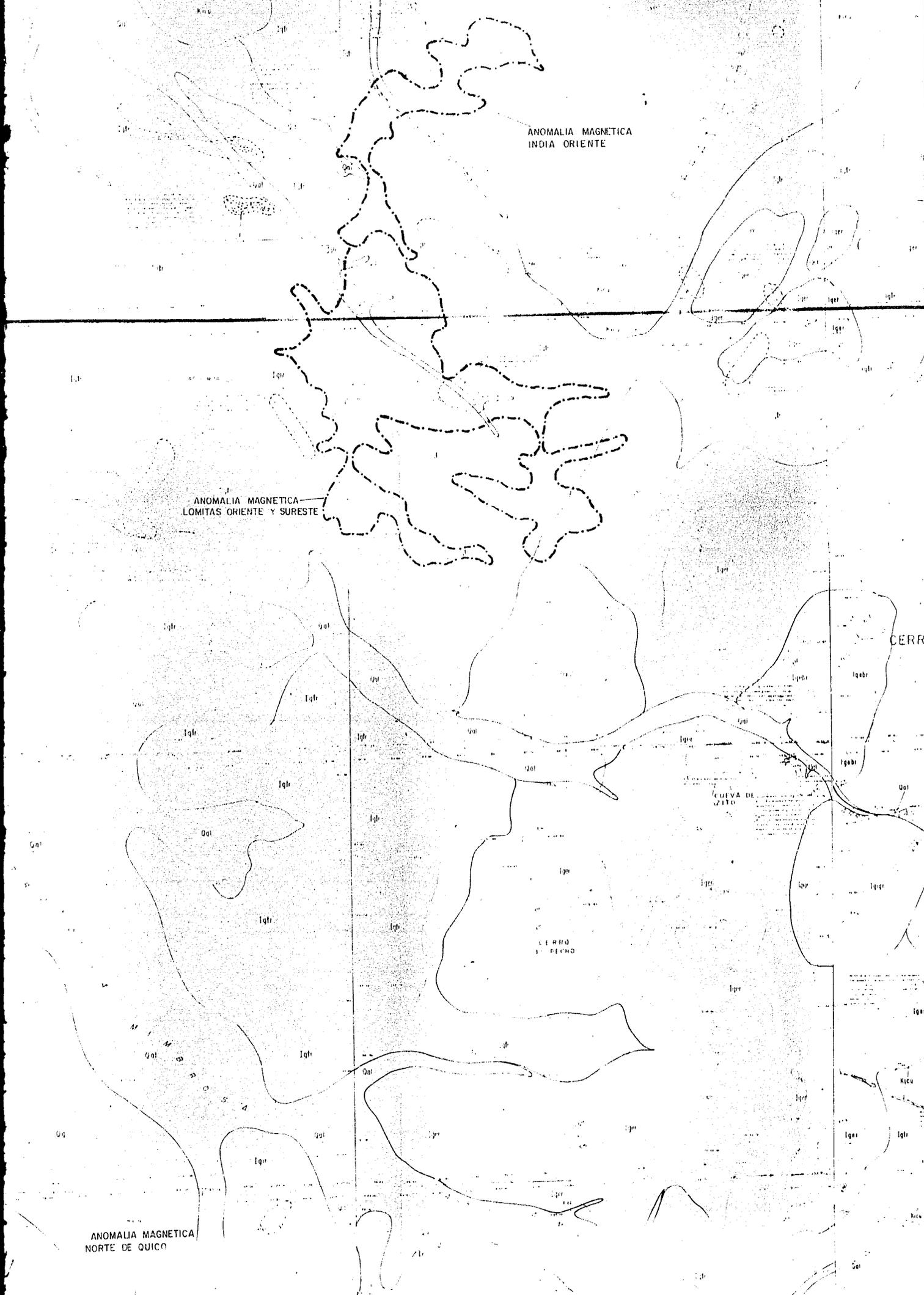
ANOMALIA MAGNETICA  
LOMITAS ORIENTE Y SURESTE

CERRO

CUEVA DE  
ZITZO

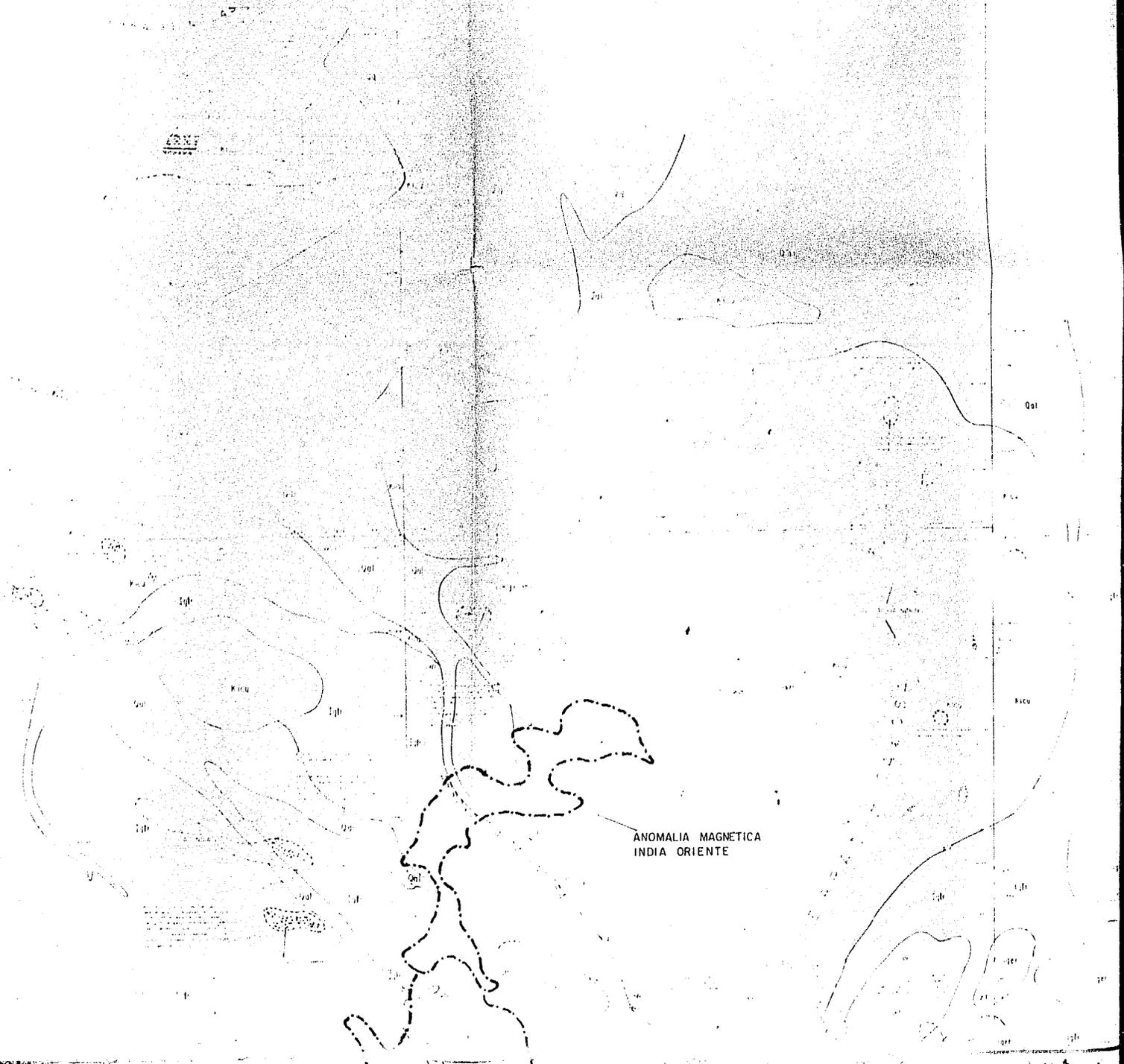
CERRO  
PECHO

ANOMALIA MAGNETICA  
NORTE DE QUICO



G-18

H-18



ANOMALIA MAGNETICA  
INDIA ORIENTE

ANOMALIA MAGNETICA  
PILONCILLOS PONIENTE

ANOMALIA M  
PILONCILLO

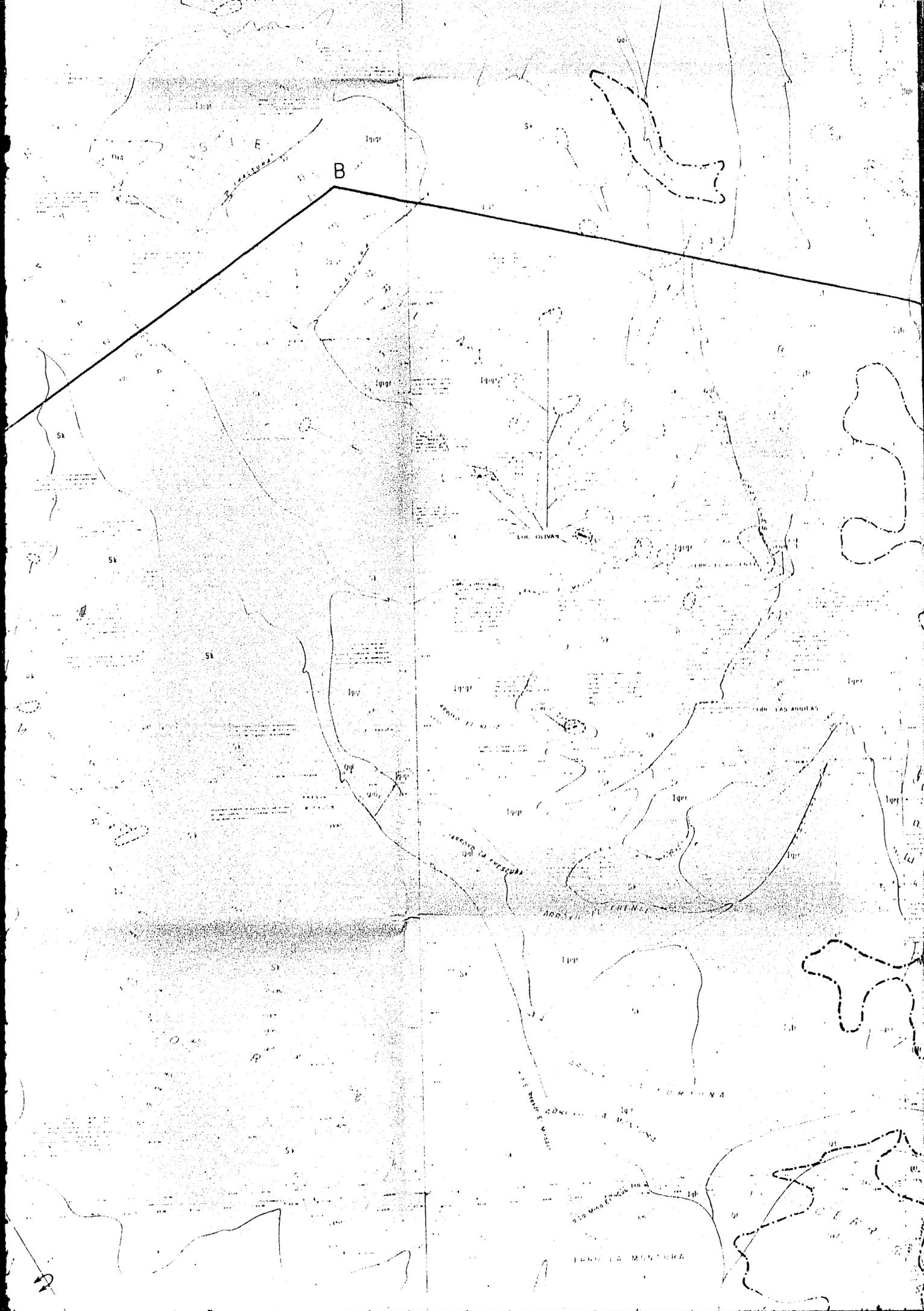
El Paso, N. Mex.  
La Alamosa, N. Mex.

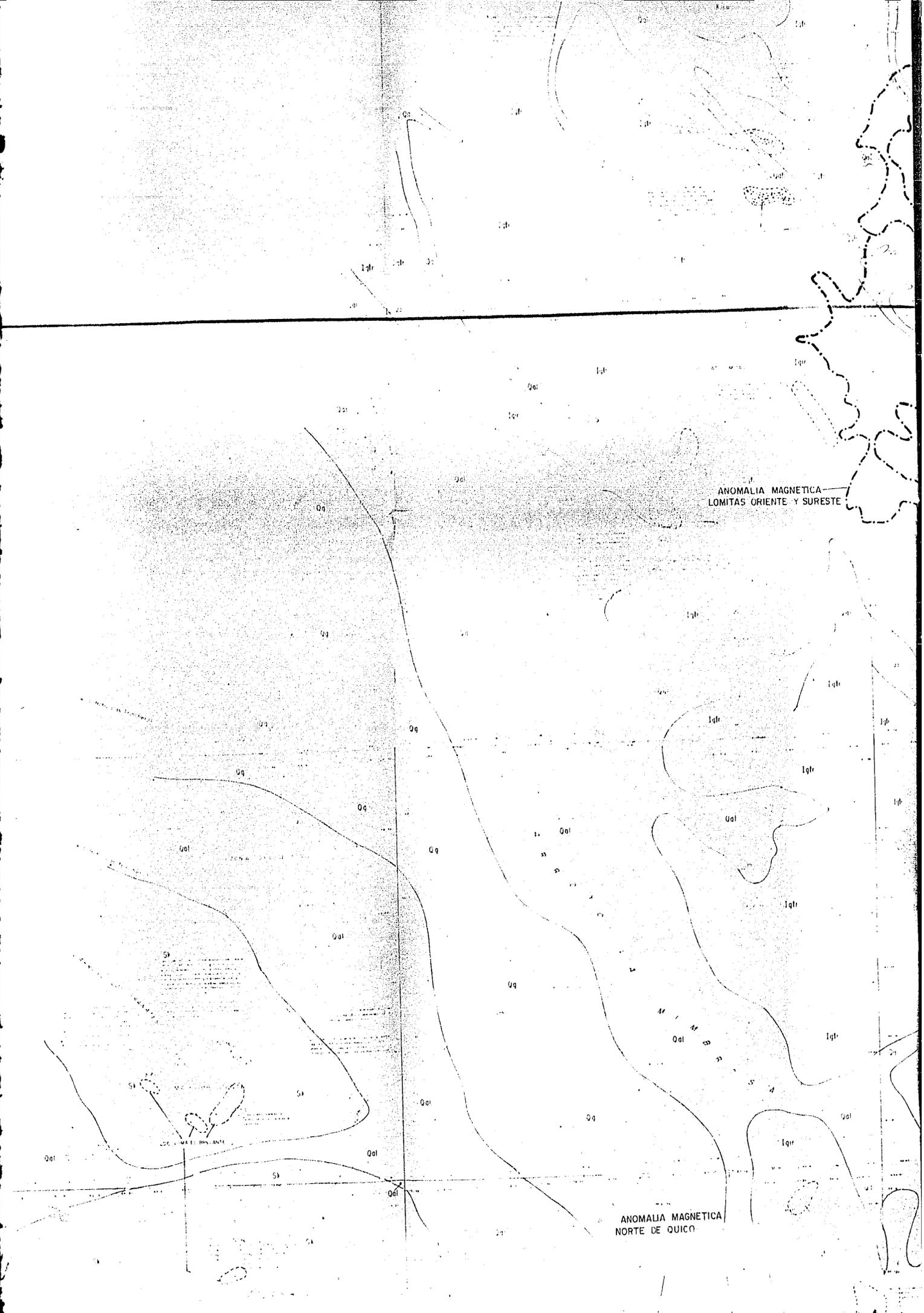
LAS COLORADAS

Iger

F-8

10-54





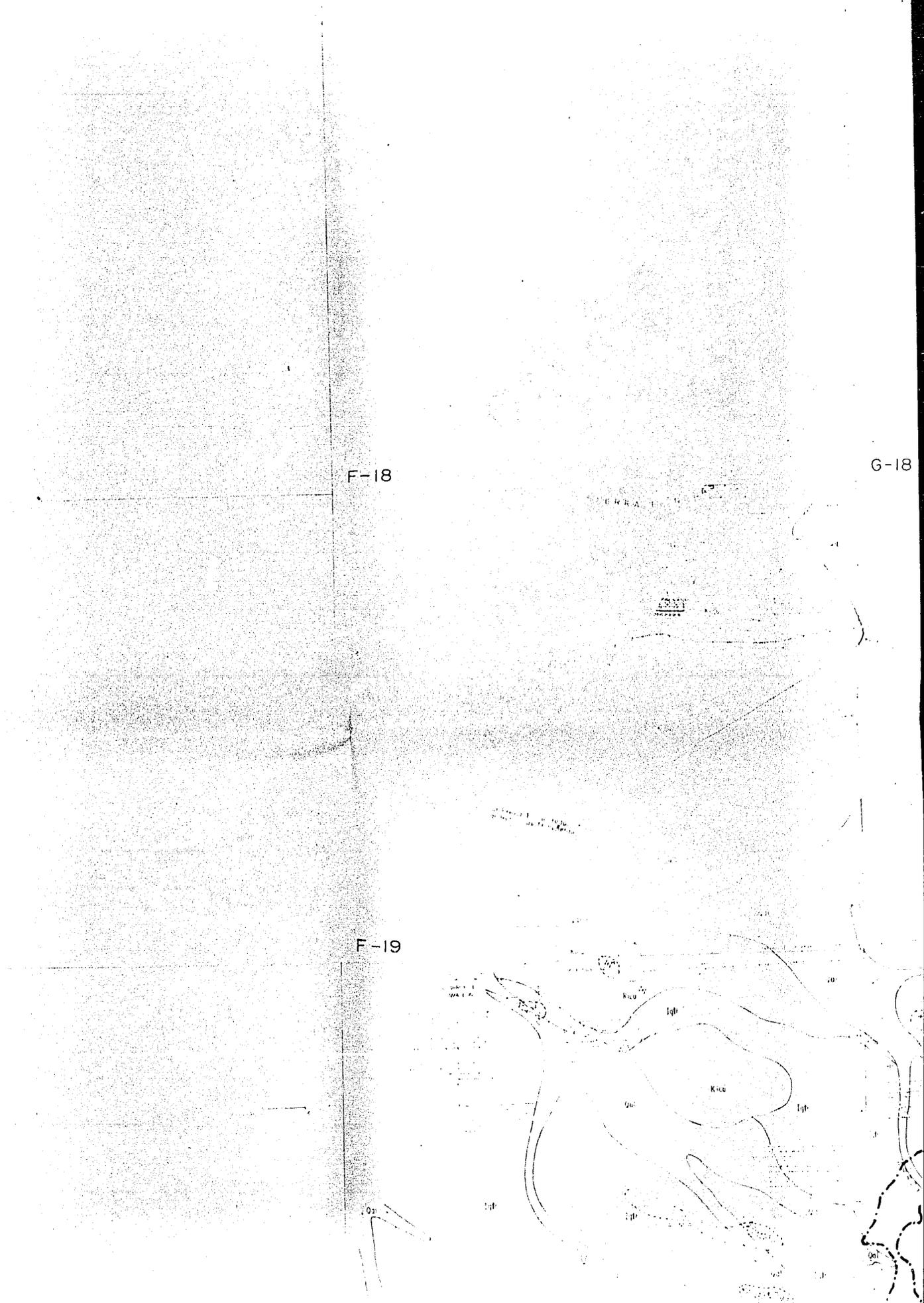
ANOMALIA MAGNETICA  
LOMITAS ORIENTE Y SURESTE

ANOMALIA MAGNETICA  
NORTE DE QUICO

F-18

G-18

F-19



28°41'15"

Kso

28°40'30"

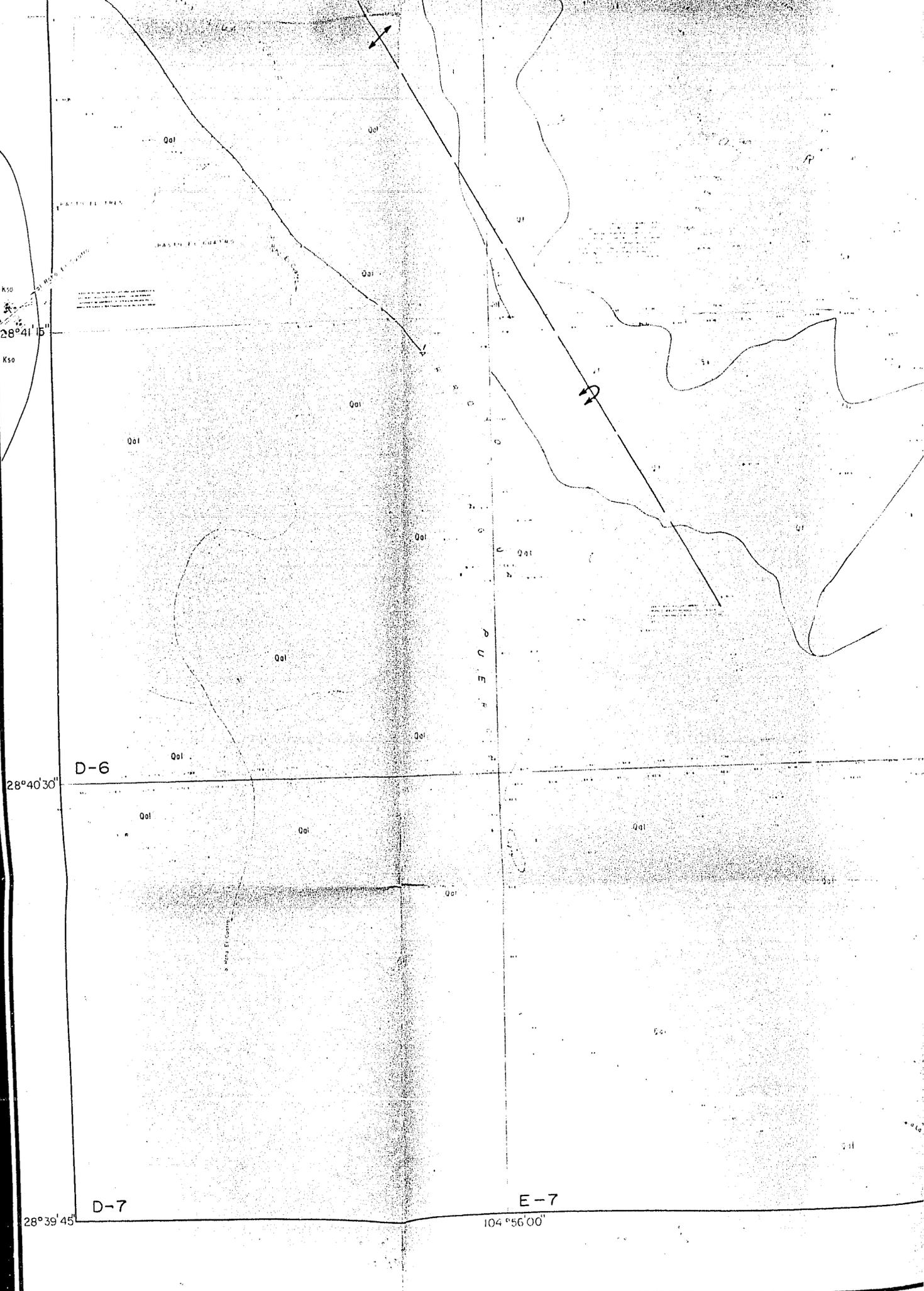
D-6

28°39'45"

D-7

104°56'00"

E-7



28°43'30" D-2

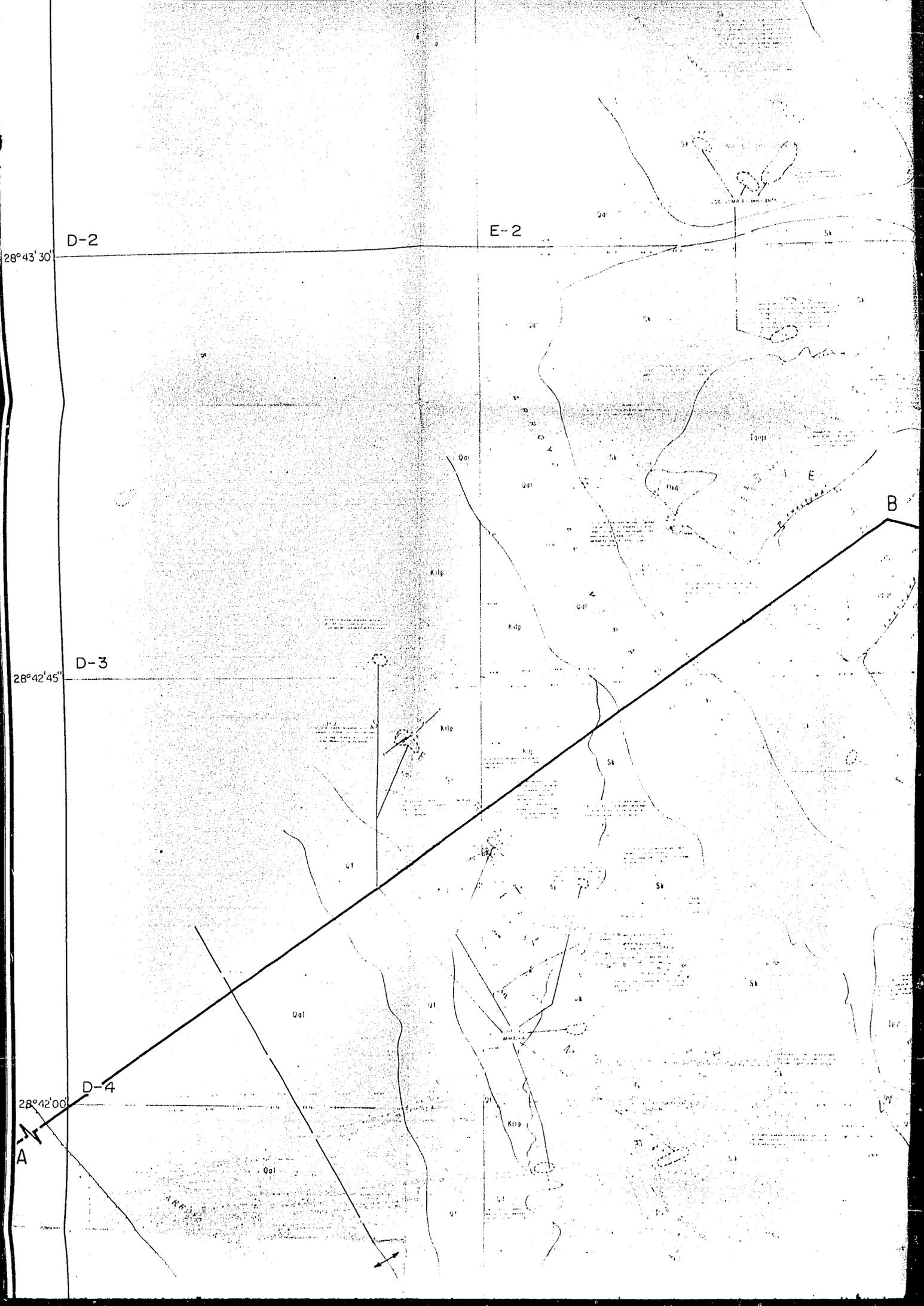
E-2

28°42'45" D-3

28°42'00" D-4

A

B



D-19

E-19

28°45'45"

CHILICOTE, CHIH.  
38-17 (H-13-D-51)

E-20

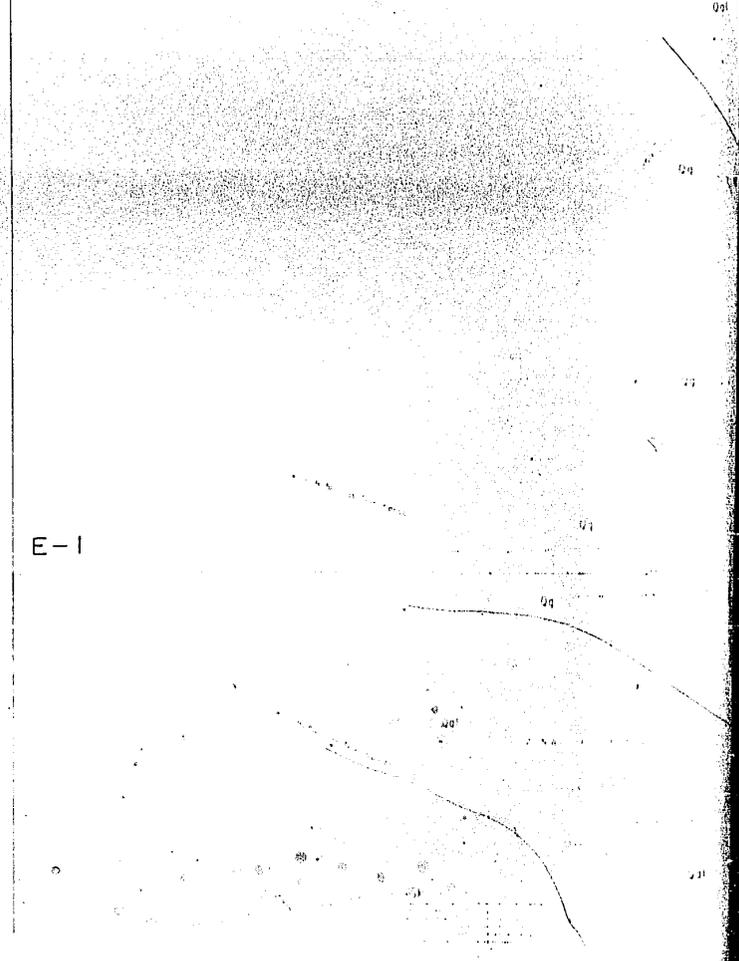
28°45'00"

CHARCO DE PEÑA  
38-18 (H-13-D-61)

D-1

E-1

28°44'15"



104°56'00"

6°47'15"

D-18

E-18

2°46'30"

D-19

E-19

3°45'45"