



UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



EXPLORACION GEOLOGICO - GEOQUIMICA DEL AREA EL
GUERIGUITO, MUNICIPIO DE CUMPAS, SONORA, MEXICO

T E S I S

Que para obtener el Titulo de:

G E O L O G O

PRESENTA

Francisco Manuel Carranza Heredia

HERMOSILLO, SONORA, MEXICO

OCTUBRE DE 1988



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingenieros
Depto. Geologia
BIBLIOTECA

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



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



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



Departamento de Geología

Fig. 635

30-Septiembre-1988.



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Faculta de Ingenieria
Depto. Geologia
BIBLIOTECA

PASANTE DE GEOLOGO
FRANCISCO MANUEL * CARRANZA HEREDIA
P r e s e n t e .

Por este conducto, le estamos informando que este Departamento ha aprobado su tema de tesis profesional intitulado:

" EXPLORACION GEOLOGICO GEOQUIMICA DEL AREA EL GUERIGUITO MUNICIPIO DE CUMPAS, SONORA, MEXICO "

Esperando saber de Usted pronto, nos suscribimos a sus apreciables órdenes.

A T E N T A M E N T E

"EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA"

R Amaya

ING. RICARDO AMAYA MARTINEZ
COORDINADOR EJECUTIVO



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
DEPARTAMENTO DE
GEOLOGIA



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

c.c.p. M.C. Alfonso Rosas Solis. Asesor de Tesis.



Departamento de Geología

NOMBRE DE LA TESIS:

"EXPLORACION GEOLOGICO GEOQUIMICA DEL AREA EL GUERIGUITO MUNICIPIO DE CUMPAS, SONORA, MEXICO"

NOMBRE DEL SUSTENTANTE:

FRANCISCO MANUEL * CARRANZA HEREDIA

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

[Signature]
ING. ALFONSO ROSAS SOLIS

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

[Signature]
GEOL. SAUL HERRERA

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

[Signature]
GEOL. JUAN GONZALEZ

A T E N T A M E N T E
"EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA"

[Signature]
ING. RICARDO AMAYA MARTINEZ
Coordinador Ejecutivo



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA



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

AGRADECIMIENTOS

Plus 635



EL SABER DE MIS NIJOS
HARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingenieria
Depto. Geologia
BIBLIOTECA

"Mi más sincero agradecimiento a todos mis familiares y amigos por los gratos momentos que hemos compartido juntos".

Para:

Martha Clara Carranza H.

Dora A. Alvarez T.

Por su gran ayuda en la elaboración a máquina de esta tesis.

AGRADECIMIENTOS

Deseo hacer llegar mi más sincero agradecimiento al Ing. Alfonso Rosas S., por su apoyo prestado como asesor de tesis y por sus atinados consejos y críticas para su elaboración.

Al Ing. Ricardo Amaya M., por su valiosa ayuda en la descripción de rocas y láminas delgadas.

Al personal de Cobre de Hércules, S.A., por su colaboración en la elaboración de los planos e impresión de esta tesis.

A Servicios Industriales Peñoles, S.A. de C.V., oficina Hermosillo, por la valiosa información prestada para la realización de este trabajo.



INDICE



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

Pág.

I.	RESUMEN	1
II.	INTRODUCCION.	4
	a) Objetivos de la Investigación.	5
III.	GENERALIDADES	7
	a) Localización y Extensión del Area de Estudio	7
	b) Vías de Acceso	7
	c) Clima.	10
	d) Flora y Fauna.	10
	e) Cultura y Economía	11
	f) Antecedentes	12
	g) Método de Trabajo.	13
IV.	FISIOGRAFIA	15
	a) Orografía.	17
	b) Hidrografía.	17
V.	GEOMORFOLOGIA	19
VI.	GEOLOGIA REGIONAL	20
	a) Estratigrafía.	20
	b) Tectónica.	29
	c) Geología Histórica	31
VII.	GEOLOGIA LOCAL.	37
	a) Descripción de las principales unidades litológicas y su posición estratigráfica	38
	b) Geología Estructural	44

	Pág.
VIII. YACIMIENTOS MINERALES	46
a) Geología del Yacimiento.	47
b) Alteración Hidrotermal	50
c) Control Estructural.	51
d) Mineralización	52
e) Génesis del Yacimiento	57
f) Geoquímica	65
IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	84
X. BIBLIOGRAFIA.	87
Tablas y Gráficas de Geoquímica	89



EL SABER DE MIS HIJOS
HARÁ MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

TABLAS Y FIGURAS

Pág.

Plano de Localización; Esc. Gráfica	8
Plano de Localización; 1:1'000,000.	9
Provincias Fisiográficas; Esc. Gráfica.	16
Columna Estratigráfica Idealizada; Esc. Idealizada.	39
Tabla 1. Subdivisión de Brechas Relacionadas a Yacimientos	61
Génesis del Yacimiento.	64
Plano Fotogeológico; 1:25,000Al final
Secciones Geológicas A-A ¹ , B-B ¹ ; 1:25,000Al final
Plano Geológico; 1:2,000.Al final
Orientación Geoquímica Ag, Au, Hg, Sb, Pb, Zn, Mn Línea A-B, Línea C-D; 1:2,000.Al final
Distribución Litogeoquímica Ag; 1:2,000Al final
Distribución Litogeoquímica Au; 1:2,000Al final
Distribución Litogeoquímica Pb; 1:2,000Al final
Compósito de Anomalías Litogeoquímicas; 1:2,000Al final



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA



EL SABER DE NUESTRO TIEMPO
HARA MI GRAN
Necesita de
Dpto. GALVONES
BIBLIOTECA

I. RESUMEN

El área El Güeriguito se localiza en la parte nor-este del estado de Sonora, aproximadamente a 160km. en línea recta de la ciudad de Hermosillo.

Está situada en la subprovincia fisiográfica de las Cordilleras Alargadas, perteneciente a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental. Topográficamente, el área consiste de pequeñas sierras con orientación noroeste-sureste, de lomeríos suaves y amplios valles rellenos de material clástico hacia el este.

Geológicamente el área está constituida básicamente por una secuencia andesítica-riolítica de edad Cretácico Superior a Terciario Inferior y un pórfido diorítico, hipabissal, de edad Terciario Inferior-Medio. Estructuralmente la zona presenta un patrón de fallamiento general con una orientación noroeste-sureste.

Prácticamente, la totalidad del presente trabajo fue realizado en el área de la mina El Güeriguito donde se hizo un mapeo a detalle y un estudio de geoquímica de rocas.

La mina El Güeriguito está caracterizada por el desarrollo de una brecha de falla (brecha tectónica) mineralizada, en el contacto andesita-riolita. Esta falla es de bajo ángulo y posiblemente inversa. La brecha de falla está formada por fragmentos de andesita y riolita, cementados con calcita negra y cuarzo calcedónico.



EL SABER DE MIS
HARA MI GRANDE
Escuela de Ingenieros
Depto. Geología
BIBLIOTECA

El principal mineral de mena es acantita en forma de cristales gruesos e incluido en cristales muy finos dentro de cuarzo microcristalino lo que hace muy difícil su recuperación. Además existen pequeñas cantidades de estilotipita y oro. Como mineral secundario de la plata y localizado en fracturas está la cerargirita.

La historia geológica del yacimiento se inicia con la depositación del paquete volcánico de andesitas y riolitas, que por movimientos compresionales sufre un plegamiento y fallamiento inverso. Este fallamiento inverso forma una brecha la cual es cementada con calcita y cuarzo calcedónico con mineralización de plata. Los fluidos mineralizantes pueden estar asociados a la intrusión del pórfido diorítico.

Una de las fases principales en el trabajo de exploración, fue efectuar un estudio de orientación geoquímica para seleccionar elementos trazadores. A nivel local se investigó el comportamiento geoquímico de Ag, Au, Hg, Sb, Pb, Zn y Mn; y posteriormente se seleccionaron y aplicaron a la

exploración de geoquímica de rocas Ag, Pb y Au que reflejan con nitidez la estructura y en especial a los clavos mineralizados.



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANLEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA



EL SABER DE NIÑOS
PARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES



EL SABER DE NIÑOS
PARA MI GRANDEZA
Biblioteca de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

II. INTRODUCCION

La minería, hoy en día, es una de las principales actividades humanas y es básica para el desarrollo de la industria.

Durante mucho tiempo de este siglo, la exploración en busca de yacimientos minerales, se mantuvo prácticamente estática por razones tales como: falta de tecnología apropiada, incipiente desarrollo industrial del país y ausencia de mano de obra especializada.

Hasta hace muy poco tiempo (quizás 20 años), una mínima parte del territorio nacional estaba explorada, lo que hacía que el país dependiera en su mayoría del comercio exterior para satisfacer su demanda de materias primas. Factores que también influyeron en esto fueron que el mercado de los minerales estaba en manos de trasnacionales y el bajo precio de los minerales.

Actualmente, con el avance tecnológico y el perfeccionamiento o descubrimiento de nuevas técnicas de extracción, se pueden obtener, en yacimientos de baja ley pero de

gran volumen, buenos rendimientos a costos bajos, lo que ha provocado a últimas fechas un auge en la exploración de estos tipos de yacimientos.



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

Como resultado de esto fue necesario aplicar, aún, perfeccionar ciertas técnicas, antes poco utilizadas, que nos ayudaran a mejor definir o delimitar estos yacimientos. La geoquímica es una de las ramas de la geología que más ha evolucionado, siendo actualmente una herramienta necesaria para el trabajo del geólogo.

a) Objetivos de la Investigación.

Debido a los estudios preliminares realizados por Peñoles en el yacimiento del Güeriguito que indicaron la posibilidad de encontrar un depósito económicamente atractivo se elaboró un programa de exploración geológico-geoquímico, cuyos objetivos principales fueron:

i) Estudio fotogeológico, escala 1:25,000 dentro de la zona de influencia del yacimiento con el fin de localizar posibles cuerpos mineralizados que incrementaran el potencial del área. Este estudio fue apoyado con comprobación de campo en áreas de mayor interés.

ii) Geología a detalle del yacimiento El Güeriguito, escala 1:2,000, con el objeto de determinar el comportamiento de la estructura mineralizada, la alteración y las caracte-

rísticas de la roca encajonante.

iii) Un estudio litogeoquímico para determinar los elementos que más se asocian a la plata, su comportamiento dentro de la estructura y su grado de dispersión al alejarse de ella. Para ésto se hizo un cálculo estadístico con el método de Claude Lepeltier (1969).

iv) Además, como principal objetivo para el autor, esta investigación sirvió de base para la realización de la presente tesis.



EL SABER DE NUESTROS
HARA MI GRANZA
Nucleo de Investigacion
Depo. Geología
BIBLIOTECA



EL SABER DE MIS DIAS
HARÁ MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

III. GENERALIDADES

a) Localización y extensión del área de estudio.

El área El Güeriguito se localiza en la parte nor-este del estado de Sonora, aproximadamente a 160km. de la ciudad de Hermosillo, a 22.5km. al noroeste de Cumpas y a 9km. al noroeste del poblado de Los Hoyos.

Está limitada al oeste por las sierras de El Carmen y El Oso (Sierra La Gringa y Cordón de Enmedio) y al este por el valle del río Moctezuma.

El área de estudio se localiza entre las coordenadas geográficas:

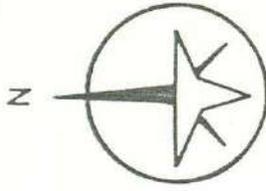
30° 07' y 30° 14' Latitud Norte

109° 48' y 109° 56' Longitud Oeste

La superficie aproximada de el área de estudio es de 165km.² comprendidos dentro del municipio de Cumpas.

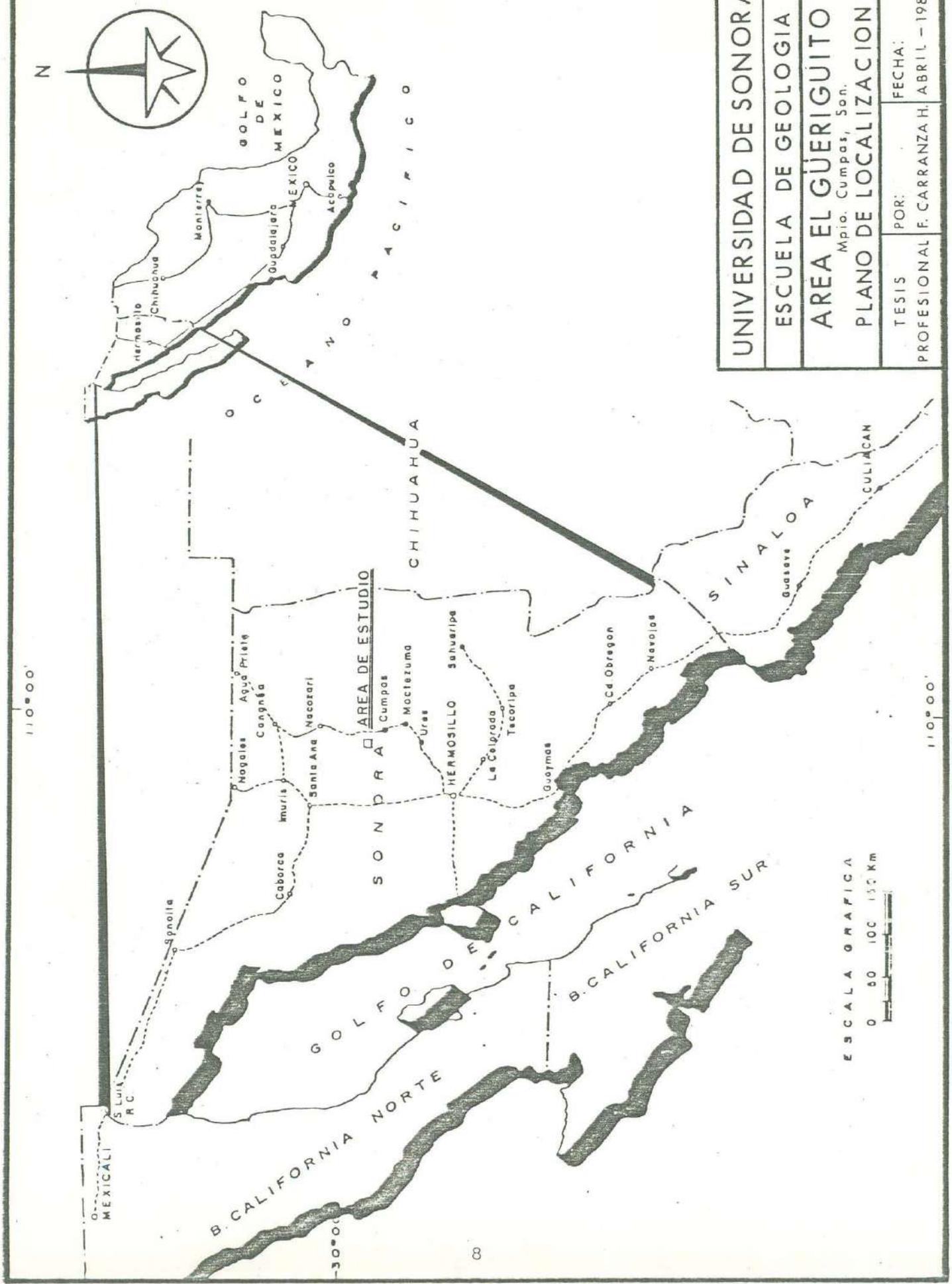
b) Vías de acceso.

Para llegar a el área de estudio, partiendo desde la ciudad de Hermosillo, se toma el camino Hermosillo - Ures

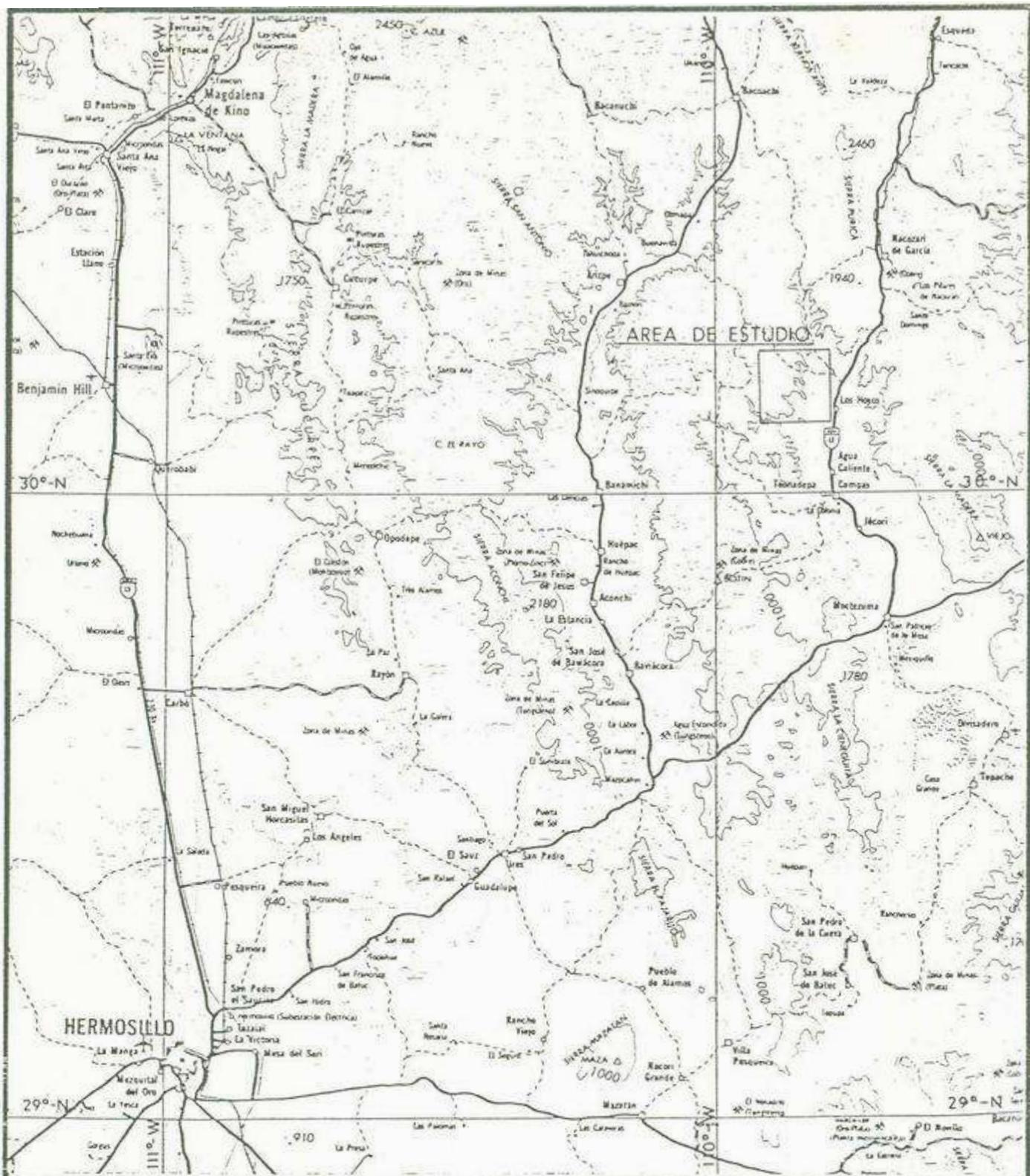


UNIVERSIDAD DE SONORA
 ESCUELA DE GEOLOGIA
 AREA EL GUERIGUITO
 Mpio. Cuppas, Son.
 PLANO DE LOCALIZACION

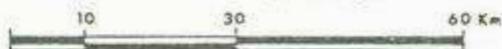
TESIS	POR:	FECHA:
PROFESIONAL	F. CARRANZA H.	ABRIL - 1988



ESCALA GRAFICA
 0 50 100 150 Km



ESCALA GRAFICA



1:1,000,000



EL SABER DE NUESTROS DIAS
HAZA SU GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD DE SONORA

ESCUELA DE GEOLOGIA

PLANO DE LOCALIZACION

TESIS	POR:	FECHA:
PROFESIONAL	F. CARRANZA	ABRIL - 1988

- Mazocahui, recorriendo 160km. En dicha población se bifurca el camino, el que lleva hacia el norte a la población de Baviácora y el que va al noreste que lleva hacia Cumpas (91km.), continuando por el mismo camino hasta el rancho La Noria (20km.) de donde parte un camino de terracería hacia el noroeste que lleva a la mina El Güeriguito, localizada casi en el centro del área de estudio.



c) Clima.

El clima de esta región es semidesértico con fluctuaciones en la temperatura de -3°C en invierno y 40°C en verano; la temperatura media anual es de aproximadamente 18°C a 20°C . La temporada de lluvia abarca los meses de junio a septiembre con precipitaciones que varían de los 200 a 500 mm., aunque en los últimos años las lluvias en esta temporada han sido más copiosas. En los meses de diciembre y enero se registran lluvias de escasa precipitación, pero con duración de varios días, que son conocidas como equipatas.

d) Flora y Fauna.

La vegetación en esta zona comprende especies arbustivas con rango que va desde 0.5m. hasta 5m. de altura, caracterizándose por el predominio de hojas compuestas, pequeñas y perennes en algunas y caducifolias en otras, también crasicalecentes (de hoja pequeña y de tallo carnoso con capa de cera). Estos arbustos comparten el espacio con especies de cactáceas, principalmente de los géneros Opuntia

y Carneigiea dando a la comunidad la fisonomía de asociación de arbustos, árboles de hoja pequeña y cactáceas.

En las partes altas de las sierras se pueden encontrar encinos y algunos pinos, como flora más limitadas. Las principales especies vegetales son: mezquite, torota, pochote, ocotillo, sahuaro, pitahaya, nopales, choyas, encino y pino.

Además existe gran diversidad de hierbas y plantas pequeñas que sólo se observan en épocas de lluvia.

La fauna de esta región es muy variada y es típica de regiones semidesérticas. Las principales especies de mamíferos, aves y reptiles, son las siguientes: puma, venado, jabalí, gato montés, liebre, conejo, zorrillo, zorra, aguillilla, codorniz, camaleón, lagartija y víbora de cascabel. A esta fauna se le añade gran variedad de invertebrados voladores, terrestres y acuáticos.

e) Cultura y Economía.

El poblado más importante cercano a el área de estudio es Cumpas, que está situada sobre el valle del río Mochtezuma, con una altitud de 704 m.s.n.m. y con una población aproximada de 8,000 habitantes. Cuenta con centros de educación primaria, secundaria y preparatoria y servicios de agua potable, electricidad, teléfono, telégrafo y servicios de correos.



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Dpto. Geología
BIBLIOTECA

La actividad comercial de mayor desarrollo es la ganadería, realizada tanto en las partes bajas de las sierras como en la zona del valle del río Moctezuma con especies bovinas y equinas.



EL SABER DE MIS HIJOS
HAY EN GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Dpto. Geología
BIBLIOTECA

La agricultura está casi restringida a la zona del valle del río y esporádicamente a zonas de temporal, cultivándose principalmente maíz, trigo, frijol, alfalfa, hortalizas, etc.

La explotación minera en esta zona en su mayoría es a pequeña escala, con únicamente la mina de Cumobabi y la planta de Molimex en Cumpas como empresas con explotación y producción en mayor escala.

f) Antecedentes.

Numerosas obras mineras antiguas como zanjas, socavones, tajos, etc. indican las explotaciones en pequeña escala que se realizaron en este lugar desde fines del siglo pasado y a principios del presente.

En 1971 Tormex Mining Developers inició un estudio geológico intentando así formalizar un trabajo de exploración y explotación a gran escala; estas actividades fueron realizadas por F.J. Sharpley.

En 1972 Tormex realizó un estudio geoquímico de

sedimentos y dió cinco barrenos a diamante. Este mismo año, Harvey L. Sobel y Arthur López realizaron nuevos trabajos geológicos y geoquímicos y se dieron ocho barrenos de percusión sin resultados favorables.



EL SABER DE MIS DIAS
HARÁ MI GRANDE
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología

BIBLIOTECA

En marzo de 1982 Servicios Industriales Peñoles se interesa por el área, iniciándose un estudio geológico preliminar realizado por el Ing. S. Olavide.

En mayo de 1986 Servicios Industriales Peñoles inicia los trabajos a detalle destinados a evaluar el potencial del yacimiento. Estos trabajos incluyeron fotogeología, mapeo geológico a detalle, litogeoquímica y muestreo de la zona mineralizada en superficie. Estas actividades fueron realizadas por el Ing. R. Sánchez y un servidor.

Actualmente se explota el yacimiento a pequeña escala por particulares, trabajándose en áreas de mayor ley, haciéndose una selección casi manual del mineral.

g) Método de Trabajo.

La realización del presente trabajo fue hecha en varias etapas. La primera consistió en la recopilación de bibliografía tanto general como de temas específicos así como a la referente a el área de estudio. Después se elaboró un plano fotogeológico escala 1:50,000, abarcando una área

aproximada de 165km², localizando las principales unidades litológicas y estructuras, vaciándose esta información a un plano topográfico escala 1:25,000. La comprobación de campo de esta información y la recolección de muestras para el estudio petrográfico fue realizado en otra etapa. En la siguiente etapa, que fue la principal, se realizó el mapeo geológico a detalle, la litogeoquímica de el área de el yacimiento del Güeriguito. En la última etapa de trabajo se realizó un estudio estadístico para litogeoquímica; petrografía, elaboración de planos e integración de toda esta información para la elaboración de esta tesis.

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



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA



EL SABER DE MIS HIJOS
HAHA NI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

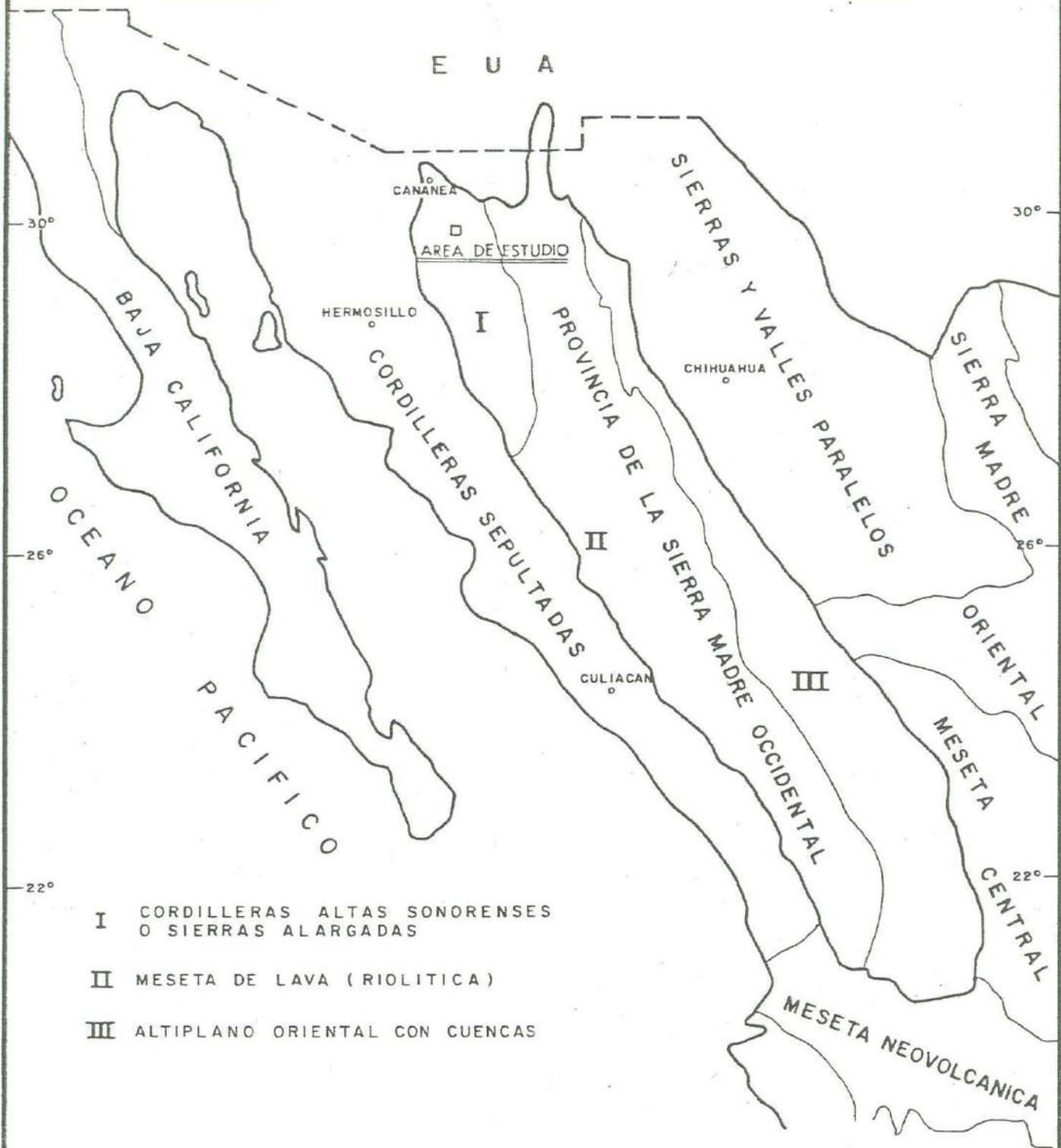
IV. FISIOGRAFIA

El área de estudio está localizada en la subprovincia de Cordilleras Altas Sonorenses o Cordilleras Alargadas pertenecientes a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental. (Raisz 1964).

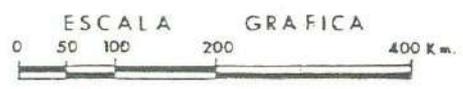
La Provincia de la Sierra Madre Occidental presenta una forma alargada orientada de noroeste a sureste con una longitud de 1,300km. desde la frontera con Estados Unidos hasta topar con la Provincia de la Meseta Neovolcánica hacia el sur, y con un ancho de casi 300km. Esta Provincia está caracterizada por lo abrupto de sus montañas y está constituida en su mayor parte por rocas volcánicas con clásticas interestratificadas.

La Subprovincia de Cordilleras Altas Sonorenses o Cordilleras Alargadas es transicional entre las sierras del desierto sonorense y las mesetas de lava. Las sierras están generalmente con una dirección norte-sur con valles rellenos de aluvión entre ellas. Algunas de estas sierras se extienden hasta Estados Unidos. Esta subprovincia está limitada hacia el oeste por la Subprovincia de Meseta de

E U A



- I CORDILLERAS ALTAS SONORENSES O SIERRAS ALARGADAS
- II MESETA DE LAVA (RIOLITICA)
- III ALTIPLANO ORIENTAL CON CUENCAS



UNIVERSIDAD DE SONORA		
ESCUELA DE GEOLOGIA		
AREA EL GÜERIGUITO		
Mpio. Cumpas, Son.		
PROVINCIAS FISIOGRAFICAS		
TESIS	POR:	FECHA:
PROFESIONAL	F. CARRANZA H.	ABRIL - 1988

Lava, la cual cubre una enorme área con elevaciones desde los 1,800 a 3,000m.; las tierras altas de esta subprovincia son ondulantes con los estratos de lava más o menos horizontales, pero los flancos están cortados por profundos cañones que llegan a veces hasta las rocas más antiguas.



a) Orografía.

Los principales rasgos topográficos que se localizan en el área consisten en pequeñas sierras con dirección noroeste-sureste que se encuentran en el flanco este de las sierras más altas con dirección norte-sur, como son el Cordón Corral Viejo y la sierra El Peñasco. Hacia la parte este aumenta la amplitud de los valles, haciéndose una topografía más suave consistente en lomerías de baja elevación. En general, el relieve solamente es abrupto hacia la parte oeste del área donde se localizan el Cerro Las Mojoneeras y el cerro El Peñasco con 1,520 y 1,500m.s.n.m. como puntos de máxima elevación.

b) Hidrografía.

Los escurrimientos en esta área ocurren hacia el este formando parte de la red hidrográfica del Río Moctezuma que forma parte a su vez del sistema Río Yaqui.

El drenaje es dendrítico con una dirección predominante del noroeste al sureste. Los arroyos hacia la parte oeste tienen cauces angostos con pendientes fuertes, y

hacia la parte este donde la topografía es más suave se hacen más anchos en su cauce con muchos cambios en su dirección. Los principales arroyos son el de Santa Rosa, Las Cabras, El Güeriguito, Cocadéhuachi, Los Chinos, Los Jacalitos y el Agua Caliente; siendo los más importantes el de Santa Rosa, en la parte noreste del área, con un cauce ancho y pendiente suave que viene de la presa El Tápiro; y hacia el sur el arroyo Agua Caliente, con un cauce angosto y algunas pendientes pronunciadas.



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA



EL SABER DE MIS HIJOS
HARÁ MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

V. GEOMORFOLOGIA

En general, el área está en la etapa de madurez dentro de la erosión fluvial, siendo la parte oeste la más abrupta con elevaciones hasta los 1,520 m.s.n.m. en los cerros Las Mojoneras y El Peñasco, constituidos principalmente por lavas andesíticas y tobas riolíticas. Las diferencias de elevación con respecto a los valles son de 400 a 700 metros, donde predominan rocas intrusivas en el área del cerro El Güeriguito, conglomerados no consolidados y aluvión.

Casi la totalidad del área está constituida por rocas volcánicas, hacia la parte oeste predominan las tobas ácidas con lavas andesíticas hacia la base formando un relieve abrupto con arroyos angostos y pendientes fuertes. En la parte central predominan lavas andesíticas, riolitas y aflorando en sus valles, rocas intrusivas dioríticas, dando el aspecto más suave a su topografía; ya hacia el valle del río Moctezuma hay predominio de rocas clásticas como conglomerados no consolidados y aluvión formando un relieve plano con pequeños lomeríos aislados.



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Macula de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

VI. GEOLOGIA REGIONAL

a) Estratigrafía

Se expone a continuación, la estratigrafía general de la parte noreste del estado de Sonora, su localidad, características; etc.

Precámbrico

Precámbrico Inferior.

Esquisto Pinal.- Fue definido por Ransome en 1907. Está constituido por esquistos pelíticos (cuarzo-sericita) derivados de lutitas y calizas arcillosas intrusionadas por masas irregulares de granito. El contacto superior de esta formación está definido por una superficie de discordancia sobre la cual se ha depositado la formación Cuarcita Bolsa, se desconoce su espesor. La localidad tipo de esta formación está en los Montes Pinal, en Arizona. En Sonora constituye la parte inferior de la Sierra de Las Mesteñas, en el flanco suroeste de la Sierra de los Ajos y en la Sierra de Cabullona. La probable edad de este esquisto es de 1,600-1,700 m.a.

Precámbrico Medio.

Granito Las Mesteñas.- Define un intrusivo granítico el cual presenta como característica el contener xenolitos del Esquisto Pinal. La localidad tipo está en la Sierra de las Mesteñas. En la Sierra de Cabullona se encuentra un afloramiento de esta roca, sobre uno de los arroyos tributarios del río Cabullona.

Paleozoico

Cámbrico.

Formación Cuarcita Bolsa.- Sobreyace discordantemente al Esquisto Pinal en la Sierra de los Ajos y la Sierra de Cabullona; en el Distrito Minero de Cananea el contacto es discordante con el granito precámbrico y en el suroeste de la Sierra de la Huachuca el contacto inferior no se observa. La formación Bolsa es de un color rosado e intemperiza en café rojizo, presenta estratos de 0.3 a 1m. de espesor, además, en la parte basal presenta estratificación cruzada. La parte inferior de la formación es un conglomerado cuarcítico, cuyo espesor varía de 0.15 a 0.3m., donde predominan clastos de cuarzo incluidos en una matriz arenosa. Los espesores medidos en las diferentes localidades varían de 115 a 189m. Esta formación no contiene fósiles que determinen su edad. Sin embargo, la formación Abrigo descansa concordantemente sobre esta formación, y contiene fósiles del Cámbrico Medio (trilobites), por lo que se concluye que la formación Bolsa



podría ser del Cámbrico Inferior o Cámbrico Medio. La localidad tipo es el Cañón Bolsa, situado en la Sierra Escabrosa cerca de Bisbee, Arizona. Es correlacionable con la Arenisca Tonto del Gran Cañón.

Formación Abrigo.- Sobreyace concordantemente a la formación Bolsa. Es de un color gris oscuro e intemperiza a un color pardo verdusco, está constituido por caliza arcillosa y dolomitizada con lentes arenosos interestratificados donde prevalecen trilobites (Arellanella, Elrathia, Glosso-pleura) del Cámbrico Medio clasificados por Aponte (1974). Esta formación es típicamente de estratificación delgada y uniforme, con variaciones de espesor de 0.10 a 0.15m. El espesor de esta formación varía de 90 a 175m., en sus diferentes localidades como son las Sierras de los Ajos, Huachuca, Cabullona y en Cananea. Esta formación es correlacionable con la de Arrojos en Caborca por la similitud de los fósiles encontrados.

Después del depósito de esta formación se observa una laguna estratigráfica que va desde el Ordovícico hasta el Devónico Inferior; la ausencia de estos períodos podría explicarse por no deposición más que por erosión.

Devónico Medio.

Formación Caliza Martín.- Se encuentra suprayaciendo concordantemente a la formación Abrigo; el contacto se

marca donde aparecen estratos de espesores más potentes de una caliza arenosa que varía a una caliza dolomitizada con alternancia de lentes arenosos. En cambio, su contacto superior con la formación Caliza Escabrosa si es muy diferenciado. Esta formación contiene celenterados (*pachyphyllum* y *coenites*) y braquiópodos (*Atrypa reticularis* y *Spirifer hungorfordi*). Los espesores varían mucho; en Cananea es de 46m., en la Sierra de Huachuca es de 62m., en la Sierra de los Ajos es de 150m. y según Viveros (1965) en Cabullona afloran 259m. Por su posición stratigráfica a la Formación Caliza Martín se le ha asignado una edad del Devónico Medio-Superior (Ransome, 1904). La localidad tipo es el Monte Martín, en la Sierra Escabrosa de Arizona; y es correlacionable con la unidad 2 de Plomosas, Chihuahua por la similitud de los fósiles (Bridges, 1965).

Mississípico.

Formación Caliza Escabrosa.- Se encuentra suprayaciendo a la Formación Caliza Martín e infrayaciendo a la Formación Horquilla. Son rocas calcáreas de estratificación gruesa de color blanco a gris oscuro, contienen lentes de pedernal de color rojizo. Contiene celenterados, braquiópodos y restos de crinoides. Los celenterados del género *Neozanphrentis* son típicos del Mississípico. Los espesores van de 50m. en Cananea, 98m. en la Sierra de Huachuca y de 180m. en la Sierra de los Ajos. La localidad tipo se encuentra en la Sierra Escabrosa (Arizona).



EL SABER DE LOS HECHOS
HARA MI GRANJEZA
Escuela de Ingenieros
Dpto. Geología
BIBLIOTECA

Por la abundancia de fósiles de edad Mississípico y por su posición estratigráfica se le asigna una edad mississípica y es correlacionable con la Formación Escabrosa de Arizona y también aparece en Chihuahua en la región de Palomas.

Pensilvánico.

Formación Horquilla.- Sobreyace a la Formación Caliza Escabrosa, consiste en una serie de calizas de estratificación delgada, de color gris rosado conteniendo abundante pedernal en nódulos y masas irregulares. Contiene abundantes fósiles de crinoides, braquiópodos y de algunos géneros de fusulínidos, estos últimos de acuerdo con Malpica y Salmerón, tiene distribución estratigráfica del Pensilvánico Medio-Superior.

Los espesores son en la Sierra de Huachuca de 80m. y en Cananea de 120m. y puede ser correlacionable con la misma formación al suroeste de Arizona y con la Formación Horquilla de la Sierra de las Palomas en Chihuahua.

Caliza Naco.- Está bien desarrollada en la parte de la Sierra Madre Occidental donde alcanza un espesor de 2,500m. Consiste de una caliza densa de capas relativamente delgadas, que contienen fósiles del Pensilvánico. La mayoría de estas calizas son puras y se les asigna una edad del Pensilvánico al Pérmico.

Formación El Tigre.- Consiste de una serie de calizas de color gris claro a gris oscuro con estratificación gruesa a delgada, en ocasiones con pedernal y que tienen intercalaciones de lutitas grises y negras. Contienen abundantes fósiles de fusulínidos y braquiópodos. Según Imlay (1934) su edad va del Mississípico-Pensilvánico al Pérmico Inferior.

Aflora en la Sierra El Tigre al noreste del poblado de Nacozari de García y no se observa su contacto con rocas más antiguas.

Mesozoico

Cretácico Inferior.

Grupo Bisbee.- Este grupo está constituido por varias formaciones que se depositaron discordantemente sobre las rocas de edad paleozoica. La unidad más antigua es la Formación Conglomerado Glance, sobre la cual descansa la Formación Morita, que a su vez infrayace a la Formación Caliza Mural. La formación más joven de este grupo que descansa sobre la Formación Caliza Mural es la Formación Cintura.

Formación Conglomerado Glance.- Es un conglomerado polimíctico mal clasificado, con fragmentos de ortocuarcita, granito y caliza, en una matriz arenosa. Aflora en la porción suroeste de la Sierra de Cabullona. El espesor aproxi-

mado es de 120m. Su contacto superior queda definido por el paso transicional a una serie de lutitas y areniscas calcáreas de la Formación Morita.



EL SABER DE MIS DIOS
PARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Dpto. Geología
BIBLIOTECA

Formación Morita.- Consiste de una serie alternada de capas de lutitas de color café rojizo y areniscas rojas o grises que ocasionalmente presentan capas de areniscas conglomeráticas y lentes de caliza impura. Aflora en el lado norte de la Sierra de Cabullona. Contiene fósiles de los géneros Ostrea y Trigonia. El espesor de esta formación es de unos 250m. y su contacto superior no se observa debido a que la formación queda separada de la que la suprayace por una zona de falla.

Formación Caliza Mural.- Son rocas calcáreas formadas en su parte inferior por calizas impuras, mientras que en su parte superior las calizas son puras. Contiene abundantes fósiles de gasterópodos y ostreas. Aflora en la Sierra del Caloso. Su espesor es de unos 200m., su contacto superior se define por el cambio a areniscas blancas cuarcíticas que pasan gradualmente a una serie de areniscas, lutitas y conglomerados de la Formación Cintura.

Formación Cintura.- Está constituida por areniscas y lutitas de color rojizo con conglomerados y esporádicas capas de caliza gris que descansan en concordancia sobre rocas de la Formación Caliza Mural. Aflora al norte y al sur de la

Sierra El Caloso. Su contacto superior no se observa.

En Arizpe el grupo Bisbee también aflora alcanzando un espesor de 2,000 metros (C. González 1978).

Cretácico Superior.

Grupo Cabullona.- Sobreyace discordantemente al grupo Bisbee. Está formado por una serie de sedimentos detríticos continentales y marinos, con una pequeña cantidad hacia la parte superior de material piroclástico. Se han colectado varios fósiles tanto continentales como marinos. Este grupo está dividido en cinco formaciones que de la inferior a la superior son las siguientes: Conglomerado Snake Ridge, Areniscas Cama, Lutitas Packard, Capas Rojas Superiores y Tobas Riolíticas. Aflorando sólo el conglomerado Snake Ridge y las Tobas Riolíticas probablemente.

Formación Snake Ridge.- Formado principalmente por clastos subredondeados y angulosos de calizas y esquistos. Descansa discordantemente sobre la Formación Morita y está parcialmente cubierta por rocas volcánicas del Terciario.

Tobas Riolíticas.- Son tobas de composición riolítica muy alteradas que por intemperismo presentan un color blanco amarillento. Afloran en el cauce del río Cabullona. No se tienen evidencias definitivas para determinar la edad de estas rocas y se les ha considerado tentativamente como

Cretácico Superior.

Cenozoico

Durante el Cenozoico la actividad volcánica predominó en general en todo el estado. Las rocas de este período son principalmente volcánicas y clásticas.

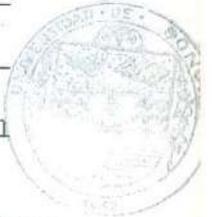
El límite Mesozoico-Cenozoico está definido por plegamiento y fallamiento de las rocas previamente formadas, así como también por un magmatismo intenso, el cual está indicado por la inyección de plutones hipabisales así como por la extrusión de lavas andesíticas. Este período de actividad magmática cubre el intervalo de tiempo de 80 a 50 millones de años. En general, el carácter del volcanismo del Cenozoico temprano es andesítico, el carácter del Cenozoico Medio es riolítico con la extrusión de abundantes ignimbritas principalmente en la parte este del estado. Durante el Mioceno y Plioceno hubo extrusión de andesitas y basaltos contemporáneos con la iniciación de la Tectónica Basin and Range. En algunos valles, grandes espesores de rocas clásticas fueron depositadas durante el Mioceno-Plioceno, hubo erosión y extrusión de basaltos en algunas localidades aisladas como el valle del río Moctezuma.

b) Tectónica

Las rocas metamórficas precámbricas en el norte de Sonora, según Anderson y Silver (1979), conforman dos cinturones orogénicos y magmáticos de orientación noreste-suroeste, formando parte de los terrenos precámbricos de orientación similar que se encuentra en la porción suroeste del Cratón Norteamericano.

Estos terrenos metamórficos constituyen el basamento sobre el cual se desarrollaron episodios de sedimentación marina de ambiente de plataforma, ocurridos a finales del Precámbrico y durante el Paleozoico. Según Fries (1962), esta plataforma constituía una extensión meridional del miogeosinclinal del Geosinclinal Cordillerano, a quien él denominó Fosa Sonorana. Fries (op.cit.) considera que a finales del Pérmico ocurrió un período del plegamiento no muy intenso, así como de levantamiento y fallamiento en bloques, todo lo cual destruyó el patrón geosinclinal anterior.

Para el intervalo Triásico Superior-Jurásico Inferior son dos los elementos paleogeográficos que enmarcan los fenómenos de sedimentación en Sonora, por un lado la paleobahía del Antimonio, en donde se acumuló al oriente una gruesa secuencia marina, y por otro lado, la cuenca lacustre de San Marcial, en donde se acumularon capas de carbón, caliza yesífera, areniscas y lutitas (Alencaster, 1961).



EL SABER DE MIS HIJOS
PARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

Sobreyaciendo a las secuencias sedimentarias del Antimonio y a la secuencia del Jurásico Inferior en Caborca se encuentra un paquete de rocas volcánicas y volcanoclásticas que indican el inicio de la actividad volcánica del Mesozoico, y que es atribuída a la presencia de una zona convergente hacia el oeste de una placa paleopacífica que se hundía debajo de la corteza continental de México, originando un arco magmático activo durante el Mesozoico.

Dentro de este patrón de convergencia de placas, se desarrollaron dos fases principales de deformación. La primera de ellas ocurrió a principios del Cretácico Superior y está manifestada por la discordancia angular entre la secuencia areno-calcareá del Cretácico Inferior y los sedimentos continentales detríticos del Cretácico Superior que afloran en la Cuenca de Cabullona.

La segunda fase corresponde a las deformaciones compresionales de finales del Cretácico y principios del Terciario, que originaron los pliegues de dirección noroeste-sureste, que se observan en el flanco poniente de la Sierra Madre Occidental. Según Rangin (1978), entre el Jurásico Superior y el Cretácico Inferior parece haberse desarrollado una fase de deformación, no muy bien conocida, y que se correlacionará con la fase Nevadiana desarrollada en Norteamérica.



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingenieros
Depto. Geología
BIBLIOTECA

Para el Cretácico Superior ocurren importantes emplazamientos plutónicos y los primeros episodios de actividad volcánica que constituyeron la base de la Sierra Madre Occidental.

En el Mioceno parece cesar la actividad de la zona convergente, y se inicia el desarrollo del Golfo de California que es acompañado en Sonora por una tectónica distensiva de Basin and Range que actúa hasta el Cuaternario. Dentro de este tipo de tectónica tiene lugar el depósito de importantes espesores de sedimentos continentales conglomeráticos de la Formación Báucarit.



c) Geología Histórica

Precámbrico.

El Precámbrico está representado por dos conjuntos de rocas bien definidas. Un conjunto antiguo constituido por rocas metamórficas derivadas de rocas ígneas y sedimentarias, y un conjunto más reciente compuesto de secuencias sedimentarias de areniscas y dolomías que cubren en discordancia al anterior.

El Precámbrico metamórfico viene a ser una extensión, hacia el noroeste de México, del zócalo precámbrico que aflora ampliamente en Estados Unidos y Canadá. Este basamento precámbrico muestra en Norteamérica una serie de provin-

cías que son más antiguas hacia el núcleo del cratón, lo que sugiere un desarrollo acrecional de la corteza continental. En el norte de Sonora existen dos terrenos metamórficos precámbricos de diferente edad. Los afloramientos precámbricos de Caborca están representados por rocas ígneas y sedimentarias metamorfizadas a facies de esquistos verdes y anfibolitas (Anderson et al, 1978) durante un período que fluctúa entre 1,800 a 1,700 m.a. (Silver y Anderson, 1979). Esta unidad ha sido llamada por Longoria et al (1978) como Complejo Bámori.

Existen en el noreste de Sonora rocas metamórficas precámbricas que afloran en la Sierra de Cabulla y la de los Ajos, cuya edad fluctúa entre los 1,700 y 1,600 m.a. denominado Esquisto Pinal.

El conjunto Precámbrico Tardío, sedimentario, aflora en el área de Caborca y cubre en discordancia tectónica al Precámbrico metamórfico (Longoria et al, 1978).

Paleozoico.

Para el noreste de Sonora en la región de Cabullona, las secciones paleozoicas están representadas esencialmente por rocas clásticas y carbonatadas en su mayoría. Durante esta etapa el suelo precámbrico fue invadido por el mar, iniciándose en el Cámbrico Medio el depósito de la Formación Cuarcita Bolsa que es típica de un medio ambiente

litoral. Posteriormente se registra una transgresión y el fondo marino adquiere una mayor profundidad lo que origina la deposición de la Formación Abrigo en el Cámbrico Medio-Superior. Discordantemente sobre estas rocas se localiza la Formación Caliza Martín del Devónico, sobreyacida por la Caliza Escabrosa del Mississípico, sobre la que se realizó el depósito concordante de los sedimentos de la Caliza Naco. A fines del Pérmico, la zona vuelve a emerger a consecuencia de la Orogenia Sonorana postulada por Fries (1962). Fries, basado en una sección restaurada de Nuevo México al Golfo de California, afirma el hecho de que gran parte de los sedimentos a lo largo de la línea de sección consistieron originalmente en lodos calcáreos fosilíferos con proporciones menores de arenas, limos y lodos depositados en aguas someras. Parece que la región representó una plataforma cratónica al este (Texas y Nuevo México) pasando al oeste a una zona miogeosinclinal que iba hundiéndose lenta e ininterrumpidamente. Esta región representa la extensión meridional del Geosinclinal Cordillerano de América del Norte y le llamó Fosa Sonorana de dicho geosinclinal.

Mesozoico.

Los primeros depósitos posteriores al Paleozoico comprenden a los sedimentos continentales del Tríasico Superior-Jurásico Inferior pertenecientes al Grupo Barranca, que afloran en la porción centro y sur del estado, así como los depósitos marinos de areniscas, calizas y lutitas de las



áreas del Antimonio y Santa Rosa ubicados al noroeste del estado.

El Grupo Barranca es característico de esta etapa y presenta dentro de su litología, carbón, lutitas carbonosas, areniscas y volcanosedimentos. La deposición de estos sedimentos estuvo controlada por la formación de dos cuencas cerradas con ambiente euxínico o reductor (Rosas, 1985). Presenta un metamorfismo de alta temperatura y baja presión representado por el par mineralógico silimanita-andalusita (Rosas, 1985).

Rangin (1978) considera que los sedimentos que forman el Grupo Barranca son de facies continental, representando molasas provenientes de la erosión de los relieves producida durante la Orogenia Hercínica de fines del Paleozoico. Por lo que respecta para la parte noreste de Sonora, se supone que permaneció emergida, por la ausencia de rocas sedimentarias.

El Jurásico está caracterizado, en el Estado, por el desarrollo de un importante arco volcánico-plutónico con dirección general noroeste-sureste. El desarrollo de este arco ha sido relacionado al episodio de subducción ocurrido en la margen pacífica de México.

Durante el período Cretácico, dos eventos pudieron

ser identificados, los cuales afectaron las rocas de este sistema. Un período inicial conocido como la fase Mesocretácica (Rangin, 1978), la cual fue causada por movimientos tectónicos compresivos, afectando solamente sedimentos del Grupo Bisbee y puede ser considerada de edad Cretácico Medio. Esta fase es la responsable del levantamiento y emersión general de la región, la cual dio origen a la formación de molasas continentales (Grupo Cabullona) depositados en el noreste de Sonora.

Durante el Cretácico Tardío-Paleoceno hubo un importante plutonismo hipabisal que pareció migrar del oeste hacia el este (Anderson y Silver, 1974) y que corresponde a la Fase Laramide. Para el noreste de Sonora el Grupo Bisbee y su basamento Paleozoico y Precámbrico, está cabalgando hacia el sureste sobre los depósitos de molasas del Cretácico Tardío.

Cenozoico.

El límite Mesozoico-Cenozoico está definido por plegamientos y fallamientos de las rocas previamente formadas así como por magmatismo intenso, el cual está representado por la inyección de plutones hipabisales y por la extrusión de lavas andesíticas. Este período de actividad magmática cubre los intervalos de tiempo desde 80 a 50 m.a. En términos generales, el carácter del volcanismo del Terciario temprano es andesítico y el carácter del Terciario medio es rio-



lítico, con la extrusión de abundantes ignimbritas, principalmente en la parte este del Estado.

Durante el Mioceno-Plioceno, hubo extrusión de andesitas y basaltos, contemporáneos con la iniciación de la Tectónica Basin and Range. En algunos valles, grandes espesores de rocas clásticas, los cuales constituyen la Formación Báucarit, fueron depositados. Guzmán (1978) reportó la existencia en el subsuelo de una secuencia clástica marina de edad Mioceno-Plioceno, localizada en regiones junto a Puerto Peñasco, San Felipe, Costa de Hermosillo y la Isla del Tiburón.



EL SABER DE NUESTROS
DIAS ES GRANDEZA
Facultad de Ingeniería
Depart. Geología
BIBLIOTECA

VII. GEOLOGIA LOCAL

Dentro del área de estudio afloran principalmente rocas ígneas extrusivas e intrusivas con composiciones que varían de intermedias a ácidas, al igual que afloramientos de calizas oolíticas en la parte sur del área. El rumbo y echa-do de estas rocas no está bien definido y cambia de una loca-lidad a otra debido a fallas de comportamiento y extensión variable y a intrusiones hipabisales de carácter local que fracturaron la roca.

Las rocas que afloran dentro del área pueden consi-derarse de edad Cretácico Superior-Terciario Inferior por su similitud en características con rocas semejantes en otros lugares.

Una historia geológica general comenzaría con la etapa compresiva de la Orogenia Laramide, deformando y ple-gando depósitos mesozoicos de sedimentos y material volcánico (Fries, 1962).

El desarrollo de un arco volcánico en una zona de subducción emitió grandes volúmenes de andesitas y riolitas. Durante el Eoceno y principios del Oligoceno, hubo un proceso

de ruptura de la corteza oceánica debajo de la corteza continental y una tectónica distensiva, provocando fallamiento en bloques y formándose Horst y Grabens, los cuales fueron rellenos con material clástico (F. Cendejas, A. Bárcenas, 1976).

A continuación se describen las principales unidades litológicas, así como la posición estratigráfica que guarda con respecto a las otras.

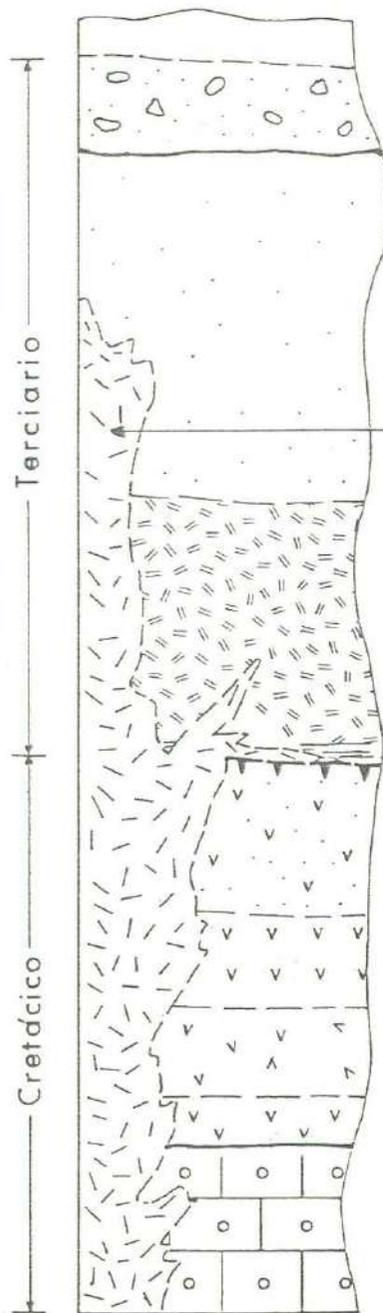
a) Descripción de las principales unidades litológicas y su posición estratigráfica.

Caliza Oolítica (Ksup-Cz).

Esta unidad aflora en la parte centro-sur del área; es de color gris, masiva y muy fracturada. Las oolitas están formadas por granos de cuarzo detrítico al centro rodeados por calcita, todo ello dentro de una matriz calcárea microcristalina. Se observa alteración hidrotermal con una leve silicificación y algunas vetillas de cuarzo y calcita.

Esta roca se formó en un mar de plataforma, de poca profundidad y cerca de la costa de donde provienen los detritos que intervinieron en la formación de oolitas.

Andesitas y Tobas Andesíticas (K-And).



Aluvión
Conglomerado

Tobas riolíticas

Pórfido diorítico

Riolitas

} Falla inversa y mineralización
en el yacimiento El Güeriguito

Tobas andesíticas

Traquiandesitas

Andesitas porfídicas

Andesitas pilotaxíticas

Caliza oolítica

UNIVERSIDAD DE SONORA		
ESCUELA DE GEOLOGIA		
AREA EL GÜERIGUITO		
Mpio, Cumpas, Son.		
COLUMNA ESTRATIGRAFICA IDEALIZADA		
TESIS	POR:	FECHA:
PROFESIONAL	F. CARRANZA H.	JULIO-1988

Comprende varios tipos de rocas de composición andesítica que van desde lavas a tobas, aflorando ampliamente dentro del área.



El contacto de las andesitas con la caliza no se observa en el campo, suponiéndose discordante, con una edad más reciente a ellas. Las andesitas están suprayacidas por riolitas.

Los afloramientos de las andesitas presentan características muy semejantes, dándose su diferenciación por un estudio petrográfico, aunque posiblemente pertenezcan a un mismo evento volcánico con variaciones locales en composición y textura.

Los principales tipos de rocas que fueron diferenciados en esta unidad son:

Andesitas con textura pilotaxítica. Es una roca de color gris verdoso a gris oscuro, es afanítica, en ocasiones se observan fenocristales de plagioclasas. Presenta textura pilotaxítica, es masiva, con leve silicificación y muy fracturada, ocasionalmente con abundantes vetilla de cuarzo. Localmente se tomó un rumbo y echado de fracturamiento de nor-este-suroeste 80° y 33° hacia el noroeste. Petrográficamente está constituido por fenocristales euhedrales de plagioclasas, hornblenda y biotita en una matriz de microlitos de plagio-

clasa y minerales accesorios, con una moderada cloritización de la matriz.

Andesita porfídica.- Se localiza como a un kilómetro al suroeste de la mina el Güeriguito, es de color gris oscuro, masiva, con vetillas de cuarzo y calcita, muy fracturada, y con un rumbo y echado en fracturamiento general de noreste-suroeste 55° y 70° al noroeste. Está constituida por fenocristales de plagioclasa euhedrales levemente caolinizados hornblenda y piroxenos en una matriz afanítica de plagioclasas y minerales accesorios, vetillas de cuarzo y calcita, epidota en parches y reemplazando a otros minerales.

Traquiandesitas.- Estas rocas se localizan en el cerro El Güeriguito. Es de color café oscuro, masiva y muy fracturada con abundante hematita, limonita y pirolusita; es afanítica, con cristales de plagioclasa, feldespatos potásico levemente argilizados, hornblenda y biotita oxidadas, leve silicificación en toda la roca. Abundantes vetillas de cuarzo de tamaño variable y cristales de pirita oxidados disseminados.

Toba Andesítica.- Es una roca de color café claro a gris oscuro, muy fracturada con una pseudoestratificación general de 20° a 60° al noroeste y echado de 52° al suroeste. Petrográficamente está constituida por fenocristales de plagioclasas craquelados, con bordes corroídos y ligeramente

argilizados, fragmentos de roca de composición andesítica, fenocristales de hornblenda y biotita, matriz muy fina de plagioclasas, vidrio volcánico, y minerales opacos, con esporádicas vetillas de cuarzo y calcita.

Riolitas y Tobas Riolióticas (T-Riol)

Son las rocas más abundantes, cubriendo principalmente las partes oeste y centro del área, además de la parte noroeste y norte. Sobreyacen a las andesitas pero son más antiguas que el pórfido diorítico ya que éste intrusióna a las riolitas. Las características de estos tipos de rocas son las siguientes:

Riolitas.- Son rocas de color rosado a pardo rojizo por oxidación, son masivas y moderadamente fracturadas con un rumbo y echado general de noroeste-sureste 26° y 71° al suroeste. Petrográficamente son rocas con textura afanítica o porfídica con fenocristales de feldespatos potásico (sanidina) y cuarzo en una matriz cuarzofeldespática. En ciertos afloramientos se observa un aumento de plagioclasas, variando en composición a cuarzolatitas. Estas rocas están moderadamente argilizadas y levemente silicificadas con fracturas rellenas de hematita y limonita.

Tobas riolióticas.- Son de color pardo claro, afaníticas, con fragmentos de roca y ocasionalmente se

observan fenocristales de cuarzo y feldespato potásico. Petrográficamente tienen textura piroclástica tobácea con fenocristales de cuarzo, feldespato potásico (sanidina) y fragmentos de roca en una matriz cuarzofeldespática y vidrio volcánico. Varían en composición de tobas cuarzolatíticas a riolíticas. Su alteración más común es leve argilización y oxidación.

Pórfido Diorítico (T-PoDio)

Aflora en la parte centro-norte del área, cerca de el cerro El Güeriguito, principalmente en zonas de bajos topográficos. Es una roca intrusiva hipabisal de color gris oscuro, masiva y muy fracturada con abundantes vetillas de cuarzo y calcita.

Tiene textura porfídica con fenocristales de plagioclasas moderadamente argilizados, hornblenda y piroxenos en una matriz afanítica compuesta por microlitos de plagioclasas, magnetita y minerales accesorios.

Conglomerado (T-Cong)

Cubre principalmente la parte este del área, en los flancos del cauce del río Moctezuma. Es un conglomerado polimíctico, poco consolidado, con fragmentos subredondeados y redondeados de andesitas, riolitas, tobas e intrusivos

dioríticos y granodioríticos. Los fragmentos están embebidos en una matriz areno-arcillosa de color café rojizo. El origen de este conglomerado es tectónico, rellenando valles producto de la etapa distensiva de la subducción.

Aluvión (Q-al)

Se localiza en el cauce del río Moctezuma, en arroyos de poca pendiente y cauce amplio y en pequeñas zonas cubriendo a rocas volcánicas e intrusivas. Está constituido por fragmentos de roca y suelo. Exceptuando el cauce del río, esta unidad alcanza un espesor menor de tres metros.

b) Geología Estructural

Las principales estructuras observadas en el área son fallas y fracturas producto de movimientos tensionales.

El fracturamiento de las rocas es moderado a intenso, principalmente en el pórfido diorítico y en andesitas. Este fracturamiento no sigue un patrón definido, con cambios muy variables en rumbo y echado.

En el pórfido diorítico y andesitas estas fracturas se encuentran rellenas principalmente de cuarzo y calcita y esporádicamente por óxidos de fierro.

En las riolitas el fracturamiento en general es leve, excepto en algunas zonas donde es intenso con relleno de fracturas por hematita y limonita.

Este fracturamiento en las rocas puede encontrarse asociado a cuerpos intrusivos y a zonas cercanas a planos de fallamiento.

El fallamiento en el área es intenso y de carácter normal y fue identificado principalmente con fotogeología. El principal sistema de fallamiento sigue un rumbo noroeste-sureste afectando al paquete volcánico. Son fallas de variable longitud, de 1 a 5 kilómetros.

Asociado a este sistema existe otro, menos intenso, con rumbo noreste-suroeste y casi perpendicular al anterior. Observables en fotos aéreas, son fallas de poca longitud con echados variables hacia el sureste o noroeste.

Estas fallas se encuentran asociadas a una tectónica distensiva que produjo la formación de Horst y Grabens característicos de esta región.

En capítulo "Yacimientos Minerales" se hará la descripción de la falla inversa a la cual está asociado el depósito mineral del Güeriguito.



EL SABER DE MIS MEJORES
HAY EN SU GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

VIII. YACIMIENTOS MINERALES

El estado de Sonora es uno de los principales productores de minerales de México. El cobre es el más importante económicamente hablando, seguido por el grafito. La producción de oro, plata, plomo, zinc, tungsteno y molibdeno es significativa pero de menor importancia.

Según Salas (1975) el estado de Sonora está dentro de la Provincia Metalogenética de la Sierra Madre Occidental y de la Subprovincia del Desierto Sonorense.

En el noreste de Sonora se encuentra una importante provincia de Cu, Mo y W, la cual representa la extensión hacia el sureste de la Provincia de Cobres Porfídicos del oeste de los Estados Unidos. También se encuentran dentro de esta zona algunas minas de fluorita y plata.

Dentro de las principales minas en el noreste del estado se encuentran La Caridad y Cananea que son de tipo cobre porfídico. Otras minas de cobre de importancia comercial son Pilares y Mina Washington que son brechas de colapso.

El tungsteno es producido en skarns asociado con un intrusivo granítico en la región de Baviácora.

Plomo y zinc ocurren como depósitos de contacto principalmente en las minas de San Felipe y en los skarns del distrito de Cananea.

Los depósitos de veta son abundantes y se encuentran encajonados en rocas de diversas composiciones y edades.

Ejemplo son: Lampazos, El Tigre, Las Chispas, San Felipe, etc. Dentro del área de estudio se localizan varias minas, que son en realidad pequeños socavones, zanjas y tajos en zonas mineralizadas explotadas a nivel gambusino. Estas zonas mineralizadas corresponden a vetas con oro, plata, plomo y zinc como principales metales de mena. Actualmente la mayoría de estos trabajos se encuentran abandonados, o se explotan de una manera esporádica.

Dentro de esta zona se encuentra el yacimiento El Güeriguito, el cual fue objeto de una evaluación geológico-económica que sirvió de base para la elaboración del presente trabajo.

a) Geología del Yacimiento

La Geología del Yacimiento consiste de una secuencia volcánica de edad Cretácico Superior-Terciario Inferior



EL SABER DE LOS NIJOS
PARA MI DESARROLLO
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

de andesita y riolita, en contacto por fallamiento inverso, intrusionada dicha secuencia por un pórfido diorítico. La dirección general de la secuencia volcánica es noroeste-sur-este y el echado promedio de 20° al suroeste. las rocas volcánicas tienden a ser regularmente masivas por lo cual la actitud de las formaciones es difícil de determinar excepto por el uso de proyecciones de los contactos.

Los principales tipos de roca mapeados en el área de detalle son:

Andesita.- Aflora principalmente en las crestas del cerro El Güeriguito y en la pendiente sur. Es de color gris violáceo, de matriz afanítica con algunos fenocristales de plagioclasas. hacia la base de la unidad gradúa a una textura más gruesa, a veces tobácea, presentándose brechada hacia el contacto con la riolita.

En la parte noroeste del cerro se encuentra una andesita aglomerática de color gris oscuro a café rojizo, perteneciendo a la misma unidad andesítica.

Riolita.- Se localiza en la base del cerro El Güeriguito, también como un pequeño remanente arriba de la andesita en la cresta del cerro y es la roca que constituye los cerros hacia la parte noroeste del área. Es de color crema a rosado e intemperiza a café claro. masiva, de grano fino,

está constituida principalmente por feldespato potásico y fenocristales de cuarzo traslúcido. Algunas veces contiene cavidades rellenas de cuarzo lechoso calcedónico. En general se presenta muy fracturada.

Brecha de Falla.- Se observa en el contacto andesita-riolita ocupando la zona de falla. Está formada por fragmentos angulosos de andesita y riolita, con dimensiones de 1 a 5cms., cementados por calcita negra, a veces café de probable origen hidrotermal y cuarzo calcedónico (jasperoide). La proporción de calcita con respecto de los fragmentos es mayor. El afloramiento de esta brecha se puede seguir por 375mts. con un espesor aproximado de 4m. disminuyendo paulatinamente hacia el noroeste hasta desaparecer.

Pórfido Diorítico.- Esta unidad aflora ampliamente rodeando el área, ocupando especialmente los bajos topográficos. Es una roca hipabisal de color gris oscuro con textura porfídica y está compuesta por fenocristales de plagioclasa, hornblenda y biotitas en una matriz afanítica de plagioclasas y minerales opacos. Localmente se encuentra silicificada y muy fracturada, intrusionando a las riolitas.

Estructuralmente se observa en el área una falla de tipo inverso constituyendo el contacto andesita-riolita. El echado de la falla hacia el suroeste, es quizás, ligeramente más pronunciado que el de la formación volcánica.

Un grupo más joven de fracturas sin vetillas de cuarzo asociadas, con un rumbo norte-sur y echado muy pronunciado hacia el este o rumbo noroeste con echado pronunciado hacia el noreste o suroeste. Este grupo de fracturas comúnmente tienen asociado un mineral de plata amarillo de origen secundario probablemente cerargirita.



EL SABER DE MIS HIJOS
HAY EN GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

b) Alteración Hidrotermal

A nivel área de detalle las alteraciones están más marcadas junto o en la zona de brechamiento y disminuyen paulatinamente a medida que aumenta la distancia al alejarse de ella. En las zonas muy cercanas a la brecha de falla se observa una fuerte silicificación en los fragmentos y en las rocas adyacentes.

La brecha está cementada con calcita negra y con cuarzo lechoso que está comúnmente en drusas. Es frecuente ver capas concéntricas de cuarzo blanco amorfo (calcedónico) rodeando fragmentos angulosos de rocas volcánicas.

La oxidación está presente en la brecha de falla, rellenando fracturas, como hematita y limonita y en ocasiones óxidos de manganeso. También es frecuente encontrar cerargirita, como mineral secundario de plata en las fracturas.

En la riolita la silicificación es fuerte a mode-

rada y débil en las partes más alejadas de la zona de brecha de falla. Presenta una débil argilización principalmente en la matriz. La oxidación es débil presentándose poco diseminada en la roca y en fracturas.

La andesita presenta una silicificación moderada a débil. Cloritización débil en la matriz afanítica debida principalmente a la alteración de hornblenda y biotita; algunos parches de epidota presentes en la roca. Débil argilización y débil oxidación diseminada en la roca.

En el pórfido diorítico, que aflora escasamente y está muy fracturado, se observa una fuerte silicificación con débil cloritización y argilización, además con abundancia de vetillas de cuarzo y calcita.

c) Control Estructural

El contacto andesita-riolita marca el plano de fallamiento inverso, con la primera al alto y la segunda al bajo, presentando un rumbo de noroeste 45° sureste y un echa-do general de 20° al suroeste con una longitud de 1,500m.

Marcando esta falla se encuentra una brecha con fragmentos de andesita y riolita cementados con calcita negra de origen volcánico y cuarzo calcedónico, observable en capas concéntricas rodeando a los fragmentos.



EL SABER DE MIS HIJOS
HA YA MI GRANDEZA
Núcleo de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

Emplazada en esta zona de falla también hay una estructura mineralizada que consiste de bandas subhorizontales de sílice calcedónico y cuarzo cristalino enlazadas entre sí por vetillas de la misma composición. La intensidad del bandeamiento disminuye verticalmente al alejarse de la zona de fallamiento. La estructura es de forma tabular con extensión de 200m. espesor promedio de 15.2m. y un espesor máximo de 25m. Alojada en la riolita y en la andesita hasta la zona del Sarre donde se separa del contacto entre las dos rocas, alojándose en la riolita por el resto de la estructura.



d) Mineralización

La mineralización de plata ocurre principalmente como acantita (Ag_2S). Este mineral fue detectado por petrografía, encontrándose parcialmente relleno de fracturas abiertas y cavidades distribuidas en la brecha de falla y parcialmente como inclusiones finas en cuarzo microcristalino.

Aproximadamente de 50 a 60 % de esta acantita ocurre en forma de cristales gruesos con tamaños de 70 a 300 micras los cuales fueron liberados quebrando el material a -10 mallas. Del 40 al 50 % del total de la plata ocurre predominantemente como inclusiones muy finas de acantita en ganga silícea particularmente en cuarzo microcristalino. Las inclusiones de acantita varían de 2 a 0.2 micras.

Cantidades menores de una fase adicional de plata fueron identificadas como una sulfosal semejante a la estilopita $(Ag, Cu, Fe)_3SbS_3$ en composición. Esta fase de sulfosal de plata fue detectada por métodos de microprobe/SEM ocurriendo como inclusiones finas de aproximadamente 2 a 10 micras en tamaño, en fluorita CaF_2 .

También se detectaron cantidades menores de cerargirita $AgCl$ relleno de fracturillas. Este mineral se observa principalmente en terreros y en zonas donde la brecha de falla está expuesta.

El oro en el mineral del Güeriguito está presente en muy bajas cantidades, principalmente en partículas muy finas. Un análisis químico realizado a una muestra de mineral del Güeriguito arroja los siguientes resultados:

Plata	241.4	gr/ton
Oro	0.21	gr/ton
Plomo	0.13	%
Zinc	0.09	%
Cobre	0.918	%
Hierro	0.85	%
Manganeso	0.052	%
Azufre	0.3	%
Cloruros	0.01	%



AL SABER DE MIS HIJOS
 HAY EN MI GRANDEZA
 Escuela de Ingeniería
 Depto. Geología
 BIBLIOTECA

Para conocer las características metalúrgicas del mineral del Güeriguito, se hicieron algunas pruebas a nivel laboratorio como cianuración, lixiviación con tiosulfato de amonio y flotación. Además estas pruebas nos sirvieron para confirmar el comportamiento de la mineralización en el yacimiento.

Cianuración.

Una carga de 500grs. fue triturada en un molino de rodillos de laboratorio con el 60% de los sólidos al tamaño de grano requerido.

La pulpa fue transferida a una botella de lixiviación de un galón y ajustada a 40% de sólidos. Se le agregó cal a la pulpa para darle un PH de aproximadamente 11.6, la cantidad necesaria de cianuro de sodio fue agregada y la botella de lixiviación fue puesta en unos rodillos de laboratorio. La concentración de cianuro y el PH fueron medidos a través de la prueba.

Después de 24 y 48 horas de agitación, la botella de lixiviación fue removida de los rodillos, fue pesada y 30ml. de la solución decantados para análisis. La botella fue colocada en los rodillos para completar la duración de la lixiviación.

Después de 72 horas de agitación, la botella fue

otra vez removida de los rodillos, fue pesada y filtrada. Para conocer la máxima extracción de plata, unos pocos de sólidos filtrados fueron puestos de nuevo en solución de cianuro nueva y lixiviados por 72 horas más, pesados y filtrados.

El residuo húmedo fue lavado perfectamente con agua corriente, secado y pesado.

Los resultados de esta prueba fueron los siguientes:

- La lixiviación por cianuración en botella extrajo del 50-55% del total de la plata.
- Disminuyendo el tamaño de grano del 70-99% a menos 200 mallas, tiene poco efecto en la extracción de la plata por cianuración.
- Incrementando la concentración de cianuro, incrementa el porcentaje de plata extraída. De cualquier manera, la extracción final después de 144 horas de lixiviación fue similar.

Lixiviación con tiosulfato de amonio (Proceso Kerley)

Una carga de 500grs. fue triturada en un molino de

rodillos de laboratorio con 500grs. de agua conteniendo:

200grs. de tiosulfato de amonio

12grs. de sulfito de amonio

50grs. de hidróxido de amonio



EL SABER DE MICHILES
HAZA MI GRANDEZA
Escuela de Ingenieros
Depto. Geología
BIBLIOTECA

Después de pulverizarse en esta solución, la pulpa fue transferida a un vaso de dos litros y el total de pulpa ajustada a $1,200\text{cm}^3$. El vaso fue puesto en una parrila y la temperatura elevada de $50-60^\circ\text{C}$ al tiempo de ser agitado. Después de una hora y media a esta temperatura fueron adheridos $4\text{gr}/\text{lt}$ de sulfato de cobre y la pulpa agitada por seis horas más. Durante este período de seis horas el hidróxido de amonio ($100\text{gr}/\text{lt}$) fue adherido para mantener el volumen de la pulpa en $1,200\text{cm}^3$. Al final de las seis horas la pulpa fue pesada y filtrada. Los sólidos fueron lavados, secados y pesados.

La lixiviación con tiosulfato de amonio (Proceso Kerley), la cual es normalmente aplicada en menas refractarias de plata con manganeso, extrajo sólo cerca del 2% de la plata.

Flotación.

Una carga de 500grs. fue triturada en un molino de rodillos de laboratorio con el 60% de los sólidos a menos 200 mallas. La pulpa triturada fue transferida a una celda de

flotación de laboratorio y flotados los sólidos por 15 minutos, 0.05 lbs/ton de 350 (amil xantato de potasio) y 3477 (diisobutil ditiiofosfato de sodio) a cada intervalo. Un total de 0.044 lbs/ton de Dowfroth 250 fue requerido para una formación adecuada de la espuma. Los concentrados de flotación fueron combinados, filtrados y secados para ensaye. Las colas de flotación fueron también filtradas y secadas.

La flotación estándar recuperó cerca del 48% de la plata en casi 0.8% del peso total. La lixiviación con cianuro de los residuos de flotación, extrajo un 9% adicional de plata para un total de extracción del 57%.

Estos resultados indican que cerca del 50-60% de la plata puede ser extraída por cianuración o recuperada por flotación, con los tamaños de grano bastante grandes. De cualquier manera, la plata restante (la mayoría acantita finamente diseminada) puede requerir pulverización ultrafina para su liberación, y entonces puede ser recuperada por medios convencionales.

e) Génesis del Yacimiento

Es posible dar una cronología histórica de manera general, además de los eventos geológicos que formaron o llegaron a afectar el yacimiento del Güeriguito, basados en datos de campo y correlaciones con otras áreas de litología similar.



EL SABER DE MIS NIÑOS
HARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

Por principio daré una breve historia y clasificación según R.H. Sillitoe (1985) de brechas relacionadas a yacimientos minerales en arcos volcano-plutónicos, ya que en sí, el yacimiento del Güeriguito está relacionado a una brecha de posible edad Terciario Inferior, época en que existía una importante actividad ígnea en esta región, debida a la subducción de la placa Pacífico con la placa Americana.

Las brechas, con una enorme variedad de características, son comunes, quizás omnipresentes, acompañando a un amplio espectro de yacimientos hidrotermales. Las brechas relacionadas a yacimientos fueron identificadas correctamente durante el final del siglo XIX; y en 1986 Emmons dió una descripción explícita de la brecha Bassick y Bull-Domingo, en Colorado.

La ocurrencia común de brechas, como encajonante de, o asociadas a depósitos hidrotermales fue generalmente apreciada a comienzos del siglo XX, (Locke, 1926; Walker, 1928; Emmons, 1938). No obstante su temprano reconocimiento, ha sido durante la última década que algunas de las más sutiles variedades y expresiones de las brechas han sido apreciadas. Aún hoy, grandes cuerpos de brechas ricos en matriz son confundidos con frecuencia con formaciones volcanosedimentarias; y las brechas elongadas a origen tectónico; pero aún, brechas relacionadas a yacimientos, no rara vez, pasan desapercibidas. Las brechas relacionadas a

yacimientos fueron revisadas últimamente por Bryner (1961); Mayo (1976) presentó un repaso histórico de brechas subsuperficiales de afiliación ígnea, pero unos pocos de estos ejemplos están relacionados a yacimientos minerales.

Una clasificación genética comprensiva de brechas relacionadas a yacimientos minerales continúa elusiva. La proliferación de términos genéticos usados para describir las brechas tiende a oscurecer, en lugar de iluminar, el tema: intrusión, intrusiva, explosión, erupción, colapso, frática, freatomagmática, hidrotermal, fluidización, flujo de gas, inyección de vapor, fracturamiento hidráulico (hidrofracturada) y tobáceas, son algunos de los calificativos usados comúnmente, de manera indefinida, aún erróneamente, en la literatura.

La difícil cuestión del origen ha sido más confeccionada para intentar explicar la formación de la brecha en general, por mecanismos simples. De acuerdo con Bryner (1961) y Richard (1969) se prefiere la noción de origen múltiple para las brechas relacionadas a yacimientos.

En principio las brechas relacionadas a yacimientos están sujetas a clasificación en base a cualquier criterio genético o descriptivo. Idealmente, el criterio descriptivo pretende el diagnóstico de la génesis de una brecha.

En el caso de brechas relacionadas a yacimientos

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



minerales de cualquier modo, ha sido imposible probar y el inferir el proceso seguro desde observaciones geométricas, litológicas y características texturales.

EL SABER DE MIS HIJOS
PARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Geología
BIBLIOTECA

En esta sección las brechas relacionadas a yacimientos están discutidas en el contexto de un amplio sistema genético, el cual toma en cuenta, el sobreponer ahora ampliamente, procesos reconocidos como intrusivos, volcánicos e hidrotermales. Con la excepción de brechas tectónicas, la división primaria está basada en la relación inferida de magma y/o fluidos acuosos en la formación de brechas, y una subdivisión adicional está en base del tipo de depósito mineral.

En la Tabla 1 se describen las subdivisiones de las brechas relacionadas a yacimientos minerales.

Brechas Magmato-Hidrotermales.- Son producto de la liberación de fluidos hidrotermales desde cámaras magmáticas, independientemente de la fuente original de los fluidos interesados: magmático, meteóricos, agua connatas o aguas oceánicas.

Brechas Hidromagmáticas (incluidas hidrovulcánicas), como las definidas por MacDonald (1972), y Sheridan y Wohletz (1981), son generadas por la interacción del magma y una fuente externa de agua, como son aguas profundas o superficiales (océanos, lagos, etc.).

Brechas Magmato-Hidrotermales

- Chimeneas relacionadas a intrusiones
- Depósitos tipo porfídicos.

Brechas Hidromagmáticas
(Hidrovolcánicas)

- Depósitos epitermales de metales preciosos (\pm básicos).
- Depósitos tipo porfídicos y otros relacionados a intrusiones.
- Depósitos de sulfuros masivos tipo Kuroko.

Brechas Freatomagmáticas

- Tipo porfídicos y depósitos epitermales de metales preciosos (\pm base).
- Tipo porfídico y otros depósitos de metales básicos y preciosos.

Brechas Magmáticas
(Volcánicas)

- Tipo porfídicas y otros depósitos de metales básicos y preciosos.

Brechas de Intrusión

- Cualquier depósito relacionado a intrusiones.

Brechas Tectónicas

- Cualquier tipo de depósito mineral.

TABLA 1. SUBDIVISION DE BRECHAS RELACIONADAS A YACIMIENTOS MINERALES (R.H. SILLITOE, 1985)

La categoría hidromagmática está subdividida en brechas freatomagmáticas donde ambas, agua y magma, contribuyen directamente a la formación de los productos observados; y brechas freáticas en las cuales sólo el calor magmático tiene acceso a la fuente externa de agua.

Las brechas magmáticas (incluidas las volcánicas) resultan de la fragmentación y erupción de magma desde cámaras subterráneas.

Las brechas de intrusión son un producto directo del movimiento pasivo del magma en el subsuelo.

Las brechas tectónicas son principalmente el producto de procesos tectónicos, en los cuales el agua puede tener o no participación. Los fracturamientos debidos a fuertes tensiones durante el movimiento en fallas de varios tipos dan lugar a la generación de brechas. Las brechas de falla son comunes y en íntima asociación con la mineralización. En muchos lugares, cuerpos tabulares o lenticulares de brechas de fallas son productores de minerales.

Dentro de esta última clasificación podemos incluir la brecha de falla en el yacimiento del Güeriguito, claramente observada por fragmentos de ambas rocas y cementados con calcita negra y cuarzo calcedónico.

Podría decirse que la historia geológica del yacimiento del Güeriguito comienza con la extrusión de rocas constituidas por andesitas, con variaciones a tobas andesíticas y andesitas aglomeráticas o aglomerado andesítico, que son posteriormente cubiertas por rocas volcánicas de composición félsica, principalmente riolita y tobas riolíticas.

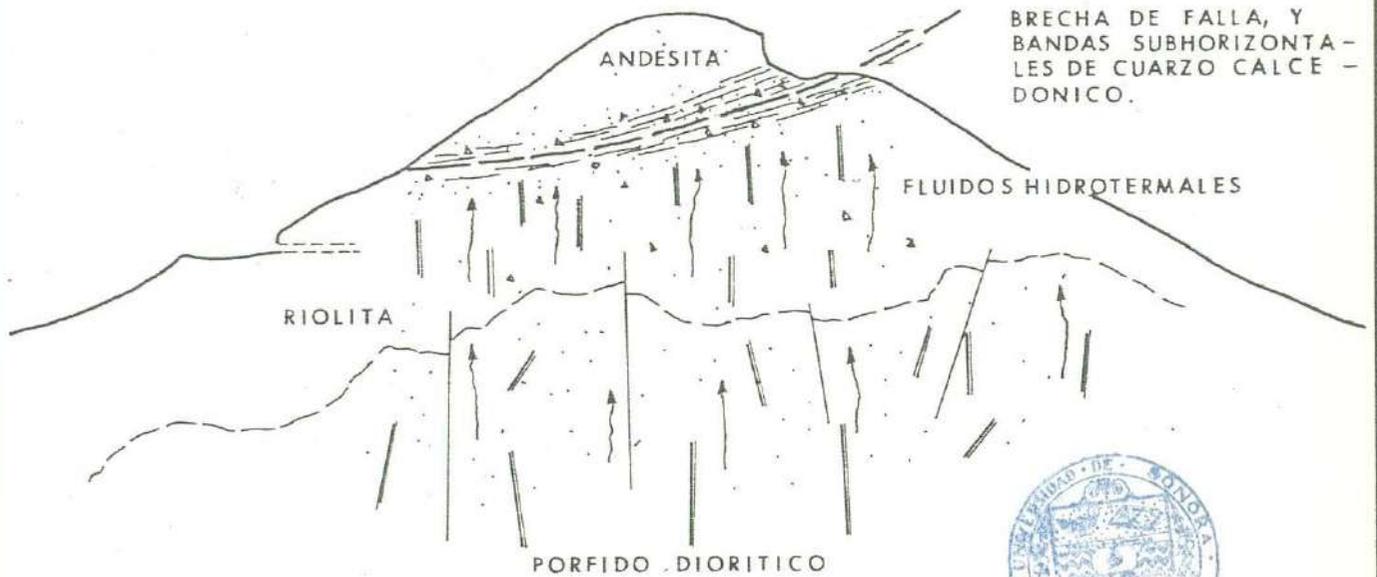
El paquete volcánico sufre después un plegamiento por esfuerzos compresivos (H. López, 1972) lo que provoca la formación de un anticlinal con un echado general hacia el suroeste de 20° en la zona del área del yacimiento.

Posiblemente la acción compresiva de este movimiento provoca al mismo tiempo de haber formado el anticlinal, un fallamiento inverso en la zona del contacto andesita-riolita formando una zona de brecha de falla.

Esta zona de brecha fue un lugar muy favorable para la circulación de fluidos hidrotermales con deposición de minerales de mena y de ganga, que por sus características, fueron depositados en un ambiente de baja temperatura y presión. El origen de estos fluidos hidrotermales, puede ser atribuido al emplazamiento del pórfido diorítico en el área.

Luego el área El Güeriguito sufrió un fallamiento en general noroeste-sureste, en Horst y Grabens, con un basculamiento de sus unidades, y una erosión que provocó el

SECCION VIENDO AL NW



EL SABER DE MIS RIOS
HAHA MI GRANLEGA
Faculta de Ingenieria
Depto. Geologia
BIBLIOTECA

SECCION ESQUEMATICA DE LA GENESIS DEL YACIMIENTO EL GÜERIGUITO

ALTERACION

-  SILICIFICACION
-  OXIDACION
-  ARGILIZACION
-  CLORITIZACION

UNIVERSIDAD DE SONORA		
ESCUELA DE GEOLOGIA		
AREA EL GÜERIGUITO		
Mpio. Cuppas, Son.		
GENESIS DEL YACIMIENTO		
TESIS	POR:	FECHA:
PROFESIONAL	F. CARRANZA H.	SEPT. - 1988

relleno de valles con material clástico como conglomerados y aluvión.

f) Geoquímica

No es la intención en el presente trabajo hacer una exposición detallada de Geoquímica, sino tan sólo se tratarán de definir algunos términos usuales que nos ayuden a entender el trabajo. El método de muestreo y el proceso estadístico utilizados serán descritos de una manera breve.

Generalidades.

V.M. Goldschmidt (1954) define a la Geoquímica como: "La Geoquímica consiste en determinar cuantitativa y cualitativamente la composición química de la tierra y de sus partes constitutivas y por otra parte descubrir las leyes que rigen la distribución de los elementos químicos, individualmente, en espacio y en tiempo".

Existe una concentración normal de un elemento o elementos sobre un terreno no mineralizado, que se conoce como background. Este valor debe de ser determinado para cada elemento y variará entre diferentes grupos de rocas y entre áreas. La distribución de elementos raramente es uniforme y por lo tanto el background es un rango de valores en vez de un valor fijo, en consecuencia, esta variación debe ser determinada en toda nueva área a investigar.

Una anomalía geoquímica es una desviación de la configuración geoquímica normal para una área dada. Por lo tanto, valores anormalmente altos para un elemento o asociación de elementos indica que existen concentraciones del elemento en cuestión en el área que puede tener significado económico. Threshold se le llama al límite superior de los valores del background y puede ser determinado estadísticamente con los datos geoquímicos.

En rocas ígneas la distribución de la mayoría de los elementos está controlada por la estabilidad de minerales individuales, los cuales a su vez están regidos por condiciones de temperatura, presión y la disponibilidad del elemento en el magma original. Ciertos metales son capaces de entrar en la estructura de minerales formadores de roca. Si esto ocurre estos elementos son entonces removidos del magma y son así eliminados de cualquier posibilidad de concentración en depósitos minerales, al menos en el ambiente primario. Otros elementos, como aquellos que ocurren comúnmente en pegmatitas y ciertos depósitos hidrotermales, permanecen móviles hasta que alcanzan un ambiente en el cual son capaces de cristalizar como minerales estables, en ocasiones en cantidades económicamente significativas.

Muchos depósitos minerales de origen ígneo o hidrotermal son caracterizados por una zona central, como una

veta, en la cual el elemento valioso puede estar concentrado en porcentajes económicos. El grado de concentración puede ser rangos de alto porcentaje, ej. barita y manganeso; rangos de bajo porcentaje, ej. plomo y zinc; rangos en p.p.m., ej. oro y platino. En la mayoría de los casos hay un decremento progresivo en la cantidad del elemento valioso alrededor del depósito hasta que alcanza el de la roca encajonante o background. La zona dentro de la cual disminuyen los valores del elemento a valores de background, se le llama halo primario. Los halos primarios representan el patrón de distribución de elementos que son formados como resultado de una dispersión primaria, que es la distribución o re-distribución de elementos en el ambiente primario.

Debido a las diferencias de movilidad y características de los muchos elementos dentro de los fluidos cristalizantes, cada elemento puede tener su propio halo característico de un depósito en particular. Algunos halos pueden ser detectados por distancias de miles de metros, en cambio, otros no son mayores que pocos centímetros de amplitud. Algunos de los principales factores que determinan el tamaño y forma del halo, son: movilidad característica de los elementos en solución, microfracturas en la roca, porosidad y permeabilidad en la roca encajonante, tendencia de los fluidos a reaccionar con la roca, volatilidad de los elementos.

Los halos primarios pueden clasificarse en base al



tiempo de formación y a su geometría.

Con respecto al tiempo de formación, se reconocen dos tipos:

- a) Halos primarios singenéticos, son aquellos formados contemporáneamente a la roca encajonante, ej. los asociados a pegmatitas o a segregaciones ultramáficas.
- b) Halos primarios epigenéticos, son los formados después que la roca encajonante y resultan de la introducción de soluciones mineralizantes a lo largo de fracturas o fallas.

Basado en las características geométricas, Haw Kes (1957) clasificó los halos primarios como:

- a) Patrones regionales, resultados de una amplia impregnación de una gran masa de roca por soluciones hidrotermales u otros fluidos emanados del subsuelo.
- b) Patrones de fuga, con sistemas bien definidos de canales de solución.
- c) Patrones de roca encajonante, donde la roca adyacente a los canales de solución ha sido modi-

ficada por actividad hidrotermal.

El patrón de fuga generalmente implica que la dispersión (o migración) de los elementos es a lo largo de canales, fallas, microfracturas y por otras vías que cruzan el cuerpo mineralizado.

El reconocimiento e interpretación de halos primarios es uno de los principales objetivos de la geoquímica de rocas. Una vez que un halo primario ha sido delineado, no es difícil delimitar la fuente del elemento o mineral acumulado.

Es claro que ciertos elementos son más móviles que otros debido a las condiciones físico-químicas de las soluciones en las cuales se encuentran o por su estado físico. Es esta movilidad lo que permite el desarrollo de extensos halos primarios. El elemento que constituye el más extenso o amplio halo no es generalmente el mismo elemento que contiene el depósito mineral; de cualquier manera, es uno que está íntimamente relacionado geoquímicamente. El hecho que uno o más elementos (o minerales) pueden estar íntimamente asociados y pueden constituir un halo, ayudando a descubrir depósitos buscados, fue lo que condujo al concepto de un trazador (pathfinder), un término originalmente propuesto por Warren y Delavault (1953, 1956). Trazadores (pathfinder) algunas veces llamados elementos indicadores, son definidos como elementos relativamente móviles que ocurren en asociación

estrecha con el elemento buscado, pero los cuales son más fácilmente encontrados debido a que forman halos amplios, o porque pueden ser detectados más fácilmente por métodos analíticos. Los trazadores son particularmente útiles en la búsqueda de depósitos a profundidad.

Algunos geoquímicos restringen la palabra indicador al caso en el cual uno de los principales elementos de un depósito polimetálico es determinado, ej. zinc en un depósito de Pb-Ag-Zn.

La selección de un trazador (pathfinder) requiere que el elemento o elementos usados ocurran en el ambiente primario con el elemento buscado, y es también esencial que haya una directa e interpretativa relación entre la distribución geoquímica del trazador y la mineralización.

Método de Muestreo.

Para trabajos a detalle y donde se requiera definir con exactitud halos de dispersión primarios, o para determinar la extensión de un depósito mineralizado conocido, el método más útil de muestreo es el de rocas.

Este método también se puede aplicar en donde también se han encontrado otras anomalías geoquímicas, por estudios a semidetalle o reconocimientos más regionales, de la misma manera se puede aplicar en lugares donde se ha detectado una anomalía geofísica.

La geoquímica de rocas está basada en el análisis de los minerales individuales contenidos en las rocas (muestras). Estas muestras por lo general se obtienen de afloramientos o pozos.



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Departamento de Geología
BIBLIOTECA

Para el área del yacimiento El Güeriguito en particular, el muestreo fue sistemático. Se recolectaron muestras, primero a lo largo de dos secciones transversales a la estructura mineralizada con el objetivo de definir los elementos que puedan ser utilizados como trazadores o indicadores.

Conocidos estos elementos, se hizo un muestreo sobre una retícula, con líneas separadas cada 50 metros, y estacadas a lo largo, cada 25 metros.

Método Analítico.

Cuando contamos con un gran número de datos geoquímicos es necesario encontrar qué clase de patrón de distribución se acomoda mejor a ciertos tipos de necesidades.

Hasta ahora, el patrón de distribución lognormal parece ser el más aplicable a los resultados de la mayoría de los reconocimientos geoquímicos (Ahrens, 1957).

Es interesante hacer notar aquí, que el método lognormal se acomoda muy bien en el caso de depósitos de bajo grado, como el de oro o plata.

Con los resultados obtenidos en el muestreo y para aplicar el método de distribución lognormal es necesaria la construcción de gráficas de curvas de frecuencias acumulativas. El propósito principal de la construcción de estas gráficas para una población dada, es checar si ésta sigue una distribución lognormal, y si es así, estimar gráficamente parámetros básicos como background (b), coeficientes de desviación (s , s' , s''), que también pueden ser calculados aritméticamente; y el threshold (t).

Para construir dichas gráficas es necesario seguir algunos pasos:

- a) Seleccionar un grupo de datos precisos (población), tan grande y homogénea como sea posible.
- b) Agrupar los valores en un número de clases adecuado.
- c) Graficar las frecuencias acumuladas contra el valor superior del intervalo de clase, lo que da la curva de frecuencia integral.
- d) Por reemplazar la escala aritmética ordinaria por una escala probabilística, la curva de frecuencia acumulativa está representada por una o más líneas rectas.
- e) También para construir las gráficas es necesario calcular varios parámetros:

Después del background y el coeficiente de desviación, el tercer parámetro importante es el Threshold (t) el cual puede ser calculado gráfica o aritméticamente.

El Threshold gráfico se calcula con la proyección de la intersección de la línea de distribución con el 2.5%, y aritméticamente es:

$$t = b(s')^2$$

En el caso de mineralizaciones polimetálicas, con uno o más elementos lognormalmente distribuidos, hay generalmente una positiva correlación entre ellos; ej. entre el Pb y en Zn, una muestra alta en Pb es también comúnmente alta en Zn. Este concepto geológico de una relación entre dos tipos de minerales o elementos, puede ser substituído por un factor preciso, el coeficiente de correlación r , el cual da una rigurosa medida de su grado de dependencia. En el caso de investigación geoquímica, r mide el grado de dependencia de dos variables lognormales llamadas los tenores de dos elementos en una población de muestras.

El coeficiente r siempre cae entre -1 y $+1$; si $r=0$ significa una completa independencia entre los dos elementos; y si $r=+1$ indica una relación funcional, directa o inversa, entre ellos.

Existe un camino gráfico para estimarlo; menos preciso, pero mucho más rápido.

$$r = \text{Sen} \left[\frac{\pi}{2} \left(\frac{N1 - N2}{N1 + N2} \right) \right]$$

donde: N1= Número de puntos en el 1° y 3° cuadrante.

N2= Número de puntos en el 2° y 4° cuadrante.

Para obtener estos puntos es necesario construir un diagrama de correlación y graficar los logaritmos de los valores de las muestras, correlacionarlos y definir una nube de correlación.

En un estudio geoquímico los coeficientes de correlación pueden ser usados para evaluar asociaciones minerales de elementos en muestras. El diagrama de correlación muestra cuando dos elementos están espacialmente asociados y si uno puede ser usado como trazador (pathfinder) de otro.

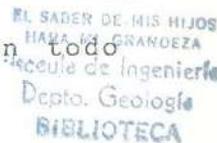
Estudio Geoquímico.

Preliminar a la exploración geoquímica en el área, se llevó a cabo un estudio de orientación mediante el levantamiento de muestras a lo largo de dos líneas que cruzan el horizonte mineralizado, obteniendo muestras al alto y al bajo de la estructura y a la vez alejándose de ella. Esto tuvo como objeto investigar cuáles elementos nos serían útiles como trazadores, considerando principalmente factores tales co-

mo amplitud del halo de dispersión y correlación genética con el elemento de mena. Los elementos analizados fueron Au, Ag, Pb, Hg, Mn, Zn, Sb.



Las líneas AB y CD fueron escogidas por hallarse en zonas donde el horizonte mineralizado está expuesto en su espesor y ser una zona de mayor explotación.



El comportamiento de los elementos ensayados fue el siguiente:

Mercurio.- Este elemento se encuentra generalmente asociado a minerales preciosos depositados en ambientes de baja presión y temperatura. En este caso, su comportamiento fue muy variable, con valores arriba del background en las andesitas y debido a ello no marca claramente la estructura.

Zinc.- Este elemento de mucho movilidad muestra gran variación, principalmente en las andesitas y aunque presenta valores altos en la estructura no la define con claridad.

Antimonio.- Elemento utilizado como trazador para plata, en esta ocasión presenta un comportamiento irregular y tenue contraste entre mineralización y roca huésped.

Manganeso.- Elemento de conducta sumamente varia-

ble, el cual presenta algunos valores disparados. No es de utilidad en el área.



Oro.- Localmente es elemento de mena asociado a la plata, señala bien el cuerpo aunque con valores bajos.

EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

Plomo.- Elemento de baja movilidad, comúnmente utilizado como trazador de plata, en esta ocasión de comportamiento estable señala a la estructura y sigue con apego a la Ag, además, presenta los mayores coeficientes de correlación genética con Ag y Au con $r = 0.47$ y $r = 0.72$ respectivamente.

Plata.- En el área es el principal elemento de mena, concentrándose en la estructura y mostrando valores de background fuera de ella.

Se trabajaron estadísticamente los valores de los ensayos de las muestras, obteniéndose los siguientes resultados:

ELEMENTO	BACKGROUND	THRESHOLD
Au	98.94	364.86
Ag	2.85	8.66
Pb	108.5	325.9
Hg	22.8	63.0
Zn	245	940.4
Mn	550	1149.1
Sb	13.95	25.20

Los valores de Au y Hg están dados en p.p.b. Los de Ag, Pb, Zn, Mn y Sb en p.p.m.

Con los valores de background se obtuvieron los siguientes coeficientes de correlación.

r = Ag vs. Au =	0.161
r = Ag vs. Mn =	0.47
r = Ag vs. Hg =	0.054
r = Ag vs. Sb =	0.37
r = Ag vs. Pb =	0.47
r = Ag vs. Zn =	0.054
r = Au vs. Pb =	0.725
r = Au vs. Hg =	0.161
r = Au vs. Sb =	0.468
r = Pb vs. Hg =	0.37
r = Pb vs. Sb =	0.725



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Biblioteca de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

Con estos datos obtenidos se seleccionaron como trazadores al Pb y Au y como indicador (o trazador de mena) a Ag. En las gráficas de orientación geoquímica puede observarse que los tres elementos señalan bien la estructura, pero al salir de ella los valores decaen abruptamente hasta niveles de background; esto significa que no presentan aureolas de dispersión o que su amplitud es mínima; en consecuencia, solamente muy cerca o en las inmediaciones del horizonte mineralizado, éste podrá ser detectado geoquímicamente.

Con estos elementos se exploró litogeoquímicamente toda el área comprendida desde La Media Luna hasta El Sarre. Este estudio se hizo en dos formas; uno general, incluyendo

todas las litologías muestreadas, y otro se calculó separando muestras tomadas en andesitas y en riolitas. Para el primero se configuraron planos de distribución de cada elemento y también se elaboró un plano compósito de anomalías, señalando las obtenidas en ambas formas de cálculo

Se obtuvieron los siguientes parámetros geoquímicos:

LITOLOGIA EN GENERAL

ELEMENTO	BACKGROUND	THRESHOLD	ANOMALIA
Ag	3.1 p.p.m.	29.3 p.p.m.	Mayor 29.3 p.p.m.
Au	167 p.p.b.	538.9 p.p.b.	Mayor 538.9 p.p.b.
Pb	50.7 p.p.m.	230 p.p.m.	Mayor 230 p.p.m.

RIOLITAS

Ag	2.8 p.p.m.	33.3 p.p.m.	Mayor 33.3 p.p.m.
Au	213 p.p.m.	416.9 p.p.b.	Mayor 416.9 p.p.b.
Pb	47 p.p.m.	243.5 p.p.m.	Mayor 243.5 p.p.m.

ANDESITAS

Ag	3.2 p.p.m.	27.4 p.p.m.	Mayor 27.4 p.p.m.
Au	180 p.p.b.	920.2 p.p.b.	Mayor 920.2 p.p.b.
Pb	56.5 p.p.m.	722.14 p.p.m.	Mayor 722.14 p.p.m.

Descripción de Anomalías (Litología General)

Localización: Línea 450 N Estación 50 E
 Número valores

anómalos: 1 Ag-1 Pb
Intervalo valores
anómalos: Ag 124 p.p.m., Pb 847 p.p.m.
Valor promedio
anomalía: Ag 124 p.p.m., Pb 847 p.p.m.
Contraste Geoquímico: 40 Ag; 17 Pb
Observaciones: También es anómalo por litologías separadas, los valores de Ag-Pb circunvecinos son ligeramente superiores al background, presenta fuerte contraste geoquímico especialmente para plata. Esto es debido a que la muestra se tomó en la estructura y en especial sobre un horizonte de cuarzo-calcedonia que son los que alojan principalmente a los valores de plata. Señala el clavo mineral de El Sarre.

Localización: Línea 450 N Estación 50 W
Número valores
anómalos: 1 Pb
Intervalos valores
anómalos: Pb 293 p.p.m.
Valor promedio
anomalía: Pb 293 p.p.m.
Contraste Geoquímico: 1.2 Pb
Observaciones: Anómala únicamente por plomo con un contraste geoquímico muy bajo, sin confirmarse por otros elementos ni tampoco en la andesita, no es de interés.

Localización: Línea 100 N Estación 65 E
Número valores
anómalos: 1 Ag
Intervalo valores

anómalos: Ag 54.6 p.p.m.
 Valor promedio
 anomalía: Ag 54.6 p.p.m.
 Contraste Geoquímico: 17.6 Ag
 Observaciones: Ubicada en las riolitas y en la parte inferior de la estructura, la muestra inmediatamente al suroeste tiene valores de threshold de rango alto cercano a anomalía; presenta buen contraste geoquímico a pesar de esta disminuído por dilución de la roca encajonante en la muestra, pero aún así refleja el clavo mineral en la zona conocida como Los Enjambres.

Localización: Línea 50 S Estación 50 E
 Número de valores
 anómalos: 1 Pb
 Intervalo valores
 anómalos: Pb 718 p.p.m.
 Valor promedio
 anomalía: Pb 718 p.p.m.
 Contraste Geoquímico: 14.1 Pb
 Observaciones:

Se obtuvo en la riolita afuera de la estructura principal pero de un horizonte de calcedonia paralelo al bajo de la misma, alrededor está apoyada por valores del threshold con aceptable contraste geoquímico y relacionada al clavo de El Uno.

Localización: Línea 200 S Estación 100 W; Línea 250 S
 Número valores
 anómalos: 3 Ag, 1 Au, 1 Pb
 Intervalo valores



EL SABER DE MIS HIJOS
 HARA MI GRANJEZA
 Escuela de Ingeniería
 Depto. Geología
 BIBLIOTECA

anómalos: Ag 30.2 - 393.2 p.p.m.; Au 760 Pb 1,333 p.p.m.

Valor promedio

anomalía: Ag 178.6 p.p.m., Au 760 p.p.b., Pb 1,333 p.p.m.

Contraste Geoquímico: 57.6 Ag, 4.5 Au, 26.2 Pb

Observaciones: Anomalía de mayor amplitud que las anteriores; abarca dos líneas, está constituida por tres valores de Ag que presenta un gran contraste geoquímico; está confirmada por valores anómalos de Au con moderado contraste y de Pb con contraste muy alto; además se traslada ligeramente con la anomalía siguiente por Pb; está reflejando la bolsa de Mineral de la Media Luna, que en esta área aflora por efectos de topografía y buzamiento de la estructura.

Localización: Línea 250 S Estación 75 W; Línea 300S Estaciones 25-50-75 W

Número valores

anómalos: 4 Pb, 1 Ag

Intervalo valores

anómalos: Pb 250-2,066.6 p.p.m., Ag 33 p.p.m.

Valor promedio

anomalía: Pb 992 p.p.m., Ag 33 p.p.m.

Contraste Geoquímico: 195 Pb; 10.6 Ag

Observaciones: Anomalía con muy buen contraste para plomo y moderado para plata y está apoyada por valores de threshold de oro; este comportamiento se debe a que fue detectada en el cuerpo mineral de la Media Luna. Queda abierta al sureste a rumbo de estructura y en el cálculo por unidades litológicas se observa dismi-

nuída a dos pequeñas anomalías puntuales.

Localización:	Línea 200 S Estación 150 W
Número valores anómalos:	1 Au
Intervalo valores anómalos:	Au 2,160 p.p.b.
Valor promedio anomalía:	Au 2,160 p.p.b.
Contraste Geoquímico:	12.9 Au
Observaciones:	Formada por un solo valor anómalo de moderado contraste geoquímico pero apoyada por los valores de alrededor en rango de threshold; queda abierta hacia el suroeste y está asociada a una zona con mayor contenido de Au dentro de la estructura en el área de La Media Luna.

En general, el comportamiento geoquímico en el área de los elementos ensayados fue muy similar.

El hecho de que las anomalías detectadas estén definidas por una sola muestra y restringidas a la estructura mineral confirma el resultado de la orientación geoquímica en el sentido de que fuera del cuerpo es mínima la dispersión y además señala el carácter de la deposición mineral en bolsas muy bien definidas y limitadas por la drástica disminución del rango de valores de Ag y Pb.

Por lo que respecta al Au, refleja a la estructura mineral con valores de threshold y esporádicamente se reparten valores erráticos o aislados de hasta 1-2 gr/ton.



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Las rocas expuestas en el área son principalmente riolitas y andesitas intrusionadas por un pórfido diorítico. La edad de estas rocas, por correlación, es de Cretácico Superior a Terciario Inferior-Medio.

2. El área presenta un patrón de fallamiento normal en bloques con rumbo predominante noroeste-sureste.

3. La mineralización en la mina El Güeriguito está asociada a una brecha de falla (brecha tectónica), cuyo origen es producto de un fallamiento inverso.

4. La brecha de falla está constituida por fragmentos de andesita y riolita, cementados con calcita negra y sílice calcedónico.

5. El principal mineral de mena es acantita (Ag_2S) cuyos tamaños son de 70-300um en cristales gruesos, y de 2-0.2um incluídos en cuarzo microcristalino. Contiene tam-

bién cantidades pequeñas de estilotipita y cerargirita, ésta de origen secundario. El oro está presente en pequeñas cantidades.

6. El evento de mineralización está relacionado a la intrusión del pórfido diorítico. Por los minerales de mena y ganga se deduce que el ambiente de depositación fue de baja temperatura y presión.

7. Las alteraciones en el área de la mina no están ampliamente desarrolladas, por lo que están casi restringidas a la brecha de falla, presentando poco halo de alteración en la roca encajonante. Los principales son una silicificación y oxidación moderada a fuerte que decrecen de manera drástica al alejarse de la estructura. Existe una cloritización en las andesitas débil a moderada.

8. Geoquímicamente, y deducido por correlación genética, los elementos Au, Pb y Ag son lo que mejor señalan la estructura.

9. Los elementos estudiados presentan halos de dispersión poco amplios y con valores dentro de la estructura muy restringidos.

10. Lo anterior nos lleva a pensar que la mineralización no va más allá de la estructura de brecha de falla, y

además, por las diferencias tan marcadas entre muestras dentro de la zona mineralizada, los minerales económicos están localizados en bolsadas muy bien definidas.

Recomendaciones

1. Continuar el estudio de geoquímica de rocas hacia la parte noroeste del área, para investigar si existe mineralización que no sea detectada con geología a detalle.

2. Hacer un estudio de geofísica (magnetometría) hacia el noroeste, para detectar la continuación de la brecha de falla.

3. Delimitar con muestreo de superficie y barrenación a diamante las zonas de bolsadas para conocer en realidad el potencial del yacimiento.

4. Hacer un reconocimiento regional más detallado para localizar posibles zonas de mineralización semejantes para aumentar el potencial en el área.



EL SABER DE
PARA MI GR
Biblioteca de l
Depto. Ge
BIBLIOT

X. BIBLIOGRAFIA

- Bateman A.M. 1968. Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España.
- Cendejas F., Bárcenas A. 1976, Evaluación Geológica del Pórfido Cuprífero del Transvaal, Municipio de Cumpas, Son. Tesis Profesional, ESIA, Instituto Politécnico Nacional.
- Clark K.F., Foster C., Damón P. 1979. Cenozoic Mineral Deposit and Subduction-Related Magmatic Arcs in Mexico. Symposium on "Subduction of Oceanic Plates".
- El-Bouseily A.M., Ghoneim M.F., Arslan A.I. 1987. Primary Dispersion and Relative Mobility of Elements in the Mineralized Zone of the El Sid Gold Mine, Eastern Desert, Egypt. Vol. 82. Economic Geology.
- Gastil R.G. and Krummenacher D. 1978. La Historia Tectónica de la Península de Baja California y Zona Adyacente de México. Geological Sciences Department. San Diego State University.
- Hawkes H.E., Webb J.S. 1962. Geochemistry in Mineral Exploration. Harper and Row. New York, N.Y.
- Hausen D.M., Hill D.L., Gorke A. 1986. Preliminary Metallurgical and Mineralogical Evaluation of a Silver Bearing Ore from the El Güeriguito Prospect, Sonora, México. Newmont Exploration Limited. Danbury, Ct., U.S.A.
- Heinrich E.W. 1960. Petrografía Microscópica. Omega. Barcelona, España.
- I.N.E.G.I. 1984. Geología de la República Mexicana. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F.
- Islas L.J. 1976. Geoquímica de Exploración. Apuntes. Departamento de Geología. UNI-SON. Hermosillo, Sonora.
- Lepeltier C 1969. A Simplified Statistical Treatment of Geochemical Data by Graphical Representation. Vol. 64. Economic Geology.
- López R.E. 1979. Geología de México. Tomo II, México, D.F.
- Nofrietta D. Sin fecha. Métodos de Muestreo Geoquímico y su Interpretación. Industrial Minera México, S.A. San

Luis Potosí, S.L.P.

- Raizis E. 1964. Landsforms of Mexico (Map). Ed. 2 Office of Naval Research.
- Rengin C. 1978. Consideraciones sobre la Evolución Geológica de la Parte Septentrional del Estado de Sonora. Libreto Guía del Primer Simposio sobre la Geología y Potencial Minero del Estado de Sonora. Instituto de Geología. UNAM.
- Roldán Q.J. Sin fecha. Brief Description of the Mineral Deposit in the Northern Part of Sonora, México. Instituto de Geología, UNAM. Estación Regional del Noroeste. Hermosillo, Sonora, México.
- Roldán Q.J. 1979. Geología y Yacimientos Minerales del Distrito de San Felipe, Sonora, UNAM. Instituto de Geología, Revista. Vol. 3.
- Rosas S.A. 1985. Geología, Tectónica y Relaciones de la Mineralización con Ambientes Geológicos en el Noroeste de México. Servicios Industriales Peñoles, S.A. de C.V. Hermosillo, Sonora.
- Salas, P.G. 1975. Carta y Provincias Metalogenéticas de la República Mexicana. Publicación 21 E, Consejo de Recursos Minerales.
- Sánchez R. 1987, Informe Geológico Final, Prospecto El Güeriguito, SIPSA de C.V. Hermosillo, Sonora.
- Scherkenbach D., Sawkins F., and Seyfried W. Jr. 1985. Geologic, Fluid Inclusion and Geochemical Studies of the Mineralized Breccias at Cumobabi, Sonora, México. Economic Geology Vol. 80.
- Sharpley F.J. 1972. Exploration Report. Cruz de Mayo Silver Area, Los Hoyos, Sonora, México. Contratista Tormex, S.A. México, D.F.
- Sillitoe R.H. 1985. Ore-Related Breccias in Volcanopltonics Arcs. Economic Geology Vol. 80.
- Silva M.J.R. Sin fecha. Procedimientos para estudiar los halos primario. Servicios Técnicos de Exploración. Industrial Minera México, S.A. San Luis Potosí, S.L.P.



EL SABER DE MIS NIJOS
HAY MI GRANDEZA
Instituto de Ingeniería
Departamento de Geología
BIBLIOTECA



EL SABER DE NUESTROS
HABER MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

TABLAS Y GRAFICAS DE GEOQUIMICA

CUADRO RESUMEN DE PARAMETROS

	N	M	m	R	int log	b	tg	tc	s	s'	s''
Au	29	326	36	9.055	0.0956	98.94	355	364.86	0.2833	1.9203	0.2864
Ag	25	11	1	11	0.1041	2.85	8.5	8.66	0.2415	1.743	8.474
Pb	27	243	18	13.5	0.11303	108.5	313	325.9	0.237	1.729	0.218
Hg	28	66	11	6	0.0778	22.8	62.5	63.0	0.220	1.662	0.968
Zn	28	856	95	9.0105	0.0954	245	910	940.4	0.292	1.959	0.1192
Mn	28	1300	163	7.975	0.0901	550	1130	1149.1	0.16	1.445	0.029
Te											
Sb	29	23	7	3.285	0.0516	13.95	24.6	25.20	0.1284	1.3440	0.9205

N = Poblacion muestreada

M = Mayor valor en partes por millón

m = Menor valor en p.p.m. Au, Hg= ppb

R = Rango Ag, Pb, Zn, Mn, Sb= ppm

int log = Intervalo logaritmico

b = back ground

tg = treshold gráfico

tc = treshold calculado

s = desviación standard

s' = desviación geometrica

s'' = desviación relativo

UNIVERSIDAD DE SONORA
 ESCUELA DE GEOLOGIA
 AREA EL GUERIGUITO

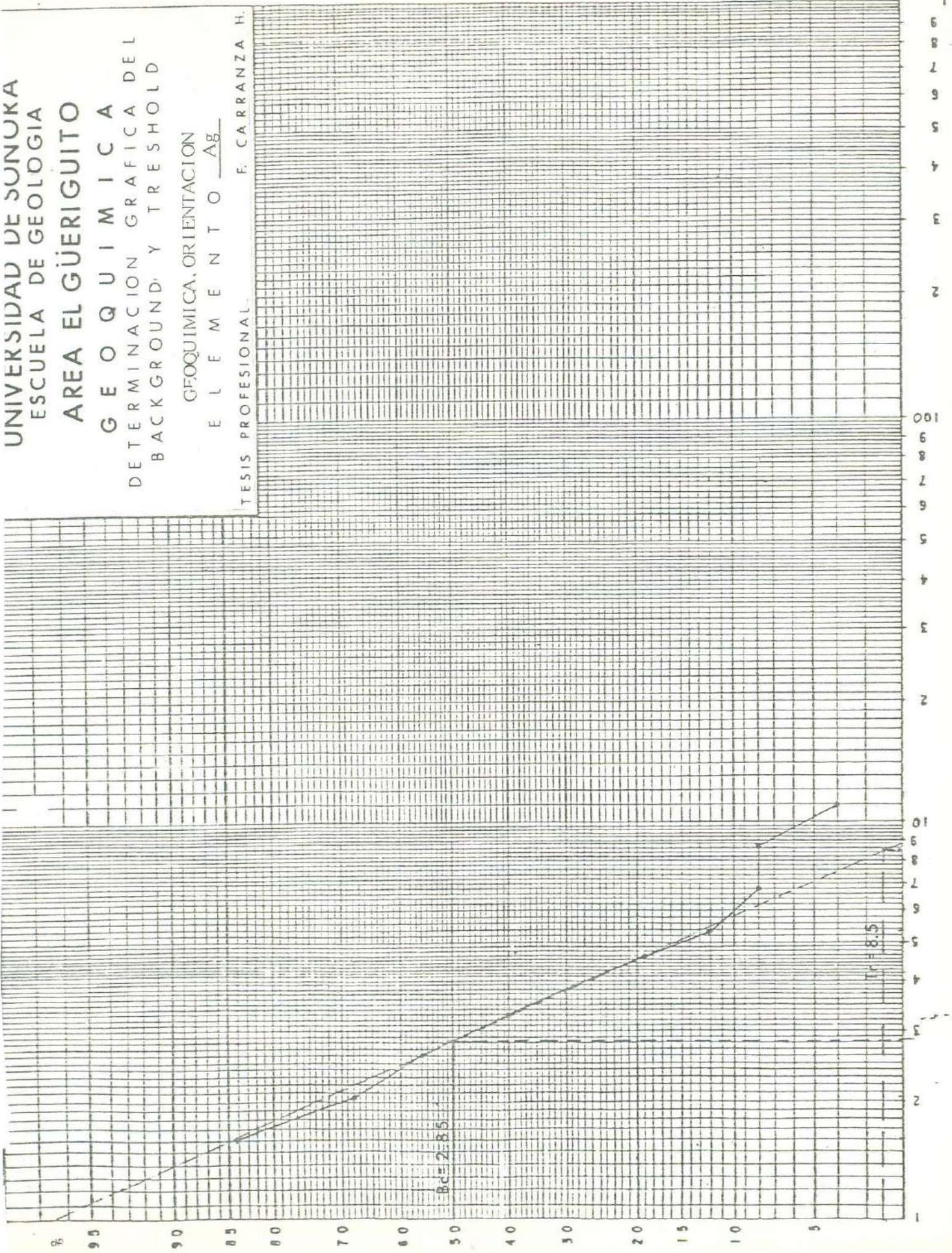
GEOQUIMICA
 DETERMINACION GRAFICA DEL
 BACKGROUND Y TRESHOLD

GEOQUIMICA, ORIENTACION

ELEMENTO Ag

TESIS PROFESIONAL

F. CARRANZA H.



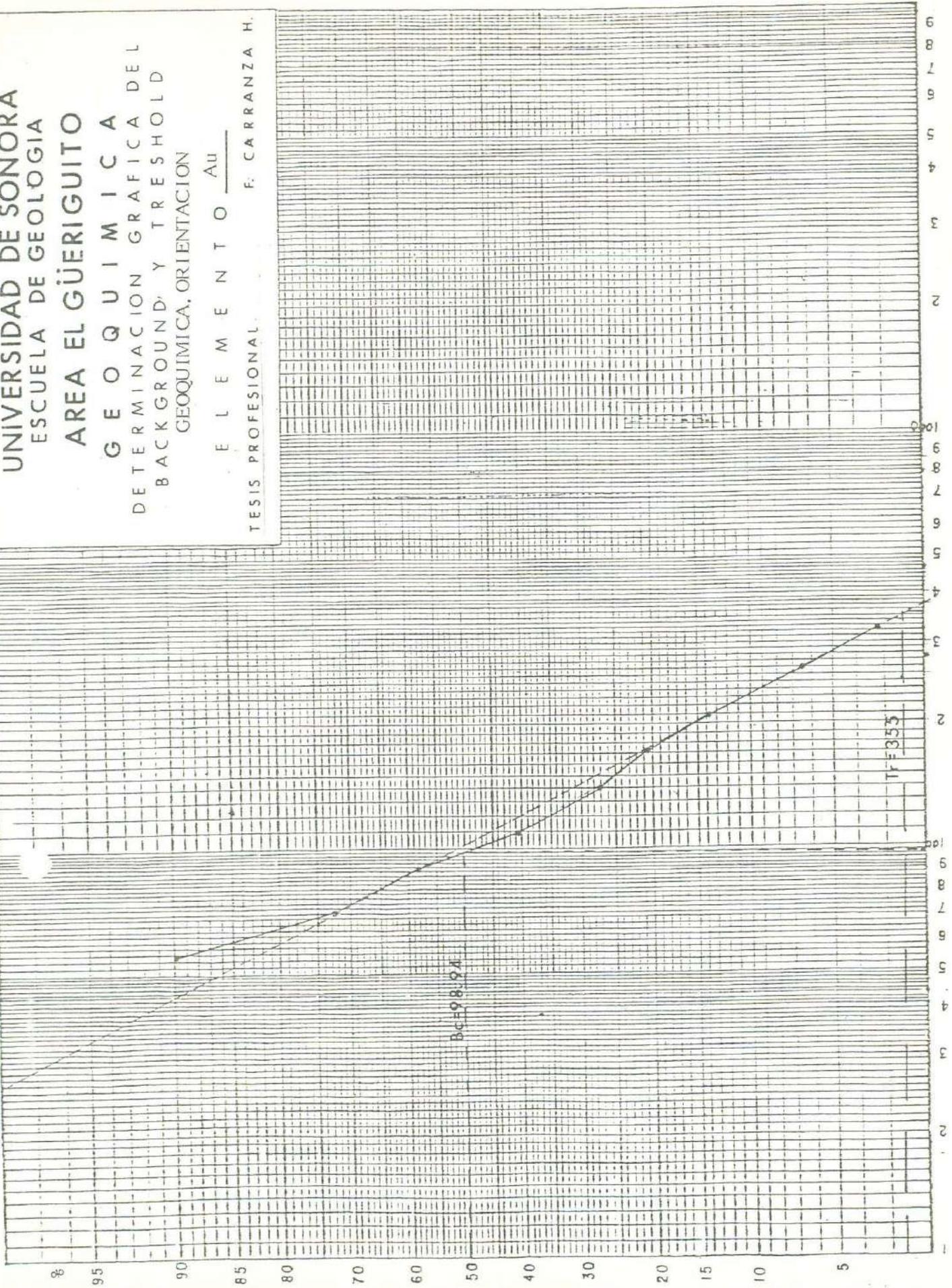
UNIVERSIDAD DE SONORA
ESCUELA DE GEOLOGIA
AREA EL GÜERIGUITO

GEOQUIMICA
DETERMINACION GRAFICA DEL
BACKGROUND Y TRESHOLD
GEOQUIMICA, ORIENTACION

E L E M E N T O Au

TESIS PROFESIONAL

F. CARRANZA H.



UNIVERSIDAD DE SONORA
ESCUELA DE GEOLOGIA
AREA EL GÜERIGUITO

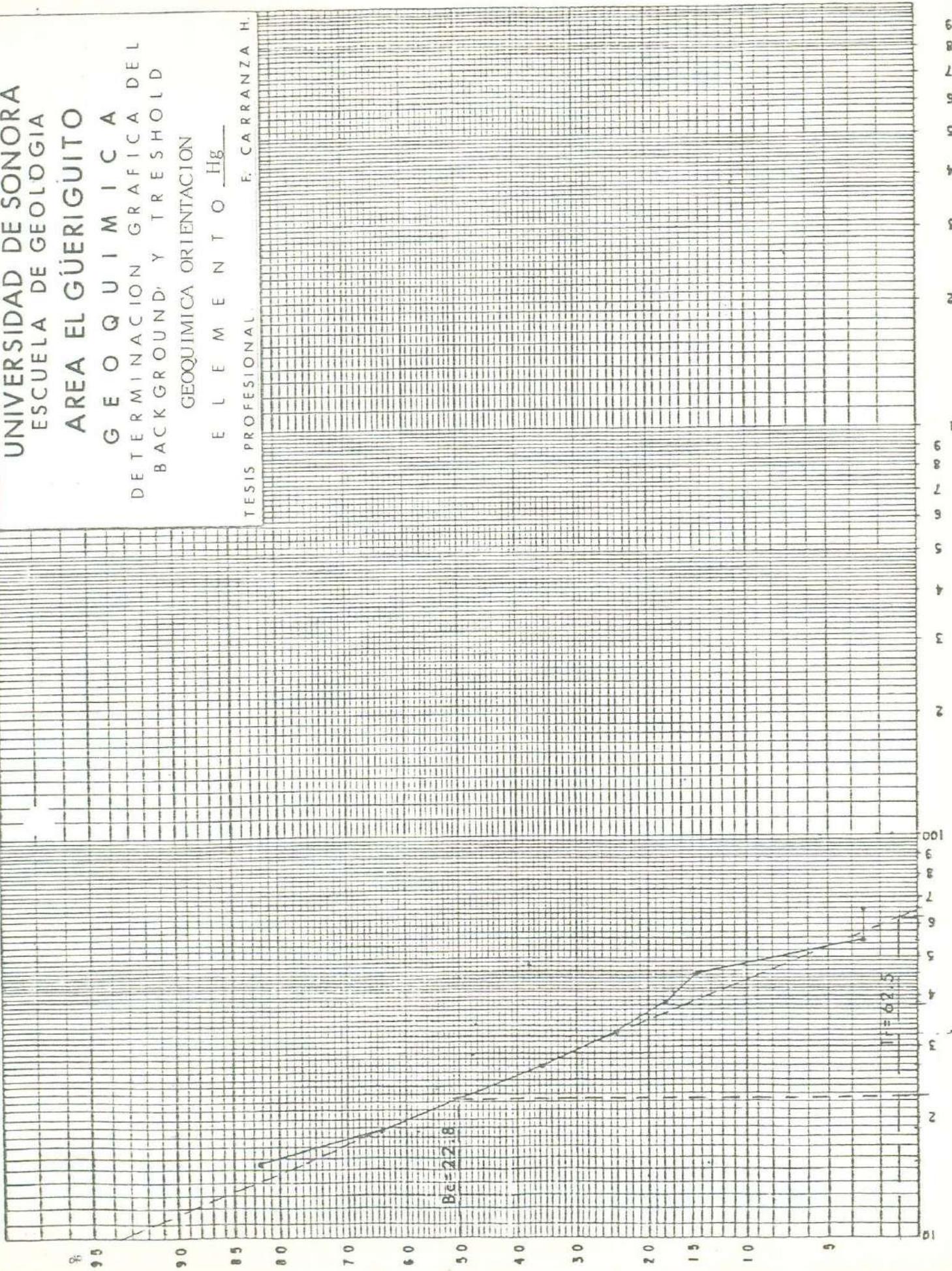
GEOQUIMICA
DETERMINACION GRAFICA DEL
BACKGROUND Y TRESHOLD

GEOQUIMICA ORIENTACION

ELEMENTO Hg

TESIS PROFESIONAL

F. CARRANZA H.



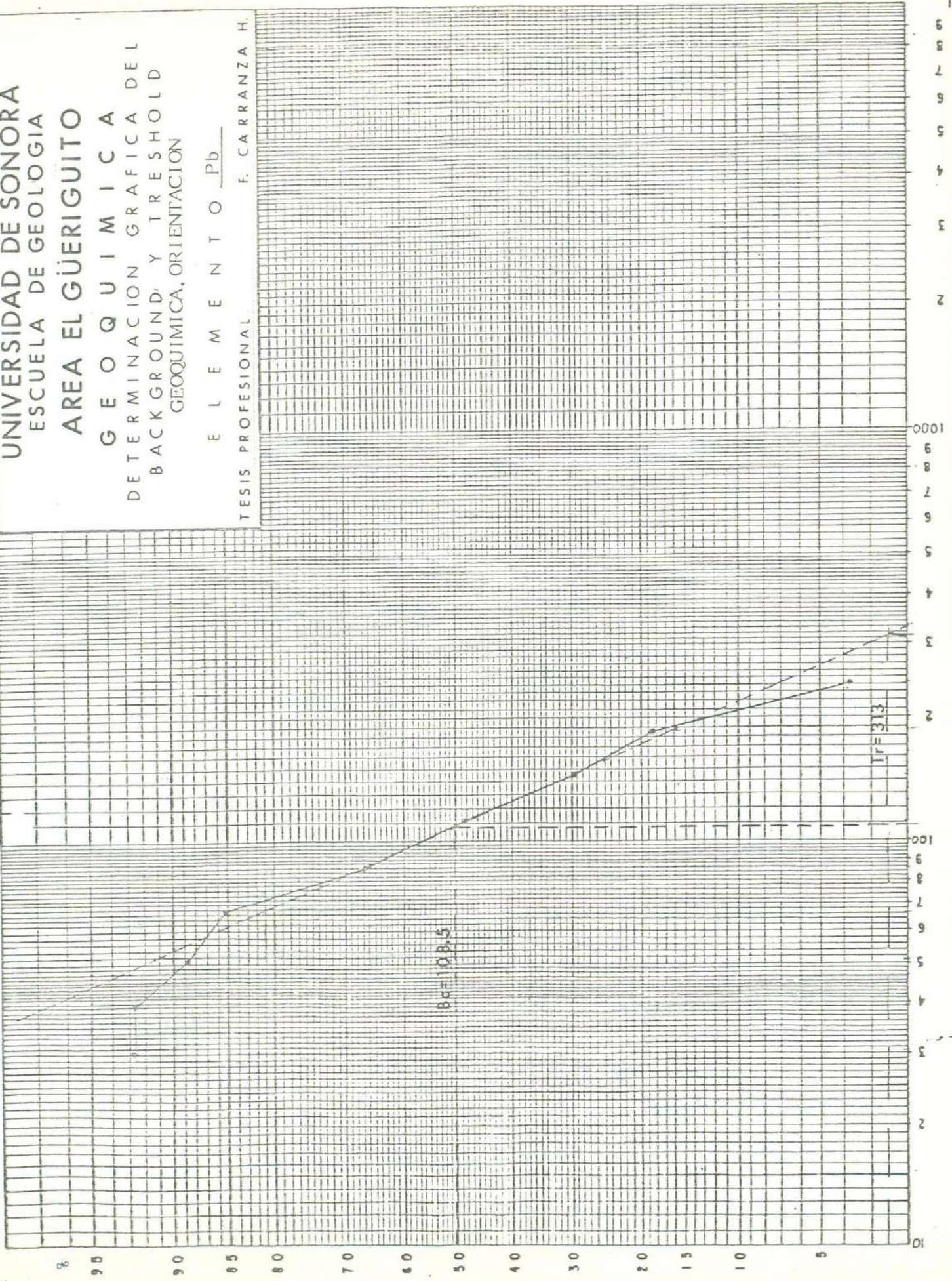
UNIVERSIDAD DE SONORA
 ESCUELA DE GEOLOGIA
 AREA EL GÜERIGUITO

GEOQUIMICA
 DETERMINACION GRAFICA DEL
 BACKGROUND Y TRESHOLD
 GEOQUIMICA, ORIENTACION

E L E M E N T O Pb

TESIS PROFESIONAL

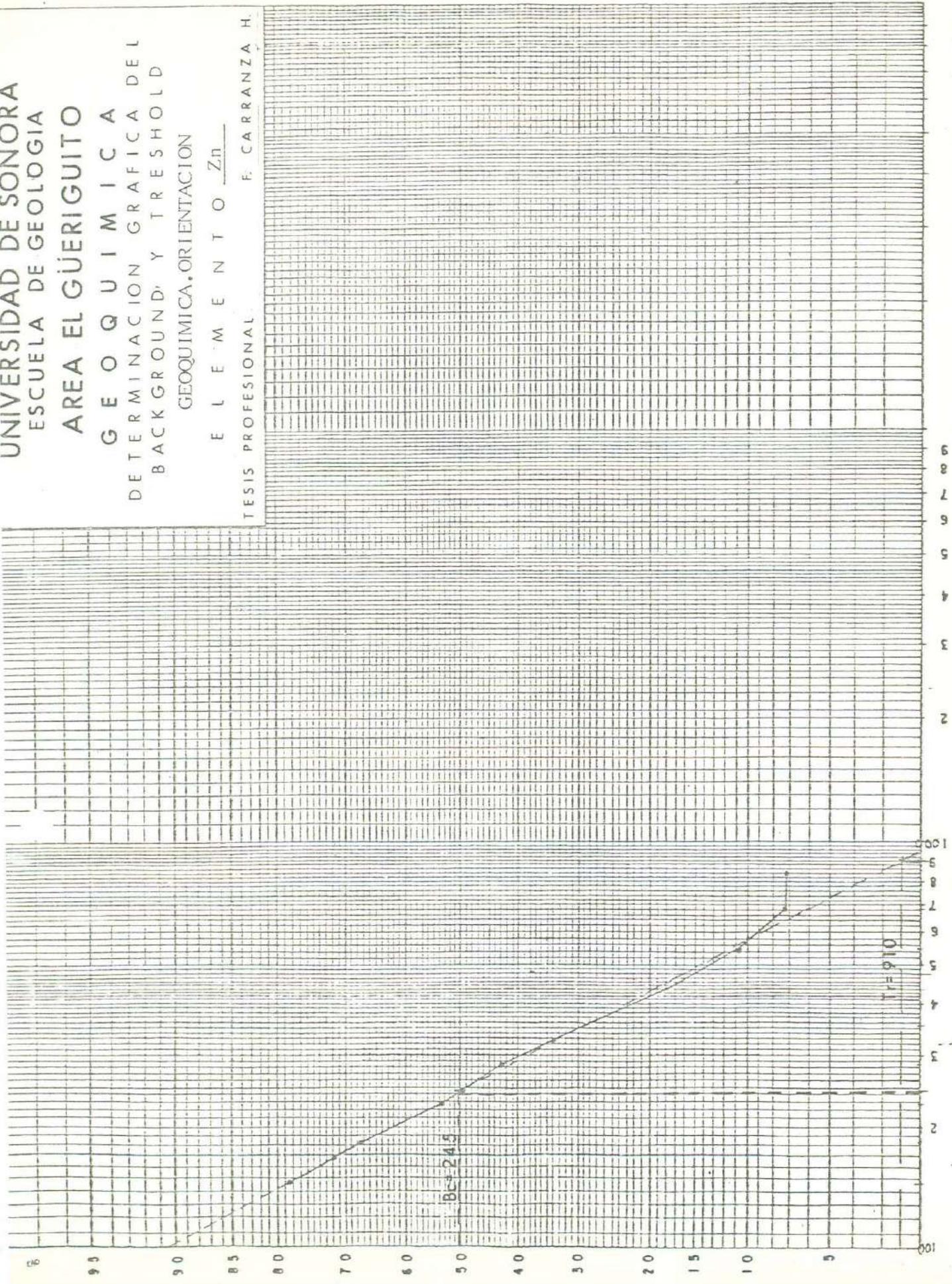
F. CARRANZA H.



UNIVERSIDAD DE SONORA
 ESCUELA DE GEOLOGIA
 AREA EL GUERIGUITO

GEOQUIMICA
 DETERMINACION GRAFICA DEL
 BACKGROUND Y TRESHOLD
 GEOQUIMICA, ORIENTACION

ELEMENTO Zn
 TESIS PROFESIONAL F. CARRANZA H.



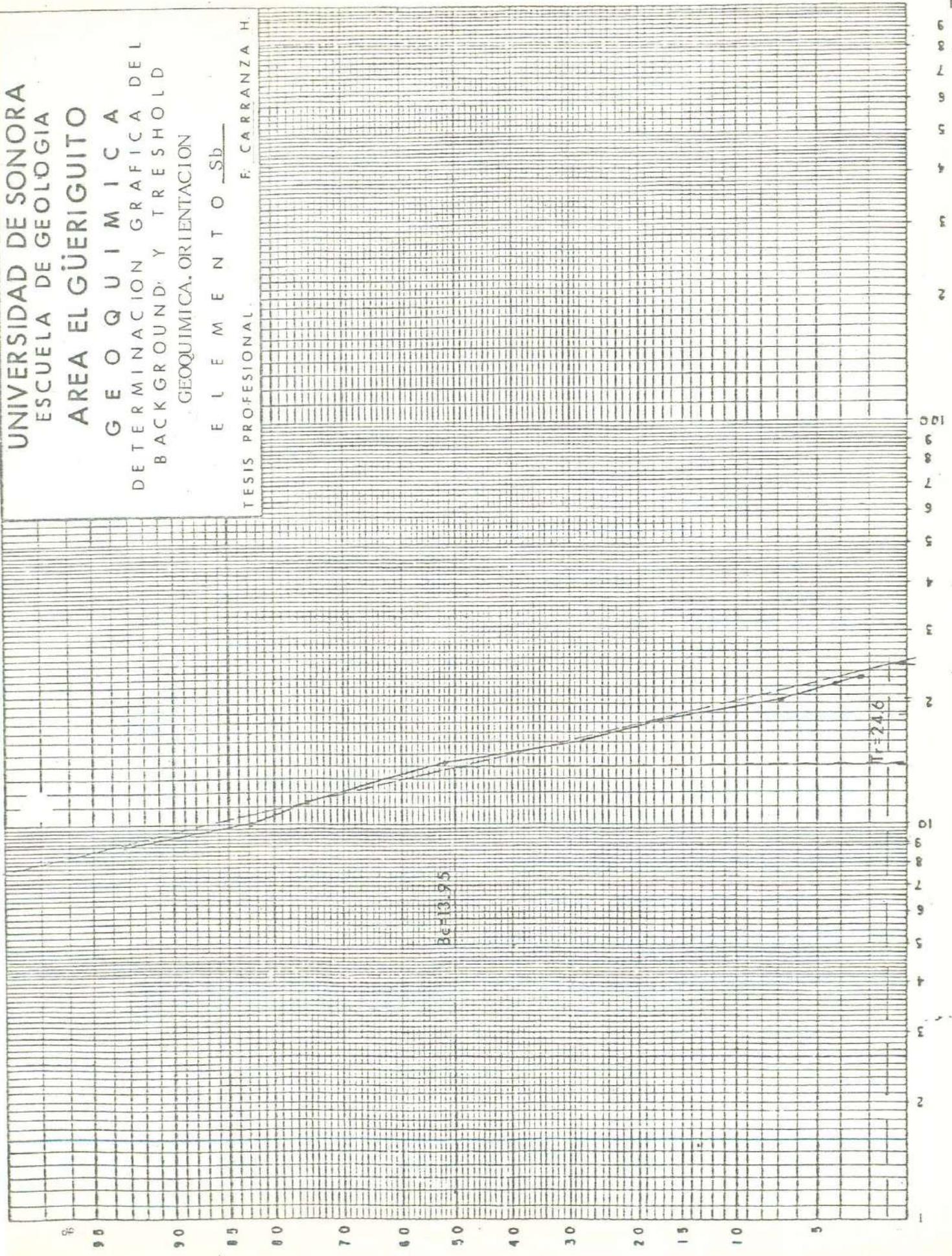
p.p.m.

1
9
8
7
6
5
4
3
2
1
9
8
7
6
5
4
3
2
1

UNIVERSIDAD DE SONORA
ESCUELA DE GEOLOGIA
AREA EL GÜERIGUITO

GEOQUIMICA
DETERMINACION GRAFICA DEL
BACKGROUND Y TRESHOLD
GEOQUIMICA. ORIENTACION

E L E M E N T O Sb
TESIS PROFESIONAL F. CARRANZA H.



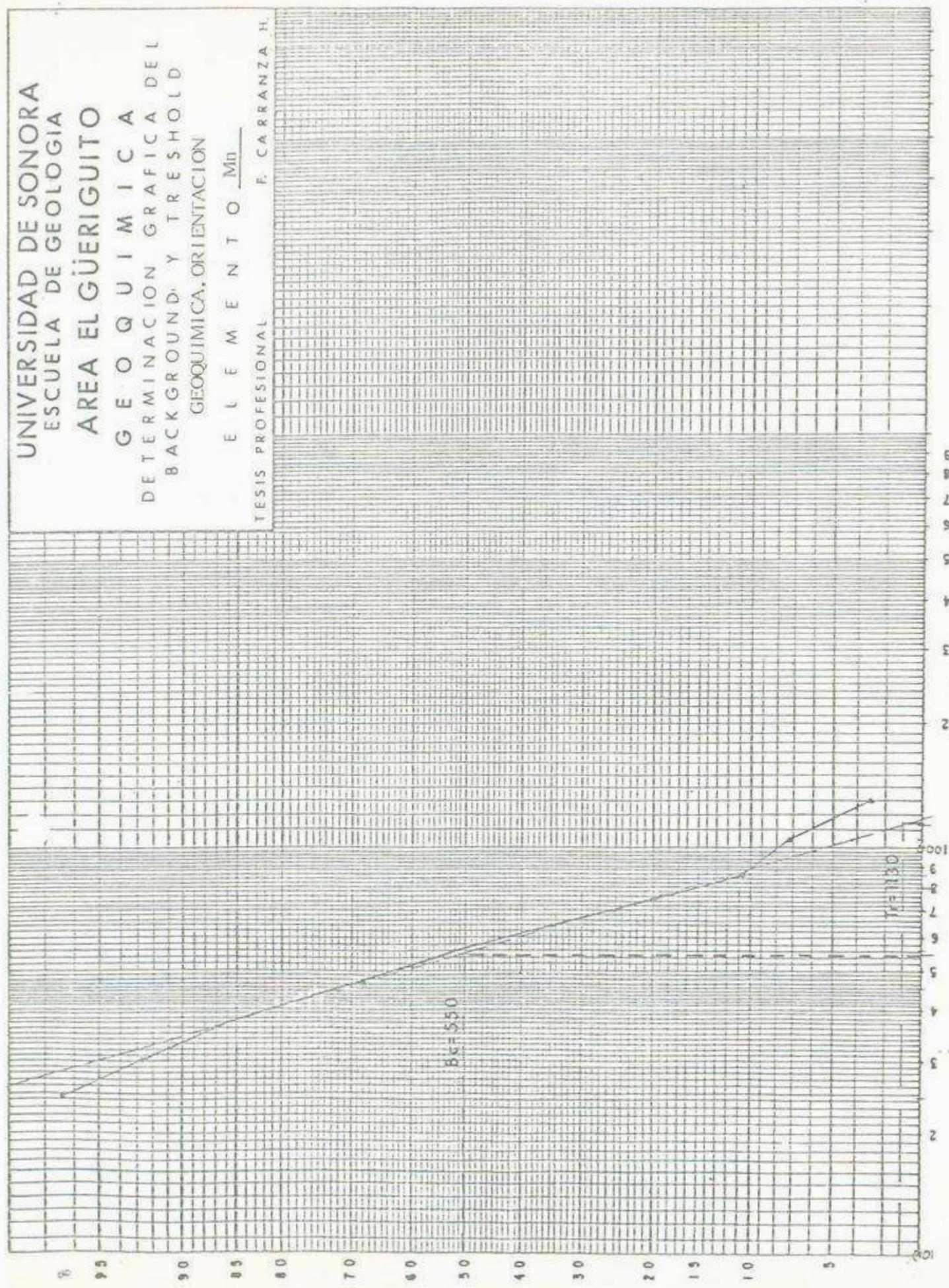
UNIVERSIDAD DE SONORA
ESCUELA DE GEOLOGIA
AREA EL GÜERIGUITO

G E O Q U I M I C A
D E T E R M I N A C I O N G R A F I C A D E L
B A C K G R O U N D Y T R E S H O L D
G E O Q U I M I C A . O R I E N T A C I O N

E L E M E N T O M i n

TESIS PROFESIONAL

F. CARRANZA H.



ESCUELA DE GEOLOGIA
AREA EL GÜERIGUITO
GEOQUIMICA
DIAGRAMAS DE CORRELACION

TESIS PROFESIONAL

F. CARRANZA H

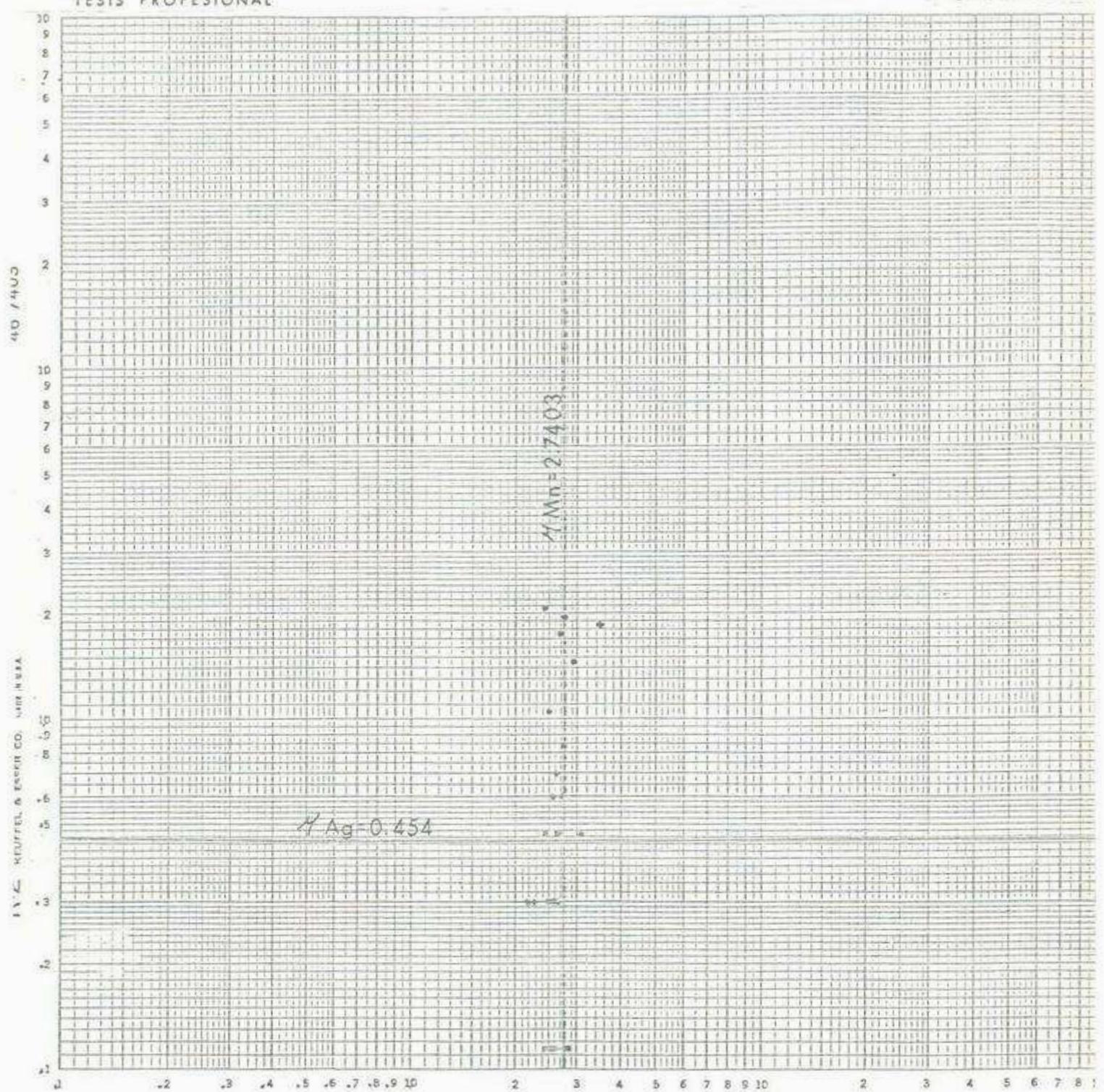


GEOQUIMICA DE CORRELACION Ag VS Au



TESIS PROFESIONAL

F. CARRANZA

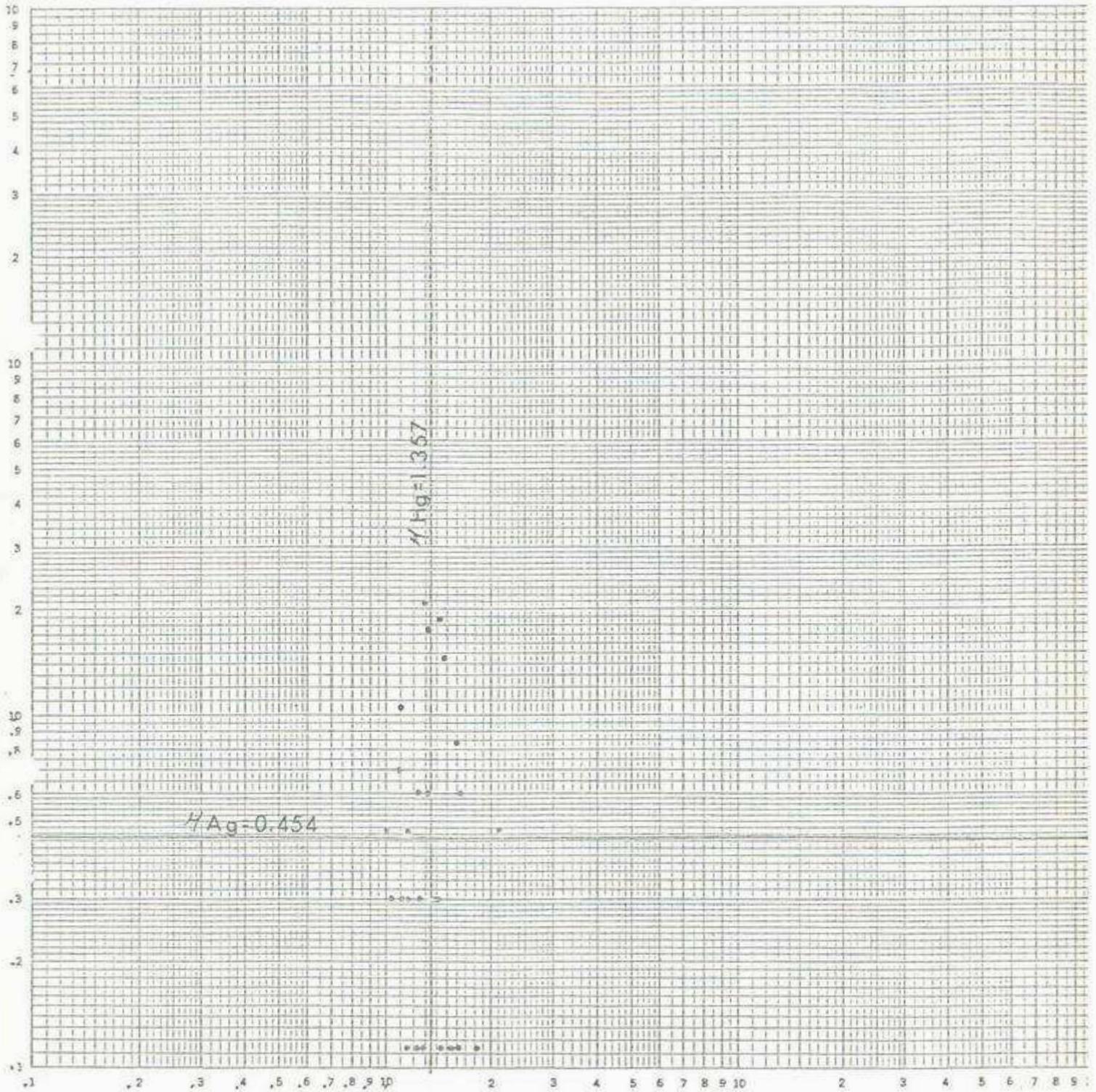


GEOQUIMICA DE CORRELACION Ag VS Mn

ESCUELA DE GEOLOGIA
AREA EL GÜERIGUITO
GEOQUIMICA
DIAGRAMAS DE CORRELACION

TESIS PROFESIONAL

F. CARRANZA H.

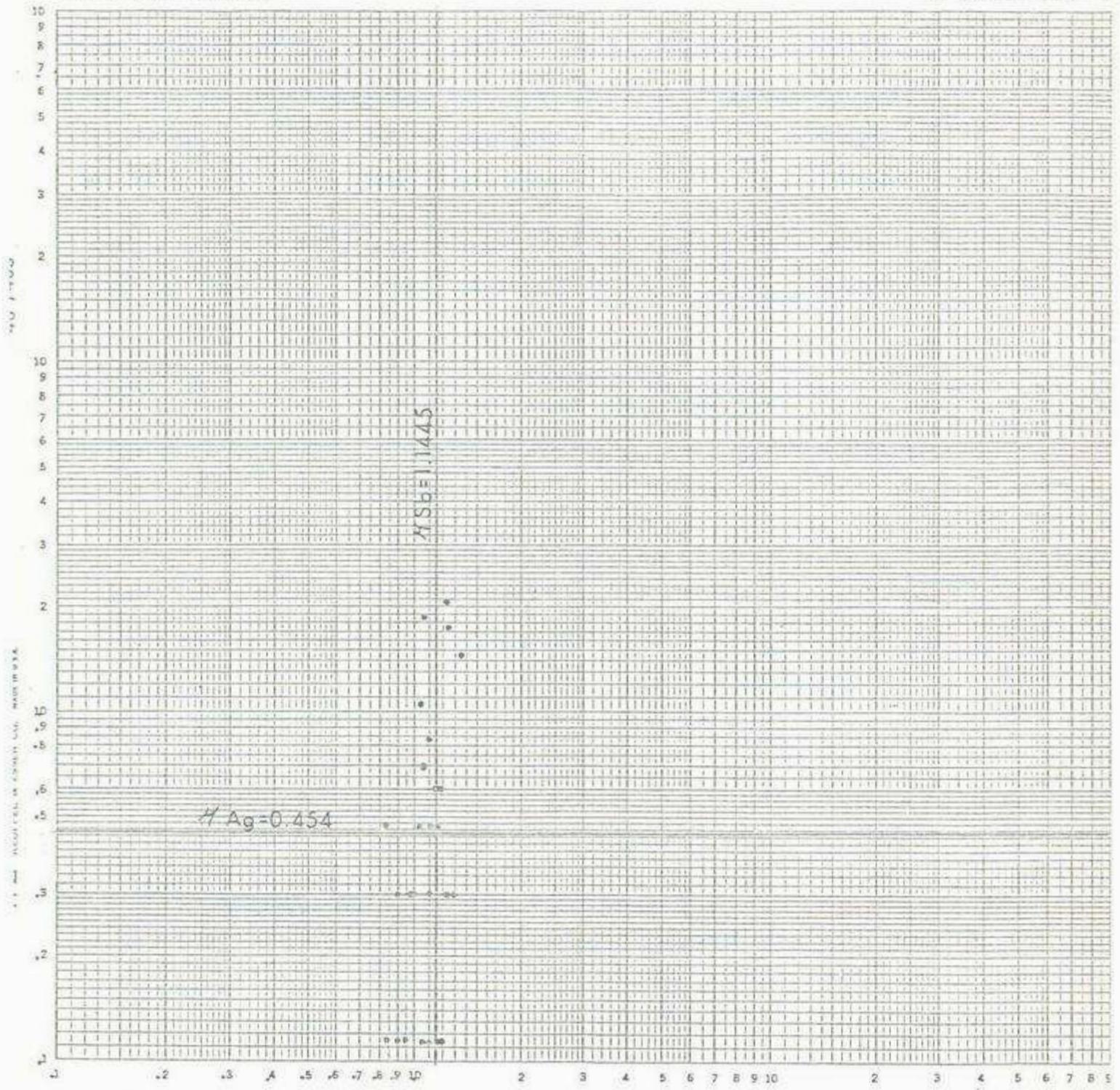


GEOQUIMICA DE CORRELACION Ag VS Hg

ESCUELA DE GEOLOGIA
AREA EL GÜERIGUITO
GEOQUIMICA
DIAGRAMAS DE CORRELACION

TESIS PROFESIONAL

F. CARRANZA H

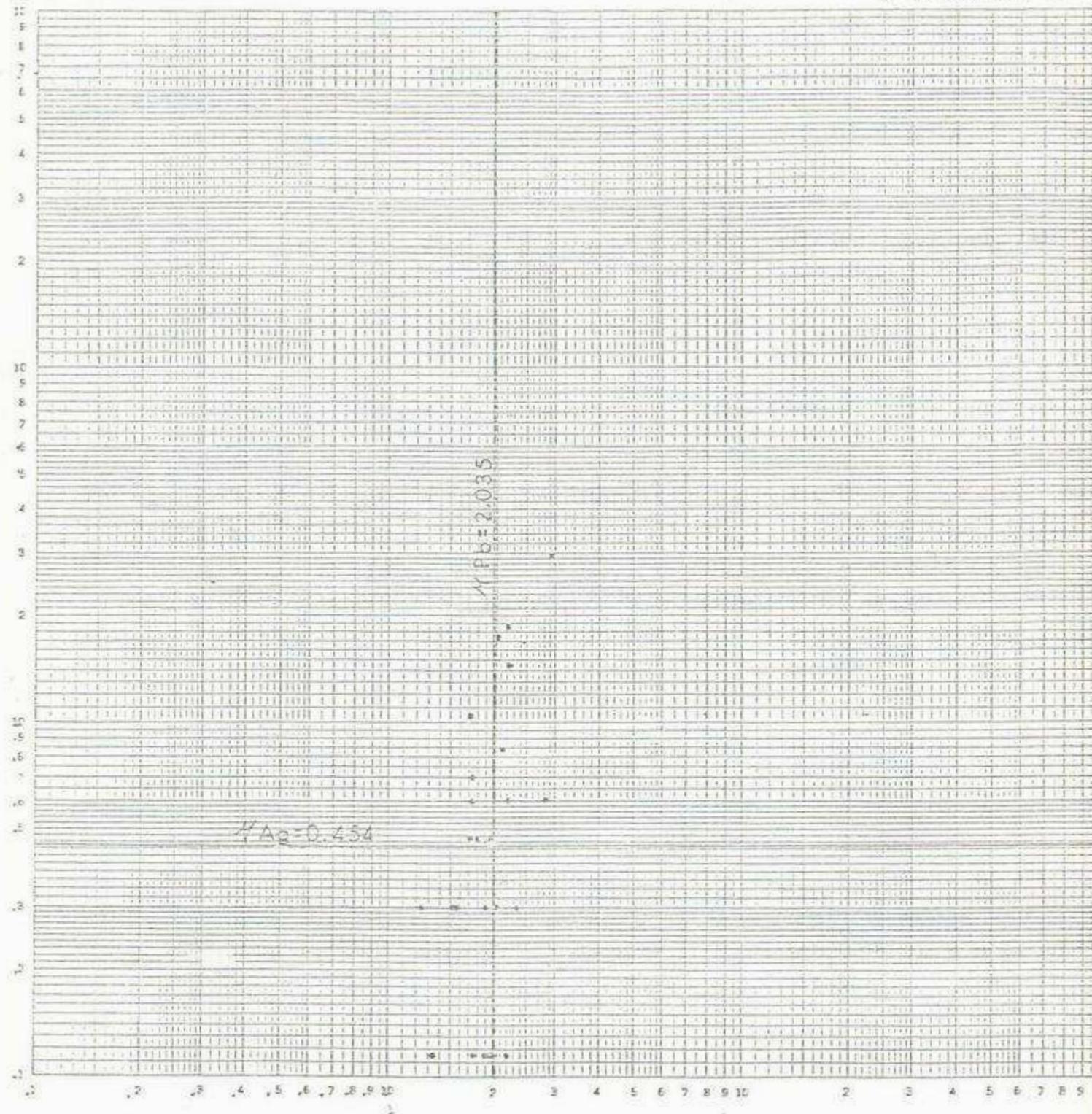


GEOQUIMICA DE CORRELACION Ag VS Sb

ESCUELA DE GEOLOGIA
AREA EL GÜERIGUITO
GEOQUIMICA
DIAGRAMAS DE CORRELACION

TESIS PROFESIONAL

F. CARRANZA H.

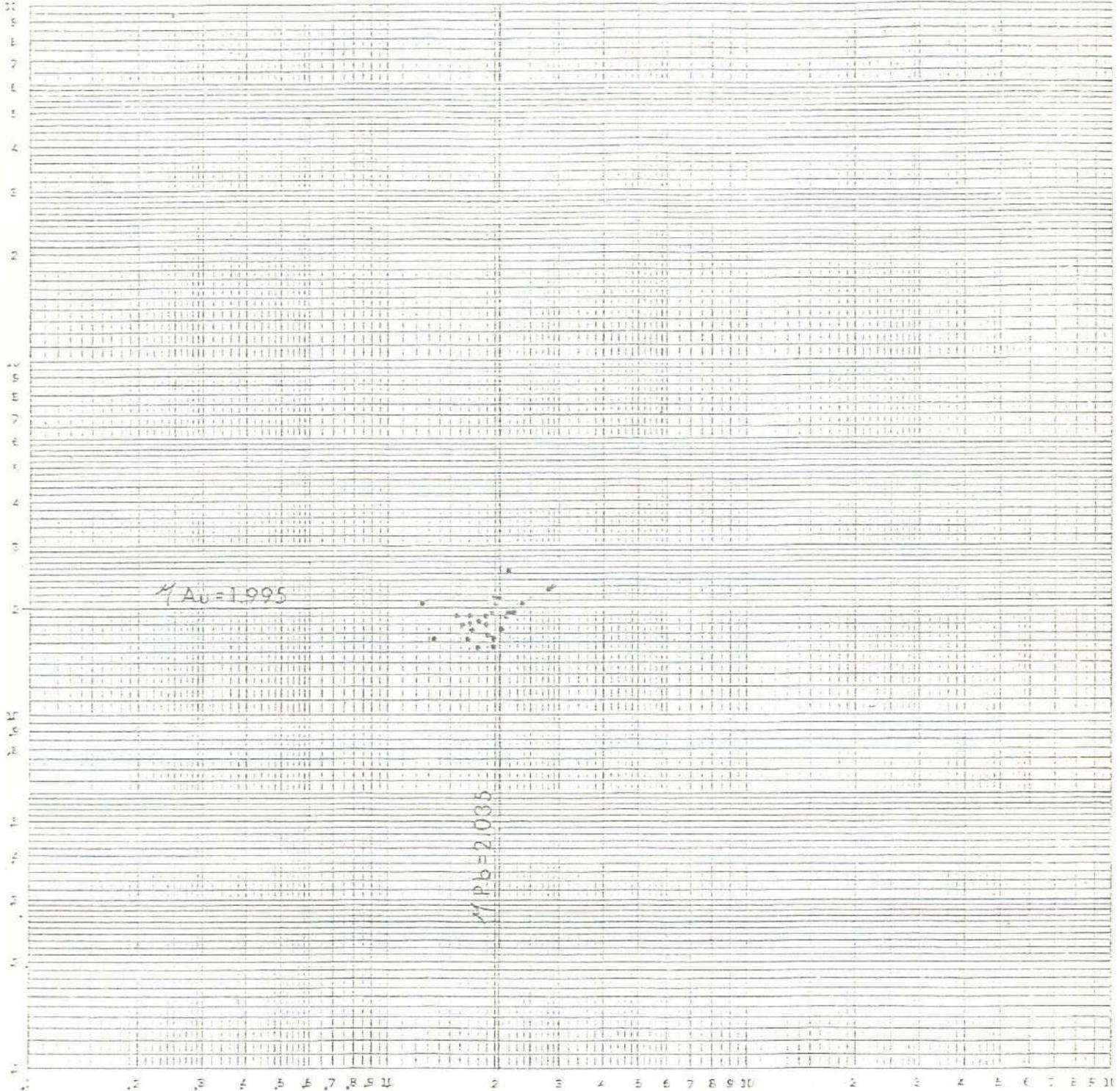


GEOQUIMICA DE CORRELACION Ag VS Pb

ESCUELA DE GEOLOGIA
AREA EL GÜERIGUITO
GEOQUIMICA
DIAGRAMAS DE CORRELACION

TESIS PROFESIONAL

F. CARRANZA H.

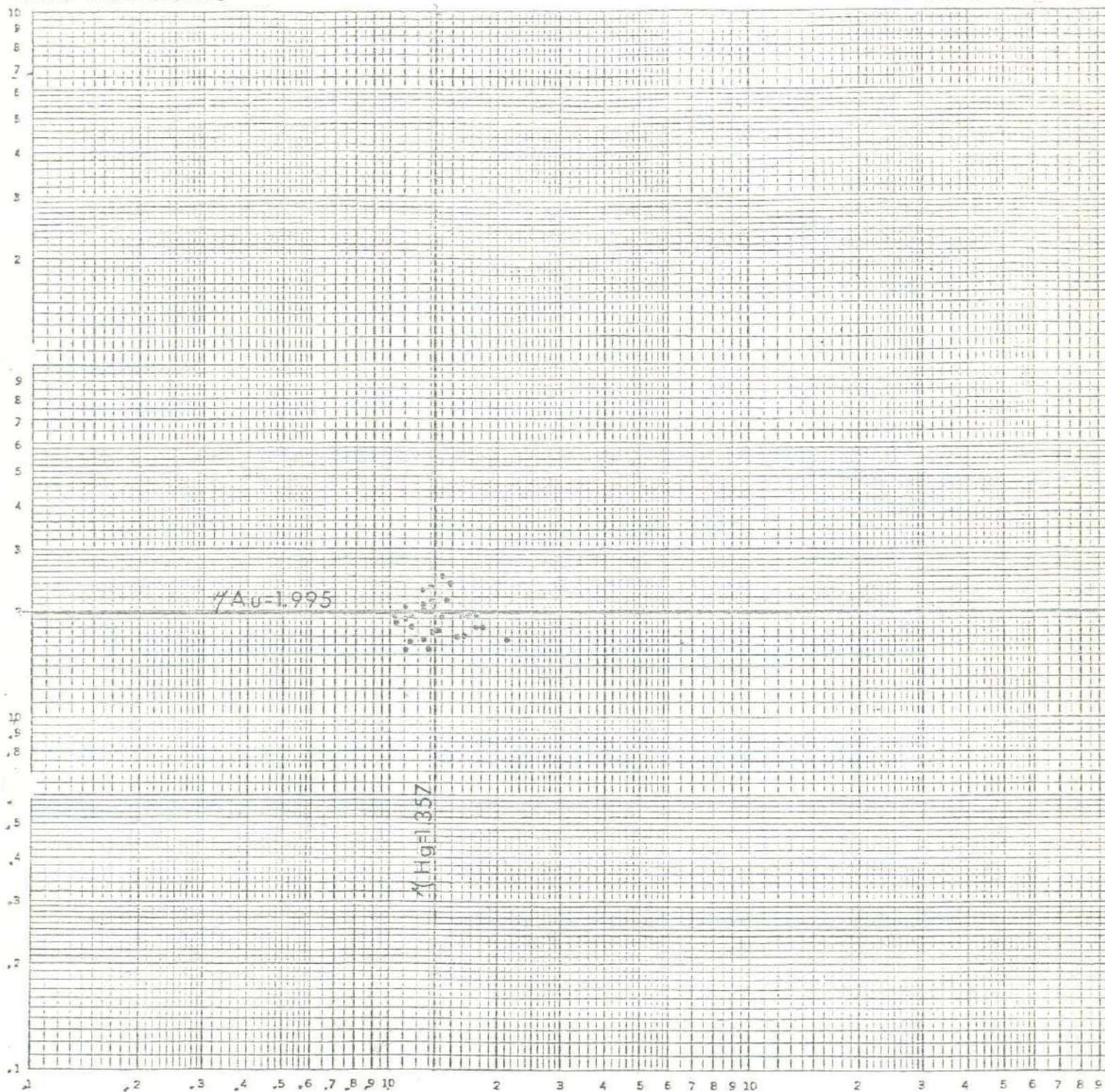


GEOQUIMICA DE CORRELACION Au VS Pb

ESCUELA DE GEOLOGIA
AREA EL GÜERIGUITO
GEOQUIMICA
DIAGRAMAS DE CORRELACION

TESIS PROFESIONAL

F. CARRANZA H.

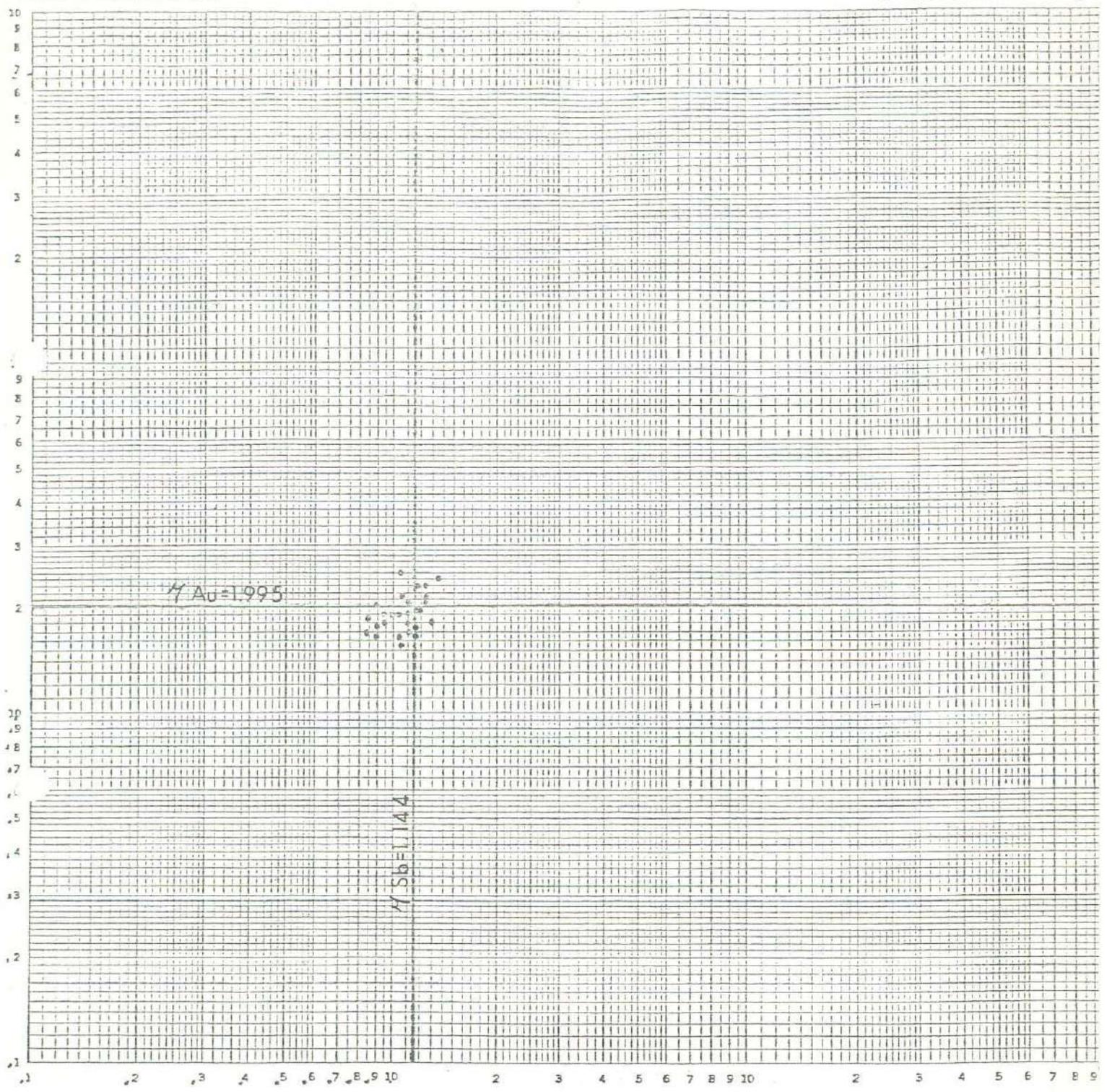


GEOQUIMICA DE CORRELACION Au vs Hg

ESCUELA DE GEOLOGIA
AREA EL GÜERIGUITO
GEOQUIMICA
DIAGRAMAS DE CORRELACION

TESIS PROFESIONAL

F. CARRANZA H.

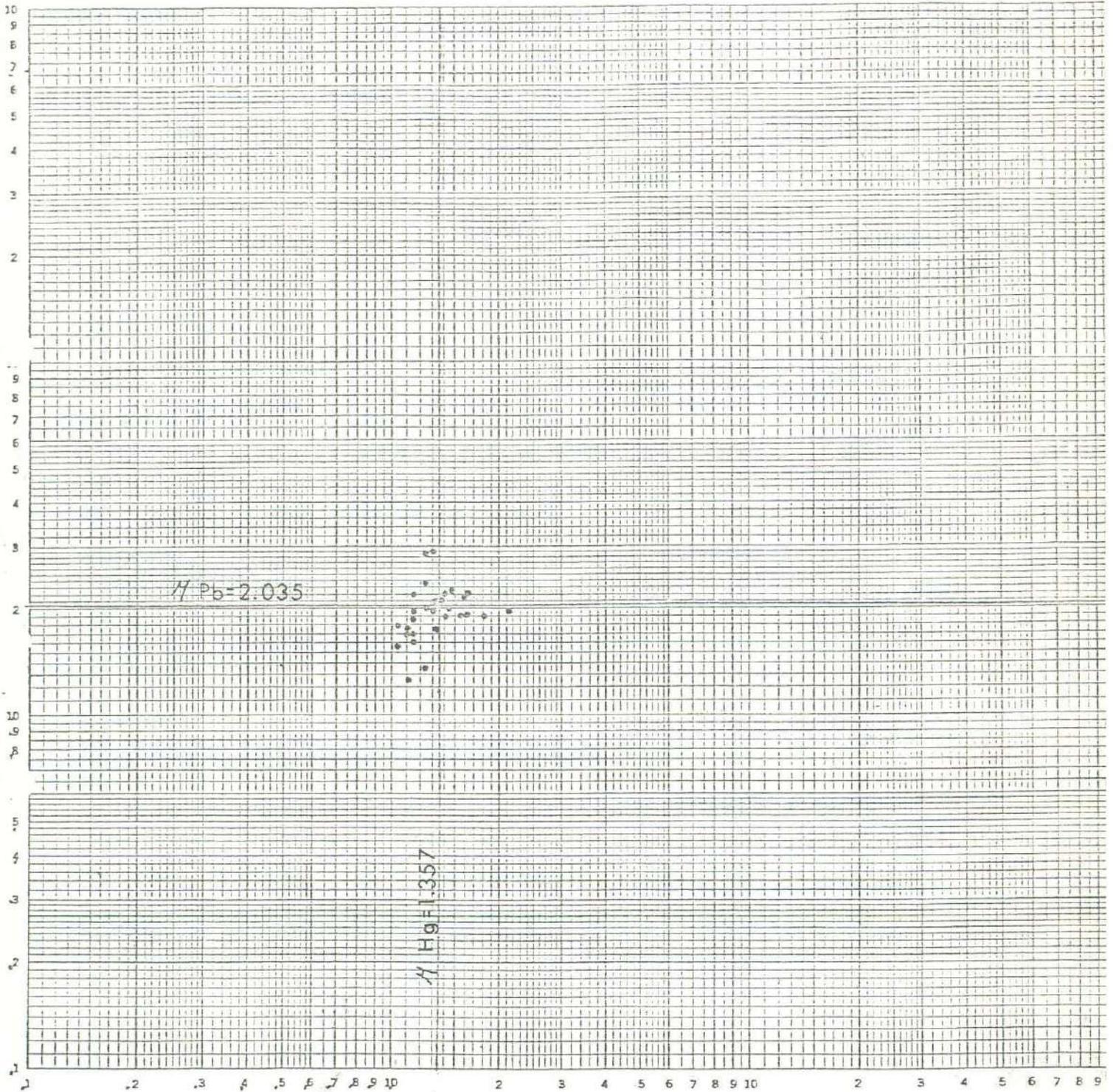


GEOQUIMICA DE CORRELACION Au VS Sb

ESCUELA DE GEOLOGIA
AREA EL GÜERIGUITO
GEOQUIMICA
DIAGRAMAS DE CORRELACION

TESIS PROFESIONAL

F. CARRANZA H.

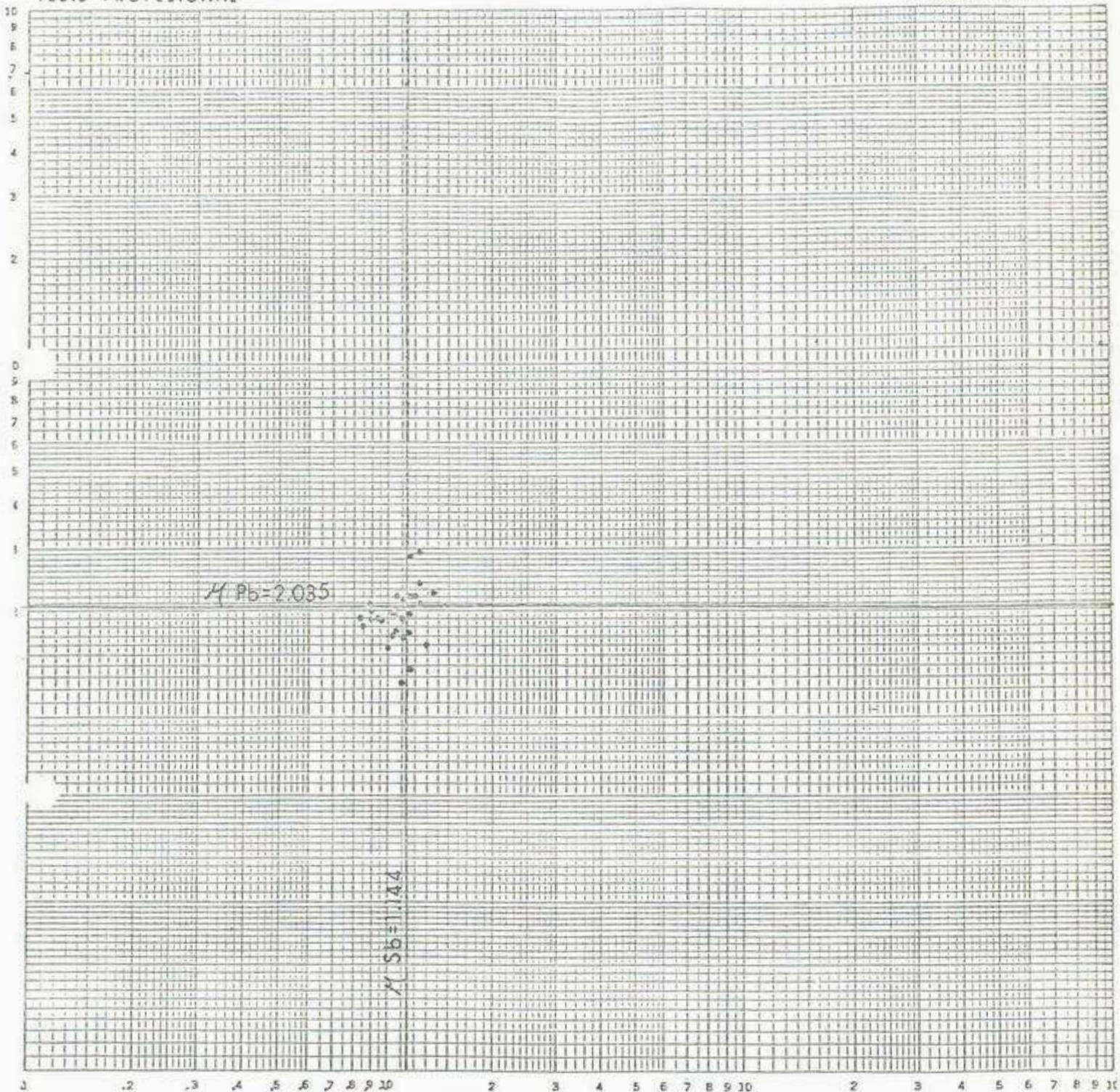


GEOQUIMICA DE CORRELACION Pb VS Hg

ESCUELA DE GEOLOGIA
AREA EL GÜERIGUITO
GEOQUIMICA
DIAGRAMAS DE CORRELACION

TESIS PROFESIONAL

F. CARRANZA H.



GEOQUIMICA DE CORRELACION Pb VS Sb

CUADRO RESUMEN DE PARAMETROS

	N	M	m	R	int log	b	ig	ic	s	s ^I	s ^{II}
Au	131	700	33.3	21.02	0.132265	167	540	538.92	0.254	1.7964	0.1523
Ag	134	55	0.33	166.66	0.201986	3.1	27.4	29.358	0.488	3.077	15.747
Pb	133	460	2.3	200	0.191752	50.7	223	230.05	0.328	2.1301	0.6477
Hg											
Zn											
Mn											
Te											
Sb											

N = Poblacion muestreado

M = Mayor valor en partes por millón

m = Menor valor en p.p.m.

R = Rango

int log = intervalo logaritmico

b = back ground

ig = ireshold gráfico

ic = ireshold calculado

s = desviación standard

s^I = desviación geométrica

s^{II} = desviación relativo

Au= ppb

Ag, Pb= ppm



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

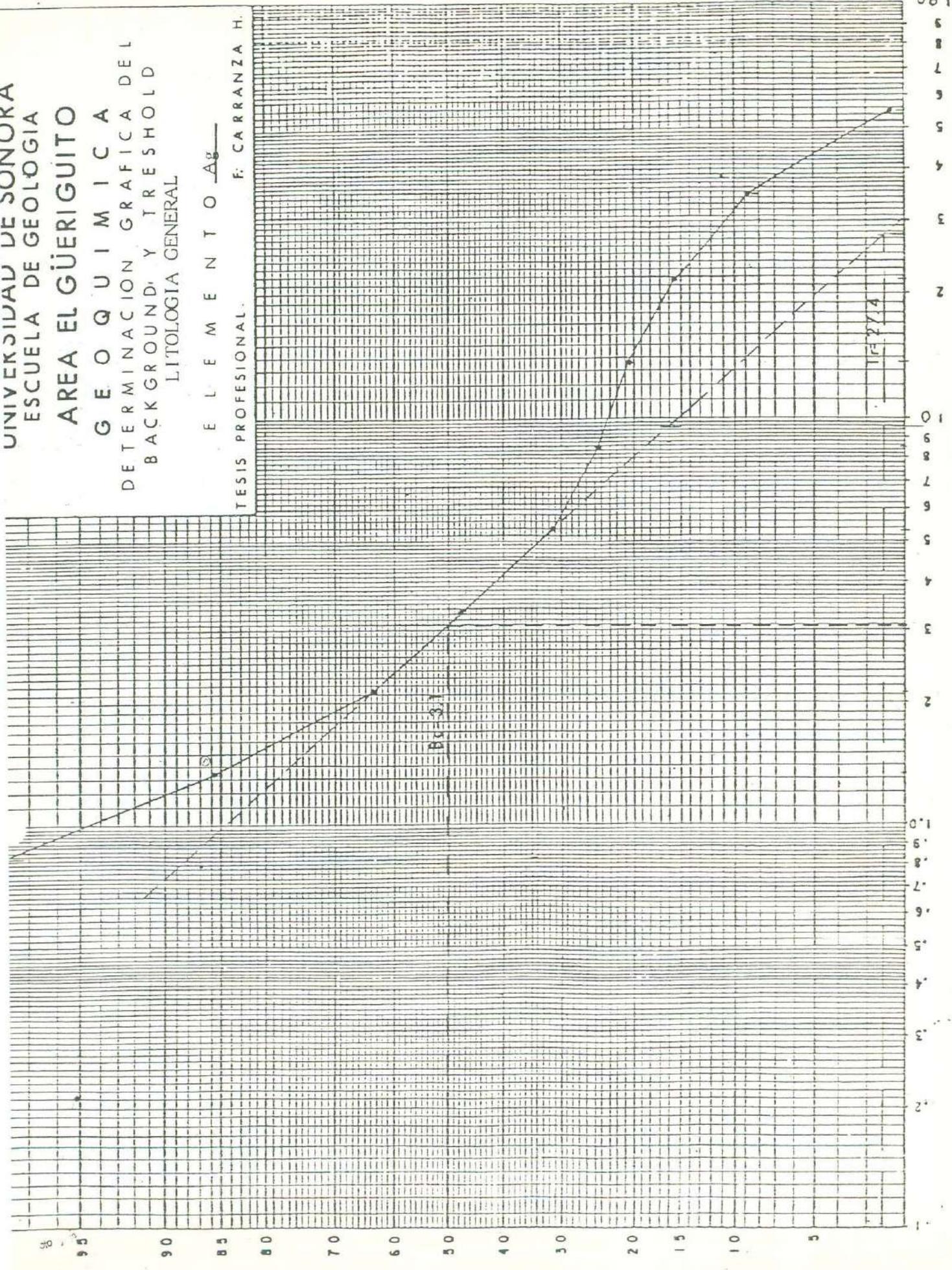
UNIVERSIDAD DE SUNOKA
 ESCUELA DE GEOLOGIA
 AREA EL GÜERIGUITO

GEOQUIMICA
 DETERMINACION GRAFICA DEL
 BACKGROUND Y TRESHOLD
 LITOLOGIA GENERAL

ELEMENTO Ag

TESIS PROFESIONAL.

F. CARRANZA H.

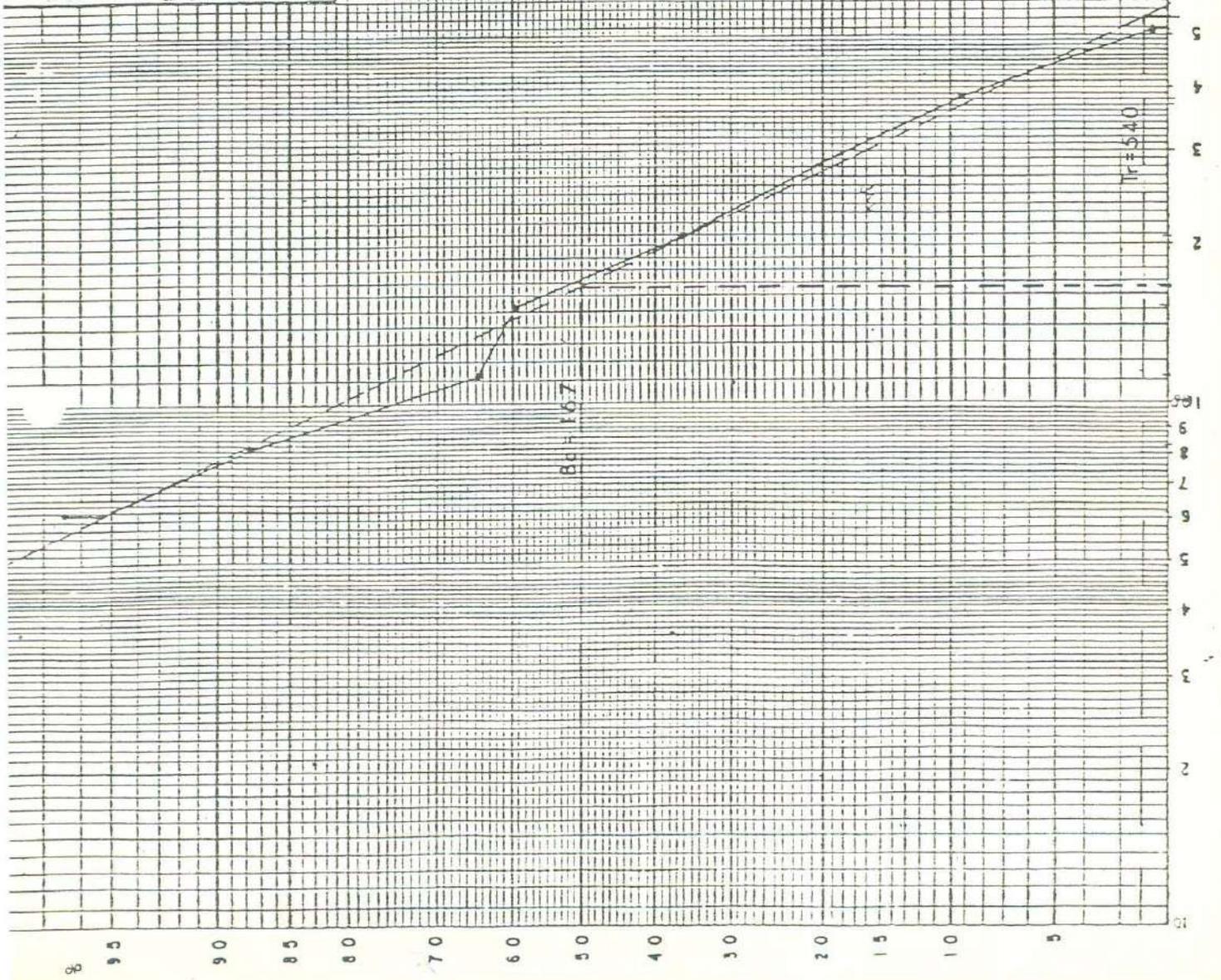


UNIVERSIDAD DE SONORA
 ESCUELA DE GEOLOGIA
 AREA EL GÜERIGUITO

GEOQUIMICA
 DETERMINACION GRAFICA DEL
 BACKGROUND Y THRESHOLD
 LITOLOGIA GENERAL

E L E M E N T O Au

TESIS PROFESIONAL F: CARRANZA H.



1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8
 9
 10

10
 5
 10
 15
 20
 30
 40
 50
 60
 70
 80
 90
 100

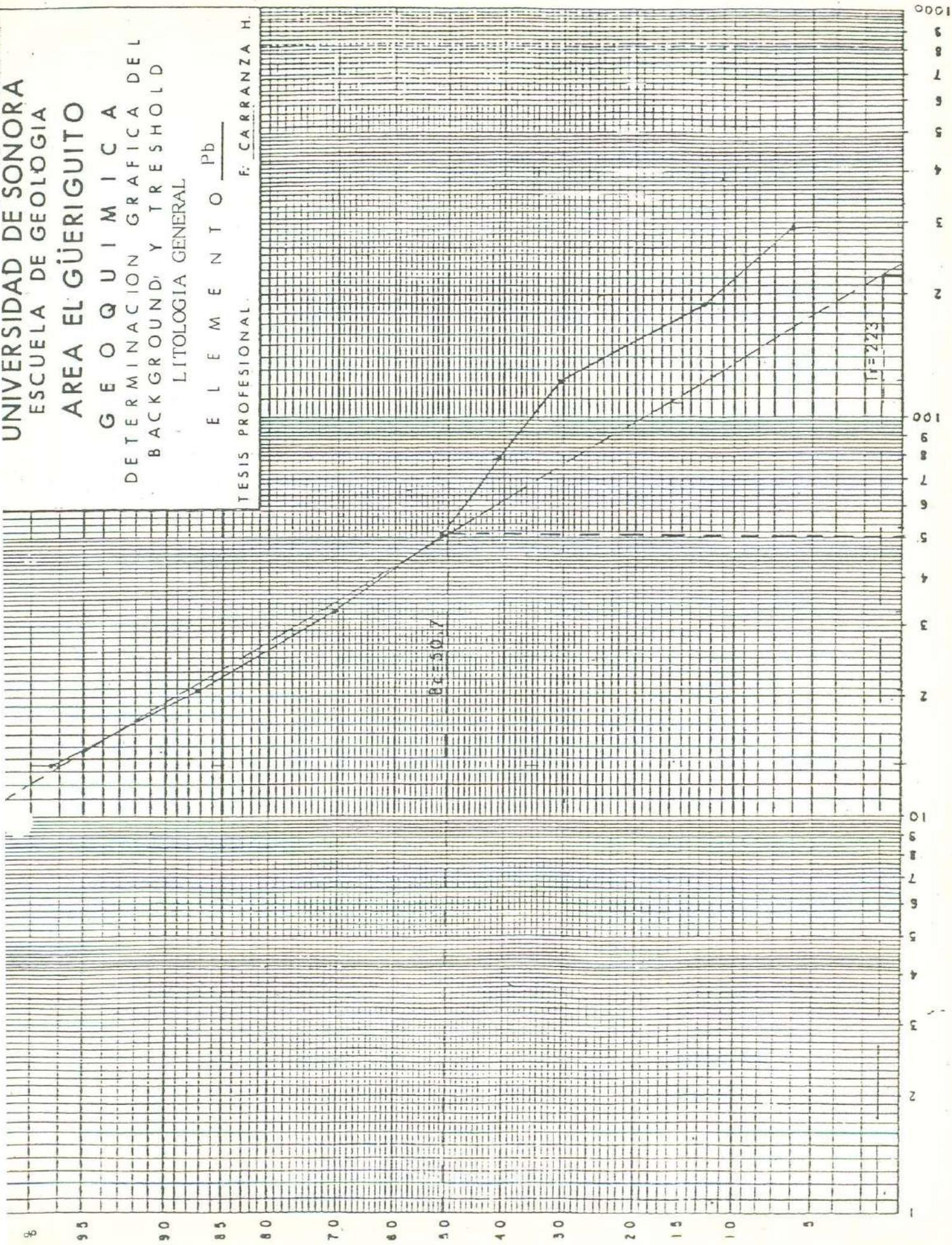
UNIVERSIDAD DE SONORA
 ESCUELA DE GEOLOGIA
 AREA EL GÜERIGUITO

GEOQUIMICA
 DETERMINACION GRAFICA DEL
 BACKGROUND Y TRESHOLD
 LITOLOGIA GENERAL

E L E M E N T O Pb

TESIS PROFESIONAL

F: CARRANZA H



CUADRO RESUMEN DE PARAMETROS

	N	M	m	R	int log	b	tg	tc	s	s'	s''
Au	97	700	3.3	212.12	0.2115	180	908	920.2	0.354	2.261	0.196
Ag	95	55	0.33	166.66	0.2019	3.23	25.4	27.4	0.464	2.916	14.391
Pb	93	460	6.6	69.696	0.184323	56.5	685	722.19	0.553	3.575	0.979
Hg											
Zn											
Mn											
Te											
Sb											

N = Poblacion muestreada

M = Mayor valor en partes por millón

m = Menor valor en p.p.m.

R = Rango

int log = Intervalo logaritmico

b = back ground

tg = treshold gráfico

tc = treshold calculado

s = desviación standard

s' = desviación geometrica

s'' = desviación relativa



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingenieros
Dpto. Geología
BIBLIOTECA

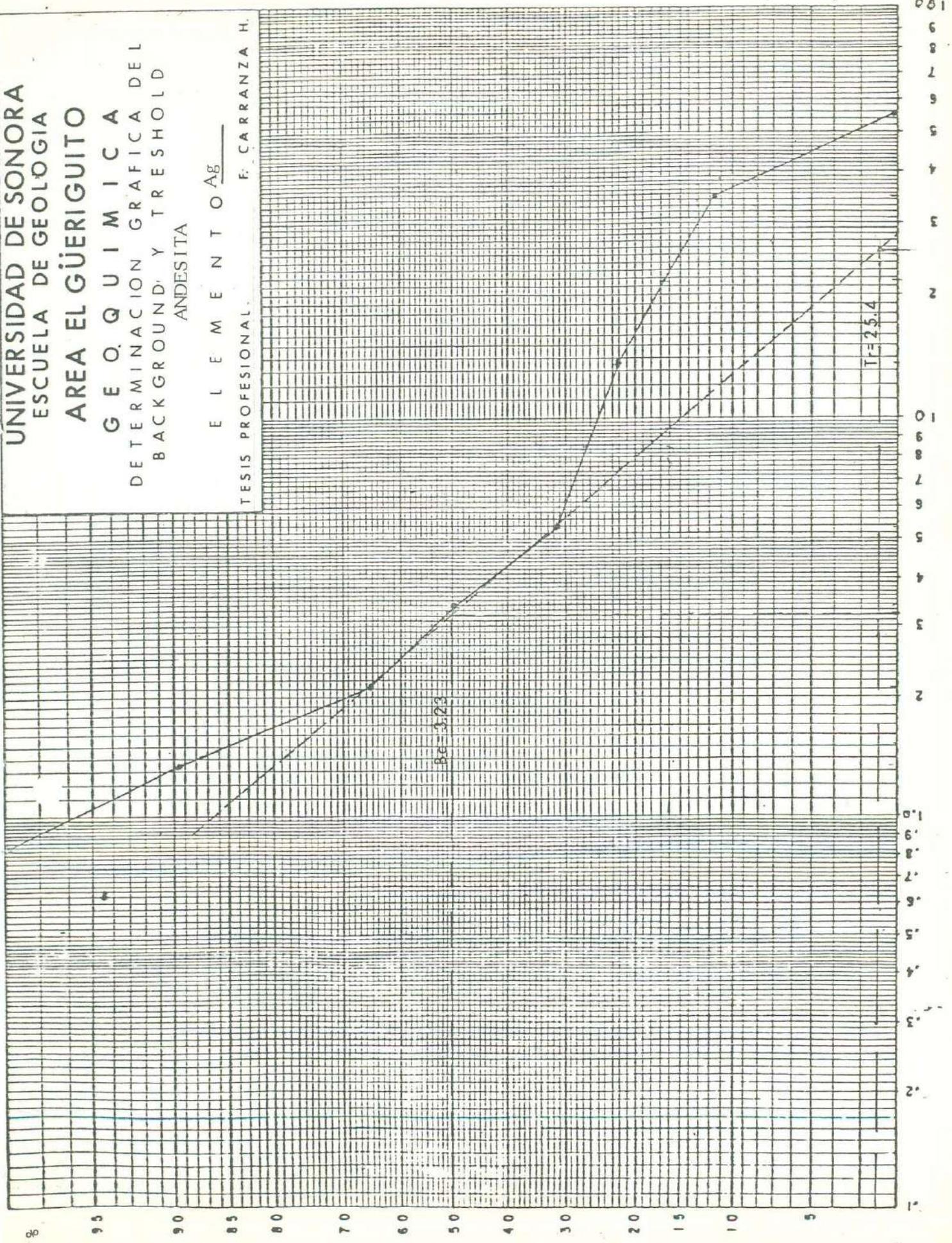
UNIVERSIDAD DE SONORA
ESCUELA DE GEOLOGIA
AREA EL GÜERIGUITO

G E O Q U I M I C A
DETERMINACION GRAFICA DEL
BACKGROUND Y TRESHOLD
ANDESITA

E L E M E N T O A g

TESIS PROFESIONAL

F. CARRANZA H.

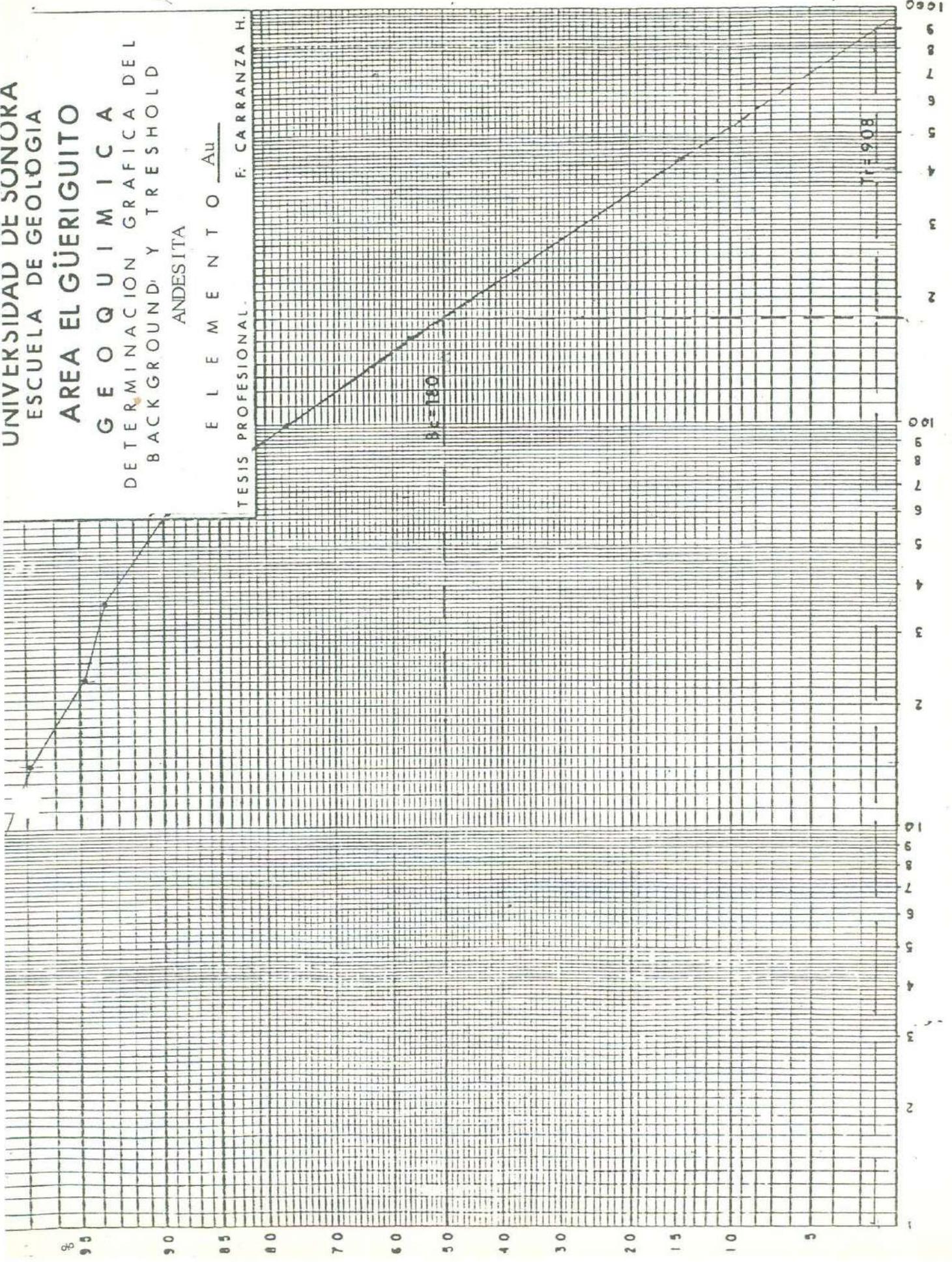


UNIVERSIDAD DE SONORA
 ESCUELA DE GEOLOGIA
 AREA EL GÜERIGUITO

GEOQUIMICA
 DETERMINACION GRAFICA DEL
 BACKGROUND Y TRESHOLD
 ANDESITA

E L E M E N T O Au

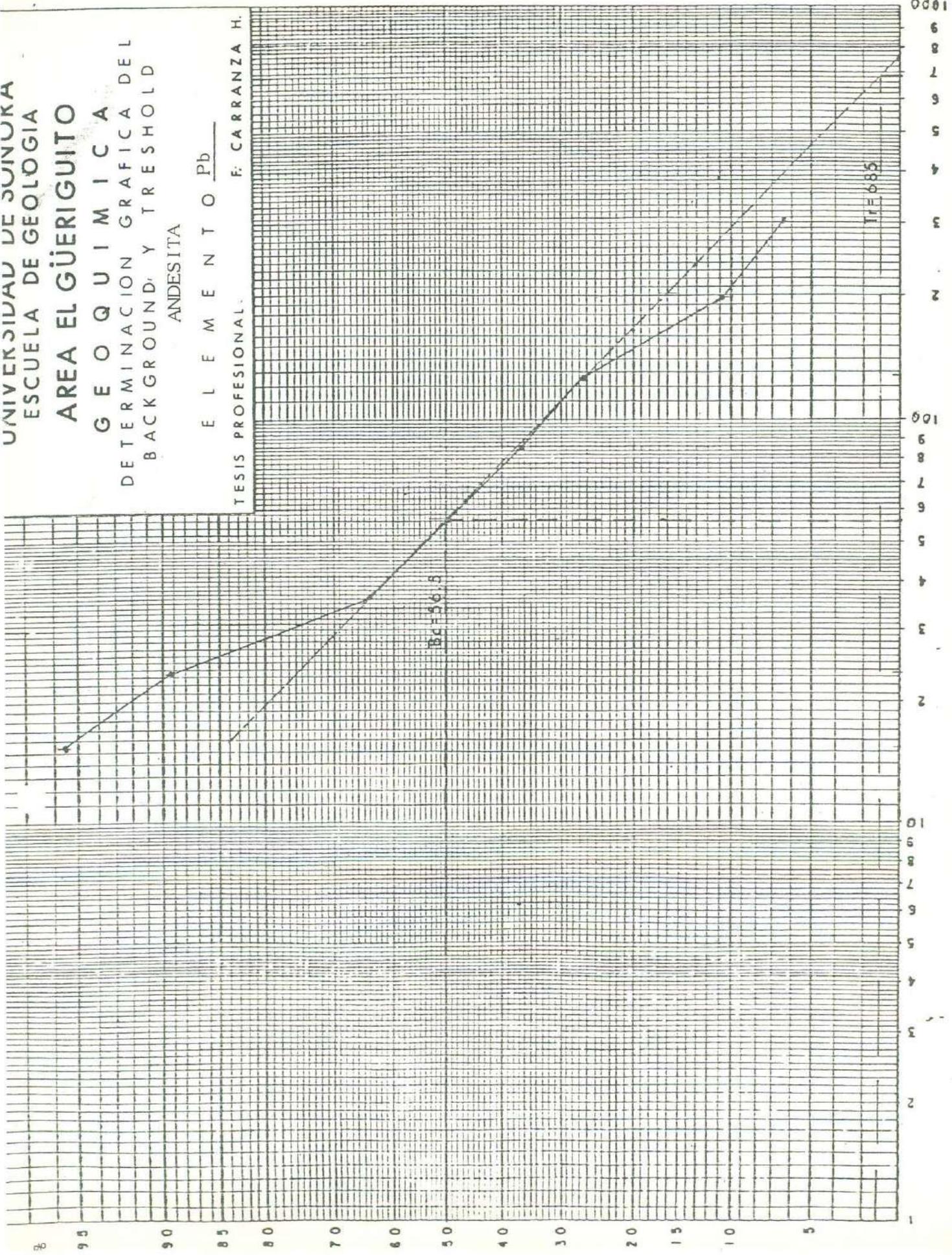
TESIS PROFESIONAL. F. CARRANZA H.



UNIVERSIDAD DE SUJUNKA
 ESCUELA DE GEOLOGIA
AREA EL GÜERIGUITO
 GEOQUIMICA
 DETERMINACION GRAFICA DEL
 BACKGROUND Y TRESHOLD
 ANDESITA

E L E M E N T O Pb

TESIS PROFESIONAL F. CARRANZA H.



CUADRO RESUMEN DE PARAMETROS

	N	M	m	R	int log	b	tg	tc	s	s'	s''
Au	39	399.6	64.7	6.176	0.0790721	213	412	416.9	0.145	1.399	0.068
Ag	39	54.6	0.33	65.454	0.20169	2.88	31	33.3	0.531	3.402	18.466
Pb	39	226.6	2.3	98.521	0.1993532	47	238	243.5	0.357	2.276	0.7601
4g											
Zn											
Mn											
Te											
Sb											

N = Poblacion muestreada

M = Mayor valor en partes por millón

m = Menor valor en p.p.m.

R = Rango

int log = Intervalo logaritmico

b = back ground

tg = treshold gráfico

tc = treshold calculado

s = desviación standard

s' = desviación geometrica

s'' = desviación relativo

Au=ppb

Ag, Pb=ppm



EL SALIR DE MIS NIJOS
 HARA MI GRANDEZA
 Escuela de Ingenieria
 Depto. Geologia
 BIBLIOTECA

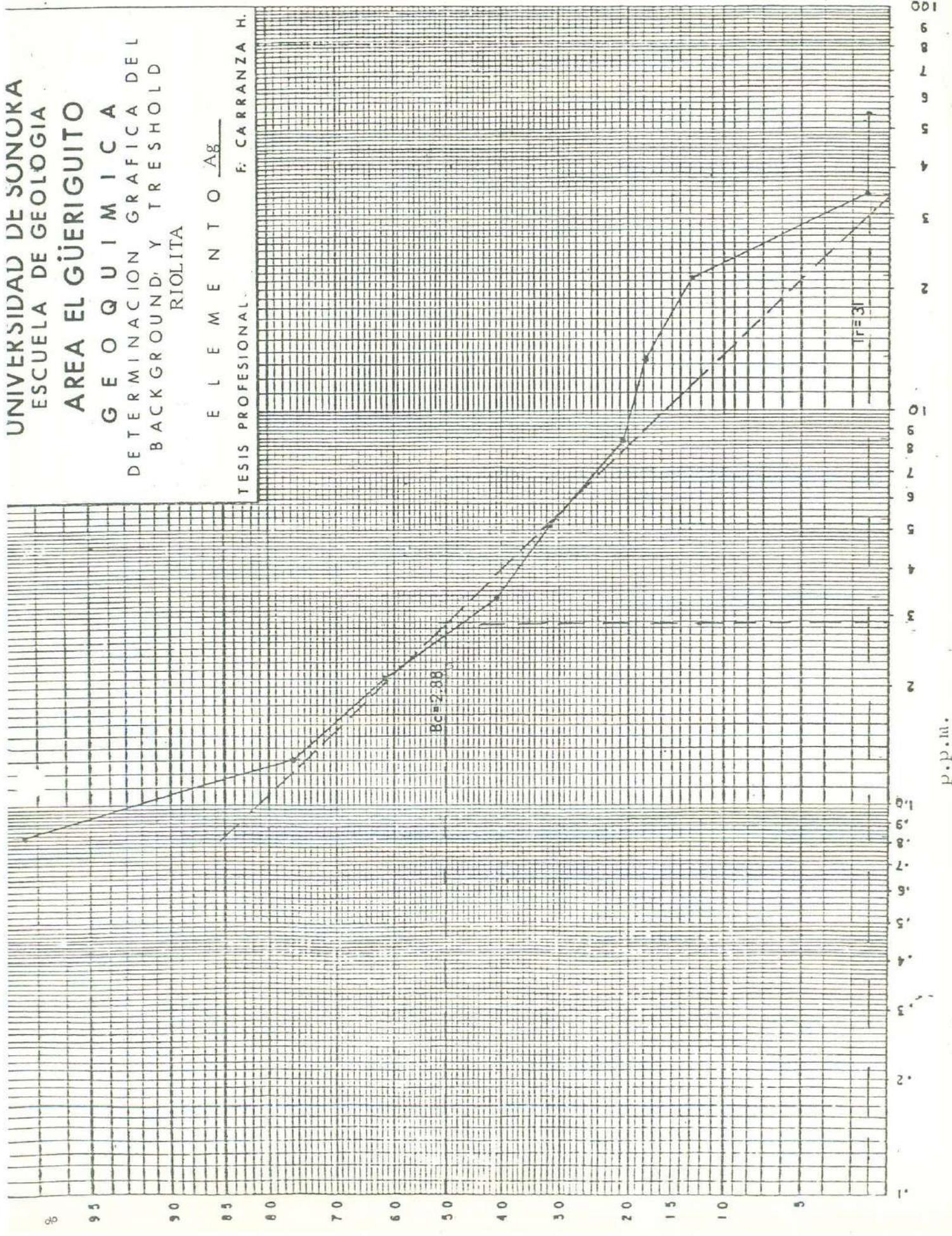
UNIVERSIDAD DE SONOKA
 ESCUELA DE GEOLOGIA
 AREA EL GÜERIGUITO

GEOQUIMICA
 DETERMINACION GRAFICA DEL
 BACKGROUND Y TRESHOLD
 RIOLITA

E L E M E N T O Ag

TESIS PROFESIONAL

F. CARRANZA H.



p.p.m.

UNIVERSIDAD DE SONORA
 ESCUELA DE GEOLOGIA
 AREA EL GUERIGUITO
 GEOQUIMICA
 DETERMINACION GRAFICA DEL
 BACKGROUND Y TRESHOLD
 RIOLITA

E L E M E N T O Au

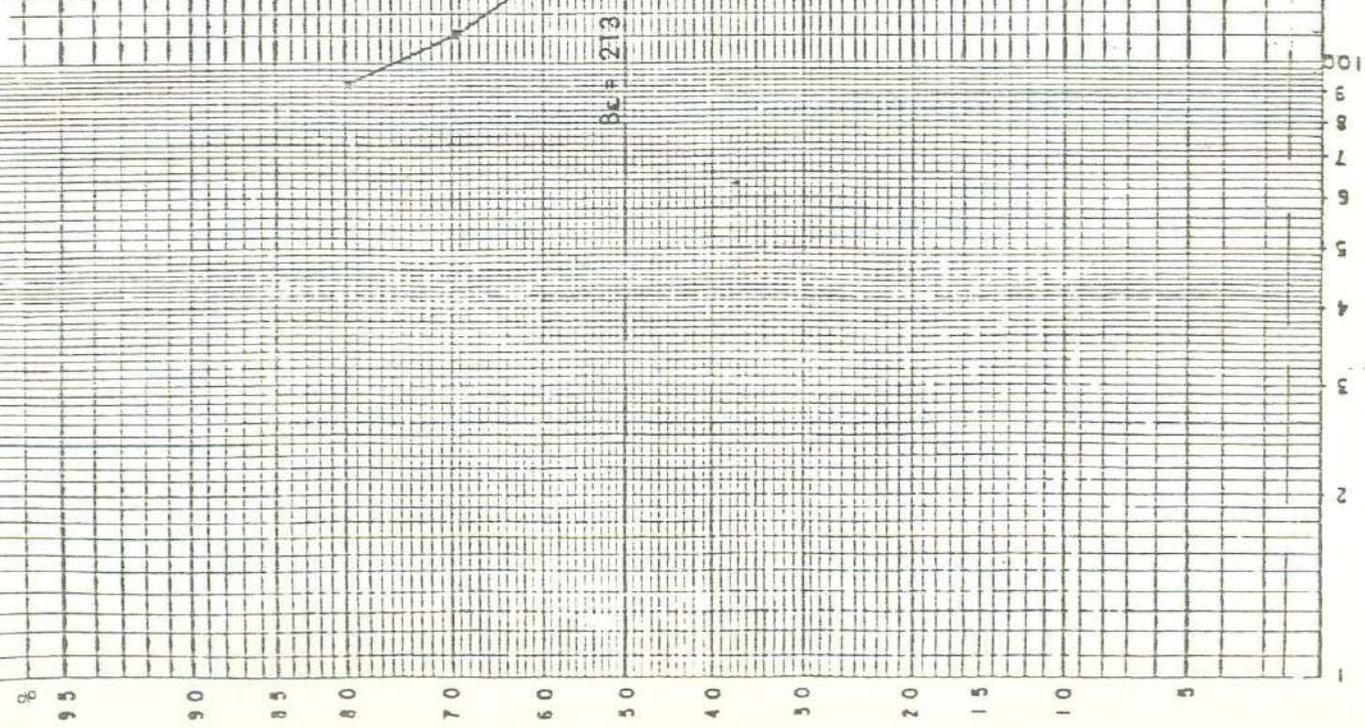
TESIS PROFESIONAL.

F. CARRANZA H.

95
90
85
80
70
60
50
40
30
20
15
10
5

1000
9
8
7
6
5
4
3
2
1

p. p. b.



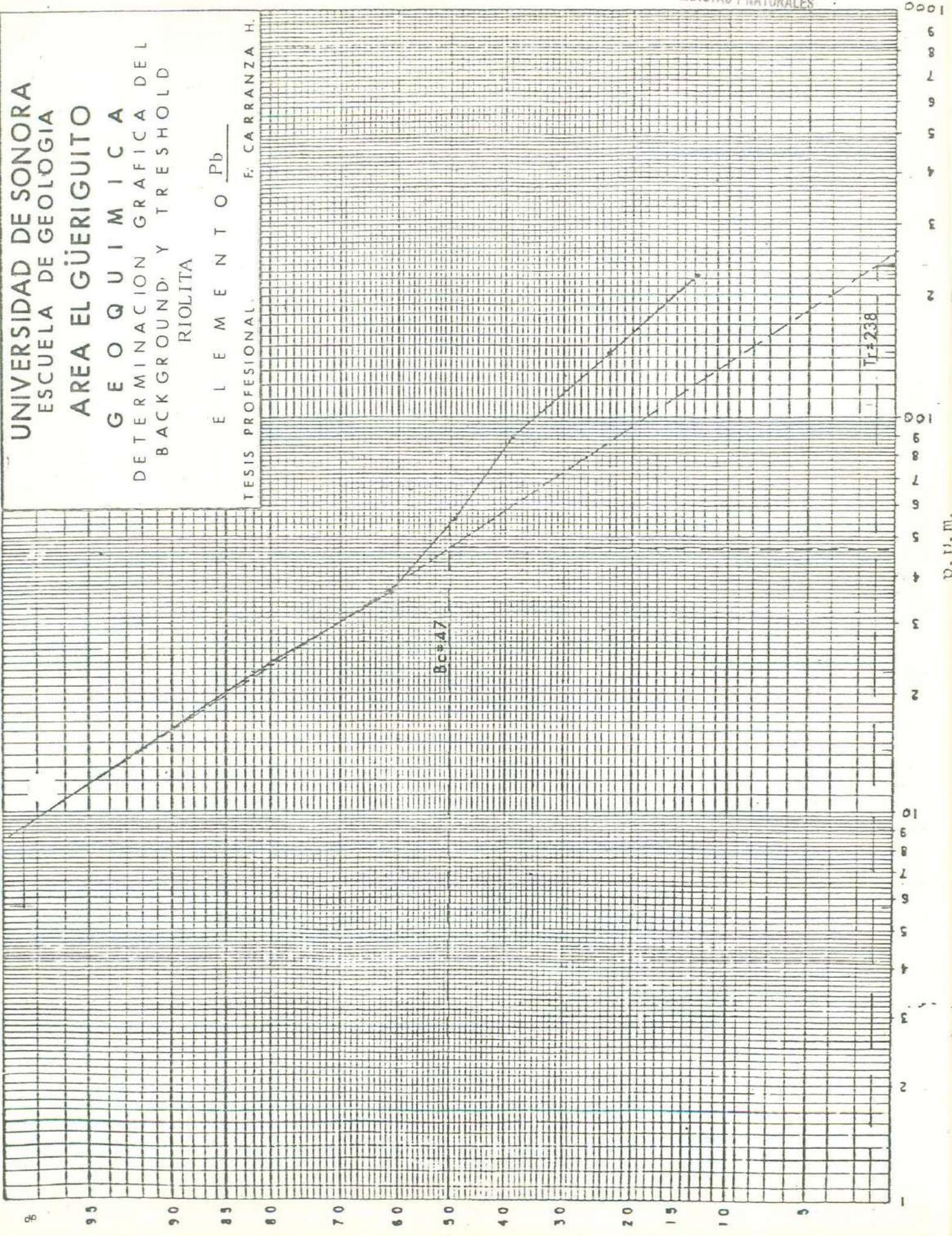
UNIVERSIDAD DE SONORA
 ESCUELA DE GEOLOGIA
 AREA EL GÜERIGUITO

GEOQUIMICA
 DETERMINACION GRAFICA DEL
 BACKGROUND Y TRESHOLD
 RIOLITA

E L E M E N T O Pb

TESIS PROFESIONAL

F. CARRANZA H.



BIBLIOTECA DE CIENCIAS
 EXACTAS Y NATURALES

10001
 9
 8
 7
 6
 5
 4
 3
 2
 100
 9
 8
 7
 6
 5
 4
 3
 2
 10
 9
 8
 7
 6
 5
 4
 3
 2
 1

D. V. M.