UNIVERSIDAD DE SONORA

ESCUELA DE GEOLOGIA

"EVALUACION GEOLOGICA Y ECONOMICA DEL PROSPECTO EL PAVO, MUNICIPIO DE OJO CALIENTE, ZACATECAS, MEXICO"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

G E O L O G O

P R E S E N T A

Ricardo Luis Contreras Gutiérrez

UNIVERSIDAD DE SONORA 1942
EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

HERMOSILLO, SONORA

NOVIEMBRE DE 1995

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON

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

UNIVERSIDAD DE SONORA

ESCUELA DE GEOLOGIA

"EVALUACION GEOLOGICA Y ECONOMICA DEL PROSPECTO EL PAVO, MUNICIPIO DE OJO CALIENTE, ZACATECAS, MEXICO"

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

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

G E O L O G O

P R E S E N T A

Ricardo Luis Contreras Gutiérrez

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

HERMOSILLO, SONORA

NOVIEMBRE DE 1995

A MIS PADRES:
Que con su paciencia y cariño han hecho
de mi lo que ahora soy.
Sr. Enrique Contreras Valenzuela
Sra. Guadalupe Gutiérrez de Contreras

A MIS HERMANOS:
Por su ayuda y comprensión

A MI ESPOSA:
Que con su incondicional apoyo
contribuyo a la realización de
este trabajo.

Con todo mi amor y cariño.
Ma. Soledad Cristerna de Contreras.

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

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

AGRADECIMIENTOS

Por medio de la presente, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a la Compañía Exploraciones Peñones, S.A. de C.V. por la oportunidad brindada para la realización de este trabajo.

A el Ing. Roberto Tellez H. por su apoyo desinteresado.

En forma muy especial a el Ing. Arturo Hernández B. por su valiosa colaboración en el asesoramiento de este trabajo.

A mis compañeros de la Oficina de Exploración Toluca que de alguna manera cooperaron en la realización de este trabajo, particularmente al Departamento de Sistemas por el respaldo en la realización de los planos y la impresión del escrito.

A el Dr. Francisco Paz M. por su tiempo brindado en el asesoramiento y revisión de esta Tesis.

A MI QUERIDA ESCUELA

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

A MIS MAESTROS

A MIS AMIGOS

UNIVERSIDAD DE SONORA

Hermosillo, Sonora.

DIVISION DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

TEL. 59-21-10
FAX. 59-21-11

Departamento de Geología

Mayo 25, 1995.

DR. FRANCISCO A. PAZ MORENO
Director de Tesis
Departamento de Geología
Universidad de Sonora
P r e s e n t e

Por este conducto le comunico a Usted que ha sido aprobado el tema de tesis propuesto por usted, intitulado:

"EVALUACION GEOLOGICA Y ECONOMICA DEL PROSPECTO EL PAVO, MUNICIPIO DE OJOCALIENTE, ZACATECAS, MEXICO"

Esto es con el fin de que el alumno: ***RICARDO LUIS CONTRERAS GUTIERREZ***, pueda presentar su examen profesional, para obtener el título de Geólogo. Asimismo le notifico que han sido asignados los siguientes sinodales:

DR. GUILLERMO A. SALAS PIZA
M.C. SAUL HERRERA URBINA
DR. FRANCISCO A. PAZ MORENO

Sin otro en particular, quedo de Usted.

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

DR. GUILLERMO A. SALAS PIZA
Jefe de Departamento

UNIVERSIDAD · DE · SONORA
1942
EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

C.c.p. Interesado
Archivo

GASP*ag

UNIVERSIDAD DE SONORA

Hermosillo, Sonora.

DIVISION DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

TEL. 59-21-10
FAX. 59-21-11

Departamento de Geología

Mayo 22 1995.

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

DR. GUILLERMO A. SALAS PIZA
Jefe de Departamento
Departamento de Geología
P r e s e n t e

Por este conducto me permito someter a su consideración el siguiente tema de tesis

"EVALUACION GEOLOGICA Y ECONOMICA DEL PROSPECTO EL PAVO, MUNICIPIO DE OJOCALIENTE, ZACATECAS, MEXICO"

Esto es con el fin de que el alumno: ***RICARDO LUIS CONTRERAS GUTIERREZ,*** pueda presentar su examen profesional, para la obtención de su título profesional. En espera de su respuesta, quedo de Usted.

A T E N T A M E N T E

DR. FRANCISCO ABRAHAM PAZ MORENO
Director de Tesis

UNIVERSIDAD · DE · SONORA
1942
EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
DEPTO. GEOLOGIA

C.c.p. Interesado

EVALUACION GEOLOGICA Y ECONOMICA DEL PROSPECTO EL PAVO MUNICIPIO DE OJOCALIENTE, ZACATECAS, MEXICO.

I N D I C E

	PAGINA
RESUMEN	
I.- GENERALIDADES	
I. 1.- INTRODUCION	1
I.1.1.- Objetivo	1
I.1.2.- Trabajos previos	1
I.1.3.- Clima	2
I.1.4.- Flora y Fauna	3
I.2.- LOCALIZACION Y ACCESO	
I.2.1.- Ubicación Regional	4
I.2.2.- Ubicación local y acceso	4
I.3.- INFRAESTRUCTURA	4
I.3.1.- Carreteras y Caminos	6
I.3.2.- Ferrocarril	6
I.3.3.- Transporte Aéreo	6
I.3.4.- Agua	6
I.3.5.- Mano de Obra	6
I.3.6.- Energía Eléctrica	7
I.4.- OBJETIVO PARTICULAR	7
I.5.- METODO DE TRABAJO	7
II.- GEOLOGIA	
II.1.- GEOMORFOLOGIA	7
II.2.- GEOLOGIA REGIONAL	8
II.3.- GEOLOGIA LOCAL	9
II.4.- ESTRATIGRAFIA	
II.4.1.- Regional	11
II.4.2.- Local	24

II.5.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL
II.5.1.- Estructuras Regionales 25
II.5.2.- Estructuras Locales 25

III.- YACIMIENTOS MINERALES

III.1.- GENESIS Y MINERALIZACION 26
III.1.1.- Tipo de Yacimiento 27
III.1.2.- En Limolitas y calizas arcillosas 28
III.1.3.- En zonas de Skarn y Hornfels 28

III.2.- RELACION CON OTROS YACIMIENTOS 30

IV.- GEOFISICA

IV.1.-GENERALIDADES 31
IV.1.1.- POLARIZACION INDUCIDA 31
IV.1.2- METODO DE TRABAJO 34
IV.1.3.-CARGABILIDAD Y DETECCION DE ANOMALIAS 35
IV.1.4.-RESISTIVIDAD 37
IV.1.5.-FACTOR METALICO 41
IV.1.6.-INTEGRACION DE DATOS 41
IV.1.7.-INTERPRETACION Y RESULTADOS 41

V.- GEOQUIMICA

V.1.- INTRODUCCION Y GENERALIDADES 49
V.2.- TRABAJOS REALIZADOS
V.2.1.- Muestreo de núcleos de rocas en pozos 51
V.2.2.- Muestreo de polvos de roca con perforadora 52
V.3.- ANALISIS DE DATOS
V.3.1.- Diferenciación de familias litológicas 52
V.3.2.- Procesamientos de datos y cálculo de parámetros estadísticos 53
V.3.3.- Elaboración de planos geoquímicos 56

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

UNIVERSIDAD DE SONORA
1942
EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

V.4.- INTERPRETACION GEOQUIMICA

V.4.1.- Correlación de anomalías de distintos elementos 63
V.4.2.- Definición de áreas anómalas 63

VI .- PROGRAMA DE BARRENACION

VI.1.- BARRENACION CON MAQUINA DE CIRCULACION INVERSA

VI.1.1.- Introducción 64
VI.1.2.- Descripción de barrenos 67
VI.1.3.- Detección de intersecciones mineralizadas 67
VI.1.4.- Muestreo 67
VI.1.5.- Interpretación de resultados 68

VII.- CONCLUSIONES 76

VIII.- BIBLIOGRAFIA 78

ANEXOS 81

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	ESCALA	PAG.
1.- Plano de localización del Prospecto El Pavo.	1:800,000	5
2.- Plano geológico. Area de estudio Prospecto El Pavo.	1:4,000	10
3.- Plano geológico regional área Pastoría-Sauceda de Mulatos.	1:50,000	12
4.- Tabla de correlación estratigráfica para el noreste de México.	S/E	13
5.- Sección esquemática del modelo genético de mineralización.	1:2,500	29
6.- Mecanismo de polarización inducida.	S/E	33
7.- Configuración de electrodos usados en las mediciones de polarización inducida.	S/E	36
8.- Perfil de polarización inducida en el dominio del tiempo con arreglo polo-dipolo sobre el cuerpo cobre-plata Gortdrum.	S/E	38
9.- Polarización inducida a 100 m. de profundidad teórica.	1:2,740	43
10.- Resistividad aparente a 100 m. de profundidad teórica.	1:2,740	44
11.- Factor metálico a 100 m. de profundidad teórica.	1:2,740	45
12.- Polarización inducida a 150 m. de profundidad teórica.	1:2,740	46
13.- Resistividad aparente a 150 m. de profundidad teórica.	1:2,740	47
14.- Factor metálico a 150 m. de profundidad teórica.	1:2,740	48
15.- Histograma y polígono de frecuencias acumulativas normalizados con valores de oro para la población del subarchivo PA02/CZLi	S/E	54
16.- Configuración de tendencias geoquímicas de Au.	1:4,000	57
17.- Configuración de tendencias geoquímicas de Ag.	1:4,000	58
18.- Configuración de tendencias geoquímicas de As.	1:4,000	59
19.- Configuración de tendencias geoquímicas de Hg.	1:4,000	60
20.- Configuración de tendencias geoquímicas de Sb.	1:4,000	61
21.- Configuración de tendencias geoquímicas de Ba.	1:4,000	62
22.- Esquema mostrando la trayectoria del fluido y del recorte de perforación al utilizar equipo de circulación inversa.	S/E	66
23.- Sección geológica geofísica L-16.	1:4,000	70
24.- Sección geológica geofísica L-38.	1:4,000	71
25.- Sección geológica geofísica L-44.	1:4,000	72
26.- Sección geológica geofísica L-54.	1:4,000	73
27.- Sección geológica geofísica L-58.	1:4,000	74
28.- Sección geológica geofísica L-62.	1:4,000	75

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

Facultad de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

RESUMEN.-

El prospecto El Pavo está localizado en el Estado de Zacatecas, municipio de Ojocaliente, aproximadamente a 19 Km. al N10°E del poblado de Luis Moya, e inmediatamente al Norte de Sauceda de Mulatos.

El área de estudio se encuentra ubicada dentro de la provincia fisiográfica de la "Mesa Central" E. López Ramos, 1974. Está caracterizada por una serie de serranías alargadas de orientación aproximada Norte-Sur con elevaciones variables.

Dentro del ciclo geomorfológico la zona se ubica en una etapa de madurez temprana.

En conjunto representa el área de estudio una superficie de aproximadamente 2 km² donde afloran rocas sedimentarias, volcánicas, intrusivas y metamórficas.

Las rocas sedimentarias descansan discordantemente sobre las rocas de la Formación Zacatecas del Triásico Superior, aunque localmente se encuentran afectadas por fallamiento de gravedad, el cual desliza al paquete sedimentario sobre las rocas metamórficas del Triásico; a las primeras se les ha correlacionado tentativamente con las Formaciones Cuesta del Cura (Albiano-Cenomaniano) e Indidura (Cenomaniano Superior-Turoniano), basándose únicamente en sus características litológicas ya que no se realizó ningún estudio paleontológico.

Las Formaciones antes mencionadas fueron afectados intensamente por la orogenia Laramide de fines del Cretácico y principios del Terciario con intrusiones que varían de granitos, granodioritas, dioritas y pórfidos riolíticos en forma de stocks, diques y sills.

En relación con los principales lineamientos diferenciados se tiene un patrón estructural de fallas y fracturas de orientación N-S que han actuado como conductos de soluciones hidrotermales rellenándose con cuarzo y calcita y un sistema menor de fracturamiento de orientación N 40° E a N 80° E también con relleno de cuarzo calcita al parecer relacionado íntimamente con el sistema N-S. Un tercer sistema de fracturamiento- fallamiento mayor de tipo anular, ocurre en la parte sur y oeste del área variando el rumbo desde N 10° W hasta S 75° E . Se pretende explicar que esta serie de fallas de tipo normal de magnitud y desplazamiento variables sean originadas por basculamientos postorogénicos de bloques.

Estructuralmente tenemos un ambiente propicio para la mineralización de oro-plata tipo carlin, como es el caso de fallamiento local de gravedad con bajo ángulo acompañado de fallamiento normal en el cual se alojan algunas vetas angostas de calcita, jaspe y cuarzo blanco bandeado; geoquímicamente tambien tiene relación, ya que se tienen anomalías geoquímicas de As , Sb ,Ba asociadas con las de Au y plata.

En la parte Sur de la zona se tiene aflorando un intrusivo granítico el cual es productor de mineralización de pirita, galena, esfalerita, con menor calcopirita alojada en cuerpos de skarn . Existe también lentes de skarn-hornfels en el contacto por falla entre las Formaciones Cuesta del Cura y Zacatecas; razón por la cual se manejo la idea de cuerpos de skarn a profundidad en el contacto de este intrusivo con el paquete calcáreo.

Las anomalías geofísicas que resultaron del trabajo realizado carecen de importancia, ya que al barrenar estos objetivos a profundidad se observa que la causa de las anomalías geofísicas es el paquete de lutitas carbonosas con diseminación de pirita fina que es altamente polarizable.

Los resultados obtenidos en el área después de dirigir la perforación de 6 barrenos de circulación inversa, tratando de probar mineralización de oro y plata a partir de un modelo tipo Carlin no fueron del todo satisfactorios, ya que no se obtuvo ninguna intersección de interés, a pesar de estar expuestas superficialmente y haberse cortado en las perforaciones, evidencias significativas de alteración tipo que corresponden con alteraciones hidrotermales mayores que han sido reconocidas en todas las rocas relacionadas con las zonas mineralizadas de los depósitos tipo Carlin de U.S.A. como es el caso de la silicificación, piritización, carbonatación, argilización, etc.

Hay suficientes evidencias para pensar en un segundo modelo de yacimiento , del tipo "Skarn", con posibilidades no evaluadas en su totalidad.

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

1942
EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

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

I.- GENERALIDADES

I.1.- INTRODUCCION

Por tradición, a Zacatecas se le considera un Estado netamente minero. Si se hace una breve semblanza es probable que los indígenas de la región donde habría de fundarse la Ciudad de Zacatecas ya conocieran algunos de los futuros yacimientos, pero no existen indicios de que los explotaran. Hacia 1540 el Capitán Juan de Tolosa, por órdenes del Virrey, explora el Cerro de la Bufa y descubre las vetas auro-argentíferas junto a lo que hoy es la Ciudad de Zacatecas.

Primeramente se explotaron las ricas zonas de oxidación que hicieron célebres a las minas por su asombrosa bonanza, al profundizarse cambiaron su naturaleza aumentando las menas de plomo, zinc y hierro.

Estos descubrimientos fueron tan alentadores que la búsqueda de nuevos yacimientos por todo el Estado fue incesante, lográndose la localización de los minerales de Fresnillo, San Martín,Chalchihuites, Concepción del Oro, y otros.

Lo que en el pasado fue relativamente fácil, localizar un nuevo yacimiento, actualmente no lo es, debido a que gran parte del Estado ha sido explorado, denunciado y explotado. En los yacimientos que quedan sin serlo, el grado de dificultad es mayor ya que las posibles zonas mineralizadas no son fácilmente detectables, pero afortunadamente se cuenta con técnicas como la geoquímica, geofísica, sistemas de barrenación muy rápidos, sensores remotos, etc., que en complemento con los métodos geológicos convencionales ayudan a la prospección y localización de nuevos yacimientos minerales.

I.1.1.- Objetivo:

El objetivo principal del presente trabajo es hacer una descripción detallada de cada una de las técnicas utilizadas en la exploración y específicamente en el área del prospecto El Pavo localizado en el municipio de Ojocaliente, Zacatecas, México, encaminados a la evaluación geológica y económica final; asimismo, hacer énfasis en las observaciones y determinaciones equivocadas que pueden ocurrir y que llevan a resultados negativos en la evaluación de un prospecto minero.

I.1.2.- Trabajos previos:

El prospecto ha sido trabajado a pequeña escala por gambusinos desde principios de siglo en forma interrumpida.

Por parte de la empresa Servicios Industriales Peñoles S.A. de C.V. se han realizado los siguientes trabajos:

1.- Reconocimientos Geológicos regionales durante 1980 por el Ing. Pedro Fraga M., recomendando el área para exploración y protegiéndola mediante el fundo minero Zacatecas Uno, de 400 Has., quedando los trabajos inactivos hasta 1983.

2.- Durante 1983 el Ing. Carlos A. Díaz de León realizó cartografía geológica, escala 1:2,500 en la zona de skarn-hornfels localizada en la porción Sur y central del Lote Zacatecas Uno (informe anual 1983, pp 54-62, archivo SIPSA de C.V.).

3.- Este mismo año se efectuó un estudio de magnetometría en el área señalada (informe geofísico No.1 AREA EL PAVO, archivo SIPSA de C.V.).

4.- En Febrero de 1984 se efectuaron trabajos de polarización inducida en la franja de skarn-hornfels, sobre líneas transversales (informe geofísico No. 2,archivo SIPSA de C.V.).

5.- En Noviembre de 1984 el Ing. Eduardo Murillo recomendó estudios de detalle en la porción central del lote Zacatecas Uno, en base a las manifestaciones de alteración-mineralización, realizándose trabajos sistemáticos consistentes en mapeo geológico esc. 1:2,500 y 1:1,000, muestreo de obras y geoquímica (informe mensual, mes Noviembre 1984,archivo SIPSA de C.V). .

6.- De Enero de 1987 a Mayo de 1989 el prospecto estuvo parcialmente inactivo.

7.- De Junio de 1989 a Julio de 1990, el suscrito estuvo a cargo del prospecto, realizando trabajos complementarios de cartografía geológica, geoquímica de esquirlas y polvos de roca, geofísica por el método de polarización inducida y resistividad y un programa de perforación con equipo de circulación inversa.

I.1.3.- Clima

Localizada en la parte central de México, así como en su elevación promedio 2200 mts., la región puede ubicarse dentro del Cinturón de las Altas Presiones Atmosféricas, donde prevalecen corrientes de aire ascendente que motivan una escasez de precipitación pluvial; el clima se considera como semiárido. La precipitación media anual es de unos 400 mm y las temperaturas medias mensuales oscilan entre 16 y 18°C. Los promedios en la variación de la temperatura van de 12°C en el mes de Enero hasta 36°C en Julio.

La estación de lluvia se presenta en verano, los aguaceros son torrenciales y de poca duración; en invierno se alcanzan temperaturas bajo cero y se presentan heladas.

Con base en esta descripción y de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada (García, 1970), la zona queda dentro del grupo "BSKW", lo que significa: BS=clima estepario o semidesértico, K=templado con verano cálido, W-dos estaciones de lluvias separadas por dos estaciones secas.

La precipitación pluvial es muy escasa restringida a la época de lluvias, siendo éstas torrenciales. El abastecimiento de agua es de un pozo aforado en el poblado cercano de

Venaditos y en épocas de lluvia se puede abastecer también de una noria en las cercanías, al sureste del poblado de Pastoría.

I.1.4.- Flora y fauna

Hablar de vegetación actualmente no se limita a describirla como una parte del paisaje, la cual es consecuencia de las condiciones climáticas, de altitud y sustrato; la aparición de nuevas ciencias ha traído como consecuencia el estudio de los vegetales por medio de la geoquímica (Biogeoquímica-Geobotánica).

Análisis efectuados en determinadas plantas revelan la relación que muestran éstas con determinadas zonas anómalas y llegan a utilizarse como guías dentro de la exploración geoquímica.

Una observación general de las formas vegetales muestra un mosaico con características comunes; predominan en la zona los matorrales, arbustos y cactáceas pertenecientes a las xerófilas que son plantas que necesitan un mínimo de agua para subsistir.

Localmente se observan ciertas relaciones de determinadas especies vegetales con alteraciones específicas de las rocas, tal es el caso de la presencia muy asociada de Pirul en los lugares con rocas oxidadas, así también, el Nopal se encuentra en poblaciones más abundantes en los lugares donde existen calizas silicificadas.

Los vegetales más abundantes son los siguientes:

Nopal	*Opuntia sp*
Uña de Gato	*Acacia sp*
Biznaga	*Echinocactus sp*
Lechuguilla	*Agave lechuguilla*
Gobernadora	*Larrea sp*
Cardones	*Euphorbia sp*
Ocotillo	*Donanea sp*
Mezquite	*Prosopis juliflora*
Palma	*Yucca sp*
Maguey	*Agave sp*
Pirul	

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

La fauna está directamente relacionada con el clima y la flora existente y está compuesta principalmente por:

Coyote	*Canis latrans*
Gato Montes	*Felis silvestris*
Zopilote	*Gymnogyps californianus*
Aguila	*Aguila chrysaetus*
Codorniz	*Collinus virginianus*
Golondrina	*Hirundo rustica*

Serpiente de cascabel	*Crotalus atrox*
Chirrionera	*Masticophis sp*
Coralillo	*Micrurus fulvios*

Además de los animales domésticos.

I.2.- LOCALIZACION Y ACCESO AL AREA DE ESTUDIO

I.2.1.- Ubicación regional

El prospecto El Pavo está localizado en el Estado de Zacatecas, municipio de Ojocaliente, aproximadamente a 19 Km. al N10°E del poblado de Luis Moya, e inmediatamente al Norte de Sauceda de Mulatos.

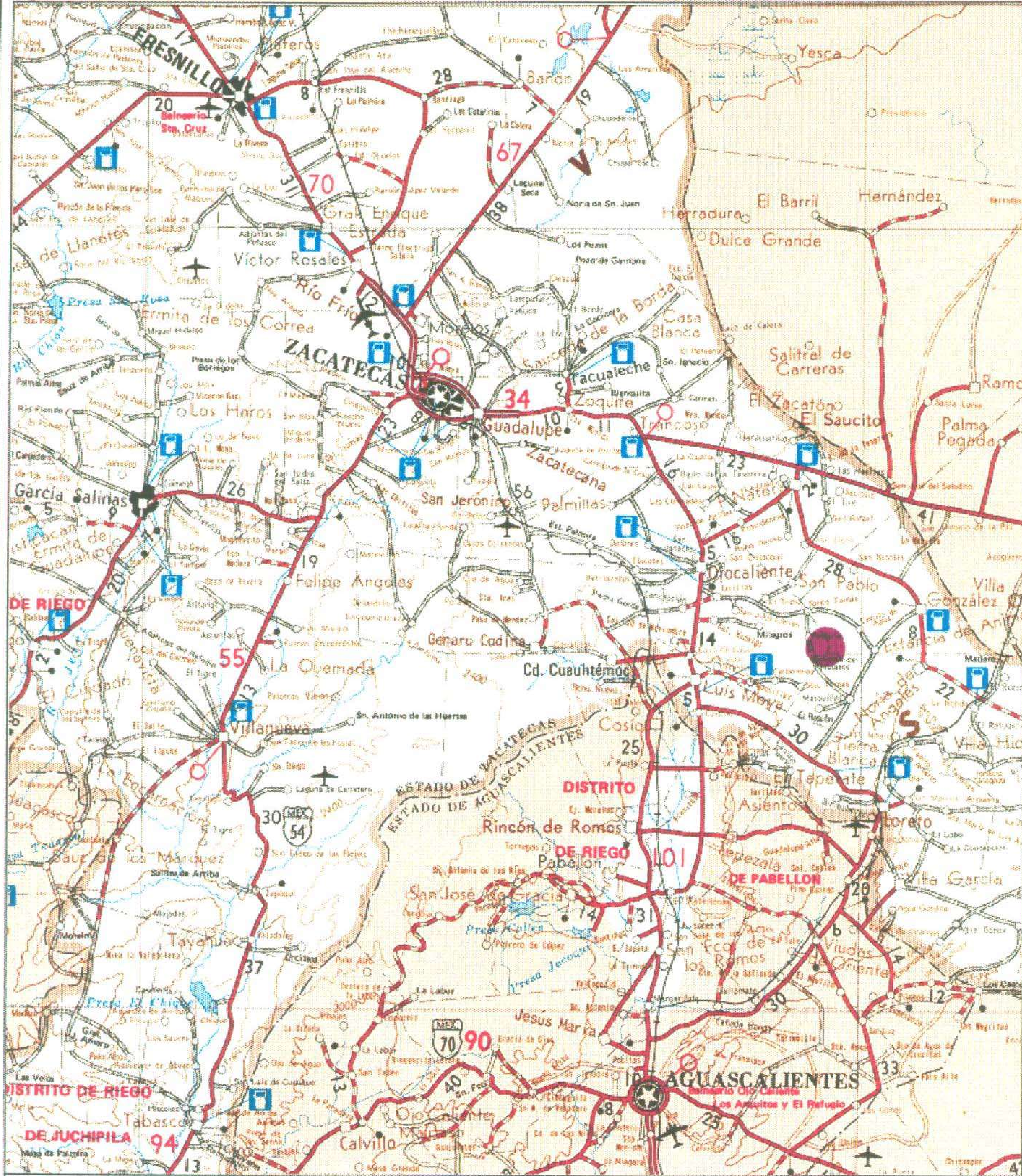
I.2.2.- Ubicación local y acceso

El acceso más conveniente al área, por lo transitado del camino, es partiendo de Ojocaliente hacia el Sureste por una terracería que pasa por Jarillas, Santo Tomás de Venaditos, donde se desvía más al Sureste para llegar a Pastoría y de ahí, a Sauceda de Mulatos. El recorrido por este camino, transitable todo el año, es de 45 Km.

También se puede llegar al área, a través de un camino de terracería que parte de Luis Moya hacia el Oriente, pasa por Boquillas y Santo Tomás, hasta Sauceda de Mulatos. Los 25 Km. entre Luis Moya y el prospecto son también transitables durante todo el año . (Fig. 1).

I.3.- INFRAESTRUCTURA

En general, el Estado de Zacatecas cuenta con buena infraestructura, debido principalmente a su posición geográfica; por estar en rumbo del vecino país del Norte, la región figura entre las primeras que contaron con buenos ferrocarriles y carreteras troncales las cuales principian en el centro del país y terminan en puntos fronterizos. Además, por él transcurren las nuevas líneas transversales que unen al Atlántico con el Pacífico.



● *PROSPECTO ESTUDIADO*

UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

PROSPECTO EL PAVO
PLANO DE LOCALIZACION

POR:	RICARDO L. CONTRERAS	ESCALA:	1:800,000
FECHA:	MAYO DE 1995		FIGURA No.1

I.3.1.-Carreteras y caminos

Las carreteras de mayor importancia y que se encuentran cerca del área de estudio son: la carretera Panamericana No.45 México-Cd. Juárez, la carretera Federal No.54 Saltillo-Guadalajara, que cruza el Estado de Zacatecas de Norte a Sur, además de conectar puntos claves dentro del Estado, la carretera Federal No.49 que enlaza a los distritos de Pánfilo Natera, Guadalupe Zacatecas, Frenillo y Nieves; y la red de caminos vecinales que comunican a numerosos poblados agrícolas con las carreteras principales.

Localmente, se tiene buena comunicación, contándose con caminos de terracería en condiciones transitables todo el año y distantes 21 Km. de la carretera Federal No.45 en el tramo que comunica las ciudades de Aguascalientes y Zacatecas.

I.3.2.- Ferrocarril

La estación de ferrocarril más próxima se denomina Los Adames y se localiza aproximadamente a 23 Km. Se cuenta con energía eléctrica en los poblados de Pastoría y Sauceda de Mulatos (aprox. 3 Km. del área de estudio) así como servicios de teléfono, telégrafo y correo.

I.3.3.-Transporte aéreo

El transporte aéreo cubre un servicio regular por las compañías nacionales, principalmente el de la capital del Estado, también existe aeropuerto en la Cd. de Aguascalientes a una distancia que se cubre aproximadamente en 1.5 horas.

I.3.4.- Agua

En la zona, el agua no es abundante pero se puede obtener de pozos que se encuentran en las áreas agrícolas de los alrededores y de una pequeña noria que se ubica al Sur del poblado de Pastoría a 1 Km. de distancia del proyecto en estudio.

I.3.5.- Mano de obra

En cuanto a mano de obra se consigue fácilmente en los poblados de los alrededores ya que no existen muchas fuentes de trabajo, excepto las pocas personas que se dedican a las labores agrícolas, la gran mayoría viaja hacia el vecino país del Norte para trabajar por temporadas cuando en la zona escasea el trabajo.

I.3.6.-Energía eléctrica

Las líneas de corriente eléctrica se encuentran a escasos mil metros en el poblado Pastoría. La televisión llega a la mayoría de los hogares a través de varias repetidoras.

I.4.- OBJETIVO PARTICULAR

Localizar un yacimiento con contenidos de Ag-Zn-Cu en forma diseminada o stockwork en limolitas-calizas arcillosas para su explotación a tajo abierto, viable para la empresa, con potencial abierto para mineralización de Ag-Pb-Zn-Cu ya fuese en zonas de reemplazamiento en las calizas o bien en skarn cercano al intrusivo granodiorítico.

I.5.- METODO DE TRABAJO

Se iniciaron los trabajos con el trazo de una retícula base con estacamiento cada 25 metros, la cual sirvió posteriormente para apoyar los trabajos del levantamiento geológico, ubicación del muestreo geoquímico, levantamientos geofísicos y la localización precisa de los barrenos.

El muestreo primeramente fue en una línea para orientación geoquímica, posteriormente se hizo sistemático a cada 25 metros en toda la retícula. La magnetometría se levantó en cada línea y debido a que los resultados no fueron significativos, se escogieron varias líneas para hacer polarización inducida apoyados básicamente en evidencias geológicas y en la geoquímica.

En base a las anomalías geoquímicas y geofísicas, se hizo la selección de los blancos de barrenación y por último la interpretación de resultados.

II.- GEOLOGIA

II.1.-GEOMORFOLOGIA

El área de estudio se encuentra ubicada dentro de la provincia fisiográfica de la "Mesa Central" E. López Ramos, 1974. Está caracterizada por una serie de serranías alargadas de orientación aproximada Norte-Sur con elevaciones variables, en las partes más elevadas de 2300 m.s.n.m. hasta 2730 m.s.n.m. El relieve expone por lo general, formas arredondadas con excepción de las rocas intrusivas y de los afloramientos riolíticos que forman extensas mesetas. Dentro del ciclo geomorfológico la zona se ubica en una etapa de madurez temprana, destacando hacia los flancos de la sierra y rodeándola, depósitos de talud.

El patrón de drenaje dominante es de tipo dendrítico y régimen intermitente ya que en ellos sólo hay flujo durante las lluvias que además son escasas.

II.2.-GEOLOGIA REGIONAL

Regionalmente, se tienen numerosos afloramientos de rocas metamórficas (tipos) correlacionables estratigráficamente con el Triásico y/o Paleozoico Superior. En el área de Zacatecas sobre esta secuencia metamórfica descansan rocas de origen sedimentario marino metamorfizadas, con contenido fosilífero del Triásico Superior (Cárnico) y que junto con Peñón Blanco y Charcas San Luis Potosí son los únicos afloramientos reconocidos del Triásico Marino en esta porción de México.

Al principio del Jurásico continúa en la mayor parte de esta porción un aporte continental, con sedimentación de capas rojas. Durante el Jurásico Superior, se generaliza en todo el Norte y Noreste de México una transgresión marina, que Tardy (1980) relacionó con la apertura occidental del Mar de Tethys durante la disgregación del supercontinente Pangea. Pilger (1978) señala que la apertura del Golfo de México fue anterior a la apertura del Atlántico lo que hace suponer que las transgresiones marinas de la primera mitad del Mesozoico pudieron venir del Pacífico más que del Este. La afinidad de las faunas del oriente de México con las del Pacífico es un elemento que soporta esta idea. Para tiempos anteriores a la transgresión Jurásica, durante la sedimentación continental del Triásico, gran parte de lo que actualmente es México pertenecía al sector occidental del Continente Pangea.

La invasión de los mares del Jurásico Superior sobre gran parte del Norte de México inicia la definición de los elementos paleogeográficos que actúan durante el Mesozoico y que controlan la sedimentación y la tectónica. Alguno de los principales elementos que actuaron en el Mesozoico en esta área y zonas adyacentes se ubican en la Cuenca Mesozoica de México o Geosinclinal Mexicano, la Plataforma San Luis-Valles; la Península o Isla de Coahuila, la Península de Tamaulipas y el Antiguo Golfo de México.

Un gran número de autores, han considerado a la Cuenca Mesozoica desarrollada en la zona de la Mesa Central y la Sierra Madre Oriental como un geosinclinal, en donde, se acumularon grandes espesores de sedimentos distribuidos posteriormente por tectonismo de tipo orogénico. Burckhardt (1930) estimó que para el Jurásico Superior se encontraba en esta región un gran entrante de mar bordeado por tierras positivas.

Recientemente, Tardy (1980) considera que la porción centro-oriental de México evolucionó como un geosinclinal en el cual, se individualizaron dos cuencas (Antiguo Golfo de México y Cuenca Mesozoica de México) en donde se depositan sedimentos calcáreos pelágicos, separados por una cresta (Plataforma San Luis-Valles) sobre la que se desarrolló una sedimentación nerítica.

En gran parte de la Cuenca Mesozoica de México (Mesa Central y Faja Occidental de la Sierra Madre Oriental) la transgresión marina oxfordiana está caracterizada por el depósito inicial de los "Yesos Minas viejas" que dan la evidencia de aguas someras en condiciones de fuerte evaporación.

II.3.- GEOLOGIA LOCAL

Se realizó cartografía geológica, escala 1:1000, sobre una superficie de 1000x1500 m. en la porción Norte del prospecto (Fig. 2). Fue como complemento al mapeo geológico realizado con anterioridad principalmente en la parte Sur-suroeste y que tuvo como objetivo delimitar la zona de Skarn desarrollada en el contacto entre rocas de la Formación Zacatecas y Cuesta del Cura con un cuerpo instrusivo de composición granito-granodiorítica.

En conjunto representa el área de estudio una superficie de aproximadamente 2 km² donde afloran rocas sedimentarias, volcánicas, intrusivas y metamórficas.

Las rocas sedimentarias descansan discordantemente sobre las rocas de la Formación Zacatecas del Triásico Superior, aunque localmente se encuentran afectadas por fallamiento de gravedad, el cual desliza al paquete sedimentario sobre las rocas del Triásico; se les ha correlacionado tentativamente con las Formaciones Cuesta del Cura (Albiano-Cenomaniano) e Indidura (Cenomaniano Superior-Turoniano), basándose únicamente en sus características litológicas ya que no se realizó ningún estudio paleontológico.

La Formación Cuesta del Cura, ocupa aproximadamente el 40% de la porción Norte del prospecto y está constituida por calizas arcillosas de estratificación delgada a media, ondulante de forma irregular con intercalaciones de capas delgadas de lutitas carbonosas; se encuentra infrayaciendo a la Formación Indidura constituida por lutitas y limolitas y aflora también en la parte Norte del prospecto, ocupando aproximadamente el 30% del área de estudio.

Las rocas metamórficas están representadas principalmente por la Formación Zacatecas, de edad Triásico Superior y afloran en la porción Sur del prospecto, se encuentran constituidas por filitas que varían a pizarras de color verde, gris y negro carbonoso y metareniscas.

En algunas porciones pequeñas del área de estudio afloran cuerpos de skarn producto de la intrusión de los cuerpos ígneos sobre las rocas, principalmente de las Formaciones Cuesta del Cura y Zacatecas.

Las rocas ígneas están constituidas por cuerpos intrusivos en forma de stock y diques.

Sobre la porción Sur del área, intrusionando las Formaciones Zacatecas y Cuesta del Cura, aflora un cuerpo ígneo de composición granito-granodiorita en forma de stock; hacia la parte noroeste del área cortando las calizas de la Formación Cuesta del Cura aflora un dique de composición diorítica con longitud aproximada de 300 m. y de 20 a 50 m. de ancho.

Finalmente en la porción Norte aflora una serie de apófisis en forma de diques de una roca de composición riolítica

II.4.- ESTRATIGRAFIA

II.4.1.- Estratigrafía regional

Como se ha mencionado con anterioridad, las rocas sedimentarias fueron depositadas en la cuenca Mesozoica del Centro de México sobre rocas del Triásico Superior y consisten de depósitos marinos del Cretácico afectados intensamente por la orogenia Laramide de fines del Cretácico y principios del Terciario (Figs. 3 y 4).

Las rocas ígneas están representadas principalmente por rocas volcánicas como: brechas, tobas, derrames riolíticos, ignimbritas y andesitas de edad Oligoceno-Mioceno que afloran principalmente al Oeste así como derrames basálticos a los que se ha asignado una edad de Plioceno- Cuaternario e intrusiones que varían de granitos, granodioritas, dioritas y pórfidos riolíticos en forma de stocks, diques y sills. Con respecto a las rocas metamórficas, la estratigrafía está representada por rocas metavolcánicas y metasedimentarias ubicadas en las porciones Oeste y Norte del área de estudio. Enseguida se describen las pricipales formaciones relacionadas con la zona de estudio:

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEON
EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA
Facultad de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

TABLA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA PARA EL NORESTE DE MEXICO

ERA	SISTEMA	SERIE	PISO EUROPEO	m.a
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE		
		PLEISTOCENICA		
	TERCIARIO	PLIOCENICA		
		MIOCENICA		
		OLIGOCENICA		
		EOCENICA		
		PALEOCENICA		66.4
MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR	MAESTRICHTIANO	
			CAMPANIANO	
			SANTONIANO	
			CONIACIANO	
			TURONIANO	
			CENOMANIANO	
		INFERIOR	ALBIANO	
			APTIANO	
			NEOCOMIANO	144
	JURASICO	SUPERIOR	TITHONIANO	
			HOMMERIOGIANO	
			OXFORDIANO	
			CALLOVIANO	
		MEDIO	BATONIANO	
			BAJOCIANO	
		INFERIOR	TOARCIANO	
			PLIENSBACHIANO	
			SINEMURIANO	
			HETTANGIANO	208
	TRIASICO	SUPERIOR		
		MEDIO		
		INFERIOR		245
PALEOZOICO	PERMICO			
	PENSILVANICO			
	MISSISSIPICO			
	DEVONICO			
	SILURICO			
	ORDOVICICO			
	CAMBRICO			570
PRECAMBRICO				

CUENCA MESOZOICA DEL C. DE MEXICO

PORCION CENTRAL Y E.	PORCION N.
ALUVION	ALUVION
FM.AHUICHILA	FM.AHUICHILA
FM. CARACOL	FM. CARACOL
FM BOQUILLAS / FM. INDIDURA	FM. INDIDURA
FM.CUESTA DEL CURA	FM.CUESTA DEL CURA
FM. LA PEÑA / FM.TAMAULIPAS SUPERIO	FM. LA PEÑA
FM OTATES	
FM. TAMAULIPAS INFERIOR	FM. TAMAULIPAS INFERIOR
FM. TARAISES	FM. TARAISES
FM. LA CAJA	FM. LA CAJA
FM. ZULOAGA	FM. ZULOAGA
FM. JOYA	FM. JOYA
FM. ZACATECAS ?	FM. ZACATECAS ?
FM. GUACAMAYA ?	FM. NAZAS
	FM RODEO
	FM. CAOPAS ?
	FM. TARAY ?

AREA DE ESTUDIO

ALUVION Y SUELO

ROCAS IGNEAS TOBAS RIOLITAS

FM. CARACOL

FM. INDIDURA

FM. CUESTA DEL CURA

FM. ZACATECAS

AREA HUAYACOTLA

FM.MENDEZ

FM.SN.FELIPE

FM. AGUA NUEVA

FM.CUESTA DEL CURA

FM.TAMAULIPAS SUPERIOR

FM.OTATES

FM.TAMAULIPAS INFERIOR

FM. PIMIENTA

FM. TAMAN

FM.TEPEXIC

FM. CAHUASAS

FM. HUAYACOCOTLA

FM. HUIZACHAL

FM. GUAYCAMAS ?

GNEISS-GRANITO

PLATAFORMA VALLES-SAN LUS P.

PORCION CENTRO	PORCION ORIENTAL
FM LA BORREGUITA / FM.STO. DOMINGO	
FM. CARDENAS	FM.MENDEZ
FM. TAMASOPO ?	FM. SAN FELIPE / FM. AGUA NUEVA
FM. EL ABRA (POST-ARRECIFAL) ?	FM. EL ABRA (ARRECIFAL Y POST-ARRECIFAL) ? ? ? ?
FM. GUAXCAMA	FM. TAMAULIPAS INFERIOR

GOLFO DE SABINAS

ALUVION

FM. ESCONDIDA

FM. OLMOS

FM. SAN MIGUEL

FM. UPSON

CRETA AUSTIN

FM. EAGLE FORD

GPO. WASHITA

FM. KIAMICHI

C. AURORA

FM. LA PEÑA

C. CUPIDO

FM. LA MULA

C. PANETA

FM. BARRIL VIEJO

C. MENCHACA

SECTOR DE PARRAS

GPO. DIFUNTA

L. PARRAS

FM. SN FELIPE

FM. CUESTA DEL CURA

FM. TAMAULIPAS

FM. LA PEÑA

C. CUPIDO

FM. TARAISES

FM. LA CAJA (LA CASITA)

GPO.ZULOAGA

CUENCA DE CHIHUAHUA

ALUVION

R.VOLCANICAS RIOLITICAS

GPO. OJINAGA

GPO. CHIHUAHUA: FM. LOMA PLATA / FM. BENAVIDES / FM. PINA Y / FM. LAGUNA / FM. BENIGNO

FM. CUCHILLO

FM. LAS VIGAS

FM. ALCAPARRA

FM. ALEJA

FM. LOMA BLANCA

FM. PLOMOSAS

FM. PASTOR

FM. MONILLAS SUP.

FM. MONILLAS INF. ?

FM. SOLIS ?

FM. SOSTENES

NO AFLORA

NO DEPOSITO Y/O DE EROSION

COMPILADO POR: RICARDO L. CONTRERAS
1994

FIG.4

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

1942
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

FORMACION ZACATECAS (TR z)

Triásico Superior (Cárnico -Rético)

Definición:

Esta formación ha sido descrita por varios autores en diferentes épocas, de esa forma, Burckhard et al ., (1906) hace la descripción por primera ocasión de una secuencia sedimentaria marina en el lugar conocido como Arroyo La Pimienta o Calavera ubicado a 3 km. de la ciudad de Zacatecas. Posteriormente, esta misma localidad fue estudiada por French (1907) y Gutiérrez Amador (1908).

En 1960 F. Méndez estudió los afloramientos de esta formación a 20 km. al oriente de Zacatecas en un afluente del río Tlacotes y E. López Ramos en 1965 realizó varios reconocimientos en el área diferenciando 4 unidades por sus características litológicas :

Unidad "A" : Compuesta por esquistos sericíticos (no aflora su base).

Unidad "B" : Argilitas y esquistos silíceos oscuros con espesor aproximado de 30 m.

Unidad "C" : Rocas verdes con fragmentos de esquistos silíceos y espesor de 35 m.

Unidad "D" : Argilitas y limolitas oscuras muy fosilíferas a la cima, con intercalaciones de cuarcitas y areniscas en su porción media. El espesor es superior a 70 m.

Distribución:

Los afloramientos más característicos de esta formación se encuentran en el arroyo de la Pimienta y Cerro del Encinito en donde fueron encontrados Cefalópodos y Bivalvos de edad Cárnica.

Además de las localidades tipo mencionadas , la formación Zacatecas aflora en forma de ventanas en la región de Trinidad, en la porción oriental del área del Estribo y San Francisco; así como en el cerro El Blanco, El Trejo y cerca del rancho El Encinito en el Estado de San Luis Potosí y en las cercanías del poblado de Pastoría, Zacatecas. próximo al área de estudio.

Litología y Espesor:

Generalmente la formación Zacatecas está afectada por metamorfismo regional; los sedimentos están ligeramente cloritizados y cruzados por gran cantidad de vetillas de cuarzo lechoso de diferentes espesores .

La litología del Triásico Superior Marino de Zacatecas está compuesta de una secuencia de rocas sedimentarias con intercalaciones de rocas volcánicas. La unidad está formada por filitas que en ocasiones varían a pizarras de color verde, gris o morado, esquistos arcillo-carbonosos de color gris y cuarcita. En general, la columna estratigráfica está representada por una alternancia de lutitas y areniscas de tipo flisch, metaconglomerados con fragmentos de

cuarcita, esquistos y posiblemente rocas metavolcánicas. Asímismo, existen calizas de color gris oscuro y rocas volcánicas en forma de derrames de lavas submarinas y tobas de composición andesítica y basáltica. Estas rocas, se conocen como "rocas verdes" y fueron inicialmente descritas por Burckhard y Scalia (1906) relacionándolas a un arco volcano sedimentario submarino situado al poniente de la región (Carrillo Bravo, 1982).

El espesor total de la formación es difícil de medir, en primer lugar, por no aflorar su base y en segundo por encontrarse afectada por plegamiento secundario, no obstante lo anterior, se le estima un espesor de afloramiento del orden de 270 m.

Relaciones Estratigráficas:

El contacto subyacente con la formación Zuloaga es brusco y generalmente discordante, aunque en ocasiones se ha observado concordancia, como se ha logrado apreciar en la parte alta de la margen Sur del Arroyo Cañón de Jarras. Su base no aflora por lo cual se ignora su contacto inferior.

Edad y Correlación:

Como se menciona en párrafos anteriores, algunos de los investigadores encontraron fósiles en los afloramientos descritos los cuales han permitido ubicar estos sedimentos en el Triásico Superior.

Hall en 1870 encontró bivalvos del género Palaeoneillos, *Cefalópodos sirenites*; French en 1907 describe otros bivalvos de una variedad de Halobia; Burckhardt en 1906 aguas arriba del arroyo La Pimienta describió ejemplares gigantes de Palaeoneillos sp, Pleuristima sp y Juvavites sp.

Con respecto a correlación , esta formación, se correlaciona con las formaciones Rodeo del área de Apizolaya y Taray, Zacatecas, con la parte inferior de la Barranca del centro de Sonora; con la Huizachal de las áreas Huizachal-Peregrina, Tamaulipas y de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí.

Medio Ambiente de Depósito:

A partir de las características de litología y fósiles, diferenciados en la región, se puede realizar una interpretación del medio ambiente en el cual tuvo lugar el depósito.

Los sedimentos que caracterizan la base de los afloramientos en la zona de filitas con laminación fina y de las areniscas de grano fino con algo de gradación, nos reflejan que su depositación se originó en aguas someras sin turbulencia, sin energía eólica y con abundante penetración de sol, características que nos permiten situar esta unidad dentro de la subzona infralitoral.

Con la repentina manifestación de areniscas de grano grueso y .conglomerados con fragmentos de diferentes tipos de roca, sobre la secuencia antes descrita, se asume que

movimientos tectónicos menores elevaron elementos positivos, de donde se originan los fragmentos clásticos. Seguido a este evento, se genera una actividad volcánica intermitente causante de las coladas basálticas que se intercalan con las aportaciones existentes, dando lugar a una secuencia espilítica, contemporánea al depósito de aguas de poca profundidad.

FORMACION CUESTA DEL CURA (K cc)

Cretácico Medio (Albiano-Cenomaniano)

Definición:

Esta formación fue descrita originalmente por Imlay R. W. (1936) que tomó como localidad tipo, los afloramientos existentes a 6.4 km. al Poniente de Parras, Coahuila, en la Sierra de Parras, en donde se le ubica entre la Caliza Aurora y la formación Indidura.

Distribución:

Esta formación se encuentra aflorando en la parte Norte de la Sierra de Salinas a partir del cuerpo intrusivo del Peñón Blanco.

Litología y Espesor:

Consiste de calizas arcillosas en estratos delgados de 3 a 10 cm., color gris claro interestratificados rítmicamente con bandas y lentes de pedernal negro. Presenta vetilleo intenso de calcita de color blanco dispuesta en stockwork. El grueso de los estratos se incrementa hacia el contacto con la formación La Peña en donde llegan a medir hasta 50 cm. Hacia el contacto con la formación Indidura la caliza se hace de color más claro, arcillosa, apareciendo capas de limolitas y las bandas de pedernal son menos abundantes.

Su espesor es variable de 120m. a 350m.

Relaciones Estratigráficas:

La formación Cuesta del Cura subyace a la formación Indidura, siendo su contacto concordante y ligeramente transicional y suprayace, en forma transicional, a las formaciones Cupido y La Peña.

Edad y Correlación:

Su edad fue establecida por Burckhardt (1930), Imlay (1936) y Rogers (1957) con base en la descripción de amonitas de los géneros *Oxytrophidoceras*, *Hystoceras*, *Mortoniceras* y *Ancyloceras* asignándole una edad Albiano-Cenomaniano.

Se le correlaciona con las Formaciones Aurora y con las Formaciones Kiamichi del grupo Washita del NE de México y Oriente de Texas; Caliza El Abra y Tamabra de la Cuenca Tampico-Misantla; con la Formación Doctor de la plataforma Valles, San Luis Potosí.

Medio Ambiente de Depósito:

Tanto por estudios petrogenéticos y faunísticos realizados en esta formación, como por su estratificación rítmica, puede inferirse que esta formación se depositó en aguas tranquilas en forma de lodos calcáreos, en una cuenca con circulación oxigenada; debido a la presencia de concreciones de hematita en algunos sitios con pH mayor a la neutralidad .

FORMACION INDIDURA (K si)

Cretácico Superior (Turoniano)

Definición:

Kelly en 1936 describió una unidad litoestratigráfica en la Región de Delicias Coahuila en el flanco oriental del Cerro de la Indidura dando este nombre a unos 30 m. de lutitas y calizas fracturadas, que cubren directamente a la Caliza Aurora y que contienen fósiles indicativos de Albiano Tardío-Cenomaniano y Turoniano.

Por otra parte, Imlay (1936-1938), ratifica esta definición apoyado en trabajos realizados en la Sierra de Parras, en la parte Norte de Zacatecas en donde midió varias secciones donde la formación Indidura cubre a la formación Cuesta del Cura y subyace a la formación Caracol.

Distribución:

La distribución de esta formación es bastante amplia en la región, ya que se encuentra principalmente a lo largo de la Sierra de Salinas en su parte septentrional; en la parte Sur del área en las inmediaciones de los poblados del Tepetate y El Pedernal en la parte Norte de Zacatecas.

Litología y Espesor:

La formación Indidura, presenta un marcado cambio de facies, razón por la cual se le ha dividido en dos miembros uno de ellos muy restringido que generalmente es lenticular y delgado.

MIEMBRO UNO:

Está formado en su parte media inferior por capas de caliza de 10 a 40 cm. de espesor, de color gris oscuro a negra algo carbonosa en intercalación con estratos de calizas lajosas y arcillosas de color violáceo en espesores de 5 a 10 cm. así como delgadas capas de limolitas del mismo color; esporádicamente contiene algunos nódulos y bandas de pedernal negro.

En los cortes de la carretera No.49, en la Sierra de Salinas se puede apreciar la intercalación de calizas, limolitas y pedernal en delgadas capas, que incluso si no se conoce su posición estratigráfica, podría confundirse con la formación Cuesta del Cura.

MIEMBRO DOS:

Corresponde con un horizonte lenticular formado por alternancia de delgadas capas de caliza arcillosa de color gris claro, con estratos delgados de limolitas calcáreas en capas delgadas de color gris claro a gris amarillento y algunos lentecillos y bandas de pedernal negro muy aislados; en algunos sitios se puede apreciar un horizonte formado de gruesos lentes de caliza hasta de 2m. de espesor de color gris claro y ya cerca de su contacto con la formación Caracol, tiene otro horizonte formado de areniscas y lutitas en capas delgadas, intercaladas rítmicamente; el cual, tiene un espesor total de 1 a 3m.

El espesor, es difícil de medirlo, por el fuerte efecto de pliegues secundarios que presenta variando de 120m. a 350m. según estimaciones realizadas en un anticlinal al Sur de la carretera No. 49.

Relaciones Estratigráficas:

Esta formación suprayace a la formación Cuesta del Cura y subyace a la formación Caracol, siendo estos contactos concordantes y ligeramente transicionales.

Edad y Correlación:

En 1930, Imlay le asignó edad Turoniana, basándose en su contenido de *Inoceramus Labiatus* **y** *Exogyra*; **Humphrey en 1949, la sitúa desde el Albiano Tardío al Turoniano; Kellym y Shuback (1961) así como Kellum y Robinson (1963) le asignaron edad Albiano Tardío al Turoniano Tardío. De Cserna (1946) la sitúa en el Albiano Tardío, Cenomaniano y Turoniano.**

Tardy en 1974 al realizar trabajos en la Sierra de San Julián detectó fauna del tipo *Rotolipora Apenninica* **y** *Rotolipora Cushomani* **modificando su edad como del Cenomaniano Inferior- Turoniano Superior.**

En base a edad y litología, la formación Indidura se puede correlacionar con la formación Soyatal de la Sierra de Alvarez, San Luis Potosí, con la formación Agua Nueva de la Cuenca Tampico-Mizantla; con la formación Eagle Ford, del NE de México y Sur de Texas y con la formación Chispa Sumit, del Valle del Rio Conchos, Chihuahua.

Medio Ambiente de Depósito:

Por sus características de litología se estima, que estos depósitos tuvieron amplia distribución espacial, con el miembro Uno depositado cerca del medio batial ya que presenta una secuencia rítimica de las capas calcáreas con poca aportación de arcilla, habiendo también suministro de materia orgánica y presencia de pirita singenética por lo cual, se presume de un medio ambiente reductor con poca o nula circulación de agua. Hacia la parte superior o miembro Dos, cerca del contacto con la formación Caracol, se observa mayor aportación de terrígenos y además, se conservan huellas de animales en los planos de

estratificación de las calizas, lo que sugiere un depósito en aguas someras con penetración de luz solar; intermitentes a mansas por debajo del tren de olas ya que, las limonitas presentan laminación delgada y gradación. En base a los puntos mencionados se estima que este depósito tuvo lugar en la zona sublitoral dentro de la subzona infralitoral.

FORMACION CARACOL (Ksc)

Cretácico Superior (Coniaciano-Maestrichtiano)

Definición:

Varios afloramientos en el arroyo de Caracol, situado en la Sierra de San Angel, al oriente de la Sierra de Parras, Coahuila (localidad tipo) descritos originalmente por Imlay, (1936) como una serie de tobas desvitrificadas, lutitas y calizas que sobreyacen concordantemente a la formación Indidura.

Distribución:

Se encuentra en los flancos de las Sierras y en las partes planas, formando ventanas, generalmente en una topografía suave y cubierta de material aluvial.

Litología y Espesor:

Consiste de lutitas de color gris verdoso, fisiles, que alternan con capas de 10-30 cm. de areniscas color verdoso, contenidas en una matriz calcárea. Contiene abundantes estructuras menores y huellas de animales, formadas con la acción de corrientes, cargas de compactación, movimiento a lo largo del declive y por movimientos de animales en el fango. Está fuertemente plegada y casi totalmente cubierta por lo que su espesor real se desconoce.

Relaciones Estratigráficas:

Sobreyace concordantemente a la formación Indidura, es ligeramente transicional y generalmente se encuentra cubierta por sedimentos terciarios continentales , riolitas y en gran parte por material aluvial.

Edad y Correlación:

En base a su contenido fosilífero, su edad fue establecida por Imlay (1937) y Ulloa (1952), quienes la sitúan entre los pisos Coniaciano, Santoniano, Campaniano y Maestrichtiano.

Posteriormente alumnos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de México (1976: Prospecto La Mancha), colectaron fósiles del género *Inoceramus sp* que tomaron como índice para situar esta formación dentro de los pisos Turoniano Superior-Santoniano.

Es correlacionable con las formaciones Méndez y San Felipe de la margen oriental de la plataforma Valles-San Luis Potosí; con la Cárdenas y Tamasopo; con la Mezcala del área de Guerrero y con la Creta-Austin del NE de México.

Medio Ambiente de Depósito:

Teniendo en cuenta sus características sedimentológicas, así como la estratificación bien definida y rítmica de estas lutitas y areniscas gradadas, se puede inferir que fueron depositadas por corrientes de turbidez en aguas serenas y someras con penetración suficiente de luz solar.

El depósito de estos sedimentos se considera dentro de las facies Flysch, de aguas poco profundas (menos de 45 m.) de carácter regresivo, situado dentro de la zona sublitoral, correspondiente a la subzona infralitoral.

PORFIDO GRANITICO

Este tipo de intrusivo es característico en la Mesa Central asociándosele generalmente con la mineralización de Concepción del Oro, Zacatecas; Comanja Jalisco y Guadalcázar, San Luis Potosí, tratándose de una roca porfirítica con 20% de fenocristales de cuarzo subhedral y 10% de muscovita euhedral en una matriz cristalina compuesta de estos minerales.

Intrusiona a los sedimentos marinos desde el Triásico hasta el Cretácico Superior yaciendo en forma de stocks , diques , silles y pequeñas apófisis.

SISTEMA TERCIARIO

CLASTICOS CONTINENTALES (Tc)

Terciario Inferior (Paleoceno-Eoceno)

Definición:

Estos sedimentos han sido objeto de estudios en diferentes partes de la República debido a su amplia distribución. Labarthe-Tristán (1978) los definen como una secuencia de sedimentos poco consolidados de gravas, arenas, limos y ocasionalmente con intercalaciones de cenizas volcánicas que fueron depositadas discordantemente, sobre una serie de sedimentos cretácicos, en cuencas continentales aisladas y cubiertos discordantemente por una secuencia andesítica irregular.

Distribución:

Aflora en pequeños lugares en la parte meridional de la sierra de Salinas al NE del poblado del Tepetate.

Litología y Espesor:

. Estratos de arenas finas poco consolidadas de color amarillento a morado, con abundantes micas, cruzadas por numerosas vetillas de calcita, intercalados con limos amarillos. Hacia la parte superior, tiene un conglomerado formado por fragmentos de areniscas, caliza y pedernal con espesor aproximado de 10 m. Por no ubicarse en cuencas aisladas y no aflorar su base se hace una estimación de su espesor del orden de 20m.

Relaciones Estratigráficas:

Estos sedimentos descansan discordantemente sobre la formación Caracol y subyacen también en discordancia a la Riolita Panalillo.

Edad y Correlación:

Por estudios palinológicos (Labarthe-Tristán 1978) y por su posición estratigráfica, se les ha asignado una edad de Paleoceno-Eoceno y se les correlaciona con los Conglomerados Rojos de Guanajuato.

Medio Ambiente de Depósito:

Por sus características litológicas como son estratificación, gradación, vetillas de calcita y presencia ocasionalmente de yeso, situamos esta depositación dentro de un medio ambiente continental lacustre.

RIOLITA SAN MIGUELITO (Tsm)

Terciario (Oligoceno-Mioceno?)

Definición:

Descrita por Labarthe-Tristán (1978) en la Sierra de San Miguelito, al sur de la ciudad de San Luis Potosí. Consiste de un derrame riolítico que cubre junto con otras unidades volcánicas esta sierra, distribuyéndose ampliamente en los estados de Zacatecas, Guanajuato, Jalisco y Aguascalientes.

Distribución:

Aflora en gran parte del Estado de Zacatecas.

Litología y Espesor:

Roca de color gris claro con 25% de fenocristales de cuarzo y sanidino; algo de biotita y óxidos de fierro en una matriz desvitrificada, de estructura fluidal, y con fuerte soldamiento. Su

color de intemperismo predominante es café claro observándose topografía de contornos redondeados.

En relación a su espesor, este no se ha medido por no aflorar cima ni base estimándosele 250m de espesor.

Relaciones Estratigráficas:

Se desconoce su posición con otras rocas , estando cubierta en las partes bajas por un conglomerado. Sin embargo, podemos considerar que puede suprayacer a los Clásticos Continentales terciarios o bien a las Formaciones Caracol e Indidura.

Edad y Correlación:

No se han hecho dataciones pero, por su posición estratigráfica se le puede situar con cierta reserva, del Oligoceno al Mioceno.

Medio Ambiente de Depósito:

Este derrame se depositó en pequeñas lagunas dentro de un medio eminentemente continental terrestre.

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

RIOLITA PANALILLO (Trp)

Terciario (Mioceno- ¿Plioceno ?)

Definición:

Descrita originalmente como Riolita Panalillo en 1978 por Labarthe-Tristán quienes se refieren a una roca ignimbrítica de color café, textura esferulítica, con vesículas rellenas de feldespato, cuarzo y calcedonia. Esta unidad forma extensas mesetas que la hacen destacar de otras unidades volcánicas.

Distribución:

Se encuentra formando extensas mesetas alargadas en la parte Sur de la Sierra de Salinas y al noreste de la ciudad de Salinas, Zacatecas en donde recibe el nombre de Mesa de Santa Rosa.

Litología y Espesor:

En su parte inferior consiste de flujos de cenizas sin soldar, con abundante pómez y algunos líticos, en tanto que en su parte media y superior consiste de una ignimbrita de color café rojizo con matriz fina desvitrificada, con un 5% de fenocristales de cuarzo y sanidino, bien soldada, con algunas esferolitas y algo de estructura fluidal; en algunas zonas tiene abundantes

cavidades originadas por el escape de gases. En su base, lenticularmente se leaprecia un vitrófido de color negro de unos 5 m.

El espesor de esta unidad, varía de 25 a 30m.

Relaciones Estratigráficas:

Su contacto inferior es discordante, descansando sobre las formaciones Indidura y Caracol, así como con los Clásticos Continentales Terciarios .

Edad y Correlación:

Su edad no ha sido determinada pero, por correlación estratigráfica se le ubica en la parte superior del Terciario (Mioceno-¿Plioceno ?)

Medio Ambiente de Depósito:

Esta ignimbrita fue depositada en la superficie continental sobre zonas erosionadas y algunas lagunas .

BASALTO (B)

Terciario Superior (Pleistoceno)

Aflora principalmente en la parte Norte de la Sierra de Salinas, formando pequeños cerros aislados remanentes de erosión.

Es una roca negra compacta, con pocas vesículas hacia su base, que se incrementan hacia la cima. En el área, cubre discordantemente a las formaciones Cuesta del Cura, Indidura y Caracol. Su edad no ha sido determinada pero por su semejanza con los basaltos de La Joya, donde a su nivel tobaceo se le encontraron restos de grandes mamíferos, posiblemente Mamut (aranda-Labarthe 1977), se le puede ubicar a fines del Plioceno o en el Pleistoceno. Su espesor máximo es de 125 m.

ANDESITA (Tan)

Terciario Superior (¿Pleistoceno?)

Asociada a los basaltos en los mismos aparatos volcánicos, aparece una roca andesítica que aflora hacia la parte Norte de la Sierra de Salinas.

Cubre en discordancia a las formaciones Indidura y Caracol y por correlación estratigráfica se le ubica en la parte superior del Terciario o inferior del Cuaternario

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

II.4.2.- Estratigrafía local

La columna estratigráfica local ha sido establecida en base a cartografía geológica y perforación de circulación inversa, distinguiéndose principalmente rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas.

Dentro de esta columna, las rocas más antiguas que se han logrado diferenciar corresponden a filitas, esquistos de sericita, pizarras carbonosas y en menor proporción metareniscas que por correlación estratigráfica se asume corresponden a la formación Zacatecas de edad Triásico Superior; en el prospecto ocupa de 10-15% del área cartografiada. Sobreyaciendo en forma discordante al sistema Triásico ocurre una secuencia de rocas calcáreas-arcillosas definida principalmente por calizas de color gris claro de estratificación delgada a media (10-60cm.), interestratificada con delgadas capas de calizas arcillosas y bandas irregulares de pedernal negro. Dos característica distintivas de esta unidad es la abundante presencia de vetillas de calcita con óxidos de fierro y cuarzo en forma de stockwork, así como áreas de intensa silicificación. Por correlación estratigráfica se estima que esta litología corresponde con la formación Cuesta del Cura de edad Cretácico Medio.

En contacto normal, sobreyaciendo a la formación Cuesta del Cura se distingue una alternancia de lutitas carbonosas y lutitas calcáreas intercaladas con estratos de calizas lajosas y arcillosas de color gris violáceo de 5 a 10 cm. de espesor que definen a la formación Indidura de edad Cretácico Superior.

Finalmente esta secuencia sedimentaria Mesozoica termina con la formación Caracol que es una unidad terrígena de areniscas de estratificación delgada a media intercalada con lutitas y calizas que intemperizan a un color café rojizo cuyo contacto con la formación Indidura es concordante y ligeramente transicional.

En las inmediaciones del área de estudio, propiamente hacia la porción oeste, rocas volcánicas constituidas principalmente por brechas, tobas, derrames riolíticos, ignimbritas y andesitas de edad Oligoceno-Mioceno así como derrames basálticos de edad Plioceno-Cuaternario cubren parcialmente a las formaciones mesozoicas.

ROCAS INTRUSIVAS

Las intrusiones que afectan a algunas de las unidades antes mencionadas están representadas por cuerpos ígneos en forma de stock, diques y pequeñas apófisis variables en composición de granito-granodiorita hasta pórfido riolítico. Sobre la porción sur del área, afectando a las formaciones Zacatecas y Cuesta del Cura aflora un cuerpo ígneo de composición variable de granito a granodiorita en forma de stock, el que se presume sea productor de mineralización; hacia la parte noroeste del área afectando calizas de la Formación Cuesta del Cura aflora un dique de composición diorítica con longitud aproximada de 300m. y

20-50m. de ancho. Finalmente en la porción Norte y centro afloran una serie de apófisis de composición riolítica y textura porfídica.

II.5.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL

II.5.1. Estructuras regionales

La cartografía a escala regional y recientes estudios relacionados con la evolución tectónica de México incluyen esta zona dentro del terreno tectonoestratigráfico denominado TEPEHUANO (Sedlock & Ortega G., 1993) el cual sufrió notable reducción en sus bordes Norte-noreste debido a los efectos laramídicos en el Cretácico Superior y Paleógeno (Pantoja-Alor, (1963); Ledezma Guerrero, 1967 y 1981). La deformación laramídica afectó rocas hacia la parte Sur, por lo menos, hasta los 24 grados de latitud Norte y hacia el Oeste hasta 104 grados 30 minutos de longitud Oeste, en donde las unidades preterciarias están cubiertas por rocas volcánicas terciarias de la Sierra Madre Occidental.

Esfuerzos compresionales regionales de orientación E-NE a W-SW derivan a esfuerzos tensionales orientados en el mismo sistema alrededor de los treinta millones de años iniciando basculamiento de bloques, intrusiones y vetilleo.

Fallamiento normal de alto ángulo generalmente asociado a las deformaciones Basin and Range así como vulcanismo basáltico se iniciaron hace 24 millones de años, y continúan hasta el presente (Aguirre Díaz y Mc. Dowell 1988; Grant y Ruíz 1988; Córdoba y Silva-Mora 1989).

A partir de análisis estructural de fallas, fracturas y lineamientos mayores, Aranda-Gómez y otros (1989) concluyeron que la parte Sur de la Mesa Central experimentó distintos episodios de esfuerzos tensionales noreste-suroeste y noroeste-sureste durante el Cenozoico. De Cserna (1956) estima que el plegamiento de los sedimentos mesozoicos aumenta su intensidad desde la Mesa Central hasta la Sierra Madre Oriental, debido a la presencia de la época de las deformaciones de las masas cratónicas de la Plataforma Coahuila y la Península de Tamaulipas.

Tardy (1975) supone la existencia de una cobijadura de orientación N-NE de centenares de kilómetros que pone a la secuencia pelágica de la Cuenca Interna (Mesa Gentral y Cadena Alta de la Sierra Madre Oriental) sobre las plataformas San Luis-Valles y Coahuila, con secuencias arrecifales y subarrecifales.

II.5.2.-Estructuras locales

Los sedimentos mesozoicos y principalmente aquellas unidades con abundante contenido arcilloso como es el caso de la formación Indidura, han desarrollado localmente plegamiento menor de tipo chevrón conjugado y circular, en contraste con la formación Cuesta del Cura en

donde se aprecian estructuras anticlinales alternantes con ejes orientados NW-SE generalmente asimétricos con su plano axial recostado al NE como resultados de los efectos laramídicos los cuales actuaron con esfuerzos de tipo tensional y compresional en dirección NE-SW y NW-SE, respectivamente.

En relación con los principales lineamientos diferenciados se tiene un patrón estructural de fallas y fracturas de orientación N-S que han actuado como conductos de soluciones hidrotermales rellenándose con cuarzo y calcita y un sistema menor de fracturamiento de orientación N 40° E a N 80° E también con relleno de cuarzo calcita al parecer relacionado íntimamente con el sistema N-S. Un tercer sistema de fracturamiento- fallamiento mayor de tipo anular, ocurre en la parte sur y oeste del área variando el rumbo desde N 10° W hasta S 75° E . Se pretende explicar que esta serie de fallas de tipo normal de magnitud y desplazamiento variables sean originadas por basculamientos postorogénicos de bloques.

III.-YACIMIENTOS MINERALES

III.1.-GENESIS Y MINERALIZACION

Las principales evidencias de campo registradas en el área de estudio, consisten de fallamiento de bajo ángulo, principalmente de gravedad y normal, con características locales que pone en contacto a las formaciones Zacatecas del Triásico Superior y Cuesta del Cura del Cretácico Inferior; evento que es favorecido por la superficie esquistosa de las rocas metamórficas en el plano de discordancia. Guardando cierto paralelismo con esta estructura, se distribuyen irregularmente varios crestones de jasperoide cuyas características principales son su carácter masivo y la presencia de porosidad secundaria en forma de pequeñas cavidades con relleno de óxido de fierro. Estas zonas, reflejan un carácter geoquímico eminentemente anómalo en oro con valores que exceden de 0.3 p.p.m. y plata superior a 8 p.p.m. A estos elementos se adicionan Hg, As, Sb y Ba, que responden como los mejores trazadores de metales preciosos en este tipo de mineralización

Numerosas fracturas con relleno de cuarzo-calcita y diseminación de pirita que cortan a las formaciones Indidura y Cuesta del Cura, inciden en la parte central del área orientadas en un patrón estructural N 60° E a E-W.

Aunado a las evidencias de alteración-mineralización señaladas anteriormente, cabe destacar el importante papel que juega la litología como control estratigráfico y roca huésped favorable a la depositación de oro-plata a partir de fluidos hidrotermales los cuales penetran rompiendo las rocas preexistentes, en este caso las lutitas carbonosas, calizas arcillosas y limolitas de la formación Indidura caracterizada por la presencia de abundantes vetillas de calcita-cuarzo y diseminación de pirita de 1 a 3% en los horizontes carbonosos.

Pequeñas apófisis de intrusivos de composición riolítica y dioríticos emplazados generalmente en zonas de debilidad estructural, están distribuidas a lo largo de la estructura principal. El muestreo geoquímico reportó valores anómalos de oro en esta última.

Manifestaciones de silicatación han sido detectadas en el contacto de la formación Cuesta del Cura con un intrusivo variable en su composición de granito a granodiorita denominado localmente como Chepinque; así como a lo largo del contacto entre las formaciones Zacatecas y Cuesta del Cura y aún, en horizontes selectivos dentro de la formación Indidura específicamente en el área de "La Turquesa". El carácter de estos cuerpos silicatados es irregular, conjugándose en su formación el control estructural y estratigráfico de esta manera, las rocas carbonatadas evidentemente puras como es el caso de las calizas de la formación Cuesta del Cura, que han favorecido el desarrollo de un Skarn de granates principalmente con mineralogía asociada de epidota, piroxenos, cuarzo, calcita, diópsida, hedenbergita y localmente mineralización de metales base principalmente, galena, esfalerita, arsenopirita y pirita con menor calcopirita y magnetita. Geométricamente estos cuerpos de granate son de tipo lenticular a manteado, con alcance longitudinal variable desde 200 hasta 1000 m. y espesores superiores a los 20 m. Para el caso de las unidades calcáreo-arcillosas de las formaciones Zacatecas e Indidura, algunos horizontes fueron silicatados selectivamente formando hornfels de piroxenos generalmente estériles las cuales son de tipo manteado a lenticular en longitudes no mayores a los 150 m. y espesores del orden de los 10 a 25m.

Otras manifestaciones de alteración-mineralización están relacionadas a cuerpos masivos localmente brechoides compuestos de calcita-siderita con moderada diseminación de hematita localizadas en el contacto entre la formación Cuesta del Cura y pórfido de cuarzo. Al Sur del P.P. (punto de partida), se han detectado valores de zinc hasta de 30% en asociación con óxidos de color rojo intenso (Zincita) alojados en estructuras tipo veta, compuestas de cuarzo-calcita, así como numerosos rodados de hematita en zonas de cubierta residual.

III.1.1.-Tipo de yacimiento

El modelo originalmente interpretado para ser probado en el área de estudio está referido a las posibilidades de mineralización de oro y plata diseminada en cuerpos tabulares a partir de fluidos hidrotermales asociados localmente con rocas calcáreo-arcillosas, carbonosas y limolitas en un escenario estructuralmente controlado por fallamiento de bajo y alto ángulo de tipo normal e inverso, con alteración típica de silicificación, carbonatación, desarrollo de skarn y hornfels, lo cual fue soportado por datos de ensaye de oro y plata , así como por los resultados geoquímicos de elementos anómalos asociados como As, Sb, Hg y Ba; es decir, que el objetivo de la exploración se dirigía a evaluar yacimientos con características de los tipos "Carlin" del noreste de Nevada, U.S.A., significativos por sus grandes tonelajes de hasta 131

millones con leyes de oro de 1.52 gr/ton., como es el caso de la mina Gold Quarry explotada como tajo abierto y beneficiada por el método de lixiviación en montones (Heap leaching). Fig. 5 -

III.1.2.-En limolitas y calizas arcillosas

Los resultados obtenidos en el área después de dirigir la perforación de 6 barrenos de circulación inversa, tratando de probar mineralización de oro y plata a partir de un modelo tipo Carlin no fueron del todo satisfactorios, ya que no se obtuvo ninguna intersección de interés, a pesar de estar expuestas superficialmente y haberse cortado en las perforaciones, evidencias significativas de alteración tipo que corresponden con alteraciones hidrotermales mayores que han sido reconocidas en todas las rocas relacionadas con las zonas mineralizadas de los depósitos tipo Carlin de U.S.A. como es el caso de la silicificación, piritización, carbonatación, argilización, etc.

Para el caso de la zona estudiada, las relaciones de campo tanto en lo que se refiere a alteración-mineralización, relaciones estratigráficas y control estructural nos permiten corroborar que el ambiente explorado mantiene características significativas para seguirlo considerando dentro de los yacimientos tipo Carlin.

III.1.3.- En zonas de skarn y hornfels

En el área de estudio existen aspectos geológicos y de alteración-mineralización como son:

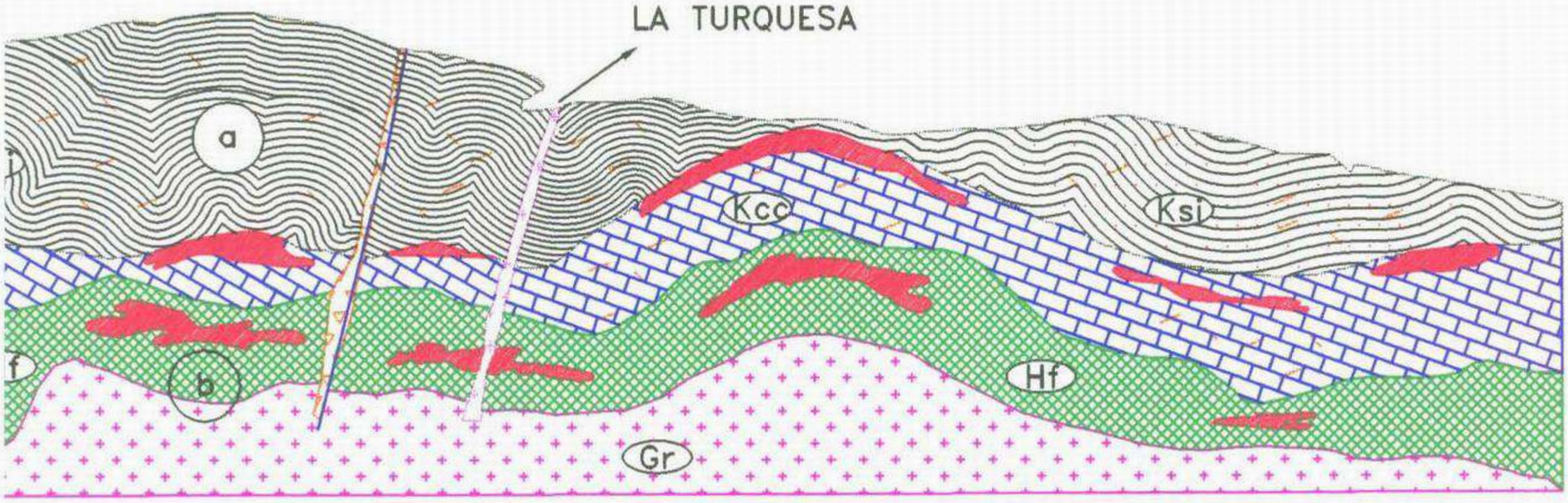
- La presencia de un intrusivo con variaciones en su composición de granito a granodiorita con características de stock, comparado con el intrusivo productor en el área de Concepción del Oro, Zac., en donde ha favorecido la ocurrencia de numerosos cuerpos mineralizados en forma de mantos y chimeneas de reemplazamiento en calizas.

-La formación de hornfels de piroxenos, principalmente hedenbergita, en rocas de eminente carácter arcilloso de las Formaciones Zacatecas e Indidura; alojados como mantos o lentes en espesores de 10 a 25m. y longitudes no mayores a 150m.

- Desarrollo de cuerpos lenticulares y mantos de skarn de granates andradita-grosularita, que han reemplazado paquetes de calizas puras de la Formación Cuesta del Cura evidenciando selectividad por horizontes en particular, con alcance en longitud superior a los 200m. y espesor mayor a 20m.

UNIVERSIDAD DE SONORA
1942
EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

VIENDO AL NW



SQUEMATICA MOSTRANDO MODELO GENETICO DE MINERALIZACION PROPUESTO

EXPLICACION

on fuerte plegamiento.

a delgados.

su foliación.

ueso

zo con Bx,
ckwork

uros Masivos

a — Mineralización diseminada de Ag y Au, en las limolitas y calizas, debido al fracturamiento

b — Mineralización de Ag,Pb,Zn,Cu en forma de reemplazamineto metazomático (skarn) en el contacto limolitas–calizas y el intrusivo.

Falla.

ESCALA GRAFICA

0 50 100 150 200 250

METROS

UNIVERSIDAD DE SONORA	
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA	
SECCION ESQUEMATICA DEL MODELO GENETICO DE MINERALIZACION	
POR: RICARDO CONTRERAS	ESCALA: 1:2500
FECHA: MARZO 1995	FIGURA No. 5

- En el skarn de granate se ha diferenciado mineralización de metales base principalmente galena, esfalerita, arsenopirita y pirita con menor calcopirita y magnetita que reemplazan parcialmente a este paquete.

Los elementos mencionados en este capítulo nos permiten concluir que existen suficientes evidencias de campo como para pensar en un segundo modelo de mineralización y cuyas posibilidades no han sido aún evaluadas en su totalidad es decir, un modelo de yacimiento tipo "Skarn" .

III.2.-RELACION CON OTROS YACIMIENTOS

La zona estudiada presenta una serie de características principalmente de tipo estructural, litológico y de alteraciones que nos llevan a relacionarlo con dos tipos de yacimientos:

Yacimientos tipo Carlin .-

Existen marcadas similitudes geológicas con este tipo de yacimientos, como ya se mencionó anteriormente, tenemos en el área una secuencia de sedimentos calcáreo-arcillosos con presencia de horizontes carbonosos, y la evidencia principal de alteración-mineralización en el área la representan las zonas con fuerte silicificación a manera de jasperoides con brechamiento y presencia de porosidad con oxidación .

Estructuralmente tenemos un ambiente propicio para este tipo de mineralización de oro-plata tipo Carlin, como es el caso de fallamiento local de gravedad con bajo ángulo acompañado de fallamiento normal en el cual se alojan algunas vetas angostas de calcita, jaspe y cuarzo blanco bandeado; geoquímicamente tambien tiene relación, ya que se tienen anomalías geoquímicas de As , Sb ,Ba asociadas con las de Au y plata.

Yacimientos de skarn.-

En la parte Sur de la zona se tiene aflorando un intrusivo granítico el cual es productor de mineralización de pirita, galena, esfalerita, con menor calcopirita alojada en cuerpos de skarn .

Existe también lentes de skarn-hornfels en el contacto por falla entre las Formaciones Cuesta de Cura y Zacatecas; razón por la cual se manejo la idea de cuerpos de skarn a profundidad en el contacto de este intrusivo con el paquete calcáreo.

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

IV.-GEOFISICA

IV.1.- GENERALIDADES

La exploración geológica-minera considerada como un negocio de alto riesgo , se ha visto requerida de soportes técnicos adicionales que sustenten las evidencias geológicas superficiales de interés para continuar con el desarrollo de la misma. En este momento, cuando hacemos uso de los métodos indirectos de exploración como es el caso de la geofísica seleccionamos el método que más se adapte a las características físicas del modelo geológico que buscamos evaluar.

En este tema de tesis es interés personal aportar información a las generaciones que actualmente estudian carreras relacionadas con las Ciencias de la Tierra; haciendo un enfoque amplio de dos métodos particulares de exploración geofísica que son POLARIZACION INDUCIDA y en menor proporción MAGNETOMETRIA al considerar generalidades, planeación, desarrollo y evaluación de resultados.

IV.1.1.- Polarización inducida

Conrad Schlumberger fue el primero en describir el fenómeno de la respuesta de polarización inducida (polarisation provoquée) en su libro publicado en 1920; a él se le reconoce el crédito por ser el primero en estudiar el fenómeno de polarización inducida, a pesar de que Robert Fox fue el primero en observar este efecto en 1815.

El fenómeno de polarización inducida es observado cuando la inyección de corriente ha sido interrumpida en el subsuelo. La respuesta será parte integral del contenido de las rocas y los minerales de la tierra donde se aplique la inyección de corriente eléctrica.

Existen conductores metálicos e iónicos a la vez. Los iónicos o electrolíticos son aquellos que conducen la electricidad por medio de los iones; estos iones llenan los espacios saturados de agua en las rocas tales como los silicatos (arcilla).

Un terreno que transmite cantidades importantes de electricidad constituye un conductor electrolítico.

Los conductores metálicos o electrónicos son aquellos que conducen la electricidad por medio de los electrones; en este grupo están incluidos la mayoría de los sulfuros de los metales básicos, algunos óxidos y el grafito; a este grupo se le llama comúnmente minerales metálicos.

El método de polarización inducida está basado en las propiedades eléctricas mostradas por los conductores electrónicos envueltos en una matriz conductora electrolítica. En efecto, cuando esto sucede, el fenómeno de Polarización Inducida resulta de la acción de bloqueo o polarización de estos conductores electrónicos en el medio de conducción iónica, y ocurre

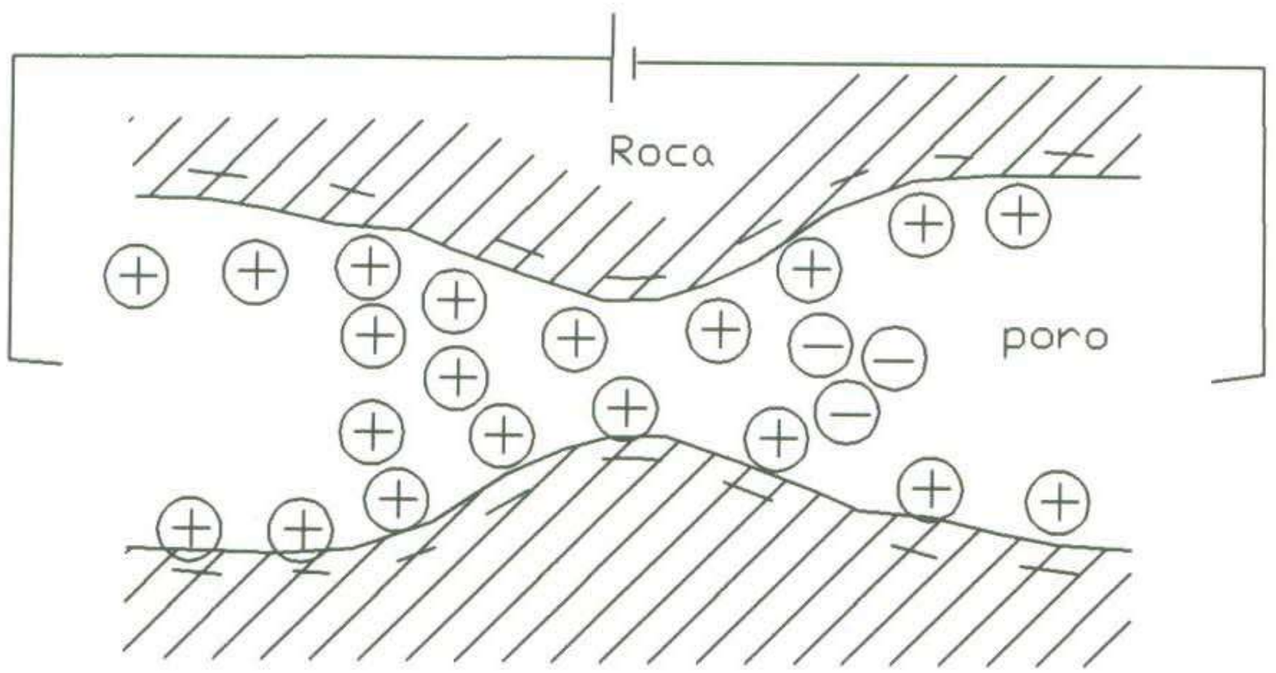
precisamente en las intercaras en donde el modo de conducción cambia de iónica (en las soluciones que llenan los espacios de los poros de las rocas), a electrónica (en los minerales metálicos). Consideremos una sección de terreno en la que inyectamos una corriente continua por medio de los electrodos P1 y P2. En la capa A la corriente es transmitida por los iones de los electrolitos presentes en los poros de las rocas de esa capa. En la capa B el paso de esos iones es interrumpido por un grano de mineral metálico que conduce la corriente por medio de electrones. Por ello, en la cara izquierda de entrada de corriente se apilan los iones positivos y los negativos en la cara derecha, por donde sale la corriente; las cargas iónicas formadas crean un voltaje que tiende a oponerse al flujo de corriente que cruza la partícula metálica y ésta se dice que está polarizada. Cuando se interrumpe la corriente sigue existiendo en cierto tiempo un voltaje residual debido a que estas cargas iónicas depositadas sobre las caras de las partículas se difunden lentamente de los poros del electrolito. Este voltaje residual que decrece rápidamente con el tiempo es el que origina EL EFECTO DE POLARIZACION INDUCIDA. Fig. No. 6

Este método es llamado de IMPULSO TRANSITORIO, donde la polarización se detecta como una pequeña corriente amortiguándose, que fluye después de una corriente continua aplicada conectada y desconectada en intervalos regulares de tiempo. La medida real se hace en términos de la pequeña cantidad de tiempo en que esta corriente fluye; esta medida se describe como realizada en el DOMINIO DEL TIEMPO.

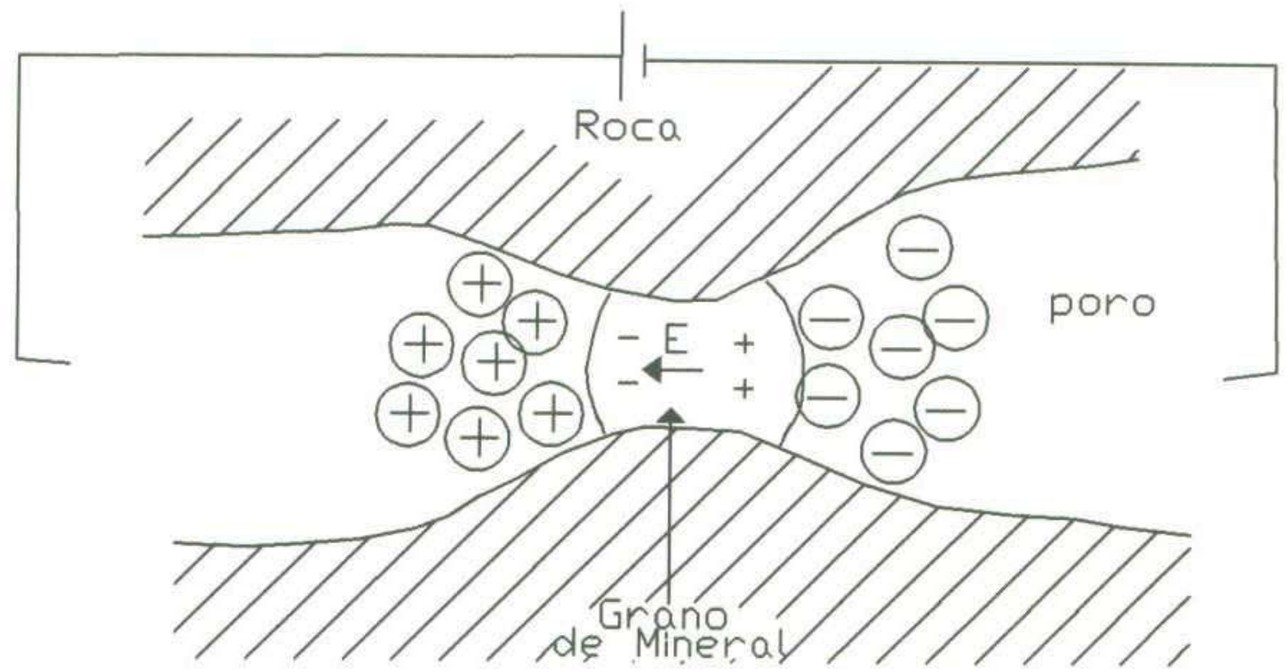
En el otro método de FRECUENCIA VARIABLE, se efectúa la medida en términos del efecto producido por el cambio de frecuencia de la corriente aplicada y la POLARIZACION se detecta por la disminución de la resistividad cuando aumenta la frecuencia de la corriente aplicada.

EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA

BIBLIOTECA
DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES



(a)



(b)

FIG.-6 Mecanismo de polarización inducida
(a) Membrana de polarización
(b) Electrodo de polarización

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

UNIVERSIDAD
BIBLIOTECA

IV.1.2.-Método de trabajo

Para seleccionar el método geofísico que mejor se adaptara al modelo que deseábamos probar fue conveniente tomar en cuenta las características geológicas, mineralógicas y todo el conjunto de condiciones inherentes relacionadas con un modelo de yacimiento diseminado de Plata con asociación de sulfuros, así mismo las orientaciones geofísicas previas realizadas con los métodos de magnetometría y max-min. Lo anterior nos llevó a decidir por un estudio de POLARIZACION INDUCIDA Y RESISTIVIDAD en el dominio del tiempo con lo cual, se pretendía definir contrastes tanto en los valores de resistividad aparente como en cargabilidad relacionados a profundidad con un intrusivo como posible fuente de mineralización y a partir de estos resultados, soportar un programa de perforación en apoyo a áreas de interés geológico y geoquímico.

El EQUIPO GEOFISICO utilizado para este trabajo fue un transmisor de corriente ELLIOT MOD.45A y un receptor IPRIO.

Dadas las características del área, ésta se dividió en dos partes para su estudio.

En la primera, hacia el NW se corrieron líneas distanciadas 100mts. una de otra con dipolos de 100 m.

En la parte SE, donde evidentemente se redujo la zona de mayor interés, se optó por emplear los dipolos a 50 m. con una separación entre líneas de 100 m.; ésto, con el fin de obtener un mayor grado de detalle en la información.

Para el caso particular del prospecto EL PAVO, iniciamos el trazo de la retícula con estacado y numeración de estaciones. En la primera fase, se construyeron 8 líneas de 1400 m. cada una, a excepción de la línea 16 que se prolongó hacia el SW 300 m. con la finalidad de investigar el comportamiento de una zona anómala que quedó abierta en esta dirección. A 100 m. de la última línea, se trazaron otras 5 más con longitudes de 700 m. y dipolos de 50 m. para detallar mejor esta zona dada su importancia geológica y geoquímica.

Concluida la retícula con el estacado de las estaciones de medición, se procedió a realizar pequeños pozos con secciones de 25-30 cm. de diámetro por 40-50 cm. de profundidad en las 7 estaciones en donde se inyectaría corriente tomando como referencia una línea base perpendicular a las líneas; en este caso sería en el C4.

En el método de DOMINIO DEL TIEMPO con arreglo electródico DIPOLO-DIPOLO, se procede a hacer inyecciones de corriente a través de electrodos colocados en cada pozo tomándose las lecturas en cada estación las cuales se registran para después alimentar la información a una computadora; posteriormente se realiza el procesamiento de datos mediante un paquete de cómputo denominado GEO-SOFT que contiene programas para cálculo y configuración.

Con estos datos procesados se obtienen los valores tanto de resistividad aparente como de cargabilidad y se elaboran los perfiles de cada línea, después se hacen cálculos para obtener el perfil de factor metálico.

Estos perfiles se conjuntan con la sección geológica para procurar una interpretación más satisfactoria.

En la actualidad, al utilizar arreglos con 100 m. de separación en los dipolos se obtiene información sobre 900 m. de la línea, y para arreglos con dipolos de 50 m. de separación se tiene información sobre 450 m. lineales.

UNIVERSIDAD DE SONORA
EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA
Facultad de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

IV.1.3.-Cargabilidad y detección de anomalías

Medición de la Polarización Inducida:

En las mediciones realizadas durante las actividades de Polarización Inducida, el parámetro más comúnmente medido es la CARGABILIDAD M, definida como el área A por abajo de la curva de decaimiento durante un intervalo de tiempo(t_1-t_2) normalizado por la estabilidad de la diferencia de potencial ΔVc:

$$M=A/\Delta Vc=1/\Delta Vc \int V(t)d(t)$$

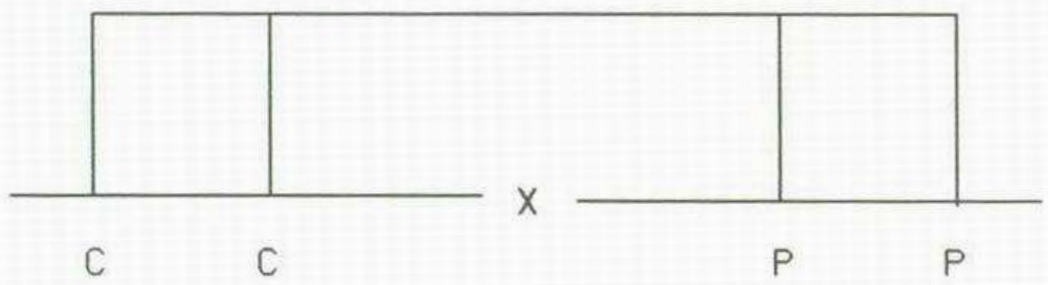
La CARGABILIDAD se mide durante un corto y específico intervalo de tiempo, después de que la corriente de polarización es cortada. El área A la determina el aparato de medición mediante una integración análoga.

Diferentes minerales pueden distinguirse por sus características de CARGABILIDAD (milivolt-seg/volt), por ejemplo la pirita tiene M=13.4ms en un intervalo de 1 segundo y la magnetita M=2.2 ms en el mismo intervalo.

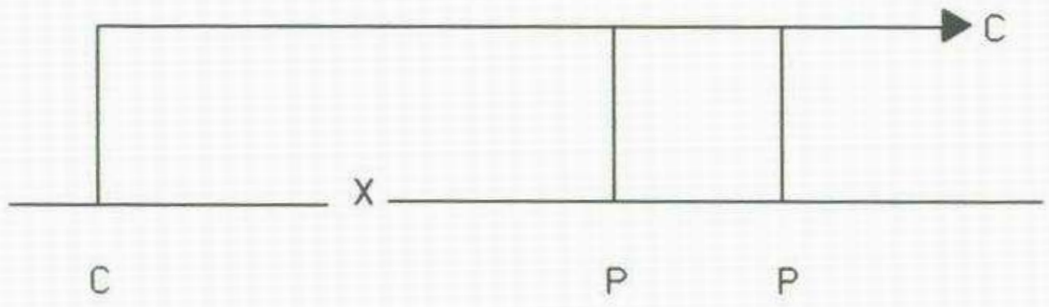
Operaciones de Campo:

El equipo de Polarización Inducida es similar al de resistividad, pero un poco más voluminoso y sofisticado. Teóricamente cualquier extensión estándar de los electrodos puede ser empleada pero en la práctica el polo-dipolo, doble dipolo y las configuraciones de Schlumberger son las más efectivas (Fig 7).

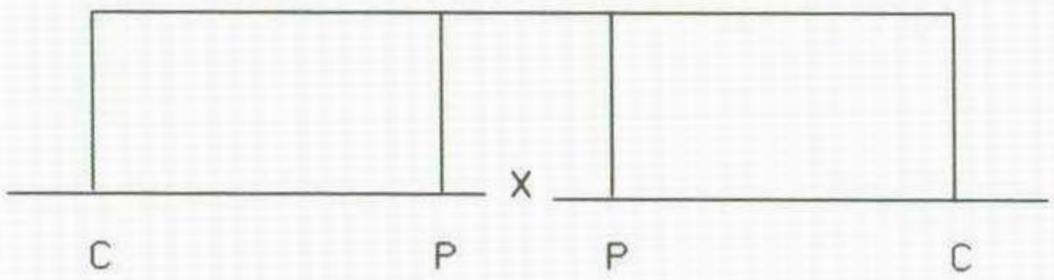
El espaciamiento de los electrodos puede variar de 3 a 300 m utilizándose el espaciamiento más largo en estudios de reconocimiento. Para disminuir la actividad de movimiento del generador y los electrodos de corriente, pueden usarse varios pares de electrodos de corriente, todos conectados al generador mediante un interruptor múltiple. Los recorridos se realizan sobre el área de interés, registrando las lecturas de Polarización Inducida en el punto medio(X) del arreglo del electrodo.



DOBLE-DIPOLO



POLO-DIPOLO



SCHULUMBERGER

C=ELECTRODO DE CORRIENTE
P=ELECTRODO DE POTENCIAL
X=PUNTO DE LECTURA

FIG. 7 CONFIGURACION DE ELECTRODOS USADOS EN LAS MEDICIONES DE POLARIZACION INDUCIDA

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

Los ruidos en Polarización Inducida pueden resultar de varios fenómenos. Las corrientes telúricas causan efectos anómalos similares a los detectados en las medidas de resistividad.

Interpretación y Detección de Anomalías:

La interpretación cuantitativa es considerablemente más complicada en comparación con el método de resistividad. Las respuestas de Polarización Inducida han sido computarizadas analíticamente en base a rasgos simples como esferas, elipsoides, diques, contactos verticales y capas horizontales facilitándose el uso de técnicas indirectas de interpretación(modelos numéricos).

Los modelos de laboratorio también pueden ser empleados en interpretaciones indirectas, para observar y simular anomalías de Polarización Inducida.

La mayor parte de la interpretación de Polarización Inducida es sin embargo sólo cualitativa. Los parámetros simples de las anomalías como son sus rasgos más evidentes de simetría, amplitud y distribución espacial, pueden usarse para estimar la localización, extensión lateral, inclinación y profundidad de las zonas anómalas.

El método de Polarización Inducida experimenta las mismas desventajas que los estudios de resistividad, a lo que se añaden anomalías de Polarización Inducida con un aparente significado para la exploración geológica, frecuentemente no son de importancia económica por ejemplo las cavernas con rellenos de agua y las capas estratificadas de grafito pueden ambas generar fuertes efectos de Polarización Inducida; tal es el caso también de zonas de fallamiento con un considerable espesor de milonitas.

El método de Polarización Inducida lo usamos ampliamente en la exploración de metales base ya que ha tenido éxito en la localización de yacimientos de sulfuros diseminados pues to que éstos tienen un alto efecto de Polarización Inducida pero no son conductores, de ahí que este método se haya elegido para evaluar el prospecto EL PAVO.

En la Fig. 8 se muestra un perfil de CARGABILIDAD como ejemplo de un estudio de Polarización Inducida en el dominio del tiempo usando un arreglo polo-dipolo a través del cuerpo Gortdrum de cobre-plata en Irlanda, apreciándose que a pesar de que el yacimiento es de bajo grado, con menos de 2% de minerales conductores, la anomalía de cargabilidad está bien definida y controlada por el cuerpo.

IV.1.4.-Resistividad

Desde el principio de su desarrollo, estos métodos se han aplicado principalmente a la exploración minera. Primero, limitándose a la localización de los sulfuros más conductores y a éstos siguieron los estudios estructurales. Pero hoy se emplean también mucho para seguir la traza de filones no conductores, como los de espato-fluor o los diques de cuarzo aurífero y

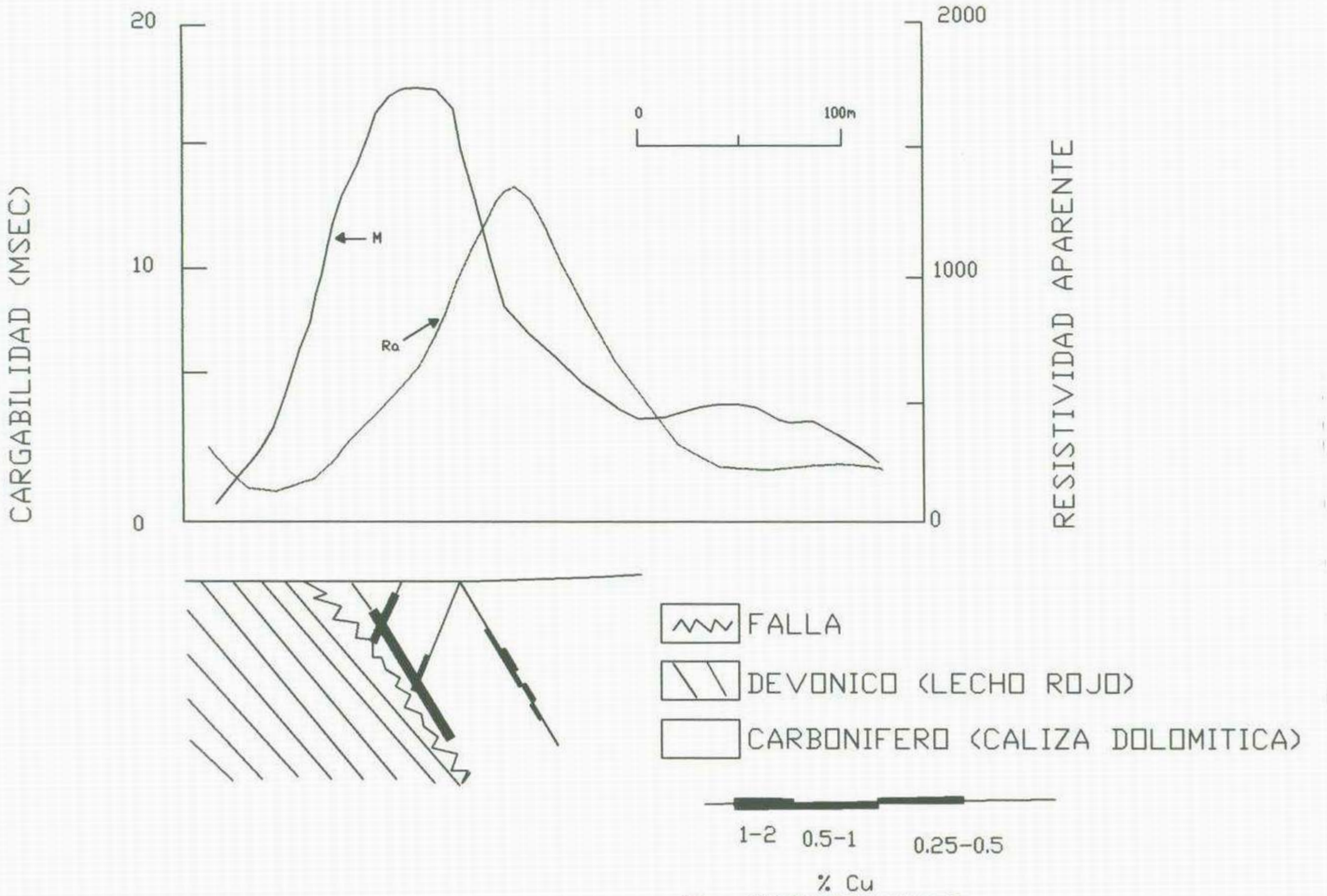


FIG. 8 PERFIL DE POLARIZACION INDUCIDA EN EL DOMINIO DEL TIEMPO CON ARREGLO POLO-DIPOLO SOBRE EL CUERPO DE COBRE-PLATA GORTDRUM.

TESIS PROFESIONAL
RICARDO L.CONTRERAS G.
(TOMADO DE SEIGEI 1967)

otros similares. Además en lo que se refiere a resistividad aparente su aplicación más útil estriba en la investigación de aguas subterráneas.

La aplicación de los métodos geoeléctricos exige el conocimiento de las propiedades electromagnéticas de las rocas y de los minerales que las constituyen. Estas propiedades se expresan fundamentalmente por medio de tres magnitudes físicas que son la resistividad eléctrica (o su inversa, la conductividad), la constante dieléctrica y la permeabilidad magnética. Las propiedades que interesan al geofísico son las de las rocas y los minerales reales, tal como se encuentran en la naturaleza, con sus impurezas, fisuras, diaclasas, humedad, etc. El muestreo, deberá de hacerse a la roca o mineral de interés (esto si es posible) y a las unidades que lo encajonan, esto se hace para tener una idea del contraste de resistividad u otra propiedad física.

Los minerales y las rocas presentan características de resistividad al paso de la corriente, aunque es complicado asignar un valor específico para cada mineral, si éste se encuentra en diferente condición al que estamos tratando de estudiar en un prospecto, pero es importante que nos demos cuenta de cuáles podrían ser más resistivos o menos resistivos que otros. En la tabla 1 se enlistan algunos:

TABLA 1

Minerales de Resistividad Baja (.000001 A .01 ohm-m)

Arsenopirita	feas	Bornita	Cu5FeS4
Calcopirita	$CuFeS_2$	Calcosina	Cu_2S
Covelita	CuS	Discracita	Ag3Sb
Hessita	Ag2Te	Magnetita	Fe3O4
Pirita	FeS2	Pirrotita	Fe7S8

Minerales de Resistividad Media (.001 A 1 ohm-m)

Braunita	Mn2O3	Calcopirita	CuFeS2
Casiterita	SnO2	Cobaltina	CoAsS
Galena	PbS	Ilmenita	TiFeO3
Magnetita	Fe3O4	Manganita	MnO(OH)
Marcasita	FeS2	Molibdenita	MoS2
Pirolusita	MnO2		

Minerales de Resistividad Alta (1.0 A 1000 ohm-m)

Alemonita	SbAs3	Bismutina	Bi2S3
Cromita	Fe3Cr2O	Cuprita	Cu2O
Molibdenita	MoS2	Pirolusita	MnO2
Siderita	FeCo3	Urania	UO2
Wolframita	MnFeWO4		

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

En esta lista de minerales se observa discrepancia, puesto que algunos son muy variables, por ejemplo la pirita, calcopirita, etc., esto es debido a la fuerte anisotropía que presentan los

minerales. Los minerales más importantes que se presentan como aislantes o dieléctricos son: cuarzo, blenda, cinabrio, fluorita, hematita, sales y silicatos.

El método de "RESISTIVIDAD APARENTE" está basado, en esencia, en el mismo principio que el de las líneas equipotenciales, pero es mucho más valioso porque proporciona una medida cuantitativa de las propiedades conductoras del subsuelo. En condiciones favorables, esta técnica puede ser empleada para hallar las profundidades a que se encuentran capas del subsuelo que tienen conductividades anómalamente bajas o elevadas, y para determinar la profundidad y forma aproximada de yacimientos minerales discretos con resistividad anómala.

El procedimiento básico consiste en medir el gradiente de potencial en la superficie, asociado a una corriente de intensidad conocida que circula por el subsuelo. Las irregularidades de la conductividad por debajo de la superficie influyen en la relación entre corriente y la caída del potencial en la superficie.

Por física elemental $R = \rho(L/S)$ de donde $\rho = R(S/L)$

R= Resistencia

S= Sección del conductor

ρ=Resistividad

L= Longitud del conductor

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

Se considera dimensionalmente la resistividad como el producto de una resistencia eléctrica por una longitud y se escribe ohm-m.

La resistividad es una medida de la dificultad que la corriente eléctrica encuentra a su paso en un material determinado, o bien la facilidad de paso que sería la conductividad medida en ohms/m.

Cuando la resistividad no es constante a través del medio, la resistividad efectiva varía con la posición de los electrodos. Si éstos son dispuestos a lo largo de una línea, y se van aumentando las separaciones de una manera sistemática, la variación de la resistividad con el espaciamiento de los electrodos hace posible, en muchos casos sencillos, determinar la variación de la resistividad con respecto a la profundidad. La resistividad calculada se designa ahora con el nombre de RESISTIVIDAD APARENTE.

En la práctica real se emplean varias configuraciones diferentes para los electrodos de corriente y los de potencial colocados a lo largo de una línea. Los arreglos más comunes son los denominados Wenner, Schlumberger, dipolo-dipolo, polo-dipolo, gradiente-gradiente, polo-polo lateral, polo-polo en línea, estos arreglos electródicos son utilizados comúnmente en la medición del efecto de Polarización Inducida.

IV.1.5.-Factor metálico

El cociente entre los voltajes secundario y primario proporciona la CARGABILIDAD APARENTE en milisegundos. LA RESISTIVIDAD APARENTE se obtiene dividiendo el voltaje primario por la corriente y multiplicando el resultado por un factor dependiente de la geometría del dispositivo de los electrodos.

EL FACTOR METALICO es utilizado para normalizar el efecto porcentual de frecuencia para variaciones en la conductividad del suelo y se obtiene dividiendo el valor de POLARIZACION INDUCIDA entre la resistividad aparente y se multiplica por 1000 (P.I/RO*1000).

La separación de los electrodos es variable y es determinada según los objetivos; para investigaciones muy detalladas y superficiales será de unos 15 m. pudiendo llegar hasta 300 m. o más. En general, cuanto mayor es la longitud del dipolo y la separación entre los dipolos, mayor es la profundidad de penetración y menor la resolución.

IV.1.6.-INTEGRACION DE DATOS

La información que periódicamente se ha obtenido conforme avanzan las actividades de campo, se captura paralelamente en computadora.

Con el uso del programas de computadora (paquete GEO-SOFT), se toman en consideración los efectos extensos que pueden impactar en el resultado final como es el caso del ruido geológico referido a cualquier respuesta de un cuerpo o zona que no es de importancia económica y que interfiere con la respuesta del objetivo. Un ejemplo de lo anterior es la presencia de sulfuros no económicos, el espectro generado por varios tipos de mineralización, arcillas, zeolitas, rocas sedimentarias carbonosas, etc. Otro ejemplo externo lo constituye la cultura ejemplificada por cercas, líneas de energía, tuberías de bombeo. A lo anterior, se adiciona el efecto topográfico que puede producir picos resistivos anómalos.

Una vez procesados los datos tomando en cuenta los factores señalados, se obtienen los valores tanto de resistividad aparente como de cargabilidad. Se elaboran los perfiles de cada línea y posteriormente, se hacen los cálculos para obtener los perfiles del factor metálico. Estos perfiles se integran con la sección geológica generándose una reinterpretación para tener un producto final satisfactorio. En la práctica, se tiene información en 900 m. para líneas con dipolos de 100 m. y en 450 m. para dipolos de 50 m.

IV.1.7.- INTERPRETACION Y RESULTADOS

Con la integración del trabajo realizado se obtuvieron anomalías en la mayoría de las líneas, no obstante que en las centrales se aprecian rasgos no bien definidos, intermitentes, como

BIBLIOTECA DE CIENCIAS
XACTAS Y NATURALES

probable ruido geológico, en tanto que hacia la parte SE quedan más claros los contrastes de los valores de Polarización Inducida y Resistividad Aparente.

A profundidades teóricas de 100 m. (figs. 9,10,11) detectamos anomalía con altos valores de cargabilidad que contrasta con bajos resistivos sobre la línea 58 entre los puntos C5 y C8, extendiéndose por 100 m. al Sur en la línea 62 para quedar abierta hacia el SW; los valores de cargabilidad registrados varían de 32 a 76 milivolt-seg-volt. y resistivos de 80-400 ohm-m. Esta anomalía tiene una tendencia hacia el NW y se cruza con otro alineamiento anómalo (posiblemente otra estructura) orientado N-S que guarda un cierto paralelismo con estructuras de calcita-jaspe-cuarzo y que además coincide con afloramiento de pórfido riolítico con diseminación de pirita; tiene una longitud de 500m. (Fig. 2). El cruce aproximado con el anterior alineamiento está en el C4 de la línea 42 que es en donde la anomalía se amplía, los valores son similares al caso anterior; en este punto, existe coincidencia con afloramiento del intrusivo.

A los 150 m. de profundidad teórica (figs. 12,13,14) coincide con el alineamiento N 75°W quedando al igual que a los 100 m. abierta hacia el SE, en tanto que el sistema N-S está menos definido que en el otro nivel; aquí reportamos una anomalía en cargabilidad en la parte NW con valores de 36 a 54 unidades, que queda abierta en la línea 12. Esta anomalía se clasifica de 2ª intensidad comparada con las anteriores.

Conjugando la información anterior se ubican las anomalías de mayor intensidad entre las líneas 42 y 46 y entre las 58 y 62 que además corresponden con sus respectivas geoquímicas y geológicas por lo cual se programan 5 barrenos con máquinas de circulación inversa. En la línea 16 extensión SW se interpretó una anomalía a 250 m. con valores de cargabilidad de 60-70 milivolt-seg-volt que coincide con la proyección de una estructura alojada al alto de un dique riolítico encajonado que intrusiona la formación Zacatecas. Se programó un barreno vertical para explorarla.

L-16

L-38

L-44

L-54

L-58

50 000 N

50 000 E

LINEA DE REFERENCIA

N

LEYENDA

100 m PROFUNDIDAD TEORICA

ARREGLO ELECTRODICO DIPOLO-DIPOLO

ISOVALORES DE CARGABILIDAD (MILIVOLT-seg-volt)

NEGRO	CURVAS DE 0 A 14 UNIDADES
AZUL	CURVAS DE 16 A 30 UNIDADES
VERDE	CURVAS DE 32 A 44 UNIDADES
ROJO	CURVAS DE 46 A 76 UNIDADES

0 C1 C2 C3 C4 C5 C6 C7

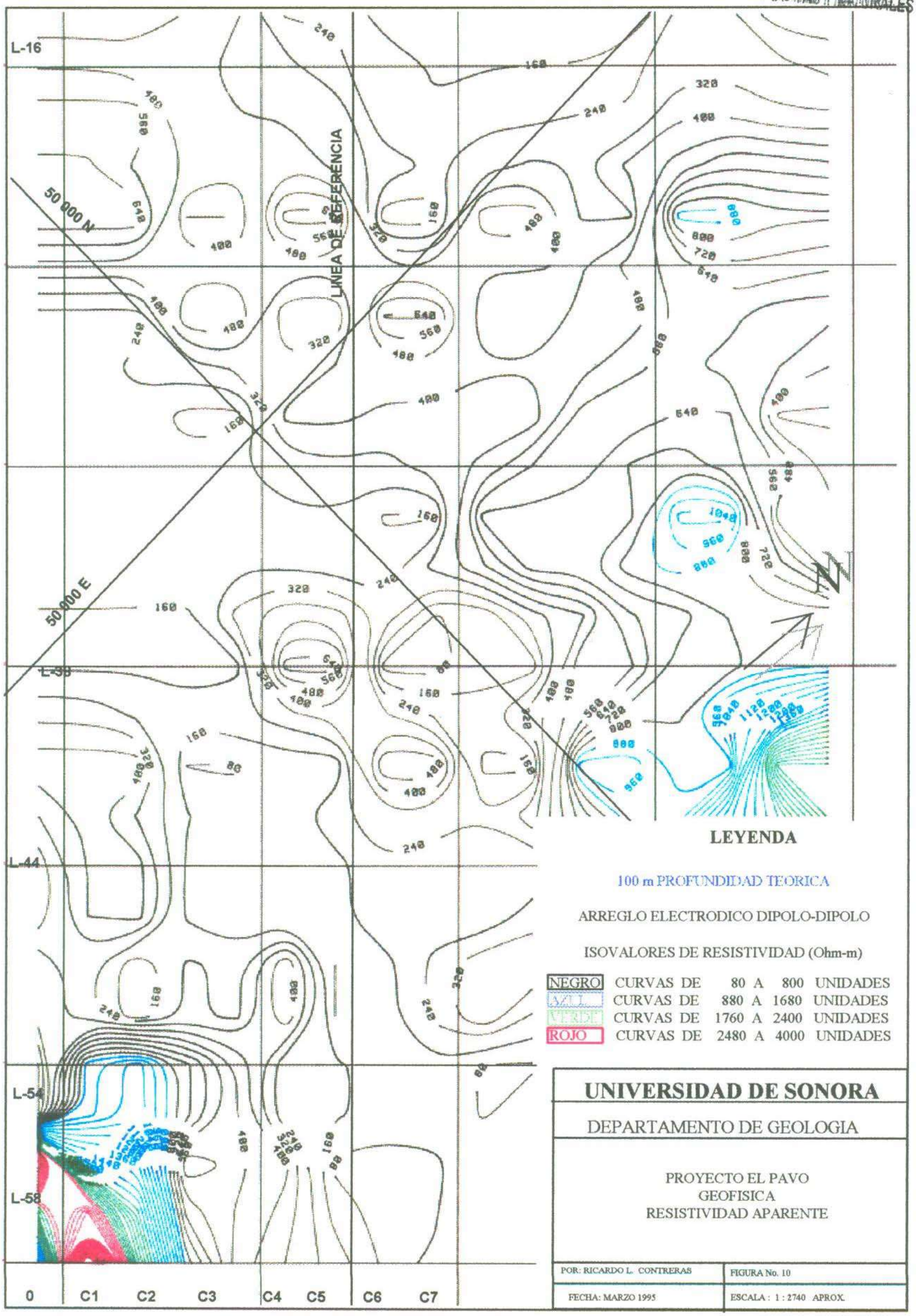
UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

PROYECTO EL PAVO
GEOFISICA
POLARIZACION INDUCIDA

POR: RICARDO L. CONTRERAS	FIGURA No. 9
FECHA: MARZO 1995	ESCALA: 1 : 2740 APROX.

HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES



LEYENDA

100 m PROFUNDIDAD TEORICA

ARREGLO ELECTRODICO DIPOLO-DIPOLO

ISOVALORES DE RESISTIVIDAD (Ohm-m)

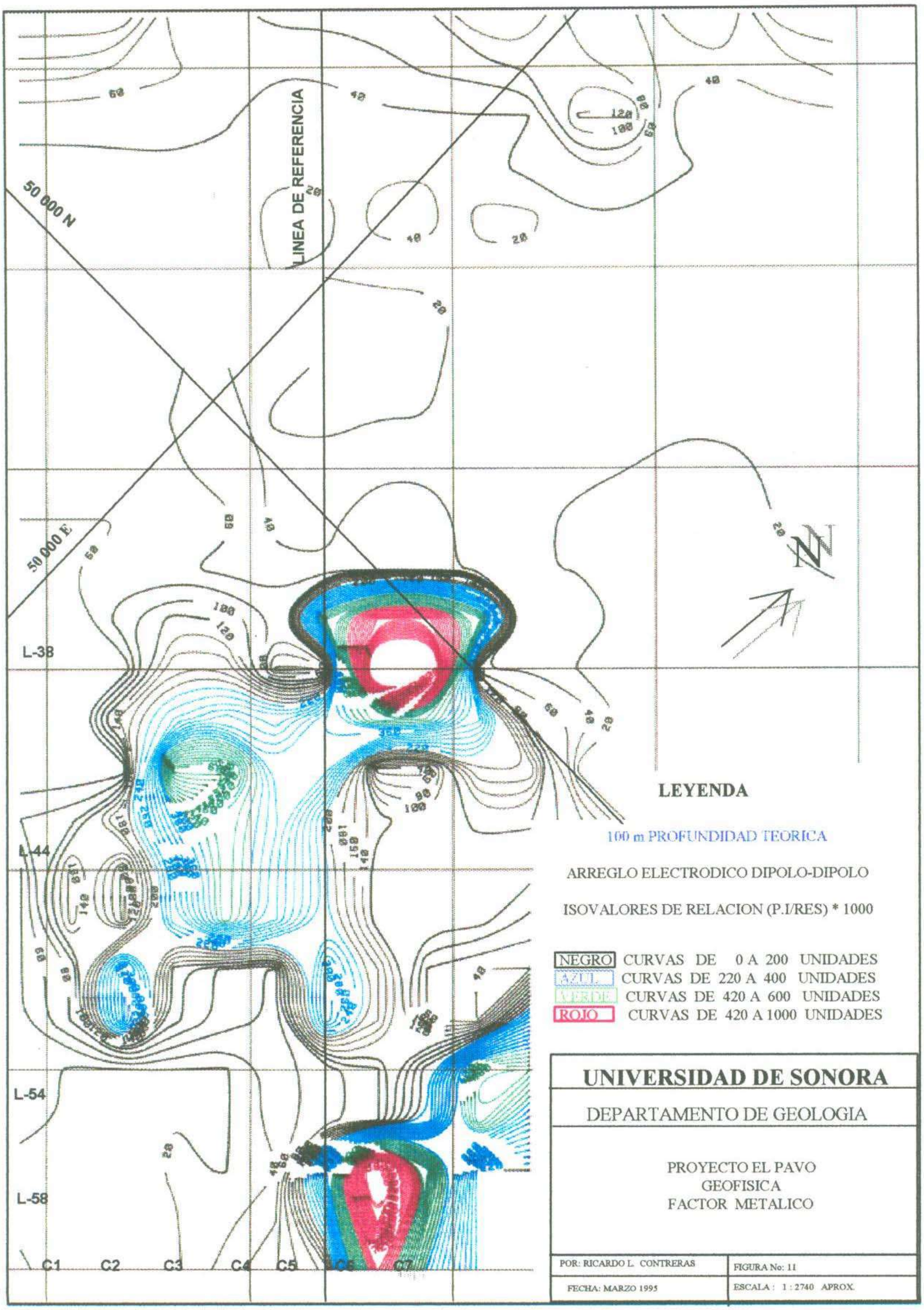
NEGRO	CURVAS DE	80	A	800	UNIDADES
AZUL	CURVAS DE	880	A	1680	UNIDADES
VERDE	CURVAS DE	1760	A	2400	UNIDADES
ROJO	CURVAS DE	2480	A	4000	UNIDADES

UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

PROYECTO EL PAVO
GEOFISICA
RESISTIVIDAD APARENTE

POR: RICARDO L. CONTRERAS	FIGURA No. 10
FECHA: MARZO 1995	ESCALA : 1 : 2740 APROX.

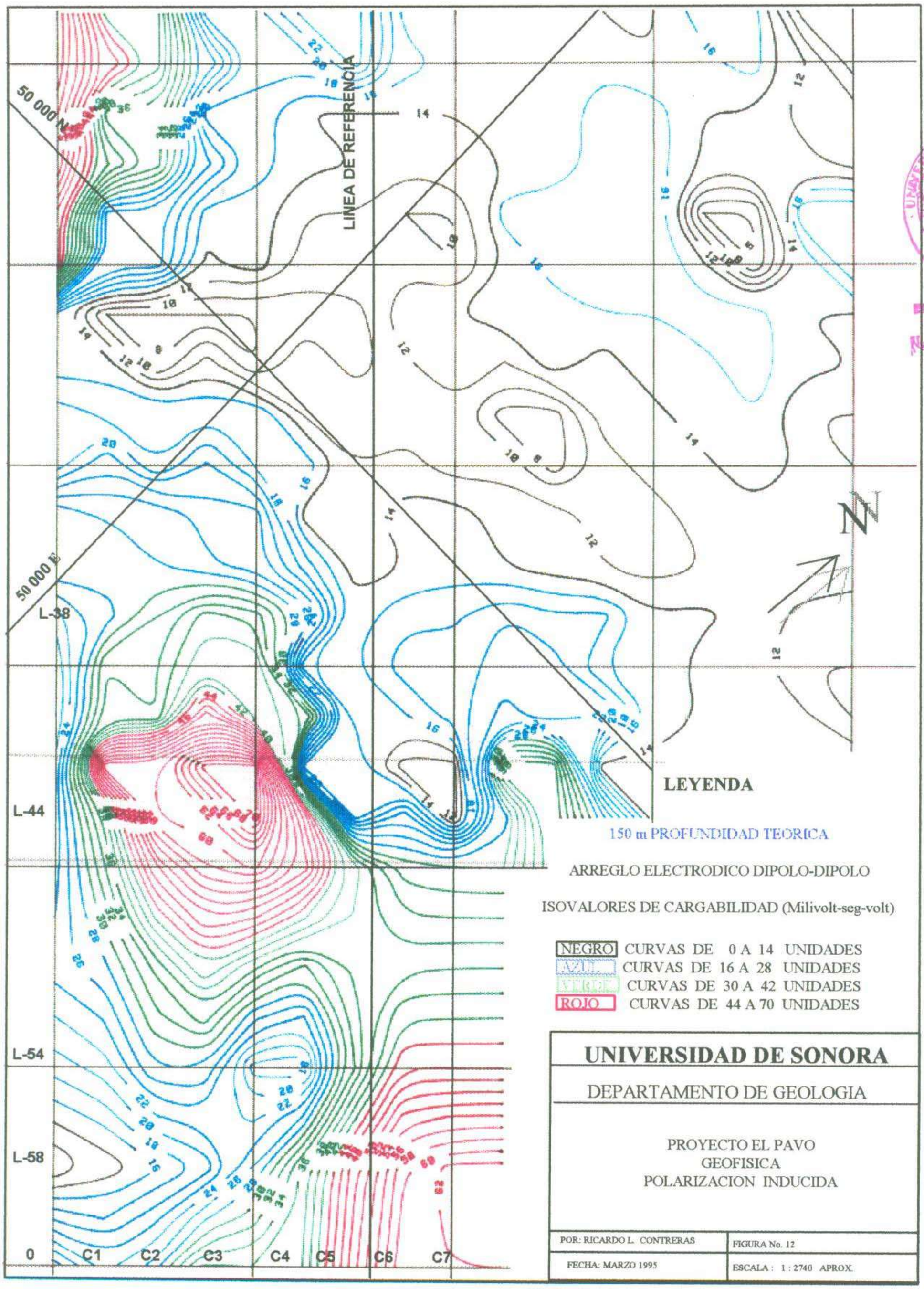


UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

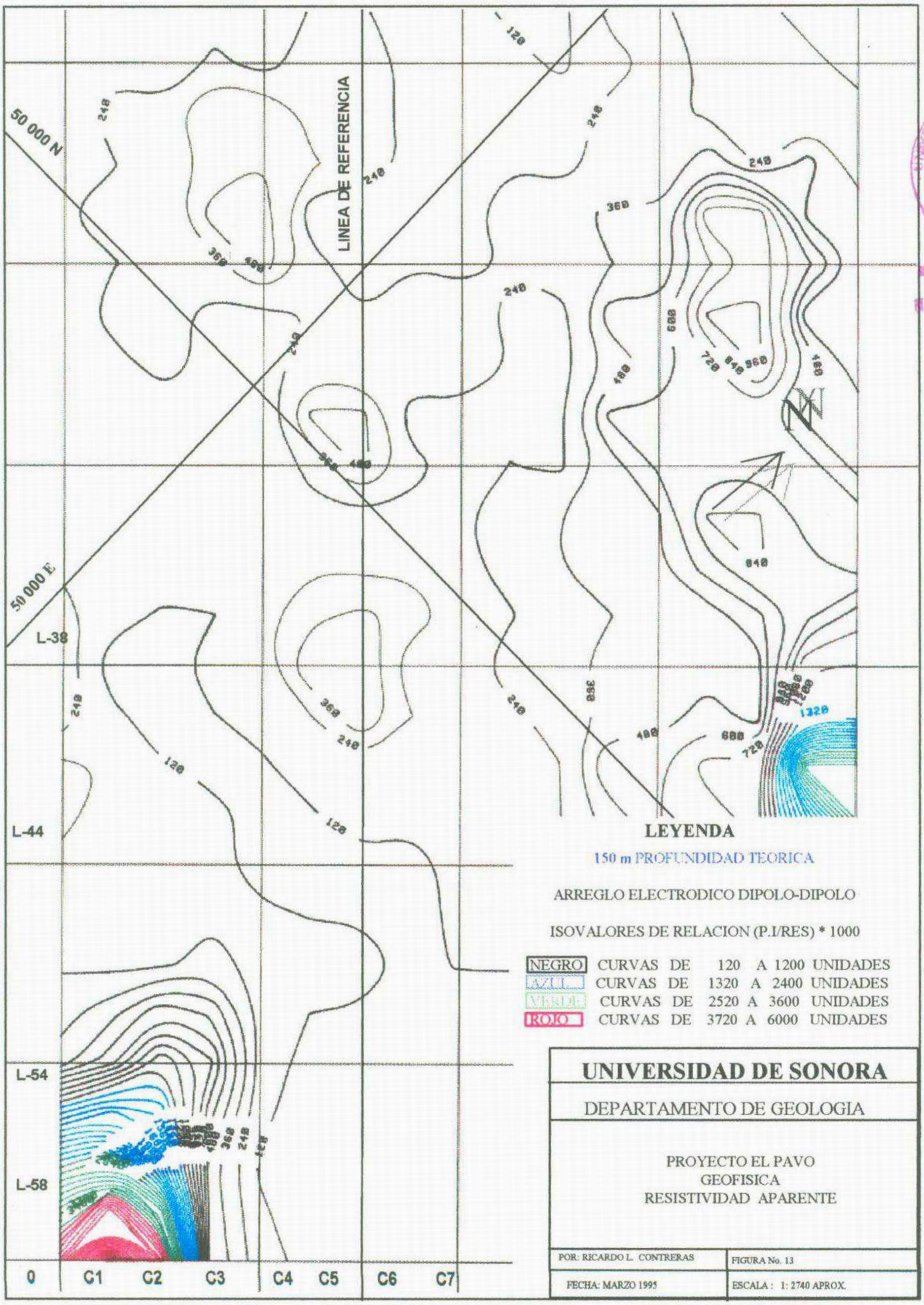
PROYECTO EL PAVO
GEOFISICA
FACTOR METALICO

POR: RICARDO L. CONTRERAS	FIGURA No: 11
FECHA: MARZO 1995	ESCALA : 1 : 2740 APROX.



UNIVERSIDAD DE SONORA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

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



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

LEYENDA

150 m PROFUNDIDAD TEORICA

ARREGLO ELECTRODICO DIPOLO-DIPOLO

ISOVALORES DE RELACION (P.I/RES) * 1000

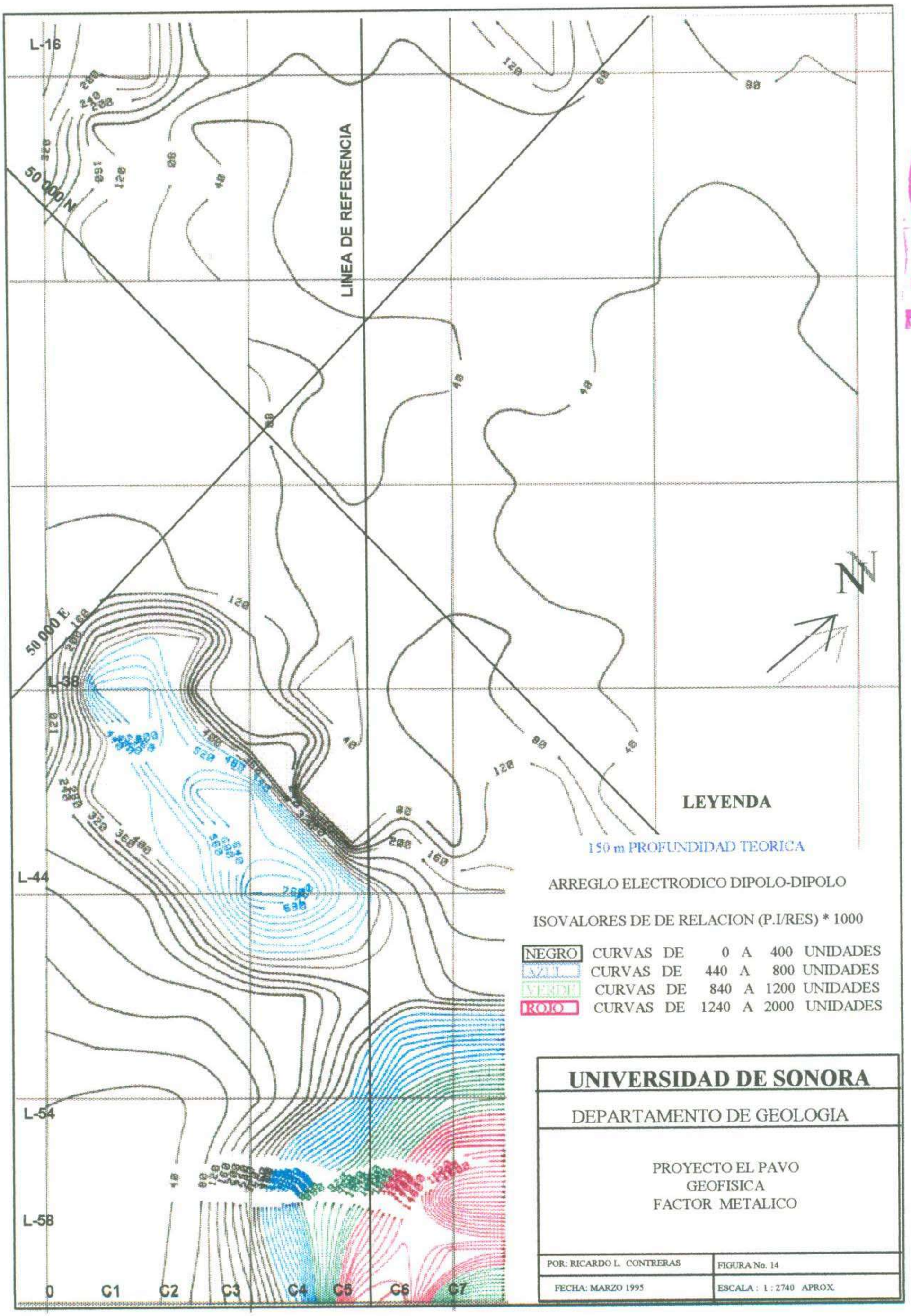
NEGRO	CURVAS DE	120	A	1200	UNIDADES
AZUL	CURVAS DE	1320	A	2400	UNIDADES
VERDE	CURVAS DE	2520	A	3600	UNIDADES
ROJO	CURVAS DE	3720	A	6000	UNIDADES

UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

PROYECTO EL PAVO
GEOFISICA
RESISTIVIDAD APARENTE

POR: RICARDO L. CONTRERAS	FIGURA No. 13
FECHA: MARZO 1995	ESCALA : 1: 2740 APROX.



UNIVERSIDAD DE SO
EL S
HA
Fsce
Dep
BIBLI TECA

1942
EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
BLIOTECA DE CIENCIAS
XACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD DE SONORA
BIBLIOTECA
Depto. Geología
Ingeniería

V.-GEOQUIMICA

V.1.-INTRODUCCION Y GENERALIDADES

La Geoquímica trata el comportamiento de los elementos químicos en rocas-minerales y al referirnos específicamente a la minería, la finalidad de la prospección geoquímica es detectar valores anómalos de elementos con ínteres económico o bien como indicadores, los cuales están concentrados en rocas, sedimentos, agua o vegetación.

Estos valores anómalos se deben a migraciones primarias o secundarias de elementos que existen en un material y dan lugar a un ciclo geoquímico.

En la litósfera el ciclo geoquímico comienza con la cristalización inicial de un magma, prosigue con la alteración y meteorización de la rocas y posteriormente con el transporte y depositación del material así producido, continúa después durante la diagénesis y litificación hasta el metamorfismo de grado sucesivamente más elevado. Por anatexis se regenera el magma; de acuerdo con lo anterior tendremos dos tipos de dispersiones geoquímicas, la primaria y la secundaria.

La dispersión primaria, se forma dentro de la roca encajonante durante el período de mineralización y está restringida por factores tales como la temperatura, presión, circulación de fluido y contenido relativamente bajo de oxígeno libre. Esta dispersión se pone de manifiesto por la distribución de trazas de metales en la pared de la roca encajonante. La dispersión primaria está íntimamente relacionada con la movilidad primaria y ésta depende de las condiciones mecánicas de la fase móvil y de las propiedades físicas del material primario y de las soluciones mineralizantes, siendo de gran importancia la viscosidad, la presión y la temperatura.

La dispersión secundaria es la más importante desde el punto de vista de la exploración geoquímica y es el resultado del intemperismo, disgregación y lixiviación de zonas con minerales primarios que se redistribuyen dependiendo de las condiciones locales como son: clima, topografía, tipo de roca, encajonamiento, etc.

Esta dispersión fundamentalmente se basa en la movilidad propia del mineral debido a sus propiedades químicas, radio iónico, estructura y energía interna de los cristales en los distintos medios ambientes. A continuación se tratarán brevemente algunos parámetros que se toman en consideración en la exploración geoquímica.

HALOS PRIMARIOS Y DISPERSION PRIMARIA

Es evidente que en las rocas ígneas se encuentra la mayor distribución de los elementos químicos individuales formadores de minerales, controlada por las condiciones de

temperatura-presión y la depositación de los iones metálicos en el magma original. Se sabe que al disminuir la temperatura y la presión, la composición de los fluidos residuales en el magma puede acercarse mucho a la de las soluciones acuosas durante la cristalización y diferenciación magmáticas, por lo que dichas soluciones abandonan la cámara magmática en forma de gases y soluciones que al condensarce dan lugar a la mayoría de los depósitos hidrotermales. En algunos depósitos de minerales se ha observado un descenso progresivo en la concentración de los elementos o del elemento de interés económico que rodea al depósito de tipo hidrotermal, hasta un valor en que los elementos alcanzan la concentración mínima o límite de normalidad de unión metálica dentro de las rocas estériles. A esta zona dentro de la cual el contenido de los elementos disminuye hasta tener valores de background, se le conoce como HALO PRIMARIO (Hawkes, 1966).

DISPERSION SECUNDARIA

Cuando se considera la aplicación de la dispersión secundaria a problemas geoquímicos prácticos es necesario, primero, determinar cuál de los dos tipos de movimientos que se consideran básicos influyen más, los físicos o los químicos.

Si la dispersión es de dominio físico el problema se simplifica al grado que sólo hay que considerar los procesos erosionales porque ellos están sujetos a menos incógnitas que los procesos químicos.

La movilidad de los elementos químicos en el medio ambiente secundario está controlada por dos factores, siendo el primero la absorción de minerales pesados por fierro y manganeso y el segundo las condiciones del PH en el medio secundario que controla la movilidad de los elementos en las fases acuosas.

También son dignos de tomarse en cuenta los factores físicos que son determinantes en la dispersión secundaria tales como la topografía, hidrología, drenado y precipitación pluvial que son factores que afectan la movilidad física. La movilidad de los iones metálicos en solución del medio ambiente secundario está fuertemente influenciada por la composición química de las rocas de la región.

SELECCION DEL ELEMENTO O GRUPO DE ELEMENTOS INDICADORES

Teóricamente cuando se selecciona un elemento o grupo de elementos indicadores siempre se tiene en mente qué clase de trabajo se va a efectuar, ya sea un trabajo de reconocimiento o de detalle.

El hecho de hacer una buena elección de un elemento indicador en el área de trabajo viene a redundar en una buena interpretación de la concentración normal de los iones metálicos y

valores anómalos en el área. Naturalmente que puede haber algunas circunstancias en las cuales el área es tan bien conocida que no es necesario un elemento indicador en especial.

Hay dos razones básicas para el uso exitoso de los indicadores.

1.- Ellos son más móviles que el elemento que se busca, por lo tanto darán origen a un halo más amplio que el del elemento buscado, por ejemplo el del Hg como elemento indicador de un depósito de sulfuros complejos de Pb, Zn y Ag, el Zn-Cu para Cu, Pb y Zn para depósitos de sulfuros polimetálicos en general.

2.- Los métodos analíticos usados para detectar los indicadores, son más simples, más económicos y aún más sensibles que los empleados para determinar los elementos buscados; el proceso operatorio es el mismo para ambos.

Es esencial que haya una relación directa, cuantificable e interpretable, entre la distribución geoquímica del elemento indicador y los elementos buscados. Entonces, es de particular importancia seleccionar el elemento indicador cuando se espera encontrar un halo vertical o uno lateral.

Algunos de los factores que determinan la forma y tamaño de los halos verticales u horizontales son: movilidad, característica de los elementos en solución, microfracturas en la roca huésped, fallas, permeabilidad, y porosidad en la roca.

Los factores físicos que intervienen en la volatilidad de los elementos son: la viscosidad y presión del magma y la tendencia a formar minerales estables.

METODOS DE MUESTREO

La exploración geoquímica en la minería se basa principalmente en el estudio de la migración primaria y secundaria de los elementos químicos que componen una mena. Existen los siguientes métodos de muestreo geoquímico: Método de muestreo de sedimentos de arroyo, de suelo, de rocas, de vegetación y de agua. Cada método consiste de una secuencia lógica de pasos que llevan a la localización de halos de dispersión de elementos indicadores o de los buscados, tomando en cuenta siempre factores que pudieran alterar los resultados como puedan ser minas cercanas, poblados, la topografía, contaminación industrial, etc.

V.2.-TRABAJOS REALIZADOS

V.2.1.-Muestreo de núcleos de roca en pozos

En el proyecto El Pavo se han venido haciendo trabajos exhaustivamente desde algunos años atrás sin elaborar un trabajo concluyente hasta el año 1990 cuando ya se planeó realizar un muestreo geoquímico sistemático empleando una retícula base con puntos cada 25 m. que cubriera toda el área de interés; para esto existía un muestreo previo efectuado a fines del año

1987 en el cual se tomaron 241 muestras analizadas por Au, Ag, Hg, As, Sb y Ba, basados en una orientación geoquímica en la que se analizaron 10 elementos por plasma (I.C.P.). Este muestreo se hizo abriendo pozos de 1-2 m. para romper las capas de caliche y a partir del fondo se hicieron perforaciones de 1-2 m. con el objeto de colectar muestras de roca fresca. Este muestreo cubrió sólo una parte del área.

V.2.1.-Muestreo de polvos de roca con perforadora

Con el objeto de cubrir el resto del área, en agosto de 1989 se inició el muestreo tomando testigos de polvo de barrenación empleando para esto una perforadora tipo COBRA. Este muestreo se efectuó en forma selectiva, tratando de barrenar únicamente la roca evitando que la muestra quedara en alguna veta, lo cual nos daría valores disparados del resto de la población de muestreo.

De todo el muestreo se hizo una selección tratando de cerrarlo en las áreas de alteración a cada 25 m. y el resto quedaría con una separación de 50 m. entre muestras.

Todos los ensayos se realizaron en el laboratorio del Departamento de Investigaciones Geológicas de la Compañía Fresnillo, en Chihuahua.

En total se analizaron 615 muestras a las cuales se les hizo el proceso estadístico en la computadora, utilizando el paquete startgrafics. Se hizo el cálculo de los parámetros estadísticos como son la media, la desviación estandar, se relizaron histogramas y graficas de polígonos de frecuencias acumulativas y se definieron los intervalos anómalos.

V.3.-ANALISIS DE DATOS

V.3.1.-Diferenciación de familias litológicas

Tomando en cuenta todo lo anterior se dividió el total del muestreo en 2 grupos: el primero son 374 muestras de polvos de roca colectados de perforaciones de 1-1.80 m., de preferencia en roca *in-situ*. Para el tratamiento estadístico se creó un archivo denominado \PAVO 90\PAVO 01 , que a su vez está dividido según la litología de las muestras en siete subarchivos principales que son:

PA01 BXS = brechas silicificadas
PA01 Cz = calizas
PA01 Li = limolitas-lutitas
PA01 Po = pórfidos
P1 Lis CzS = limolitas-lutitas silicificadas con Calizas silicificadas
PA01 VE = vetas de calcita-cuarzo-jaspe
PA01 Hf = Hornfels

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEON
1942
EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA
Facultad de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

Estas dos últimas se desecharon, no se les hizo proceso estadístico porque sólo tenían 6 muestras cada una y no es estadísticamente representativo.

Para el otro grupo de muestras se creó otro archivo \PAVO 90\ PA02, que está constituido por 241 muestras tomadas del fondo de pozos mediante barrenaciones con recuperaciones de núcleos pequeños (de 1-2.5 m.).

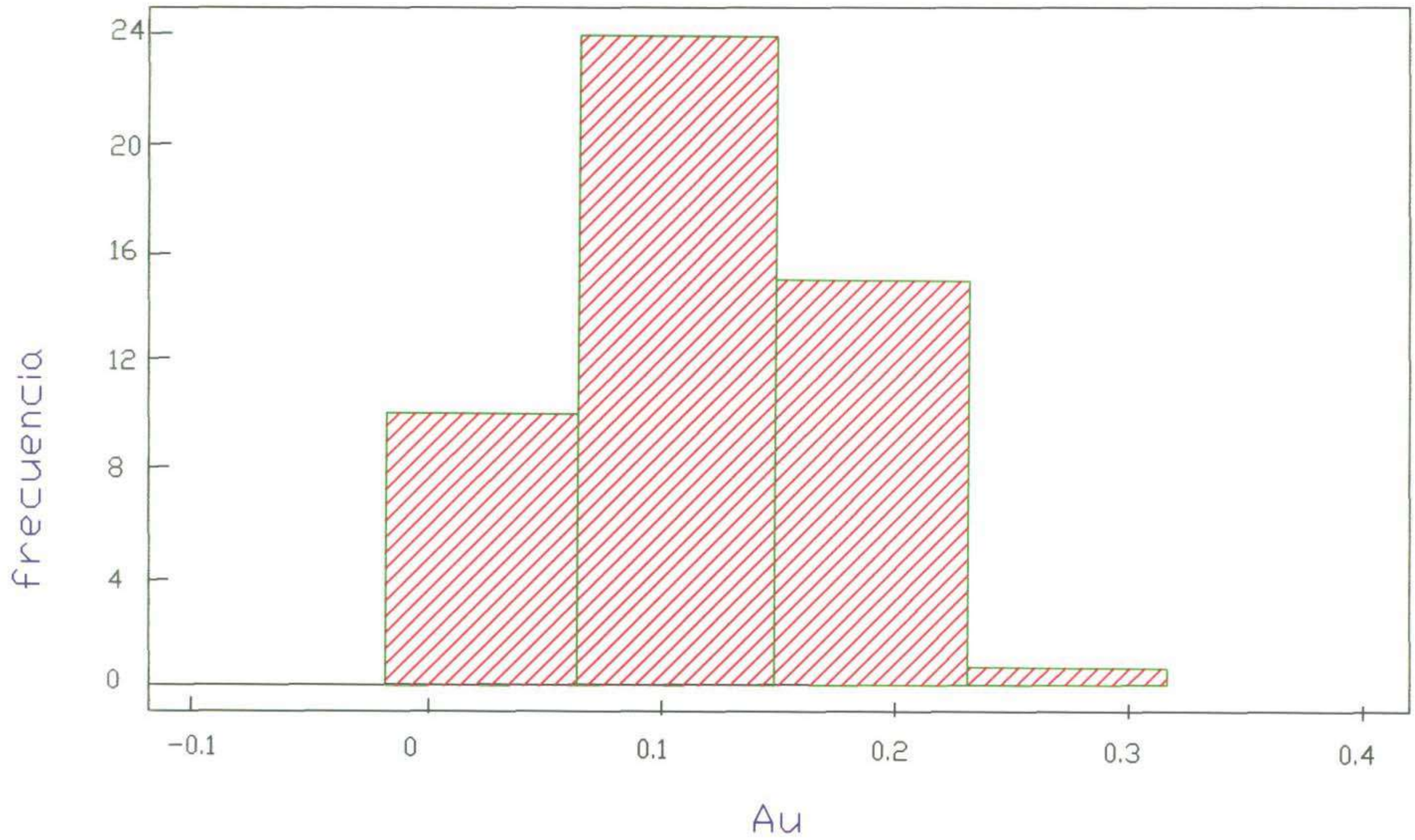
Este archivo a su vez se dividió como el anterior en 5 subarchivos igualmente tomando en cuenta litología y alteraciones, en este caso la silicificación:

PA02 BxS = brechas silicificadas
PA02 Cz = calizas
PA02 Li = limolitas-lutitas
PA02 Po = pórfidos
P2 Lis CzS = limolitas-lutitas silicificadas con calizas silicificadas.

V.3.2.-Procesamiento de datos y cálculo de parámetros estadísticos

Para cada uno de los dos archivos se creó otro archivo ya con las muestras ordenadas tanto por números como por familias litológicas denominándolos PAV01 ORD. y PAV02 ORD. respectivamente.Ahora para cada subarchivo se construyen histogramas de frecuencia y polígonos de frecuencias acumulativas en base a las cuales se hacen variaciones en el número de clases y en los límites inferior y superior, hasta obtener un histograma con una curva lo más próxima a la normal (Fig. 15). Ya con el histograma se ve qué muestras quedan fuera y se eliminan para no incluirlas en la estadística.

Histograma de Frecuencias



Poligono de frecuencias acumulativas

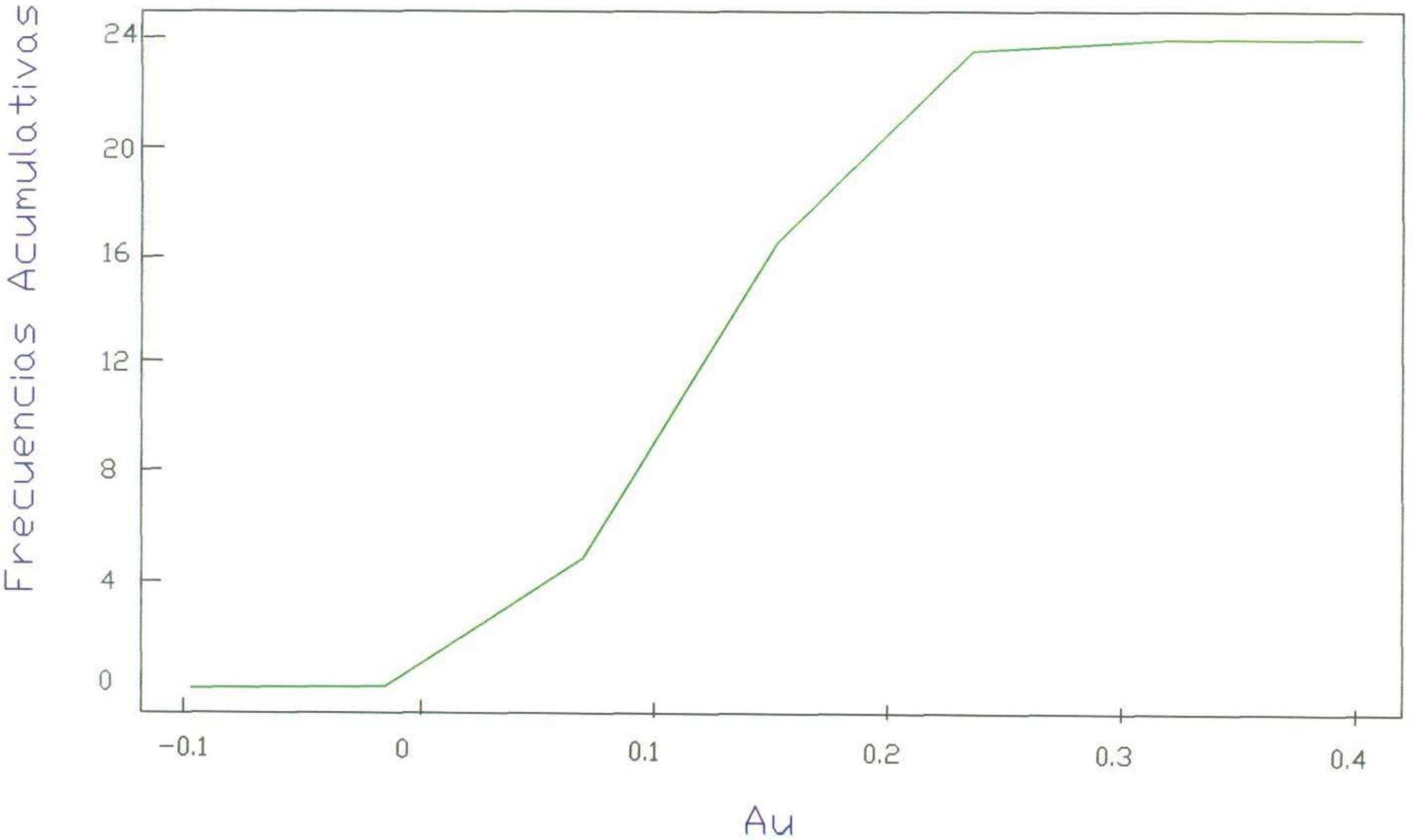


Fig. 15 -Histograma y poligono de frecuencias acumulativas normalizodos con valores de oro para la población del subarchivo PA02Li (núcleos de roca de limolitas-lutitas)

EXACTAS Y NATURALES

Lo mismo se hace para cada subarchivo y con cada uno de los seis elementos analizados (Au,Ag, Hg, As,Sb y Ba). Ya con el proceso estadístico, la computadora nos da entre otros parámetros, los valores de la media, la desviación estándar, el rango, valores máximo y mínimo, etc.

Basándonos en estos valores, se hace la clasificación de los valores del muestreo como sigue:

$\times$ a $\times+\sigma$ VALORES NORMALES ALTOS

$\times+\sigma$ a $\times+2\sigma$ VALORES SUBANOMALOS

$\times+2\sigma$ a y VALORES ANOMALOS BAJOS

$>$ y VALORES ANOMALOS ALTOS

Este valor de "y" se toma teniendo en cuenta el histograma de la población de cada subarchivo aun sin desechar las muestras con valores disparados.

Esto se hace analizando los valores que quedan entre $\times+2\sigma$ y el valor máximo, haciendo la división de tal forma que queden más o menos equilibrados los valores qué quedarían entre anómalos altos y anómalos bajos. Los intervalos se muestran en las tablas 2 y 3.

TABLA No. 2

\PAVO 90\PAØ1 (MUESTREO DE POLVOS DE ROCA)

INTERVALOS	Au p.p.m	Ag p.p.m	As p.p.m	Hg p.p.b	Sb p.p.m	Ba p.p.m	LITOLOGIA
$\times$ a $\times+\sigma$ $\times+\sigma$ a $\times+2\sigma$ $\times+2\sigma$ a 0.3 $>$ 0.3	0.075--0.155 0.155--0.235 0.235--0.254 $>$ 0.254	3.7--5.5 5.5--7.4 no hay valores mayor	765.6--1679 1679--2592.5 2592.5--5000 $>$ 5000	219--361.1 361.1--503.1 503.1--1900 $>$ 1900	23.75--44.75 44.75--65.75 65.75--75 $>$ 75	476.4--854.8 854.8--1233.2 1233.2--1300 $>$ 1300	BXS ≅ Brechas silicificadas
$\times$ a $\times+\sigma$ $\times+\sigma$ a $\times+2\sigma$ $\times+2\sigma$ a y $>$ y	0.074--0.188 0.188--0.302 0.302--0.40 $>$ 0.40	4.7--9.0 9.0--13.4 13.4--16 $>$ 16	278.6--445.0 445.0--561.5 561.5--1000 $>$ 1000	158.5--260.6 260.6--362.6 362.6--1500 $>$ 1500	13.33--21.30 21.30--29.26 29.26--50 $>$ 50	544.2--886.1 886.1--1228.1 1228.1--1400 $>$ 1400	Lis Czs ≅ Limolitas silicificadas con calizas silicificadas
$\times$ a $\times+\sigma$ $\times+\sigma$ a $\times+2\sigma$ $\times+2\sigma$ a y $>$ y	0.014--0.037 0.037--0.060 0.060--0.12 $>$ 0..12	3.4--5.3 5.3--7.2 7.2--15 $>$ 15	294--600.6 600.6--907.2 907.2--1400 $>$ 1400	267.1--539.8 539.8--812.5 812.5--1600 $>$ 1600	11.56--28.92 28.92--46.28 46.28--100 $>$ 100	271--486.3 486.3--701.7 701.7--1200 $>$ 1200	Cz ≅ Calizas
$\times$ a $\times+\sigma$ $\times+\sigma$ a $\times+2\sigma$ $\times+2\sigma$ a y $>$ y	0.024--0.050 0.050--0.077 0.077--0.015 $>$ 0.15	3.7--5.9 5.9--8.2 8.2--15 $>$ 15	295.2--449.6 449.6--603.9 603.9--1100 $>$1100	403.8--800.3 800.3--1196.8 1196.8--1900 $>$ 1900	27.12--69.53 69.53--111.9 11.93--160 $>$ 160	475.9--706.0 706--936.3 936.3--1100 $>$ 1100	Li ≅ Limolitas -lutitas
$\times$ a $\times+\sigma$ $\times$a+σ a $\times+2\sigma$ $\times+2\sigma$ a y $>$ y	0.056--0.094 0.094--0.133 0.133--0.2 $>$ 0.20	1.5--2.6 2.6--3.7 3.7--4.0 $>$ 4.0	271.8--493.5 493.5--715.1 715.1--826 $>$ 826	112.4--176.0 176.0--239.7 239.7--500 $>$500	6.91--11.26 11.26--15.60 15.60--27 $>$ 27	395.6--553.2 553.2--710.8 710.8--773 $>$ 773	Po ≅ Pórfidos

$\times$ MEDIA ARITMETICA

σ DESVIACION ESTANDAR

y VALOR TOMADO A CRITERIO SEGUN EL HISTOGRAMA DE LA POBLACION

TABLA No. 3

\PAVO 90\PAØ2 (NUCLEOS DE ROCA)

INTERVALOS	Au p.p.m	Ag p.p.m	As p.p.m	Hg p.p.b	Sb p.p.m	Ba p.p.m	LITOLOGIA
× a ×+σ ×+σ a ×+2σ ×+2σ a y > y	0.153--0.299 0.299--0.444 0.444--- >no hay anómalos	0.85--3.5 3.5--6.2 6.2--10 >10	209.9--457.7 457.7--705.44 705.44--800 > 800	317--665.4 665.4--1013.7 1013.7--1300 > 1300	14.42--26.06 26.06--37.70 37.70--40 > 40	245.8--728.33 728.33--1210.8 1210.8--1400 > 1400	BXS ≅ Brechas silicificadas
× a ×+σ ×+σ a ×+2σ ×+2σ a y > y	0.142--0.254 0.254--0.366 0.366--0.52 > 0.52	0.66--5.4 5.4--10.1 10.1--13 > 13	165.7--295.8 295.8--425.9 425.9--800 > 800	173.7--340.18 340.18--506.6 506.6--900 > 900	13.94--26.21 26.21--38.48 38.48--65 > 65	92.36--284.19 284.19--476.02 476.02--2000 > 2000	Lis Czs ≅ Limolitas y calizas silicificadas
× a ×+σ ×+σ a ×+2σ ×+2σ a y > y	0.127--0.280 0.280--0.432 0.432--0.5 > 0.50	0.6--2.9 2.9--5.3 5.3--75 > 75	148.8--314.06 314.06--479.3 479.3--1000 > 1000	195.25--404.6 404.6--613.9 613.9--860 > 860	8.90--16.39 16.39--23.87 23.87--41 > 41	9.23--66.48 66.48--123.7 123.7--831 > 831	Cz ≅ Calizas
× a ×+σ ×+σ a ×+2σ ×+2σ a y > y	0.114--0.189 0.189--0.265 0.265--0.3 > 0.3	0.5--3.1 3.1--5.6 5.6--12 > 12	204.1--399.7 399.7--595.3 595.3--800 >800	171.8--349.3 349.3--526.7 526.7--627 > 627	9.84--16.82 16.82-23.81 23.81--27 > 27	310.7--870.4 870.4--1430.22 1430.22--1800 >1800	Li ≅ Limolitas
× a ×+σ ×a+σ a ×+2σ ×+2σ a y > y	0.09--0.176 0.176--0.26 0.26--0.33 > 0.33	1.16--3.33 3.33--5.5 5.5--8 > 8	144.16--222.6 222.6--301.08 301.08--580 > 580	272.6--535.2 535.2--797.78 797.78--805 >805	19.3--36.03 36.03--52.76 52.76--58 > 58	200.9--494.89 494.89--788.8 788.8--871 > 871	Po ≅ Pórfidos

× MEDIA ARITMETICA

σ DESVIACION ESTANDAR

y VALOR TOMADO A CRITERIO SEGUN EL HISTOGRAMA DE LA POBLACION

V.3.3.-Elaboración de planos geoquímicos

Una vez agrupadas las muestras en su intervalo correspondiente se procedió a la elaboración de los 6 planos geoquímicos para cada elemento (Au, Ag, As, Hg, Sb y Ba) mediante el trazo de curvas de isovalores haciendo una interpretación de tendencias geoquímicas y definiendo sus anomalías.

Los planos se elaboraron con el uso de equipo de cómputo y el paquete de Autocad.

- Figs. 16 a 21 -

V.4.-INTERPRETACION GEOQUIMICA

Observando los resultados de los análisis del muestreo para la orientación geoquímica, se determinaron los elementos a analizar en el resto del área, se tomó en cuenta a la hora de la interpretación varios aspectos como litología, tipo de muestreo, número de muestras en cada tipo de roca; por lo que el proceso estadístico también fue selectivo.Basados en lo antes mencionado se realizó la correlación de anomalías y la definición de áreas amómalas.

V.4.1.-CORRELACION DE ANOMALIAS DE DISTINTOS ELEMENTOS

Observando los planos de tendencias geoquímicas, en general todos los elementos nos reflejan anomalías coincidiendo con la zona de silicificación en la parte Sur, además de tener concordancia con anomalías geofísicas.

Al parecer el As se encuentra bordeando esta alteración dando la impresión de una tendencia semi-circular, aunque esto no coincide con la tendencia geofísica la cual tiene una orientación SE75°NW bastante bien definida.

Existe otra anomalía para As y Hg principalmente, orientada N-S que inicia en las coordenadas 49900N,49800E y termina con el punto 49850N,50350E; esta tendencia se une a la de geofísica interpretándose como una estructura curveada que prácticamente cruza el área de estudio.

En la porción NE, a excepción de la Ag los otros elementos se encuentran en anomalías que reflejan las pequeñas brechas, aunque existen valores de muestras que están en afloramientos de intrusivo. El arsénico nos da una anomalía al centro con coordenadas 50150N,50150E de dimensiones aproximadamente de 250x100 m. con valores de 60-1900 p.p.m; geológicamente ésta coincide parcialmente con una serie de vetillas de cuarzo-calcita-jaspe, aunque esta anomalía no se refleja para el resto de los elementos.

V.4.2.-DEFINICION DE AREAS ANOMALAS

Geoquímicamente el área de mayor interés dada la coincidencia de anomalías con geología y geofísica se encuentra hacia el SE, comprendida entre las líneas 42 y 62 con dimensiones aproximadas de 500x200 m. la cual sería la zona prioritaria.

En segundo orden tenemos otra anomalía localizada en las coordenadas 50600,50100, la cual está abierta hacia el NW; ésta coincide con anomalía geofísica y con manifestaciones de alteración como recristalización de las calizas y vetilleo de calcita oxidada.

VI.- PROGRAMA DE BARRENACION

VI.1.- BARRENACION CON MAQUINA DE CIRCULACION INVERSA.

VI.1.1.-Introducción

Cuando un prospecto o área en exploración ha pasado por diferentes etapas, en las que se han conjugado geología, geofísica y geoquímica para definir blancos u objetivos específicos que mediante un programa de perforación deben ser evaluados, es el momento en el cual una decisión de peso debe ser tomada en relación con la vida futura del prospecto ya que ésta impactará en costos y resultados finales.

El producto más importante generado en esta fase, es la muestra que en su modalidad de núcleo de diamante o recorte de circulación inversa, generará gran variedad de información geológica del subsuelo, permitiéndonos interpretar o probar el modelo geológico inferido, determinar zoneamiento y paragénesis, determinar ley de mineral, etc.

La perforación en el tipo seleccionado es decir, diamante o circulación inversa debe soportarse por una buena planeación debido a que el atraso de los programas de perforación, confiabilidad de la muestra, recuperación, etc. conducen a un incremento de costos y en ocasiones desfasan y afectan otras actividades directamente relacionadas .

Actualmente las empresas líderes en la minería a nivel internacional, han incorporado en sus actividades de exploración y evaluación, el uso de la perforación con circulación inversa sobre todo, enfocada a yacimientos de tipo diseminado o placeres. La ventaja de este método, está dada por su alta productividad y bajos costos, al compararla con métodos tradicionales de barrenación, además de haberse comprobado su efectividad en proveer muestras geológicas particularmente de formaciones blandas así como de zonas de falla y aún de terreros y aluviones.

FUNDAMENTO Y CARACTERISTICAS DEL METODO:

El método de perforación con circulación inversa, se fundamenta en un cabezal elevado de movimiento giratorio, un tubo de perforación de doble pared, con entrada lateral para la inyección del fluido de perforación que puede ser aire, agua, espumante o suavizantes.

El tubo de perforación, consiste de dos tuberías de diferentes diámetros una dentro de la otra. La tubería exterior, diseñada para soportar tracción y golpeo, está asociada a la rotación y la interior que sufre poca tensión está asentada en una montura, a través de esta tubería fluye el recorte de roca hacia el exterior.

Generalmente el diámetro de la broca es ligeramente mayor que el del tubo exterior, por lo tanto, el espacio libre entre la pared del hueco y el tubo es mínimo. Al usar la broca tricónica se

puede colocar inmediatamente arriba de ella, una camisa o tubo de diámetro casi igual al de la broca para minimizar la posible pérdida de muestra.

Las brocas utilizadas son de tipo circular con impregnaciones de carburo para formaciones blandas, en tanto que las del tipo tricono y martillo (down the hule) se emplean para formaciones semiduras y duras.

RECUPERACION DE MUESTRAS:

Cuando se perfora con este sistema, el fluido de perforación llega a la broca entre las paredes de la tubería de doble pared, dirigiéndose al centro de la broca, de donde regresa a la superficie por el espacio circular interior de la tubería de doble pared con el recorte de la muestra perforada.

La muestra cortada llega a la superficie en forma continua hacia los ciclones que sirven de recipientes, y que son de forma tubular o punta de lápiz.

Lo más recomendable para colectar la muestra, es la colocación de un cuarteador inmediatamente en la caída del material para separar las cantidades de muestras según los testigos que se deseen; existen cuarteadores con rejillas giratorias que utilizan un sistema hidráulico para su movimiento los cuales son muy eficientes y separan las muestras de 10% y 90%, a partir del volúmen total de muestra. Fig. 22

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL METODO:

El sistema de circulación inversa ha progresado lentamente pero en la actualidad se ha convertido en una de las herramientas más ingeniosas desarrolladas en los últimos 10 años.

Como principales ventajas tenemos el grado de representatividad de la muestra; virtualmente no se obtiene muestra contaminada; alta productividad y eficiencia (10-18m por hora); recuperación continua e ininterrumpida; bajos costos por metro; perforación continua en derrumbes, cavidades, obras antiguas y formaciones blandas.

Como desventajas, el sistema está condicionado por la infraestructura, pérdida de detalle geológico y limitaciones para medir parámetros geológicos; a lo anterior podemos adicionar lo que la práctica nos ha enseñado en otros proyectos como es el recuperar menos de lo esperado; la pérdida de finos en el tiraje del ciclón lo que puede conllevar a subestimación de la ley; incremento de costos en construcción de accesos y planillas; pérdida de tiempo de perforación; anillado y pérdida de tubería y profundización limitada por la presencia de agua.

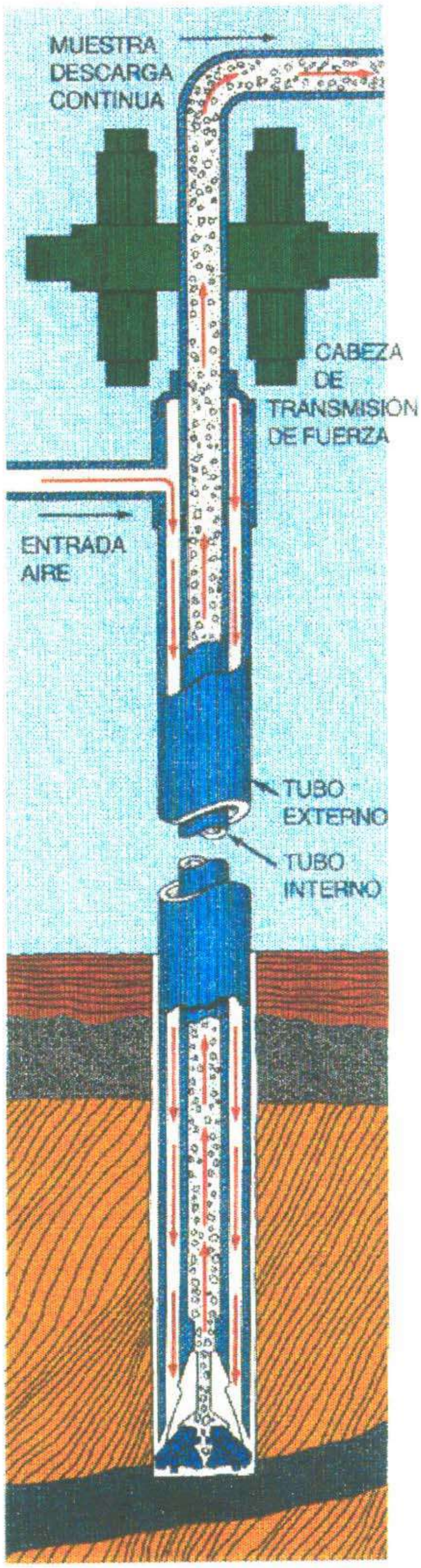


Fig. No. 22 .- Esquema mostrando la trayectoria del fluido, asi como el recorte de perforación al utilizar el sistema de circulación inversa.

1942
EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

VI. 1.2.- Descripción de barrenos

Generalmente el recorte de circulación inversa ha sido utilizado en otros países únicamente para muestreo y ensaye en yacimientos diseminados de gran volumen debido a la pérdida de detalle de la información geológica, sin embargo, en nuestro país explotamos al máximo este producto del subsuelo.

La descripción del recorte de circulación inversa se inicia directamente en el campo registrando en formatos especiales datos generales en cuanto a litología y microestructura para tramos de 2 metros. El segundo paso consiste en integrar el recorte después de pasar por varios tamices en una columna litológica para pasar a una descripción detallada con apoyo del microscopio binocular registrando litología, alteración, mineralización, textura y estructura en un formato definitivo (ver anexos). Además de la información mencionada, también es posible medir la susceptibilidad magnética.

El tercer paso en cuanto a la descripción de barrenos, consiste en codificar los datos geológicos para registro de computadora.

VI.1.3.-Detección de intersecciones mineralizadas.

La familiarización con la mineralogía característica del yacimiento permite hacer la estimación visual en el momento en que el barreno inicia la intersección del cuerpo mineralizado por el cambio en la coloración de los finos o en su defecto del agua cuando se perfora con lodos. En este momento, se pueden corregir desviaciones al proceso como puede ser el caso de mejorar recuperaciones, adicionando lodos de perforación, cambiando tipo de broca o camisa, etc.

Es conveniente que los programas partan de interpretaciones previas en base al modelo que se desea probar elaborándose secciones de trabajo para cada barreno o grupo de barrenos que permitan mediante su actualización controlar las zonas de interés geológico previo a la intersección de mineral. Un buen control y la discriminación de las formaciones huésped de la mineralización mediante orientación geoquímica permitirán que el proceso continúe con la etapa de muestreo seleccionando los intervalos de mayor interés.

VI.1.4.-Muestreo

Como hemos mencionado con anterioridad, el producto generado por la máquina de circulación inversa es una muestra caracterizada por su grado de representatividad para medir ley de mineral en yacimientos diseminados y placeres.

Recientemente se ha cuestionado el grado de confiabilidad de este método que en general es bastante seguro siempre y cuando, el equipo esté operando en óptimas condiciones.

En el prospecto tema de estudio perforamos 1106 m. distribuidos en 6 barrenos utilizando equipo de circulación inversa DRILL TECK 40K. El trabajo se realizó con bastante fluidez ya que las condiciones del terreno fueron buenas sobre todo, porque se tiene homogeneidad en las formaciones lo cual genera avance constante y disminución de riesgos para el equipo.

El muestreo realizado en los barrenos fue sistemático colectándose muestras en tramos de 2m. el equipo está provisto de un cuarteador que utiliza el sistema hidráulico para su funcionamiento; el cuarteador recibe la muestra del ciclón y la divide en dos partes, una que corresponde al 10% y la otra al 90% de la muestra total.

Para la colecta de las muestras mencionadas, utilizamos bolsas de plástico y para el caso de muestra húmeda usamos bolsas de microporo para recibir el 10% que es lo que normalmente urge enviar a laboratorio. Este tipo de bolsa, está diseñado para evitar la pérdida de finos en la decantación directa.

La muestra del 90% se almacena quedando disponible para ser utilizada posterirmente en varias fases de investigación metalúrgica, muestreo, petrofísica, etc.

VI.1.5.-Interpretación de resultados

En la tabla siguiente se presenta la distribución de 6 barrenos:

BARRENO	UBICACION	RUMBO	INCLINACION	PROFUNDIDAD
CIP-1	Sección 58	Vertical	-90°	162
CIP-2	Sección 54	Vertical	-90°	200
CIP-3	Sección 38	Vertical	-90°	180
CIP-4	Sección 62	Vertical	-90°	168
CIP-5	Sección 16	Vertical	-90°	204
CIP-6	Sección 48	S45°W	-60°	192
			total	1106

En general, los barrenos cortaron una secuencia sedimentaria representada por: lutitas carbonosas con pirita finamente diseminada con porcentajes de 1% a 3%; calizas recristalizadas con fragmentos de calcita y cuarzo de la formación Cuesta del Cura (K.cc) y en el fondo filitas de la formación Zacatecas. Unicamente el barreno CIP-5 se desarrolló totalmente en la formación Zacatecas definida en detalle, por una secuencia de filitas y pizarras con débil a moderada silicificación y diseminación de pirita. Se anexan los registros geológicos de barrenación con los resultados de ensaye de oro y plata que en un balance general son negativos; no se ensayó plomo y zinc al no ser detectados megascópicamente.

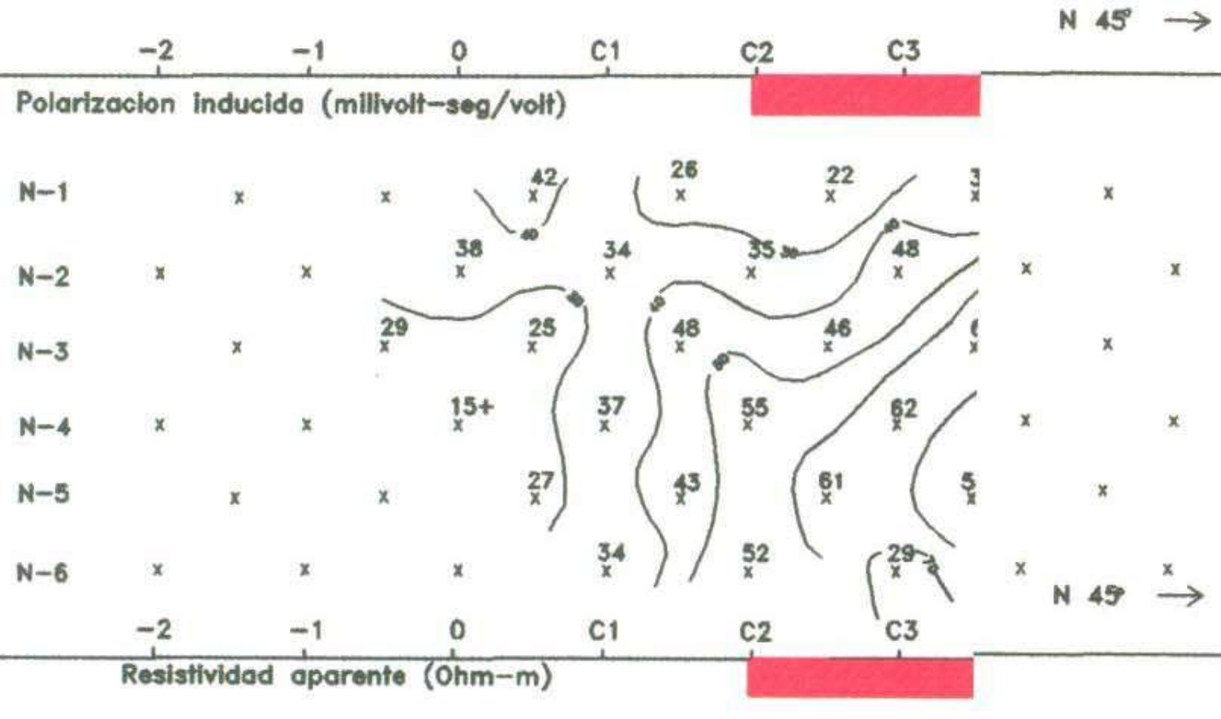
Ver figs. 23 a la 28.

Enseguida se resumen los objetivos investigados así como el resultado alcanzado:

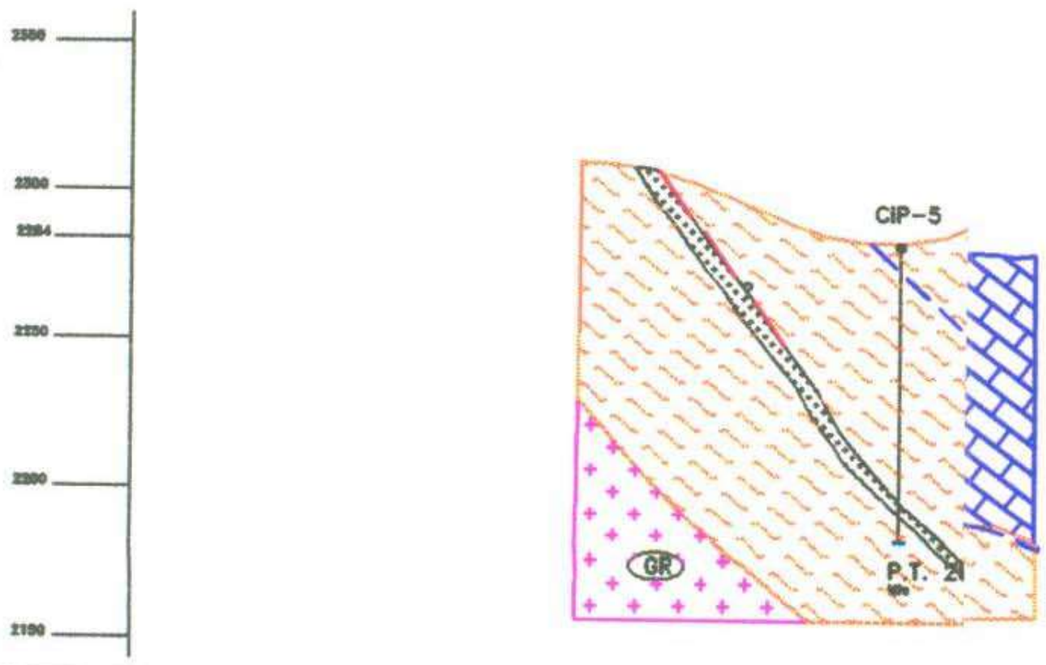
OBJETIVO	TRABAJO	RESULTADOS

HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

SECCION GEOLOGIC(
VIENDO



ELEV.
M.S.N.M.



LEYENDA

POLARIZACION INDUCIDA

10 Curvas de cargabilidad en milivolt-seg/volt

Anomalia de alto interés

Anomalia de mediano interés

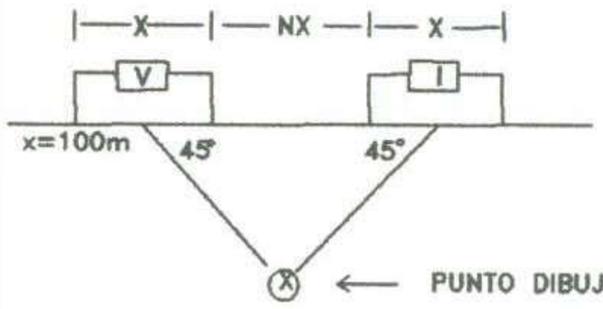
RESISTIVIDAD APARENTE

300 curvas de resistividad aparente en Ohm-m

FACTOR METALICO

110 Curvas de factor metálico (P.I/RO)*1000

ARREGLO ELECTRODICO DIPOLO-DIPOLO



EQUIPO GEOFISICO

TX=ELLIOT MOD 45A RX=ELLIOT IPRIO
MAGNETOMETRO MARCA GEOMETRIC G856X

LITOLOGIA

Ksl Limolitas y calizas arcillosas

Kcc Calizas en estratos medianos a delgados

Trz Filitas, pizarras, cuarcitas

INTRUSIVOS

Tpro Pórfido riolítico

Gr Granito-granodiorita, grano grueso

MINERALIZACION /ALTERACION

Vetillas de calcitas ocre y cuarzo con Bx, jaspe y hematización en stockwork

Sk-hf Skarn y hortels

Mineralización diseminada/sulfuros masivos.

CIP-1 Barreno programado

L.R. Linea de referencia

ESCALA GRAFICA
0 50 100 150 200
M E T R O S

UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

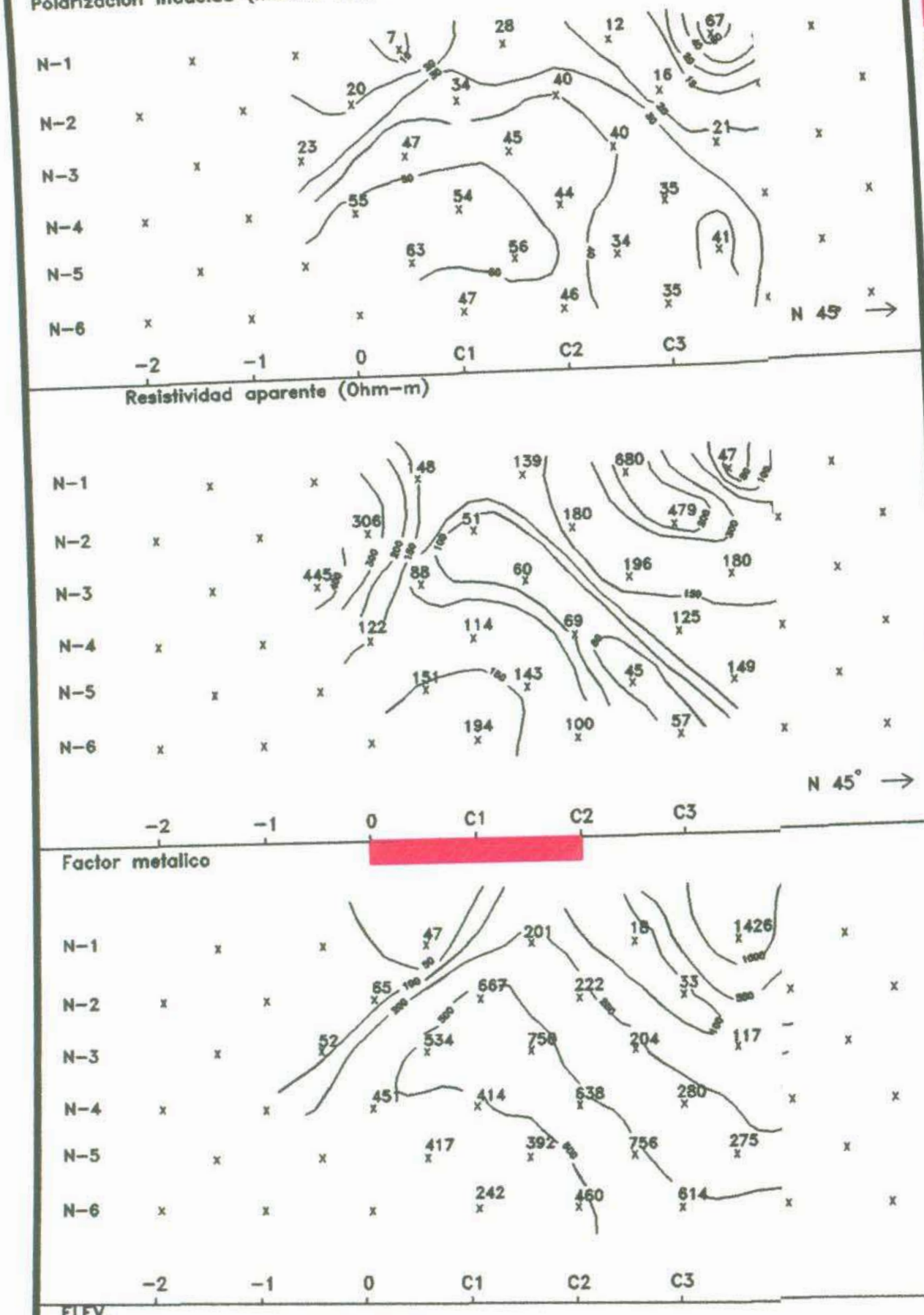
SECCION GEOLOGICA GEOFISICA L-16

RUMBO SW45° NE-VIENDO AL NW45 °

POR: RICARDO CONTRERAS	ESCALA: 1:4000
FECHA: MARZO 1995	FIGURA No. 23

HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

SECCION GEOLOGICA VIENDO A N 45° →



LEYENDA

POLARIZACION INDUCIDA

10 Curvas de cargabilidad en milivolt-seg/volt

Anomalía de alto interés

Anomalía de mediano interés

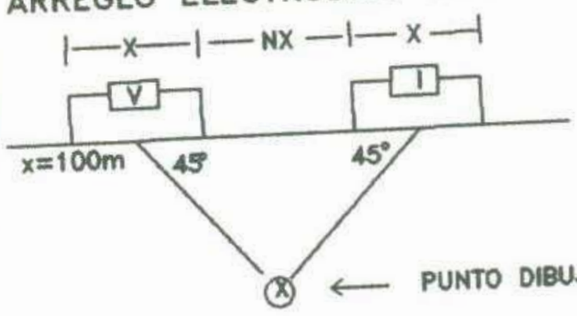
RESISTIVIDAD APARENTE

300 curvas de resistividad aparente en Ohm-m

FACTOR METALICO

110 Curvas de factor metálico (P.I/RO)*1000

ARREGLO ELECTRODICO DIPOLO-DIPOLO



EQUIPO GEOFISICO

TX=ELLIOT MOD 45A RX=ELLIOT IPRIO
MAGNETOMETRO MARCA GEOMETRIC G856X

LITOLOGIA

Kal Limolitas y calizas arciliosas

Kcc Calizas en estratos medianos a delgados

Trz Filitas, pizarras, cuarcitas

INTRUSIVOS

Tpro Pórfido riolítico

Gr Granito-granodiorita, grano grueso

MINERALIZACION /ALTERACION

ole Vetillas de calcitas ocre y cuarzo con Bx, jaspe y hematización en stockwork

Sk-hf Skarn y horfels

Mineralización diseminada/sulfuros masivos.

CIP−1 Barreno programado

L.R. Linea de referencia

ESCALA GRAFICA
0 50 100 150 200
METROS

UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

SECCION GEOLOGICA GEOFISICA L−38

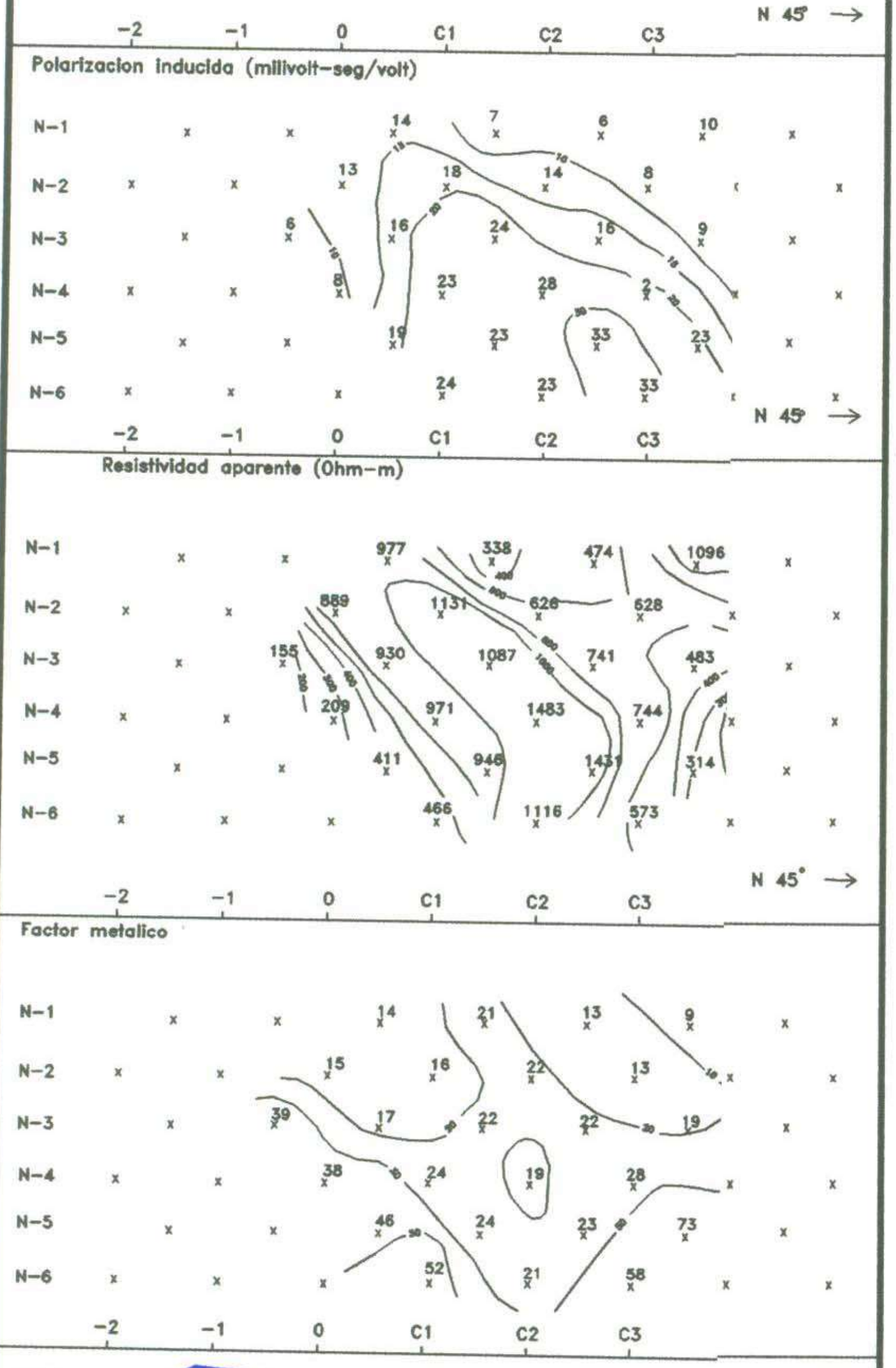
RUMBO SW45° NE−VIENDO AL NW45 °

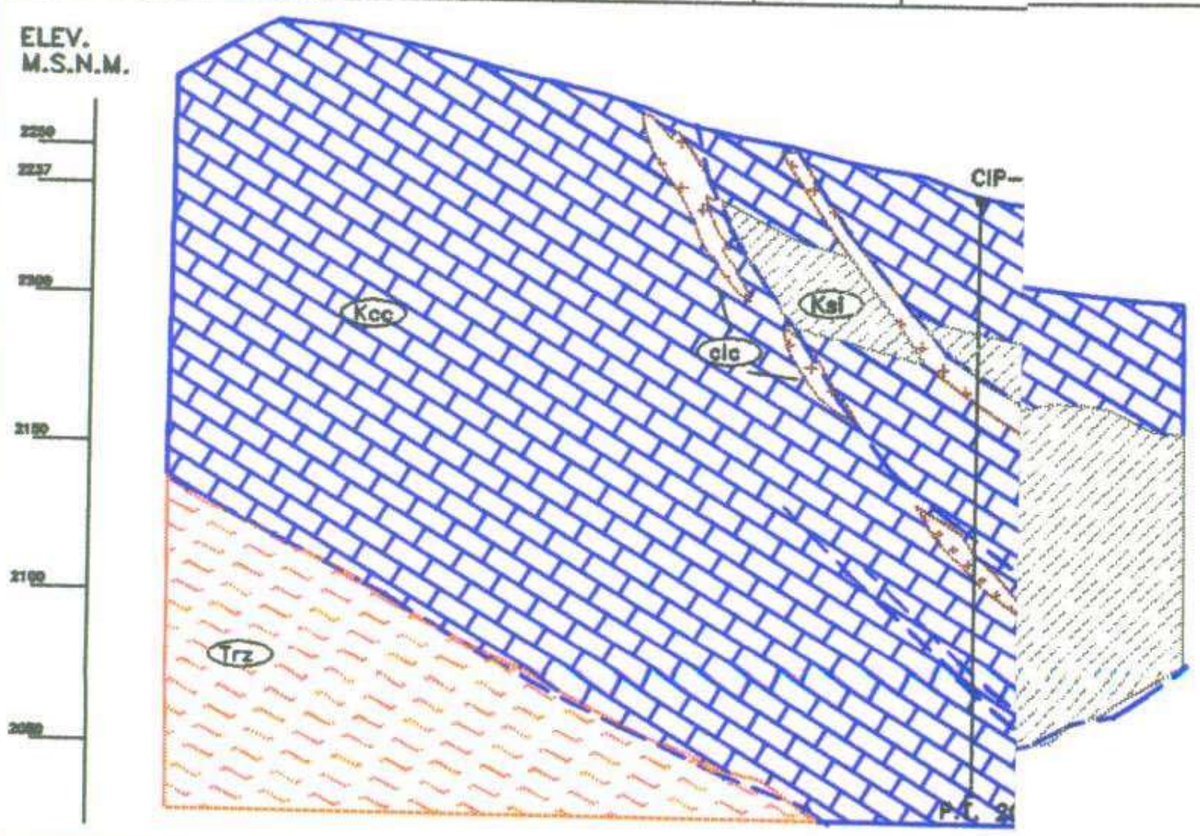
POR: RICARDO CONTRERAS	ESCALA: 1:4000
FECHA: MARZO 1995	FIGURA No. 24

FECHA: MARZO 1995	FIGURA No. 25

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

SECCION GEOLOGICA VIENDO





LEYENDA

POLARIZACION INDUCIDA

10 Curvas de cargabilidad en milivolt-seg/volt

Anomalia de alto interés

Anomalia de mediano interés

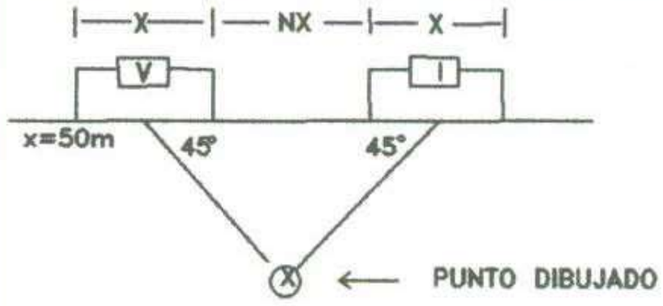
RESISTIVIDAD APARENTE

300 curvas de resistividad aparente en Ohm-m

FACTOR METALICO

110 Curvas de factor metálico (P.I/RO)*1000

ARREGLO ELECTRODICO DIPOLO-DIPOLO



EQUIPO GEOFISICO

TX=ELLIOT MOD 45A RX=ELLIOT IPRIO
MAGNETOMETRO MARCA GEOMETRIC G856X

LITOLOGIA

Ksl Limolitas y calizas arcillosas

Kcc Calizas en estratos medianos a delgados

Trz Filitas, pizarras, cuarcitas

INTRUSIVOS

Tpro Pórfido riolítico

Gr Granito-granodiorita, grano grueso

MINERALIZACION /ALTRACION

clc Vetillas de calcitas ocre y cuarzo con Bx, jaspe y hematización en stockwork

Sk-hf Skarn y horfels

Mineralización diseminada/sulfuros masivos.

CIP-1 Barreno programado

L.R. Linea de referencia

ESCALA GRAFICA
0 50 100 150 200
METROS

UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

SECCION GEOLOGICA GEOFISICA L-54

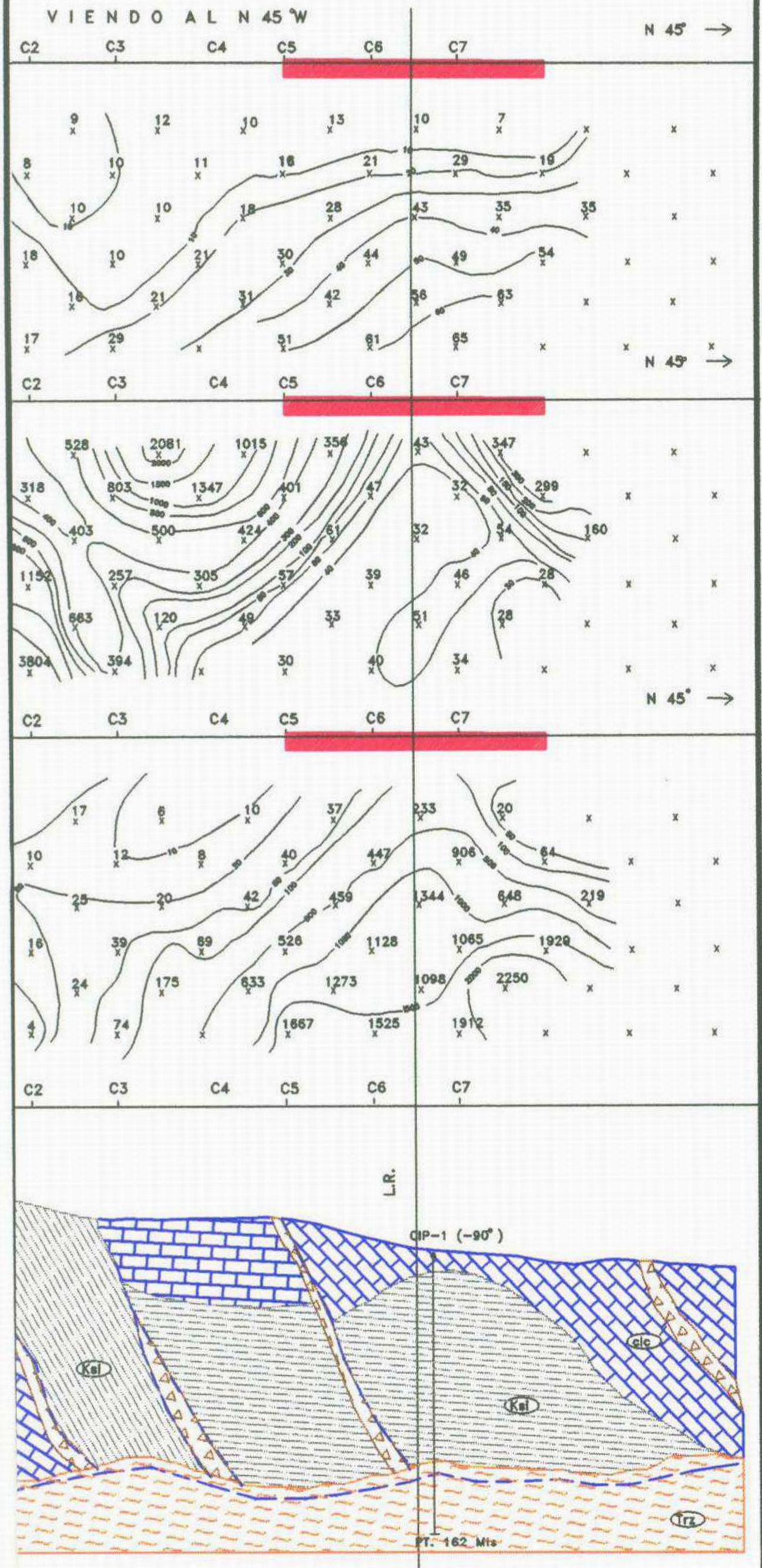
RUMBO SW45° NE-VIENDO AL NW45 °

POR: RICARDO CONTRERAS	ESCALA: 1:4000
FECHA: MARZO 1995	FIGURA No. 26

BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

OLOGICA GEOFISICA L - 58

VIENDO AL N 45 °W



LEYENDA

POLARIZACION INDUCIDA

10 — Curvas de cargabilidad en milivolt-seg/volt

Anomalia de alto interes

Anomalia de mediano interés

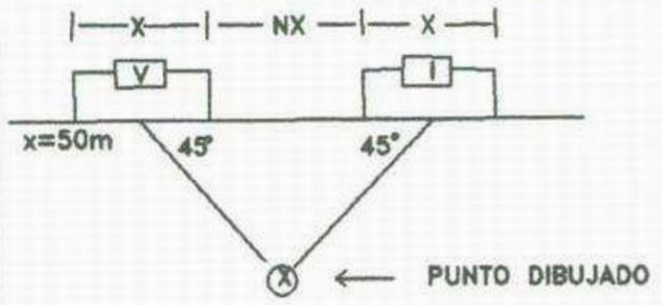
RESISTIVIDAD APARENTE

300 — curvas de resistividad aparente en Ohm-m

FACTOR METALICO

110 — Curvas de factor metalico (P.I/RO)*1000

ARREGLO ELECTRODICO DIPOLO-DIPOLO



EQUIPO GEOFISICO

TX=ELLIOT MOD 45A RX=ELLIOT IPRIO
MAGNETOMETRO MARCA GEOMETRIC G856X

LITOLOGIA

Ksl — Limolitas y calizas arcillosas

Kcc — Calizas en estratos medianos a delgados

Trz — Filitas, pizarras, cuarcitas

INTRUSIVOS

Tpro — Pórfido riolitico

Gr — Granito-granodiorita, grano grueso

MINERALIZACION /ALTERACION

calc — Vetillas de calcitas ocre y cuarzo con Bx, jaspe y hematización en stockwork

Sk-hf — Skarn y hornfels

Mineralización diseminada/sulfuros masivos.

CIP-1 — Barreno programado

L.R. — Linea de referencia

ESCALA GRAFICA

0 50 100 150 200

METROS

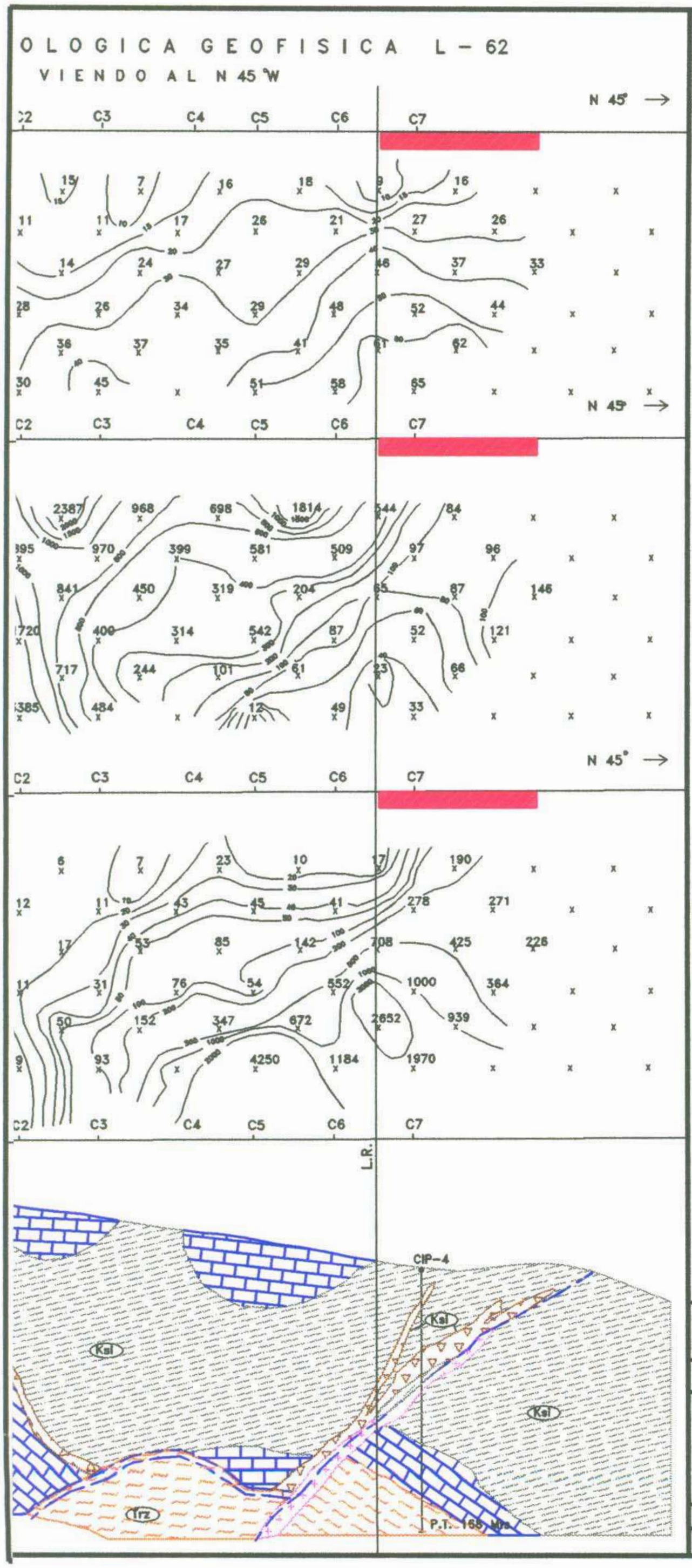
UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

SECCION GEOLOGICA GEOFISICA L-58

RUMBO SW45° NE-VIENDO AL NW45 °

POR: RICARDO CONTRERAS	ESCALA: 1:4000
FECHA: MARZO 1995	FIGURA No. 27



LEYENDA

POLARIZACION INDUCIDA

10 — Curvas de cargabilidad en milivolt-seg/volt

Anomalía de alto interés

Anomalía de mediano interés

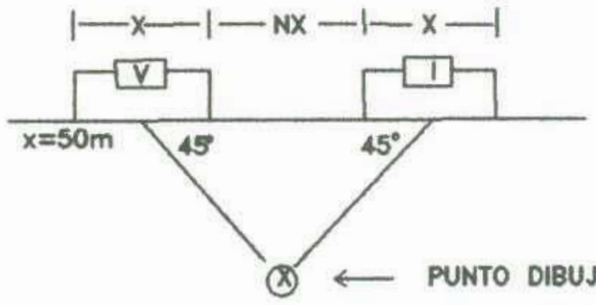
RESISTIVIDAD APARENTE

300 — curvas de resistividad aparente en Ohm-m

FACTOR METALICO

110 — Curvas de factor metálico (P.I/RO)*1000

ARREGLO ELECTRODICO DIPOLO-DIPOLO



EQUIPO GEOFISICO

TX=ELLIOT MOD 45A RX=ELLIOT IPRIO
MAGNETOMETRO MARCA GEOMETRIC G856X

LITOLOGIA

Ksl — Limolitas y calizas arcillosas

Kcc — Calizas en estratos medianos a delgados

Trz — Filitas, pizarras, cuarcitas

INTRUSIVOS

Tpro — Pórfido riolítico

Gr — Granito-granodiorita, grano grueso

MINERALIZACION /ALTERACION

volc — Vetillas de calcitas ocre y cuarzo con Bx, jaspe y hematización en stockwork

Sk-hf — Skarn y horfels

Mineralización diseminada/sulfuros masivos.

CIP-1 — Barreno programado

L.R. — Linea de referencia

ESCALA GRAFICA
0 50 100 150 200
METROS

UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

SECCION GEOLOGICA GEOFISICA L-62

RUMBO SW45° NE-VIENDO AL NW45 °

POR: RICARDO CONTRERAS	ESCALA: 1:4000
FECHA: MARZO 1995	FIGURA No. 28

1942
EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

VII.- CONCLUSIONES

El área de estudio se encuentra protegida legalmente por 3 denuncios mineros propiedad de la Compañía Minera Saucillo, S.A. de C.V., por un total de 1357 Has.

Afloran en la región, rocas de naturalezas sedimentarias, ígneas y metamórficas, cubriendo una superficie de 50%,35% y 15% respectivamente.

Las rocas más antiguas aflorantes que forman el basamento están constituidas principalmente por: filitas, pizarras y metareniscas de la Formación Zacatecas de edad Triásico Superior.

Sobreyaciendo a la unidad descrita, en forma discordante, se encuentran calizas de estratificación delgada a media con intercalaciones de capas carbonosas que se han correlacionado con la Formación Cuesta del Cura del Cretácico Inferior (Albiano-Cenomaniano).

Esta superficie de discordancia favorece la ocurrencia de fallamiento de gravedad, el cual desliza al paquete calcáreo del Cretácico sobre las rocas metamórficas del Triásico, esto se observa hacia el oriente del plano geológico regional y se encuentra descrito en varios de los barrenos efectuados.

La unidad anterior se encuentra infrayaciendo a la Formación Indidura, constituida por lutitas y limonitas.

Toda la secuencia sedimentaria y metamórfica ha sido cortada por una serie de cuerpos ígneos intrusivos de diversas formas: un stock granítico que aflora en la parte Sur del prospecto y diques de composición diorítica y riolítica, que afloran en la parte central y Norte.

En la porción Sur del área, el depósito mineral es del tipo de metasomatismo de contacto, alojándose la mineralización en el skarn cercano al contacto del intrusivo granítico y las rocas de la Formación Cuesta del Cura; son afectadas también por diques dioríticos y riolíticos, presentándose la mineralización en vetillas de calcita y cuarzo con zonas de silicificación y oxidación.

La mineralización consiste de galena, esfalerita, pirita, arsenopirita, calcopirita y magnetita, presentándose en superficie en zonas de oxidación y en vetillas asociadas a cuarzo y calcita.

La geoquímica y la geofísica reflejaron anomalías en la porción sureste del prospecto, que exhiben una tendencia en forma de media luna, de rumbo general NW 45°-60° SE que se relaciona con la zonas de silicificación-oxidación en las calizas arcillosas y con una estructura circular.

Mediante seis barrenos de circulación inversa perforados, se cortó una secuencia sedimentaria constituida por lutitas carbonosas con pirita finamente diseminada (1-3%) y caliza recristalizada con fragmentos de calcita y cuarzo, cortando al fondo fillitas y pizarras de la Formación Zacatecas.

Los resultados obtenidos en el muestreo de barrenación reflejan contenidos minerales bajos del orden de 0.1 a 0.3 gr/tn de Au y solo dos muestras por barreno con valores superiores a 30 gr/tn. de Ag, en tramos de dos metros con excepción del barreno CIP-6 que tiene cinco muestras de 35 a 38 gr. y una de 116 gr/tn. de Ag.

Las zonas de silicificación-oxidación no profundizan ya que algunos barrenos resultaron negativos al tratar de intersectar estas zonas a profundidad.

Las anomalías geofísicas que resultaron del trabajo realizado carecen de importancia, ya que al barrenar estos objetivos a profundidad se observa que la causa de las anomalías geofísicas es el paquete de lutitas carbonosas con diseminación de pirita fina que es altamente polarizable.

En la zona estudiada existen evidencias de campo y de alteración-mineralización para seguirlo considerando dentro de los yacimientos tipo Carlin.

Hay suficientes evidencias para pensar en un segundo modelo de yacimiento , del tipo "Skarn", con posibilidades no evaluadas en su totalidad.

VIII.- BIBLIOGRAFIA

BURCKHARDT, C., 1906 La Faune Jurassique de Mazapil avec un appéndice sur les fosiles du Cretacique Inferior : - Inst. Geol. México, Bol., 23

BURCKHARDT,C 1930 Estude synthétique sur le Mésozoique Mexicain: Soc. Paleont. Suisse, Mém. 49-50.

D CSERNA 1956 Tectónica de la Sierra Madre Oriental entre Torreón y Monterrey. XX Congreso Geológico Internacional para la Investigación de Recursos Minerales de México. 87 p.

E. LOPEZ RAMOS 1974 Geología General y de México. Edición Escolar. 105 p.

HAWKES, H.E. Y WEBB, J.S. 1966 Geochemistry in Mineral Exploration. Harper and Row New York.

HUMPHREY W.E. 1949 Geol. of the Sierra de los Muertos Area and Paleontology of the La Peña formation ,México. Geol. Soc. Am. Bull. v. 38.

IMLAY, R. W. 1936 Geology of the Western Part of Sierra de Parras: Geol. Soc. of America bull. 47:1091-1152.

IMLAY, R. W. 1937 Geology of the middle part of the Sierra de Parras, Coah., México. Geol. Soc. Am. Bull. v. 38 p.p. 587-630.

JOSEPH C. ROTA 1988 The Gold Quarry Deposit: History and General Geology. Bulk Mineable Precious Metal Deposits of the Western United States. Symposium Proceeding The Geological Society of Nevada. p.p. 49-57.

KELLUM, L.B., AND SHUBACK, K. A. 1961 New Exogyras from the Indidura formation, México: Michigan Acad. Sci., v. 46, p.p. 31-59.

KELLUM, L.B., AND ROBINSON, W. Y. 1963 Geology of the west-central part of the Sierra de Tlahualilo, Coahuila, México: Michigan Acad. Sci., v. 48, p.p. 223-261.

KÖPPEN, K.W. 1970 Carta de Climas modificada por E. García. Instituto de Geografía, U.N.A.M.

LABARTHE, G. y TRISTAN,M., 1978 Cartografía Geológica, Hoja San Luis Potosí. Instituto de Geología y metalúrgia. Univ. Aut. de S.L.P. Folleto Técnico No. 59.

LABARTHE, G. y TRISTAN,M., 1982 Estudio Geológico-Minero del Area de Peñón Blanco. Estado de San Luis Potosí y Zacatecas. Instituto de Geología y metalúrgia. Univ. Aut. de S.L.P. Folleto Técnico No. 76.

MILES L. SILBERMAN ET. AL. 1988 Characteristics of Gold Deposits in Northern Sonora, México A Preliminary Report.

O.D. CHRISTENSEN, ET. Al. 1988 Diseminated Gold Deposits of the Carlin Trend, Elko and Eureka Conties, Nevada. Bulk Mineable Precious Metal Deposits of the Western United States. Symposium Proceeding The Geological of Nevada.

PANTOJA-ALOR, JERJES 1963 Hoja San Pedro del Gallo. 13-R-K(3) con Resumen de la Geología. - C. Geol. México, U.N.A.M.

P. KEAREY & M. BROOKS 1984 An Introduction to Geophysical Exploration.

ROGERS 1957 Reconocimiento Geológico de Depósitos de Fosfatos del Norte de Zacatecas y áreas adyacentes de Coahuila, Nuevo León y S.L.P. C.R.N.N.R. (México), Bol. 56.

ROSAS S., ALFONSO 1991 Depósitos Conocidos y Reservas Proyecto Amelia, Municipio de Cucurpe, Sonora, México. Seminario interno de capacitación E.P.S.A. archivo interno.

TARDY 1975 Observaciones Generales Sobre la Estructura de la Sierra Madre Oriental: La Aloctonía del Conjunto.

TIMOTHY J. PERCIVAL ET. AL. 1988 Physical and Chemical Features of Precious Metal Deposits hosted by Sedimentary Rocks in the Western United States. Bulk Mineable Precious Metal Deposits of the Western United States. Symposium Proceeding The Geological Society of Nevada. p.p. 11-30.

ZEPEDA, C. 1993 Apuntes de Geofísica Aplicada a la Minería. Curso interno, Exploraciones Peñoles S.A. de C.V.

ANEXOS

PROSPECTO: EL PAVO

REGISTRO DE PERFORACION CON CIRCULACION INVERSA

BARRENO : CIP-1

FECHA

MAQUINA : DRILLTECH

ANG.BARR : - 90°

LOCALIZ. : Elev:2224 E:5608 N:4560

PROF. TOTAL : 162 Mts.

DESCRITO POR : R.C.G.

No. DE MUESTRA : DE 7301 A 7381

H O J A 1 DE 2

INTERVALO		MUESTRA	Grs/Ton Au	Grs/Ton Ag	DESCRIPCION
0	- 2	7301			0 a 10 Mts. Caliza con vetilleo de calcita argilizada con calcita blanca .
2	- 4	7302	0.05	6.98	
4	- 6	7303			
6	- 8	7304	0.05	1.60	Caliza con vetilleo de calcita hematizada.
8	- 10	7305			
10	- 12	7306	0.06	31.20	Caliza gris oscuro con predominancia de calcita blanca.
12	- 14	7307			
14	- 16	7308	0.06	35.60	Caliza gris oscura con >10% vetíllas de calcita blanca <l% py.
16	- 18	7309			
18	- 20	7310	0.10	8.40	
20	- 22	7311			10 a 48 Mts. Lutítas negras a café rojizo por incipiente oxidación con fragmentos esporádicos de calcita.
22	- 24	7312	0.06	2.82	
24	- 26	7313			
26	- 28	7314	0.05	3.50	
28	- 30	7315			
30	- 32	7316	0.05	2.38	
32	- 34	7317			
34	- 36	7318	0.12	5.24	
36	- 38	7319			
38	- 40	7320	0.22	1.80	
40	- 42	7321			
42	- 44	7322	0.16	2.72	
44	- 46	7323			
46	- 48	7324	0.24	10.20	48 a 66 Mts. Lutita color negro carbonosa con 1-3% de pirita finamente diseminada, ocasionales fragmentos de calcita finamente laminada.
48	- 50	7325			
50	- 52	7326	0.20	1.62	
52	- 54	7327			
54	- 56	7328	0.12	1.32	
56	- 58	7329			
58	- 60	7330	0.12	1.80	
60	- 62	7331			
62	- 64	7332	0.12	3.40	
64	- 66	7333			
66	- 68	7334	0.10	6.72	66 a 102 Mts. Lutitas calcáreas de color negro a gris con pirita finamente diseminada en cantidades de <5%.
68	- 70	7335			
70	- 72	7336	0.12	2.24	
72	- 74	7337			
74	- 76	7338	0.10	2.02	
76	- 78	7339			
78	- 80	7340	0.14	2.00	
80	- 82	7341			
82	- 84	7342	0.10	9.16	
84	- 86	7343			
86	- 88	7344	0.14	2.34	
88	- 90	7345			

PROSPECTO: EL PAVO
REGISTRO DE PERFORACION CON CIRCULACION INVERSA
BARRENO : CIP-1

FECHA
MAQUINA : DRILLTECH
ANG.BARR. : - 90°
LOCALIZ. : Elev:2224 E:5608 N:4560

PROF. TOTAL : 162 Mts.
DESCRITO POR : R.C.G.
No. DE MUESTRA : DE 7301 A 7381
H 0 J A 2 DE 2

INTERVALO		MUESTRA	Grs/Ton Au	Grs/Ton Ag	D E S C R I P C I0 N
90	- 92	7346	0.18	2.32	
92	- 94	7347			
94	- 96	7348	0.05	3.00	
96	- 98	7349			
98	-100	7350	0.05	6.00	
100	-102	7351			
102	-104	7352	0.05	3.00	102 a 128 Mts. Caliza color gris
104	-106	7353	0.05	3.00	recristalizada con fragmentos de
106	-108	7354	0.05	3.20	calcita color ocre y fragmentos de
108	-110	7355			cuarzo esporádicos.
110	-112	7356	0.05	3.60	
112	-114	7357			
114	-116	7358	0.05	3.80	
116	-118	7359			
118	-120	7360	0.05	3.60	
120	-122	7361			
122	-124	7362	0.05	3.60	
124	-126	7363			
126	-128	7364	0.05	2.80	
128	-130	7365	0.05	3.40	128 a 146 Mts. Formación Zacatecas,
130	-132	7366	0.16	3.20	sedimentos metamorfizados, pizarras
132	-134	7367	0.05	2.40	y filitas. Zona de milonita de
134	-136	7368	0.22	1.04	coloración café rojiza por
136	-138	7369	0.05	1.00	oxidación.
138	-140	7370	0.05	1.60	
140	-142	7371	0.05	0.60	
142	-144	7372	0.05	1.20	
144	-146	7373			
146	-148	7374	0.05	1.60	146 a 162 Mts. Roca fuertemente
148	-150	7375			silicificada, con metamorfismo de
150	-152	7376	0.05	1.80	bajo grado, parcialmente
152	-154	7377			cloritizada con 5-8% de pirita.
154	-156	7378	0.05	4.20	
156	-158	7379			
158	-160	7380	0.15	14.00	
160	-162	7381			

PROSPECTO: El PAVO
REGISTRO DE PERFORACION CON CIRCULACION INVERSA
BARRENO : CIP-2

FECHA
MAQUINA : DRILLTECH
ANG.BARR : - 90°
LOCALIZ. : Elev:2237 E:5410 N:4540

PROF. TOTAL : 200 Mts.
DESCRITO POR : R.C.G.
No. DE MUESTRA : DE 7382 A 7481
H 0 J A 1 DE 3

INTERVALO	MUESTRA	Grs/Ton Au	Grs/Ton Ag	D E S C R 1 P C 1 O N
0 - 2	7382			0 a 30 Mts. Lutitas calcáreas color
2 - 4	7383	0.10	2.40	gris oscuro a negro con fragmentos
4 - 6	7384	0.20	6.60	de calcita, incipiente oxidación pro-
6 - 8	7385	0.20	1.60	ducto de diseminación de pirita.
8 - 10	7386			
10 - 12	7387	0.20	3.80	
12 - 14	7388			
14 - 16	7389			
16 - 18	7390			
18 - 20	7391	0.22	3.50	
20 - 22	7392			
22 - 24	7393	0.30	9.40	
24 - 26	7394			
26 - 28	7395	0.10	5.00	
28 - 30	7396			
30 - 32	7397	0.15	5.20	30 a 52 Mts. Caliza recristalizada
32 - 34	7398			con parches de calcita con incipien-
34 - 36	7399	0.10	3.60	te oxidación.
36 - 38	7400	0.10	3.80	Calcitas en vetillas.
38 - 40	7401	0.10	2.00	Posible pirita <l% oxidación.
40 - 42	7402			
42 - 44	7403	0.15	2.20	
44 - 46	7404			
46 - 48	7405	0.20	2.40	
48 - 50	7406			
50 - 52	7407	0.15	2.60	
52 - 54	7408			52 a 62 Mts. Lutitas calcáreas
54 - 56	7409	0.12	3.50	negras con poco vetilleo de Qz.
56 - 58	7410			
58 - 60	7411	0.12	4.50	
60 - 62	7412			
62 - 64	7413	0.20	2.40	62 a 68 Mts. Estructura con abundan-
64 - 66	7414	0.10	2.20	te silicificación, calcita oxidada, colo-
66 - 68	7415	0.15	2.60	ración rojiza.
68 - 70	7416	0.20	2.60	68 a 114 mts. Lutitas calcáreas ne--
70 - 72	7417	0.10	3.00	gras con escasa calcita, ocasionales
72 - 74	7418			puntos de oxidación de py.
74 - 76	7419	0.10	2.20	
76 - 78	7420			
78 - 80	7421	0.05	14.00	
80 - 82	7422			
82 - 84	7423	0.20	12.40	
84 - 86	7424			
86 - 88	7425	0.05	13.40	
88 - 90	7426			

UNIVERSIDAD · DE · SONORA
1942
EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

PROSPECTO El PAVO
REGISTRO DE PERFORACION CON CIRCULACION INVERSA
BARRENO CIP-2

FECHA
MAQUINA : DRILLTECH
ANG.BARR : - 90°
LOCALIZ. : Elev:2237 E:5410 N:4540

PROF. TOTAL : 200 Mts.
DESCRITO POR : R.C.G.
No. DE MUESTRA : DE 7382 A 7481
H O J A 2 DE 3

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

INTERVALO		MUESTRA	Grs/Ton Au	Grs/Ton Ag	DESCRIPCION
90	- 92	7427	0.12	8.60	
92	- 94	7428			
94	- 96	7429	0.05	7.40	
96	- 98	7430			
98	-100	7431	0.24	30.00	
100	-102	7432			
102	-104	7433	0.10	9.20	
104	-106	7434			
106	-108	7435	0.36	5.20	
108	-110	7436			
110	-112	7437	0.14	4.00	
112	-114	7438			
114	-116	7439	0.60	18.80	114 a 118 Mts. Zona de intensa
116	-118	7440	0.12	18.40	oxidación, posible falla, fragmentos
118	-120	7441	0.22	11.20	de caliza.
120	-122	7442			118 a 138 Mts. Caliza color gris
122	-124	7443			recristalizada con fragmentos de
124	-126	7444			calcita, muy compacta.
126	-128	7445	0.24	4.20	
128	-130	7446			
130	-132	7447			
132	-134	7448			
134	-136	7449			
136	-138	7450			
138	-140	7451			138 a 142 Mts. No recuperó.
140	-142	7452			
142	-144	7453			142 a 144 Mts. Cz. misma descripción.
144	-146	7454			144 a 146 Mts. No recuperó.
146	-148	7455			146 a 148 Mts. Cz. misma descripción.
148	-150	7456			148 a 150 Mts. No recuperó.
150	-152	7457			150 a 160 Mts. Calizas color gris,
152	-154	7458			compactas recristalizada con
154	-156	7459			fragmentos de calcita.
156	-158	7460			
158	-160	7461			
160	-162	7462	0.18	3.00	160 a 164 Mts. Falla, fragmentos
162	-164	7463	0.12	4.00	angulares de caliza y arcillas con
164	-166	7464			salvanda.
166	-168	7465	0.05	2.80	164 a 172 Mts. Caliza gris oscura
168	-170	7466			recristalizada compacta, vetillas
170	-172	7467			de calcita.
172	-174	7468			172 a 174 Mts. No recuperó.
174	-176	7469			174 a 178 Mts. Caliza oscura con
176	-178	7470			evidencias de oxidación y disolución.
176	-180	7471			178 a 180 Mts. No recuperó.

PROSPECTO: EL PAVO

REGISTRO DE PERFORACION CON CIRCULACION INVERSA

BARRENO : CIP-2

FECHA

MAQUINA : DRILLTECH

ANG.BARR : - 90°

LOCALIZ. : Elev:2237 E:5410 N:4540

PROF. TOTAL : 200 Mts.

DESCRITO POR : R.C.G.

No. DE MUESTRA: DE 7382 A 7481

H O J A : 3 DE 3

INTERVALO		MUESTRA	Grs/Ton Au	Grs/Ton Ag	D E S C R I P C ION
180	-182	7472			180 a 200 Mts. Caliza oscura con algo de disolución y oxidación.
182	-184	7473			
184	-186	7474			
186	-188	7475	0.22	2.80	
188	-190	7476			
190	-192	7477			
192	-194	7478			
194	-196	7479			
196	-198	7480			
198	-200	7481			

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

PROSPECTO: EL PAVO
REGISTRO DE PERFORACION CON CIRCULACION INVERSA
BARRENO : CIP-3

FECHA
MAQUINA : DRILLTECH
ANG.BARR : - 90°
LOCALIZ. : Elev:2220 E:5097 N:4754

PROF. TOTAL : 180 mts.
DESCRITO POR : R.C.G.
No. DE MUESTRA: DE 7482 A 7571
H 0 J A 1 DE 2

INTERVALO	MUESTRA	Grs/Ton Au	Grs/Ton Ag	D E S C R I P C 1*O N*
0 - 2	7482			0 a 4 Mts. Coluvión con fragmentos de caliza y lutita.
2 - 4	7483			
4 - 6	7484			4 a 12 Mts. Lutítas carbonosas laminadas color negro con hilos de calcita.
6 - 8	7485			
8 - 10	7486			
10 - 12	7487	0.26	18.70	
12 - 14	7488			12 a 22 Mts. Lutita calcárea con disolución y abundante calcita-siderita, incipiente oxidación.
14 - 16	7489	0.22	1.40	
16 - 18	7490			
18 - 20	7491	0.24	3.00	
20 - 22	7492			
22 - 24	7493	0.12	3.40	22 a 30 Mts. Caliza recristalizada color gris negro con hilos de calcita.
24 - 26	7494			
26 - 28	7495	0.16	2.80	
28 - 30	7496			
30 - 32	7497	0.12	1.80	30 a 48 Mts. Caliza recristalizada color café rojizo con py y silicificación leve a moderada.
32 - 34	7498	0.40	2.60	
34 - 36	7499	0.10	2.40	
36 - 38	7500			
38 - 40	7501	0.10	7.40	
40 - 42	7502			
42 - 44	7503	0.05	1.20	
44 - 46	7504	0.16	6.00	
46 - 48	7505	0.05	1.00	
48 - 50	7506			48 a 58 Mts. Caliza color gris oscuro recristalizada con manchas de oxidación de pirita con hilos de calcita.
50 - 52	7507	0.10	0.60	
52 - 54	7508			
54 - 56	7509	0.10	1.80	
56 - 58	7510			
58 - 60	7511	0.05	7.20	58 a 66 Mts. Misma roca caliza con incremento en oxidación y silicificación.
60 - 62	7512	0.20	1.00	
62 - 64	7513	0.10	0.80	
64 - 66	7514	0.20	2.00	
66 - 68	7515	0.22	33.20	66 a 98 Mts. Caliza color gris negro recristalizada con pirita diseminada (3%).
68 - 70	7516			
70 - 72	7517	0.10	1.80	
72 - 74	7518			
74 - 76	7519	0.30	1.20	
76 - 78	7520			
78 - 80	7521	0.10	2.60	
80 - 82	7522			
82 - 84	7523	0.05	1.00	
84 - 86	7524			
86 - 88	7525	0.05	0.80	
88 _ 90	7526			

PROSPECTO: EL PAVO
REGISTRO DE PERFORACION CON CIRCULACION INVERSA
BARRENO : CIP-3

FECHA
MAQUINA : DRILLTECH
ANG.BARR : - 90°
LOCALIZ. : Elev:2220 E:5097 N:4754

PROF. TOTAL : 180 Mts.
DESCRITO POR : R.C.G.
No. DE MUESTRA: DE 7482 A 7571
H O J A 2 DE 2

UNIVERSIDAD DE SONORA
1942
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

INTERVALO	MUESTRA	Grs/Ton Au	Grs/Ton Ag	D E S C R I P C ION
90 - 92	7527	0.10	0.80	
92 - 94	7528	0.05	0.80	
94 - 96	7529	0.05	0.80	
96 - 98	7530	0.05	0.80	
98 -100	7531	0.05	1.00	98 a 110 Mts. Lutitas calcáreas.
100 -102	7532			
102 -104	7533	0.10	1.00	
104 -106	7534			
106 -108	7535	0.05	0.70	
108 -110	7536			
110 -112	7537	0.05	0.60	110 a 130 Mts. Caliza silicificada con fragmentos de cuarzo esporádicos con diseminación de pirita.
112 -114	7538			
114 -116	7539	0.20	0.20	
116 -118	7540			
118 -120	7541	0.10	0.60	
120 -122	7542			
122 -124	7543	0.06	0.40	
124 -126	7544			
126 -128	7545	0.12	1.40	
128 -130	7546			
130 -132	7547	0.08	1.80	130 a 146 Mts. Falla ? Zona de milonitas, fragmentos con brechamiento , coloración rojiza por moderada oxidación, silicificación, leve cloritización.
132 -134	7548	0.06	3.40	
134 -136	7549	0.12	2.60	
136 -138	7550			
138 -140	7551	0.12	1.60	
140 -142	7552			
142 -144	7553	0.10	1.40	
144 -146	7554			
146 -148	7555	0.05	2.40	146 a 180 Mts. Formación Zacatecas? sedimentos metamorfizados color gris verdoso, filitas y pizarras, diseminación de pirita, cloritizaci6n.
148 -150	7556			
150 -152	7557	0.05	1.20	
152 -154	7558			
154 -156	7559	0.05	1.40	
156 -158	7560			
158 -160	7561	0.10	1.20	
160 -162	7562			
162 -164	7563			
164 -166	7564			
166 -168	7565			
168 -170	7566			
170 -172	7567			
172 -174	7568			
174 -176	7569			
176 -178	7570			
178 -180	7571			

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

PROSPECTO: EL PAVO
REGISTRO DE PERFORACION CON CIRCULACION INVERSA
BARRENO : CIP-4

FECHA — PROF. TOTAL : 168 Mts.
MAQUINA : DRILLTECH — DESCRITO POR : R.C.G.
ANG.BARR : - 90° — No. DE MUESTRA: DE 7572 A 7655
LOCALIZ. : Elev:2212 E:5693 N:4502 — H 0 J A 1 DE 2

INTERVALO		MUESTRA	Grs/Ton Au	Grs/Ton Ag	D E S C R I P C I 0 N
0	-2	7572			0 a 18 Mts. Lutítas calcáreas
2	-4	7573	0.16	3.00	finamente laminadas color gris
4	-6	7574			claro.
6	-8	7575	0.20	3.80	
8	-10	7576			
10	-12	7577	0.08	3.60	
12	-14	7578			
14	-16	7579	0.05	2.40	
16	-18	7580			
18	-20	7581	0.12	2.40	18 a 24 Mts. Estructura de calcita
20	-22	7582			color café rojizo por oxidación,
22	-24	7583	0.10	1.60	abundante calcita y esporádico Qz.
24	-26	7584			24 a 50 Mts. Lutita calcárea color
26	-28	7585	0.05	2.00	negro, incipiente oxidación en
28	-30	7586			planos.
30	-32	7587	0.12	2.40	
32	-34	7588			
34	-36	7589	0.16	3.00	
36	-38	7590			
38	-40	7591	0.14	2.60	
40	-42	7592			
42	-44	7593	0.18	2.80	
44	-46	7594			
46	-48	7595	0.14	1.80	
48	-50	7596			
50	-52	7597	0.12	2.40	50 a 68 Mts. Zona de calcitas con
52	-54	7598			fuerte oxidación, fragmentos de
54	-56	7599	0.08	1.80	lutita calcárea, esporádicos
56	-58	7600	0.05	1.60	fragmentos de cuarzo.
58	-60	7601	0.24	4.00	
60	-62	7602	0.50	2.40	
62	-64	7603	0.10	1.40	
64	-66	7604			
66	-68	7605	0.20	2.80	
68	-70	7606			68 a 72 Mts. Lutitas calcáreas color
70	-72	7607	0.10	2.60	negro, incipiente oxidación.
72	- 74	7608			72 a 76 Mts. Intrusivo? cloritizado,
74	-76	7609	0.10	1.60	ligera diseminación de Py.
76	-78	7610			76 a 112 Mts. Lutitas carbonosas con
78	-80	7611	0.10	2.60	vetilleo de cuarzo blanco y calcita,
80	-82	7612			diseminación de pirita (1-3%).
82	-84	7613	0.30	3.20	
84	-86	7614	0.10	3.40	
86	-88	7615	0.10	2.80	
88	-90	7616			

PROSPECTO: EL PAVO

REGISTRO DE PERFORACION CON CIRCULACION INVERSA

BARRENO : CIP-4

FECHA

MAQUINA : DRILLTECH

ANG.BARR : - 90°

LOCALIZ. : Elev:2212 E:5693 N:4502

PROF. TOTAL : 168 Mts.

DESCRITO POR : R.C.C.

No. DE MUESTRA: DE 7572 A 7655

H *0* J A 2 DE 2

INTERVALO		MUESTRA	Grs/Ton Au	Grs/Ton Ag	D E *S* C R I P C I0 N
90	- 92	7617	0.15		
92	- 94	7618			
94	- 96	7619	0.05	1.60	
96	- 98	7620			
98	-100	7621	0.10	1.80	
100	-102	7622			
102	-104	7623	0.20	1.60	
104	-106	7624			
106	-108	7625	0.05	1.80	
108	-110	7626			
110	-112	7627	0.05	3.80	
112	- 114	7628			11.2 a 132 Mts. Calizas
114	-116	7629	0.15	3.40	recristalizadas color gris oscuro,
116	-118	7630	0.05	3.00	ocasionales fragmentos de calcita.
118	-120	7631	0.05	2.40	
120	-122	7632	0.20	4.00	
122	-124	7633	0.05	2.40	
124	-126	7634			
126	-128	7635	0.06	2.80	
128	-130	7636			
130	-132	7637	0.36	3.00	
132	-134	7638	0.05	3.20	132 a 134 Mts. Veta de calcita sin
134	-136	7639	0.05	3.20	oxidación.
136	-138	7640			134 a 146 Mts. Caliza recristalizada
138	-140	7641	0.05	3.00	con ocasional calcita.
140	-142	7642			
142	-144	7643	0.24	3.00	
144	-146	7644			
146	-148	7645	0.18	2.40	146 a 150 Mts. Veta de calcita-
148	-150	7646	0.18	2.60	siderita poco oxidada.
150	-152	7647	0.08	3.00	150 a 168 Mts. Formación Zacatecas.
152	-154	7648			Sedimentos metamorfizados, filitas
154	-156	7649	0.05	3.00	y pizarras negras intercaladas con
156	-158	7650	0.05	1.80	diseminación de pirita cloritizada,
158	-160	7651	0.10	2.00	parcial silicificaci6n.
160	-162	7652			
162	-164	7653			
164	-166	7654			
166	-168	7655			

PROSPECTO: EL PAVO

REGISTRO DE PERFORACION CON CIRCULACION INVERSA

BARRENO : CIP-5

FECHA : PROF. TOTAL : 204 Mts.

MAQUINA : DRILLTECH DESCRITO POR : R.C.G.

ANG.BARR : - 90° No. DE MUESTRA: DE 7656 A 7757

LOCALIZ. : Elev:2284 E:4'762 N:4670 H O J A 1 DE 3

INTERVALO		MUESTRA	Grs/Ton Au	Grs/Ton Ag	D E S C R I P C I O *N*
0	- 2	7656			0 a 18 Mts. Formación Zacatecas.
2	- 4	7657	0.08	1.00	Secuencia de filitas y areniscas
4	- 6	7658			metamorfizadas con oxidación
6	- 8	7659	0.16	0.60	amarillenta producto de diseminación
8	- 10	7660			de pirita.
10	- 12	7661	0.05	0.60	
12	- 14	7662			
14	- 16	7663	0.28	0.80	
16	- 18	7664			
18	- 20	7665	0.05	1.20	18 a 20 Mts. Aumento de oxidación
20	- 22	7666			y fragmentos de cuarzo.
22	- 24	7667	0.10	0.80	20 a 54 Mts. Fílitas y pizarras
24	- 26	7668			color gris verdoso cloritizadas con
26	28	7669	0.12	22.00	diseminación de pirita con foliación
28	- 30	7670			y silicíficación.
30	- 32	7671	0.10	1.60	
32	- 34	7672			
34	- 36	7673	0.10	1.20	
36	- 38	7674			
38	- 40	7675	0.05	0.80	
40	- 42	7676			
42	- 44	7677	0.05	1.00	
44	- 46	7678			
46	- 48	7679	0.05	1.20	
48	- 50	7680			
50	- 52	7681	0.05	2.00	
52	- 54	7682			
54	- 56	7683	0.05	1.00	54 a 132 Mts. Alternancia de filitas
56	- 58	7684			y pizarras, leve a moderada
58	- 60	7685	0.05	4.00	silicificación, color gris verdoso,
60	- 62	7686			incipiente cloritización y
62	- 64	7687	0.05	1.00	diseminación de pirita ± 1-3%,
64	- 66	7688			fragmentos en los que se aprecian
66	- 68	7689	0.05	1.60	fenocristales metavolcánicos.
68	- 70	7690			
70	- 72	7691	0.05	1.80	
72	- 74	7692			
74	- 76	7693	0.05	1.20	
76	- 78	7694			
78	- 80	7695	0.05	6.00	
80	- 82	7696			
82	- 84	7697	0.05	1.20	
84	- 86	7698			
86	- 88	7699	0.05	0.80	
88	- 90	7700			

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

PROSPECTO: EL PAVO

REGISTRO DE PERFORACION CON CIRCULACION INVERSA

BARRENO CIP-5

FECHA

MAQUINA : DRILLTECH

ANG.BARR : - 90°

LOCALIZ. : Elev:2284 E:4762 N:4670

PROF. TOTAL : 204 Mts.

DESCRITO POR : R.C.G.

No. DE MUESTRA: DE 7656 A 7757

H 0 J A 2 DE 3

INTERVALO		MUESTRA	Grs/Ton Au	Grs/Ton Ag	D E *S* C R I P C I0N
90	- 92	7701	0.05	0.60	
92	- 94	7702			
94	- 96	7703	0.05	1.00	
96	- 98	7704			
98	-100	7705	0.10	1.60	
100	-102	7706			
102	-104	7707	0.05	4.60	
104	-106	7708			
106	-108	7709	0.10	1.00	
108	-110	7710			
110	-112	7711	0.10	0.60	
112	-114	7712			
114	-116	7713	0.05	5.40	
116	-118	7714			
118	-120	7715	0.12	1.20	
120	-122	7716			
122	-124	7717	0.12	0.60	
124	-126	7718			
126	-128	7719	0.05	0.60	
128	-130	7720			
130	-132	7721	0.20	1.80	
132	-134	7722			132 a 172 Mts. Pizarras color negro
134	-136	7723	0.05	0.80	foliadas, derivadas de lutitas,
136	-138	7724			pirita diseminada 1-3% en planos de
138	-140	7725	0.06	1.80	foliación, cloritizaci6n.
140	-142	7726			
142	-144	7727	0.05	1.00	
144	-146	7728			
146	-148	7729	0.05	2.40	
148	-150	7730			
150	-152	7731	0.05	0.60	
152	-154	7732			
154	-156	7733	0.05	0.60	
156	-158	7734			
158	-160	7735	0.05	1.00	
160	-162	7736			
162	-164	7737			
164	-166	7738			
166	-168	7739			
168	-170	7740			
170	-172	7741			
172	-174	7742	0.05	0.60	172 a 182 Mts. Dique pórfido
174	-176	7743			riolítico, fenocristales
176	-178	7744	0.14	3.00	ferromagnesianos, biotita y
178	-180	7745			diseminación de pirita, 2% frag. Qz

PROSPECTO: EL PAVO
REGISTRO DE PERFORACION CON CIRCULACION INVERSA
BARRENO : CIP-5

FECHA — PROF. TOTAL : 204 Mts.
MAQUINA DRILLTECH — DESCRITO POR : R.C.G.
ANG.BARR - 90° — No. DE MUESTRA: DE 7656 A 7757
LOCALIZ. Elev:2284 E:4762 N:4670 — H O J A 3 DE 3

UNIVERSIDAD DE SONORA
1942
EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

,INTERVALO		MUESTRA	Grs/Ton Au	Grs/Ton Ag	D E S C R I P C I O N
180	-182	7746	0.05	1.40	182 a 204 Mts. Pizarra color negro, foliada con pirita diseminada de 1-2%.
182	-184	7747			
184	-186	7748			
186	-188	7749			
188	-190	7750			
190	-192	7751			
192	-194	7752			
194	-196	7753			
196	-198	7754			
198	-200	7755			
200	-202	7756			
202	-204	7757			

UNIVERSIDAD DE SONORA
EL SABER DE MIS HIJOS HAR MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

PROSPECTO: El PAVO
REGISTRO DE PERFORACION CON CIRCULACION INVERSA
BARRENO : CIP-6

FECHA
MAQUINA : DRILLTECH
ALTG.BARR : - 60°
LOCALIZ. : Elev:2211 E:5313 N:4755

PROF. TOTAL : 192 Mts.
DESCRITO POR : R.C.C.
No. DE MUESTRA: DE 7758 A 7853
H 0 J A 1 DE 3

INTERVALO		MUESTRA	Grs/Ton Au	Grs/Ton Ag	DESCRIPCION
0	-2	7758			0 a 10 Mts. Lutitas carbonosas con
2	-4	7759	0.05	4.40	esporádica calcita.
4	-6	7760			
6	-8	7761	0.05	5.80	
a	-10	7762			
10	-12	7763	0.05	7.80	10 a 32 Mts. Lutita calcárea color gris claro
12	-14	7764			con fragmentos de calcita, ocasional pirita y
14	-16	7765	0.05	4.00	cuarzo
16	-18	7766	0.18	4.80	
18	-20	7767	0.05	4.00	
20	-22	7768			
22	-24	7769	0.05	8.00	
24	-26	7770			
26	-28	7771	0.05	21.20	
28	-30	7772	0.05	17.80	
30	-32	7773	0.05	3.80	
32	-34	7774			32 a 40 Mts. Lutita carbonosa estéril sin altera-
34	-36	7775	0.05	1.40	ción
36	-38	7776			
38	-40	7777	0.05	15.60	
40	-42	7778	0.05	8.20	40 a 44 Mts. Estructura de calcita con poca
42	-44	7779	0.05	10.40	oxidación.
44	-46	7780	0.05	8.40	44 a 48 Mts. Lutitas carbonosas con
46	-48	7781	0.05	10.40	fragmentos de calcita.
48	-50	7782			48 a 62 Mts. Lutita carbonosa de color gris a
50	-52	7783			negro con vetillas de calcita y pirita menor de
52	-54	7784	0.24	35.40	1% finamente diseminada sobre los planos
54	-56	7785			de estratificación.
56	-58	7786	0.05	9.00	
58	-60	7787	0.05	6.20	
60	-62	7788			
62	-64	7789	0.05	2.20	62 a 94 Mts. Lutita carbonosa de color gris a
64	-66	7790			negro con vetillas de calcita y pirita menor de
66	-68	7791	0.05	8.20	1 % finamente diseminada sobre los planos de
68	-70	7792			estratificación.
70	-72	7793	0.10	1.80	
72	-74	7794			
74	-76	7795	0.05	36.00	
76	-78	7796			
78	-80	7797	0.05	1.80	
80	-82	7798			
82	-84	7799	0.05	1.60	
84	-6	7800			
86	-88	7801	0.05	9.00	
88	-90	7802			

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

PROSPECTO: EL PAVO
REGISTRO DE PERFORACION CON CIRCULACION INVERSA
BARRENO : CIP-6

FECHA
MAQUINA : DRILLTECH
ANG.BARR : - 60°
LOCALIZ. : Elev:2211 E:5313 N:4755

PROF. TOTAL : 192 Mts.
DESCRITO POR : R.C.G.
No. DE MUESTRA: DE 7758 A 7853
H O J A 2 DE 3

INTERVALO	MUESTRA	Grs/Ton Au	Grs/Ton Ag	DESCRIPCION
90 - 92	7803	0.05	0.80	
92 - 94	7804			
94 - 96	7805	0.05	2.20	94 a 98 Mts. Lutita gris con incremento de cuarzo.
96 - 98	7806			
98 -100	7807	0.54	1.80	98a 114 Mts. Lutita carbonosa de color gris a negro con vetillas de calcita y pirita menor
100 -102	7808			
102 -104	7809	0.05	1.20	a 1 % finamente diseminada sobre los planos
104 -106	7810			de estratificación.
106 -108	7811	0.05	1.80	
108 -110	7812			
110 -112	7813	0.05	1.60	
112 -114	7814			
114 -116	7815	0.05	6.60	114 a 118 Mts. Roca con fuerte oxidación,
116 -118	7816	0.05	23.60	posible falla, fragmentos de calcita.
118 -120	7817	0.05	42.40	
120 -122	7818			118 a 144 Mts. Formación Zacatecas. Pi-
122 -124	7819	0.05	10.60	zarra color gris verdoso, silicificada, pre--
124 -126	7820			sencia de py, galena en 1% fragmentos de
126 -128	7821	0.05	7.60	cuarzo esporádicos.
128 -130	7822			
130 -132	7823	0.05	2.40	
132 -134	7824			
134 -136	7825	0.40	0.80	
136 -138	7826			
138 -140	7827	0.10	6.40	
140 -142	7828			
142 -144	7829	0.10	15.40	144 a 146 Mts., Estructura mineralizada
144 -146	7830	0.10	17.20	con pirita de 15-20%, calcopirita galena
146 -148	7831	0.15	20.40	en menor proporción..
148 -150	7832			148 a 160 Mts. Formación Zacatecas.Piza-
150 -152	7833	0.10	3.40	rra,con aumento en la foliación, cloritiza-
152 -154	7834			ción, py, arsenopirita y galena en 1%.
154 -156	7835	0.05	6.40	
156 -158	7836			
158 -160	7837	0.05	5.60	
160 -162	7838	0.05	19.80	160 a 174 Mts. Formación Zacatecas.
162 -164	7839	0.10	11.20	
164 -166	7840			
166,-168	7841	0.05	2.20	
168 -170	7842			
170 -172	7843	0.10	3.00	
172 -174	7844			
174 -176	7845	0.20	36.60	174 a 176 Mts. Falla o fractura,
176 -178	7846	0.20	116.00	con oxidación, diseminación de
178 -180	7847	0.10	36.40	calcopirita.

PROSPECTO: EL PAVO

REGISTRO DE PERFORACION CON CIRCULACION INVERSA

BARRENO : CIP-6

FECHA

MAQUINA DRILLTECH

ANG.BARR.: - 60°

LOCALIZ. : Elev:2211 E:5313 N:4755

PROF. TOTAL : 192 Mts.

DESCRITO POR : R.C.G.

No. DE MUESTRA: DE 7758 A 7853

H *O J* A : 3 DE 3

INTERVALO		MUESTRA	Grs/Ton Au	Grs/Ton Ag	D E S C R I P C I0 N
180	-182	7848			176 a 192 Mts. Formación Zacatecas.
182	-184	7849	0.10	12.40	Mayor foliación, evidente
184	-186	7850			presencia de pirita, galena,
186	-188	7851	0.20	3.60	calcopirita, arsenopirita de 1-3%,
188	-190	7852			así como vetillas de calcita.
190	-192	7853	0.15	1.00	

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