

UNIVERSIDAD DE SONORA

División de Ciencias Exactas y Naturales



DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

GEOLOGIA Y GEOQUIMICA DEL  
DISTRITO CERRO DE ORO MPIO. DE  
RAYON SONORA

TESIS

Que para obtener el Título de

G E O L O G O

P R E S E N T A



EL SABER DE MIS HIJOS  
HAZ MI GRANDEZA  
Facultad de Ingeniería  
Dpto. Geología  
BIBLIOTECA

*Jorge Gpe. Castillo Rivas*

HERMOSILLO, SON.

DICIEMBRE DE 1992

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



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



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



Departamento de Geología

ENERO 8 DE 1992



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

DR. GUILLERMO A. SALAS P.  
JEFE DEL DEPTO. DE GEOLOGIA  
UNIVERSIDAD DE SONORA  
P R E S E N T E .-

POR MEDIO DEL PRÉSENTE ME PERMITO SOLICITAR LA APROBACIÓN DEL SIGUIENTE TEMA PARA EL DESARROLLO DE LA TESIS PROFESIONAL DEL - SR. JORGE GUADALUPE CASTILLO RIVAS DE EXPEDIENTE 8422803-2:

"GEOLOGIA Y GEOQUIMICA DEL DISTRITO CERRO DE ORO, MUNICIPIO - DE RAYON, SONORA".

SIN OTRO PARTICULAR, LO SALUDO.

ATENTAMENTE

  
ING. JAIME E. ISLAS LOPEZ



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

C.C.P. SR. JORGE G. CASTILLO R.  
C.C.P. EXPEDIENTE.





## Departamento de Geología

1992: AÑO DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA

NOMBRE DE LA TESIS:

GEOLOGIA Y GEOQUIMICA DEL DISTRITO DE CERRO DE ORO,  
MUNICIPIO DE RAYON, SONORA.

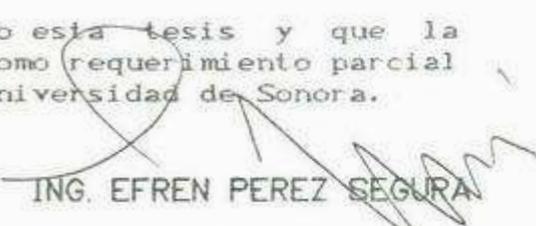


EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA  
Recibo de Inmatriculo  
Depto. Geología  
BIBLIOTECA

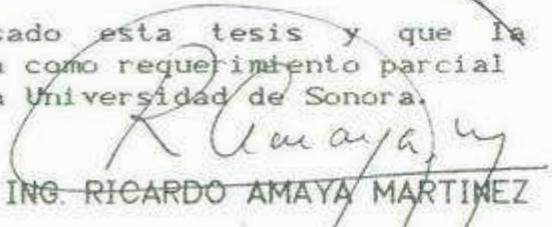
NOMBRE DEL SUSTENTANTE:

JORGE GUADALUPE CASTILLO RIVAS

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

  
ING. EFREN PEREZ SEGURA

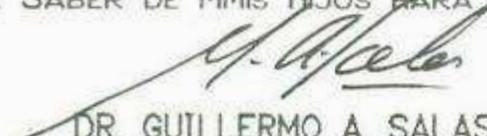
El que suscribe, certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuada como requerimiento parcial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.

  
ING. RICARDO AMAYA MARTINEZ

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

  
ING. JAIME E. ISLAS LOPEZ

ATENTAMENTE  
"EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA"

  
DR. GUILLERMO A. SALAS PIZA  
JEFE DE DEPARTAMENTO  
FGSA, AIPG



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



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

-- AGRADECIMIENTOS

Por medio de la presente, quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a la compañía Servicios Industriales Peñoles y al Ing. Benito Noguéz, por la oportunidad brindada para elaborar este trabajo.

En forma especial a los ingenieros José Morales y Roberto Sanchez que me aportaron valiosos conocimientos y experiencias para mi formación.

Al Ing. Roberto Rivera y al conjunto de compañeros que colaboraron directa e indirectamente en los trabajos en el distrito Cerro de Oro.

A los Ings. Jaime Islas, Ricardo Amaya y Efren Perez, por la atención y el tiempo brindado para la revisión y la aportación de valiosas sugerencias.

A todos ustedes que participaron para hacer esta tesis, muchas gracias.



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

A M I S P A D R E S :

Que con su apoyo y amor he logrado mis  
metas propuestas.

Sr. Manuel Castillo Figueroa

Sra. Jesús Rivas Bojorquez.

A M I E S P O S A E H I J O : Les dedico especialmente por el  
apoyo moral y emocional.

Sra. Beatriz Gastelum

Y  
Jorge Eduardo C. G.

A M I S H E R M A N O S :

Por su ayuda y comprensión.

Ana Berta

Martha

Esthela

Olga

Beatriz

Martin

Manuel

# I N D I C E

	PAG.
RESUMEN	1
<b>CAPITULO 1           INTRODUCCION</b>	
1.1    Historia Minera	1
1.2    Area de Estudio	1
<b>CAPITULO 2           GENERALIDADES</b>	
2.1    Localización y Acceso	2
2.2    Infraestructura	2
2.3    Objetivo	4
2.4    Metodo de Trabajo	4
2.5    Fisiografía y Geomorfología	5
2.6    Clima, Flora y Fauna.	6
<b>CAPITULO 3           GEOLOGIA REGIONAL</b>	
3.1    Estratigrafía	7
3.11   Precámbrico	8
3.12   Mesozoico	15
3.13   Cenozoico	16
3.14   Cuaternario	17
3.2    Rocas ígneas	18
3.21   Mesozoico	19
3.22   Cenozoico	22
3.3    Geología Estructural	24
3.4    Tectónica y Geología Histórica	28
<b>CAPITULO 4           GEOLOGIA LOCAL</b>	
4.1    Estratigrafía	29
4.11   Precámbrico	29
4.12   Mesozoico (Cretácico inferior)	34
4.2    Rocas Ígneas	38
4.3    Geología Estructural	39
<b>CAPITULO 5           GEOQUIMICA</b>	
5.1    Introducción	41
5.2    Generalidades	42
5.21   Metodo de Trabajo	43
5.22   Muestreo	46
5.221  Medios de Muestreo	50
5.3    Orientación Geoquímica	53
5.4    Técnicas Analíticas	56
<b>5.5    INTERPRETACION ESTADISTICA</b>	
5.51   Definición de Conceptos y Parámetros	63
5.52   Interpretación Estadística Sultana Eureka	65
5.53   Interpretación Estadística Cerro Colorado	68
5.54   Interpretación Estadística Topete	71



EL SABER DE MIS NIJOS  
 MANA MI GRANDEZA  
 Escuela de Ingeniería  
 Depto. Geología  
**BIBLIOTECA**

5.6	INTERPRETACION DE ANOMALIAS GEOQUIMICAS	
5.61	Area Sultana - Eureka	73
5.62	Area Cerro Colorado	75
5.63	Area Topete	77
CAPITULO 6 YACIMIENTOS MINERALES		
6.1	Generalidades	81
6.2	Características de los Yacimientos (Sultana, Eureka, Cerro Colorado y Topete ).	82
6.21	Mineralización y Alteración	84
6.22	Genesis del Depósito	86
6.3	Area Padre Kino	
6.31	Mineralización y Alteración	87
6.32	Genesis del Depósito	88
6.4	Discusión	89
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
VIII.	BIBLIOGRAFIA	93
Anexo.	Plano Geológico Local.	94



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

Relación de Figuras	Entre Pag.
Fig. (1). Plano de Localización	2-3
Fig. (2). Provincias Fisiográficas	5-6
Fig. (3). Plano Geológico Regional	28-29
Fig. (5). Ciclo geoquímico	42-43
Fig. (6). Problemas de la prospección geológica	45-46
Fig. (7). Tabla de Correlación Estadística	53-54
Fig. (7.1) Sección de Orientación Sultana - Eureka	53-54
Fig. (7.2) Sección de Orientación Sultana - Eureka	53-54
Fig. (7.3) Sección de Orientación Sultana - Eureka	53-54
Fig. (8). Estimación de los Diferentes Rangos	59-60
Fig. (9). Diagrama de los Diferentes índices de Correlación	62-63
Fig. (10). Tabla de Parámetros del Plomo Sultana - Eureka	65-66
Fig. (10.1a) Histograma Plomo, Sultana - Eureka	65-66
Fig. (10.1b) Grafica de Frecuencias Acumulativas Elemento Plomo Sultana - Eureka.	65-66
Fig. (11) Tabla de Parámetros Zinc, Sultana - Eureka	65-66
Fig. (11.1a) Histograma Zinc, Sultana - Eureka	65-66
Fig. (11.1b) Grafica de Frecuencias Acumulativas Elemento Zinc Sultana - Eureka.	65-66
Fig. (12) Tabla de Parámetros Cobre, Sultana - Eureka	65-66
Fig. (12.1a) Histograma Elemento Cobre, Sultana - Eureka	65-66
Fig. (12.1b) Grafica de Frecuencias Acumulativas Elemento Cobre Sultana - Eureka.	65-66
Fig. (13). Tabla de Parámetros Plata, Sultana	65-66
Fig. (13.1a) Histograma Plata, Sultana	65-66
Fig. (13.1b) Grafica de Frecuencias Acumulativas Elemento Plata Sultana - Eureka.	65-66
Fig. (14). Tabla de Parámetros Plomo, Cerro Colorado	67-68
Fig. (14.1a) Histograma Plomo, Cerro Colorado	67-68
Fig. (14.1b) Grafica de Frecuencias Acumulativas Elemento Plomo Cerro Colorado.	67-68
Fig. (15). Tabla de Parámetros Zinc, Cerro Colorado	67-68
Fig. (15.1a) Histograma Zinc, Cerro Colorado	67-68
Fig. (15.1b) Grafica de Frecuencias Acumulativas Elemento Zinc Cerro Colorado.	67-68
Fig. (16) Tabla de parámetros Cobre, Cerro Colorado	67-68
Fig. (16.1a) Histograma Cobre, Cerro Colorado	67-68
Fig. (16.1b) Grafica de Frecuencias Acumulativas Elemento Cobre Cerro Colorado.	67-68
Fig. (17). Tabla de Parámetros Plata, Cerro Colorado	68-69
Fig. (17.1a) Histograma Plata, Cerro Colorado	68-69
Fig. (17.1b) Grafica de Frecuencias Acumulativas Elemento Plata Cerro Colorado.	68-69
Fig. (18). Tabla de Parámetros Cadmio, Cerro Colorado	68-69
Fig. (18.1a) Histograma Cadmio, Cerro Colorado	68-69
Fig. (18.1b) Grafica de Frecuencias Acumulativas Elemento Cadmio Cerro Colorado.	68-69
Fig. (19). Tabla de parámetros Plomo, Arenisca Topete	71-72
Fig. (19.1a) Histograma Plomo, Areniscas, Topete	71-72
Fig. (19.1b) Grafica de Frecuencias Acumulativas Elemento Plomo Topete.	71-72
Fig. (20). Tabla de Parámetros Plomo, Caliza - Skarn Topete	71-72
Fig. (20.1a) Histograma Plomo, Caliza - Skarn, Topete	71-72



EL SABER DE MIS  
HARA MI GRAN  
Escuela de Inge  
Depto. Geolo  
BIBLIOTEC

Fig. (20.1b)	Grafica de Frecuencias Acumulativas Elemento Plomo, Calizas - Skarn, Topete.	71-72
Fig. (21).	Tabla de Parámetros Zinc, Areniscas, Topete	71-72
Fig. (21.1a)	Histograma Zinc, Areniscas, Topete	71-72
Fig. (21.1b)	Grafica de Frecuencias Acumulativas Elemento Zinc, Areniscas, Topete.	71-72
Fig. (22).	Tabla de Parámetros Zinc, Calizas - Skarn Topete	71-72
Fig. (22.1a)	Histograma Zinc, Calizas - Skarn, Topete	71-72
Fig. (22.1b)	Grafica de Frecuencias Acumulativas Elemento Zinc, Calizas - Skarn, Topete.	71-72
Fig. (23).	Tabla de Parámetros Cobre, Arenica, Topete	71-72
Fig. (23.1a)	Histograma Cobre, Arenicas Topete	71-72
Fig. (23.1b)	Grafica de Frecuencias Acumulativas Elemento Cobre, Areniscas, Topete.	71-72
Fig. (24).	Tabla de Parámetros, Cobre, Calizas - Skarn Topete.	71-72
Fig. (24.1a)	Histograma Cobre, Calizas - Skarn, Topete	71-72
Fig. (25).	Plano Geoquímico Sultana, Plomo	73-74
Fig. (25.1)	Plano Geoquímico Eureka, Plomo	73-74
Fig. (26).	Plano Geoquímico Sultana, Zinc	73-74
Fig. (26.1)	Plano Geoquímico Eureka, Zinc	73-74
Fig. (27).	Plano geoquímico Sultana, Cobre	73-74
Fig. (27.1)	Plano Geoquímico Eureka, Cobre	73-74
Fig. (28).	Plano Geoquímico Sultana, Plata	73-74
Fig. (29).	Plano Geoquímico Cerro Colorado, Plomo	74-75
Fig. (30).	Plano Geoquímico Cerro Colorado, Zinc	74-75
Fig. (31).	Plano Geoquímico Cerro Colorado, Cobre	75-76
Fig. (32).	Plano Geoquímico Cerro Colorado, Plata	75-76
Fig. (33).	Plano Geoquímico Cerro Colorado, Cadmio	75-76
Fig. (34).	Plano Geoquímico Topete, Plomo	77-78
Fig. (35).	Plano Geoquímico Topete, Zinc	77-78
Fig. (36).	Plano Geoquímico Topete, Cobre	77-78
Fig. (37).	Modelo de Mineralización para el Distrito Cerro de Oro.	86-87

## RESUMEN

El Área Cerro de Oro se encuentra en la porción central del estado a 60 km. al noreste en línea recta de la ciudad de Hermosillo; dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental y en esta la subprovincia de las Cordilleras Altas Sonorenses.

El Área de estudio comprende una superficie aproximada de 6 km<sup>2</sup> que corresponden a Sultana - Eureka, Cerro Colorado y Topete. En este caso se han estudiado separadamente ya que se encuentran relativamente lejos uno de la otra.

Estratigráficamente el Topete constituye el miembro más antiguo dentro del área de estudio. La base de la secuencia es la Formación Las Viboras del Precámbrico superior y a esta la sobreyace en discordancia la formación Cerro de Oro y la parte inferior del Grupo Bisbee (formación Morita) del Cretácico inferior. (Litológicamente se componen de una secuencia detrítica a la base con sedimentos limolíticos y arenosos que gradúan a calcarenitas en donde se intercalan dos horizontes de caliza arrecifal, la cual es metamorfozada parcialmente formando skarn. La porción intermedia entre Topete con respecto a Sultana - Eureka y Cerro Colorado, forman un grueso paquete de sedimentos detríticos constituido de lodolitas y areniscas. A este paquete lo sobreyace concordantemente la Formación Caliza Mural y Formación Cintura del Grupo Bisbee (Cretácico inferior), conformada por calizas en la base y areniscas y limolitas intercaladas a la cima. Constituyen las áreas Sultana - Eureka y Cerro Colorado. La primera etapa de geoquímica fue hacer orientación geoquímica. Esta fue una guía importante en la cual se hizo sobre una sección transversal de 4 barrenos alineados que cortan cuerpos mineralizados. El punto de partida fue la definición de los elementos más relacionados al cuerpo de mena; el análisis de la dispersión y la litología a muestrear. Mediante la orientación geoquímica se definió que los elementos a ensayar serían Pb, Zn, Cu, Cd y Ag. Extrapolando los resultados de Sultana - Eureka a las demás áreas. Se extendió un muestreo perpendicular al trend dominante de los afloramientos de 45° NE - SW y 75° NE - SW, obteniéndose importantes anomalías. En Sultana - Eureka de Pb, Zn de bastante extensión y en Topete anomalías de cobre significativas que rebasan más de 10 veces el threshold. En Cerro Colorado se demostró que el cadmio es una guía indirecta para localizar el cuerpo de zinc. Las anomalías más importantes en las distintas áreas, están litológicamente relacionados a calizas recristalizadas, skarn de granate (grosularita - andradita), skarn de epidota-clorita. Se interpreta que las calizas y calcarenitas fueron metamorfozadas mediante un pórfido de monzonita; el cual ocasionó skarn de granate (grosularita - andradita), skarn de hierro y escasamente skarn de hedenbergita. Posteriormente hubo una etapa de hidrotermalismo en la cual produjo una destrucción parcial de granates y piroxenos provocando un metamorfismo retrógrado, lo cual contribuyó a la formación de metales básicos: cobre (calcopirita) y óxidos (magnetita) en el Área Topete y plomo - zinc - plata en Sultana - Eureka, Cerro Colorado con oro subordinado y enriquecido en los óxidos.

## 1.1 HISTORIA MINERA

Desde fines del siglo pasado y principio de este se exploraba y explotaba en las áreas principales de este prospecto, evidenciado por las obras desarrolladas en las áreas Sultana - Eureka , Padre Kino y área Topete, en las cuales se beneficiaron oro y plata principalmente. Posteriormente de 1970 a 1985, se estuvo explorando por varias compañías, nacionales y extranjeras, en busca de oro diseminado en el área Padre Kino.

A partir de 1985 y hasta la actualidad Industrias Peñoles se encuentra explorando mediante métodos modernos y barrenación, en las distintas áreas anteriormente mencionadas.

## 1.2 AREA DE ESTUDIO.

El área de estudio consta de 6 km<sup>2</sup>. en las vecindades del ejido Cerro de Oro, municipio de Rayón Sonora. Estas áreas comprenden: Sultana - Eureka, Cerro Colorado y área Topete. Fondos pertenecientes a Servicios Industriales Peñoles.

## CAPITULO 2 GENERALIDADES

### 2.1. LOCALIZACION Y ACCESO

El prospecto Cerro de Oro se localiza en la porción central de el estado de Sonora. Particularmente a 60 km. al noreste en linea recta de la ciudad de Hermosillo, sus coordenadas geográficas son 29°37'30" de latitud norte y 110°37'30" de longitud oeste.

El acceso principal es de la siguiente manera: Partiendo desde la ciudad de Hermosillo se toma la carretera internacional de ruta Mex. # 15, rumbo a Nogales hasta llegar al km. 68, después se conduce 8 km. hacia el este por carretera hasta llegar al poblado de Carbó. Posteriormente se toma un camino de terraceria rumbo a Rayón recorriendo 36 km. Seguidamente existe una desviación hacia el sur poniente a 12 km. se encuentra el prospecto Cerro de Oro. Otra forma de llegar es siguiendo por la carretera internacional de ruta # 15 hasta el entronque con la carretera estatal SON. 21 que conduce a Ures , continuando por un camino de terraceria por el cual se recorren 45 km. hasta llegar al poblado de Rayón. Después se recorren 4 km por el camino rumbo a Carbó, donde se encuentra una desviación hacia el sur poniente se recorren 12 km. El cual conduce hasta el prospecto Cerro de Oro. Ver la Fig. (1).

### 2.2 INFRAESTRUCTURA

Cuenta con energia eléctrica a 16 km. en el municipio de Rayón y a 35 km. en el poblado de Carbo con subestaciones eléctricas que se encuentran en Ures y el Oasis . A 6 km. del prospecto Cerro de Oro se encuentra el rio San Miguel el cual fluye todo el año.



### 2.3 O B J E T I V O.

El objetivo del presente trabajo es obtener una propuesta de áreas o localidades nuevas, con posibilidades de mineralización económica, utilizando como herramienta preliminar, los resultados que se obtengan del estudio e interpretación geoquímica y geológica, que se desarrollará.

### 2.4 M E T O D O D E T R A B A J O

Se hizo eliminación de áreas por medio de estudios fotogeológicos escala 1:5000, en el cual se obtuvieron aquellas áreas favorables para yacimientos de metamorfismo de contacto.

Estas zonas fueron identificadas por su grado de alteración, recristalización, es decir; identificando los horizontes skarnizados, caliza recristalizada, óxidos y la localización de los contactos de los intrusivos - roca sedimentaria.

Se seleccionó todas estas localidades en las cuales no existía exploración, mediante barrenación. Posteriormente se llevó a cabo un control topográfico, mediante estaciones cada 50 mts. a rumbo longitudinal y transversal a la tendencia dominante de los afloramientos; Después se elaboró mapeo a detalle , escala 1:1000 para definir concretamente los distintos rasgos litológicos, estructurales y los diferentes grados de alteración. Después se hizo una geoquímica de orientación sobre una sección transversal muestreando 4 barrenos alineados a rumbo de la sección y muestreo sobre la superficie de el perfil; Posteriormente se ensayó químicamente definiendo lo siguiente :

Elementos a ensayar y unidades de ensaye, seleccionar el espaciamiento de las muestras y el tipo de roca que mayor respuesta geoquímica daría.

Los resultados de los ensayos de cada una de las áreas se procesaron estadísticamente, utilizando diferentes paquetes en computadora. Los resultados estadísticos condujeron a obtener gráficas y los parámetros necesarios para interpretar el comportamiento geoquímico y la distribución de los elementos en las diferentes áreas. Finalmente se obtendrá configuración de planos geoquímicos, mostrando las zonas anómalas favorables para mayor exploración.

## 2.5 FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA.

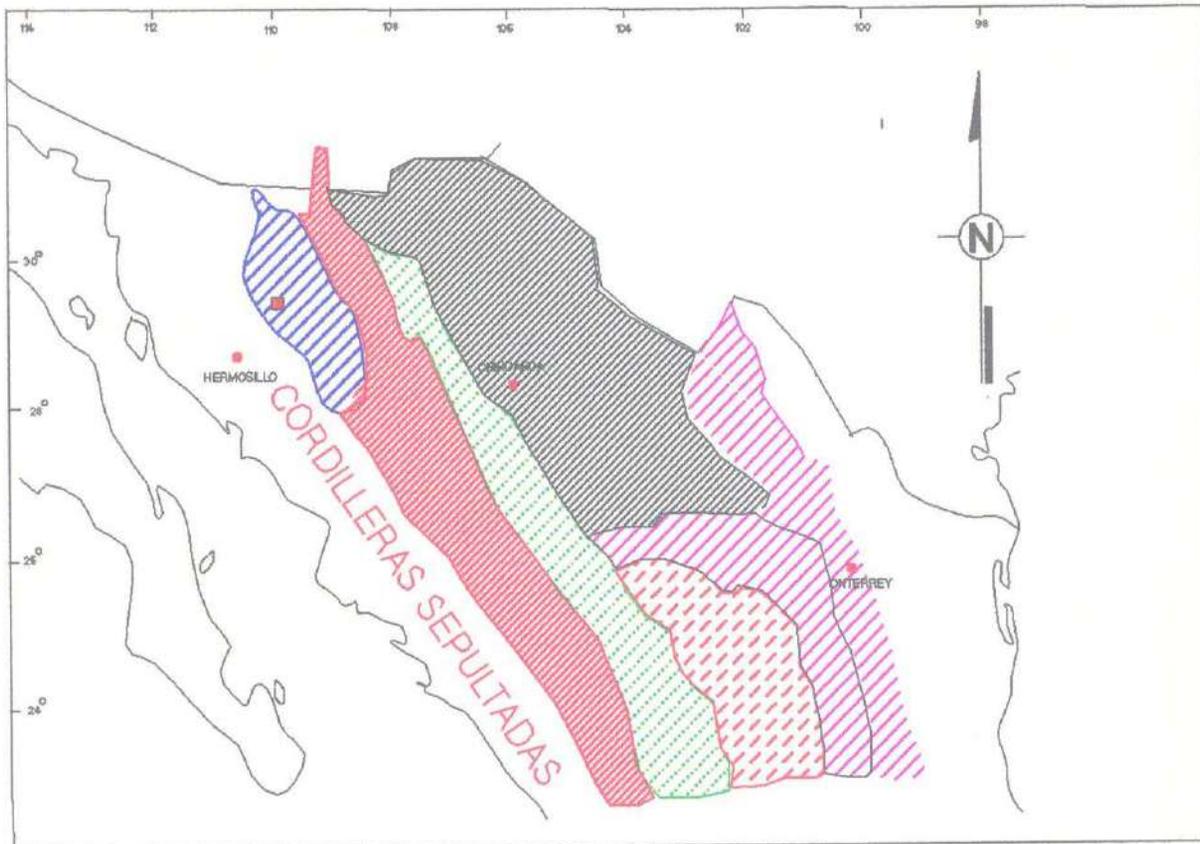
El área se encuentra dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, en la subprovincia de las Cordilleras Altas Sonorenses o Cordilleras Alargadas ( según Raisz 1964 ). Ver fig. ( 2 ).

El área en general se caracteriza por tener sierras alargadas NNW - SSE. Las cuales se encuentran limitadas por valles intermontanos rellenos de conglomerados semiconsolidado, material coluvial y aluvial. Producto de la tectónica distensiva del Terciario medio que afectó la parte nor-occidental de México. La topografía en el área es de tipo juvenil, los rasgos geomorfológicos mas sobresalientes son de rocas igneas.

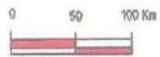
En la porción noreste se encuentra el Batolito de Aconchi que alcanza alturas de 1200 m.s.n.m. y el cerro El Picacho constituido de rocas volcánicas félsicas que alcanzan alturas de 950 m.s.n.m. .

En el extremo este afloran las montañas alargadas, constituidas de rocas sedimentarias orientadas NW - SE . En la porción oeste y noroeste se ven una serie de rocas volcánicas de composición félsica con fuertes escarpes y cantiles muy abruptos. Hacia el sur y noreste se encuentran los valles colindantes al río San Miguel De Horcasitas con elevaciones medias de 500 m.s.n.m. .

El área se ubica en la vertiente del Pacífico y está drenada con corrientes intermitentes con patrones de drenaje integrados; los cuales vierten sus aguas hacia el río San Miguel.



SUBPROVINCIAS DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL  
(SEGUN RAISZ 1964)



**AREA DE ESTUDIO**

-  CORDILLERAS ALTAS SONORENSES
-  MESETA DE LAVA (RIOLITICAS)
-  SIERRA MADRE OCCIDENTAL
-  SIERRAS Y VALLES PARALELOS
-  MESETA CENTRAL
-  SIERRA MADRE ORIENTAL

Fig. (2)



**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**  
**PROVINCIAS FISIOGRAFICAS**  
**TESIS PROF. J. CASTILLO R**      **FECHA**  
**FEB/92**

CLIMA.

El clima de esta región es seco semicalido con temperatura media anual de 20 a 22 °C . Llegándose a presentar en invierno temperaturas de 0 °C y en verano las temperaturas mas altas son en los meses de julio y agosto las cuales registran temperaturas hasta de 45° centigrados . La precipitación media anual es de 300 a 400 mm.

FLORA.

La vegetación dominante es principalmente Mezquite ( *Prosopis Juliflora* ), Ocotillo ( *Fouquiera Spelndevis* ), Cactus ( *Hariota Salicornioide* ), Sahuaro ( *Carnegia Juliflora* ), Uña de Gato ( *Acacia Greggy* ), Palo Verde ( *Cercidium Microfilum* ), Pitaya Dulce ( *Lemaire O Cereus Thurbery* ), Palo Blanco ( *Impomoen Arborescens* ), Mauto ( *Lyciloma Divericata* ), Pochote ( *Leiba Acuminata* ) etc.

FAUNA

Se observa principalmente Venado ( *Canis Letrans Clepticus* ), Liebre ( *Lepus Gallardi* ), Vibora de Cascabel ( *Crotalus Terricifus Basiliscos* ), Coyote ( *Canis Latrans* ), Gato Montes ( *Lynx Rufus* ), Ardilla ( *Sciurus Vulgaris* ), Camaleon ( *Chamaleon Vulgaris* ), Lagartija ( *Lacerta Muralis* ), Codorniz ( *Coturnix* ), Jabali ( *Pecori Tayaco* ) etc.

### 3.1 ESTRATIGRAFIA.

#### 3.11 P R E C A M B R I C O

La Formación Las Víboras es la unidad mas antigua que se conoce. Está conformada por una serie de rocas detríticas y carbonatadas. Se encuentra distribuida principalmente en la porción este y noreste del ejido Cerro de Oro. En los cerros El Tapiro, La Rinconada, La Verdina, El Cobrizo, El Resbaladero etc. La litología está constituida por ortocuarcitas de color blanco a rosado en superficie fresca y de color naranja a café claro al intemperismo. También contiene lutitas, lodolitas fisiles de estratos delgados de color café y rojizo parcialmente oxidadas. La unidad carbonatada consiste de dolomias cuya característica principal; es la presencia de horizontes oolíticos, oncolíticos y algunas algas estromatolíticas, presentandose también frecuentemente arenosas y con lentes de areniscas de cuarzo y pedernal. El espesor para esta formación es probablemente mayor a los 2000 mts. ( González L. C. 1989. ). Su contacto inferior se desconoce . El contacto superior en partes se presenta en discordancia angular con la Formación Cerro de Oro, también cabalga a esta y a la Formación La Palma; además es en partes cubierta en discordancia por rocas volcánicas del Terciario. Se le asigna una edad Precámbrica tardío (A. Castro y S. Morfin 1989), ya que estas unidades son correlacionables con el Precámbrico tardío del área Caborca, se le considera posiblemente similar tanto en litología como fosilífera .

Contiene estromatolitos del tipo Conophyton, columnares y laminares. Además la parte inferior descansa en discordancia sobre el basamento igneo - metamórfico en la región de Opodepe. ( A. Castro y S. Morfin 1989. ).

El origen y el medio ambiente, se considera de ambiente nerítico con alta energía y fluctuaciones en el nivel de el mar; formado por el primero, de dolomías y el resto por ortocuarcitas, limolitas y lutitas derivadas de rocas igneas y metamórficas precámbricas.

### 3.12 M E S O Z O I C O

Formación Cerro de Oro definida informalmente por C. González L. 1989. Está compuesta de varias unidades detrítico - carbonatadas. La distribución es dada a lo largo de la cañada La Hortencia, cañada Los Tubos y el flanco occidental del cerro El Cobrizo. La base está conformada por un conglomerado constituido de cantos y guijarros subredondeados a subángulosos de cuarzoarenitas y dolomías. Su estratificación es masiva a gruesa con estructuras de relleno de canal. Seguidamente en la parte intermedia de la formación, consiste de intercalaciones de calizas en capas delgadas, calcarenitas areniscas y limolitas. Estas contienen abundantes corales, pelecípodos y ostreas. La parte superior de la formación está constituida por calizas arrecifales de color gris claro, estas contienen fósiles estromatopóridos y abundantes braquiópodos, lateralmente hacia la cima pasan a caliza estratificada con abundantes orbitolinas y gasterópodos.

El espesor es de 147 mts. en las localidades de mejor exposición.

La posición estratigráfica. Se encuentra en su parte inferior en

discordancia angular con la Formación las Viboras y está a su vez sobreyacida en discordancia por la Formación Morita.

Edad y correlación. El contenido faunístico de la Formación Cerro de Oro indica una edad de Barremiano - Albiano temprano (C. González L. 1989). Los fósiles representados por pelecípodos como Aeostreon Quitmonesis, Lucina Kellumi, Tapes Gabbi, Indotrignonia sp. etc.

Braquiópodos Gemmorcula Arizonensis y Waconella sp. El coral colonial Callamuphillia sp y foraminíferos Pseudocyclamina sp etc. Se considera correlacionable con la Formación El Aliso de edad Barremiano tardío - Albiano temprano (Scott y González L. 1988). Esta aflora bajo la secuencia Cretácica de la región de Lampazos, parte central del estado de Sonora.

Ambiente de depósito. La Formación Cerro de Oro se formó en ambiente marino, a consecuencia de una primera transgresión de los mares Cretácicos en esta región de Sonora.

La litología y la fauna asociada indican un ambiente marino somero, tal vez lagunar o bahías.

Los arrecifes que contienen en la parte superior indican un ambiente de plataforma mas externa de mar abierto donde existieron condiciones de alta energía de oleaje, aguas claras y bien oxigenadas, donde se formaron corales y hacia los lados zonas lagunares; en la cual se depositaron lodos calcáreos con foraminíferos, gasterópodos y fragmentos de elementos arrecifales.

## GRUPO BISBEE

Está constituida en la base por el Conglomerado Glance . En el medio por la Formación Morita y Caliza Mural y en la cima por la Formación Cintura. Originalmente en el sureste de Arizona ( Ransome 1904 ). En el área solo aflora las intermedias y la cima de dicha formación .

La Formación Morita aflora en la parte occidental de el área a lo largo de una franja NNW , formando el cerro El Copete . En la parte norte, este está truncado por un intrusivo granítico de el cerro Los Hornitos y en la porción sureste el contacto es por falla con la Formación la Palma, del Cretácico tardío.

La base de la Formación Morita contiene un conglomerado con cantos redondeados mal clasificados, estos incluidos en una matriz arenosa y gránulos de areniscas, pueden reconocerse fragmentos de la Formación Las Víboras , calizas paleozoicas y en menos proporción de la Formación Cerro de Oro. Sobre este conglomerado existen areniscas que gradúan a limolitas y lodolitas hacia la cima, son de color morado, gris, café amarillento y verde, desarrollan estratos delgados con diestratificación plana acuñada con bajo ángulo y en la parte superior contiene laminación paralela. La parte mas superior de la Formación Morita contiene lutitas de color café amarillento con lentes de caliza con ostreas las cuales se asignan a la Caliza Mural.

La Formación Morita alcanza un espesor de 260 mts. sobreyace en discordancia paralela a la Formación Cerro de Oro; el contacto superior es transicional con la Caliza Mural .

La edad que se le considera es del Albiano temprano a tardío

dado que se encuentra estratigráficamente entre la Formación Cerro de Oro y la Formación Caliza Mural. Se correlaciona con la Formación Agua Salada de el Albiano tardío, la cual sobreyace a la Formación El Aliso en la región de Lampazos (Scott y González León 1988 ). Es correlacionable también con la Formación Morita que aflora en la parte norte del estado y con la parte inferior de la Formación Arroyo Sásabe (Jacques - Ayala y Potter 1987) que aflora en la sierra el Chanate al noreste de Sonora .

Ambiente de depósito . Muestra una constitución de detritos gruesos a finos con ausencia de fósiles, lo cual pudiera indicar depósitos de sistemas fluviales . Las areniscas fueron formadas en los canales mientras que las limolitas y lutitas pudieron ser parte de la planicie de inundación . La cima de lutitas con lentes de ostras forman la transición con la Formación Caliza Mural que indica el inicio de una transgresión marina gradual.

#### CALIZA MURAL

Originalmente Ransome (1904), definida por una serie de rocas carbonatadas con lodolitas intercaladas y caliza arenosa, además lodolitas y caliza arrecifal hacia la cima. Aflora en la parte occidental del área en los Cerros El Coloso y Antúnez con rumbo NNW y echado hacia el SW con leve inclinación.

Está constituida por capas masivas de caliza gris clara fosilífera, las cuales forman crestones y pequeños cantiles y adelgazan lateralmente; se encuentran separados por terrigenos como lodolitas de color café amarillento con lentes de coquina. Hacia arriba contiene intercalaciones de estratos delgados de caliza arenosa , caliza arcillosa con lodolitas masivas . A estos

terrigenos los sobreyace caliza masiva arrecifal de color gris claro, contiene abundantes corales coloniales en menor cantidad rudistas y estromatopóridos; sufre cambios laterales en espesor en partes tiene 450 mts y en partes mas delgadas es de 150 mts. Contiene calizas bioclásticas con gasterópodos y orbitolina en capas mas delgadas. La posición estratigráfica de la Caliza Mural es concordante con la Formación Morita y subyace a la Formación Cintura. Su edad se considera de el Albiano tardio, por la presencia de Exogira Quitamanesis; es común en el miembro inferior de la Caliza Mural al norte de Sonora. Los niveles intermedios representados por pelecípodos Exogira Texana, Trigonia Emoryi, Coalcomana sp. etc.

En la parte superior de edad Albiano medio a tardio se identificaron fósiles como Turritella Seriatum Granulata, Tylostoma Chihuahuense y Corbis Rablesi.

La Caliza Mural se reconoce en la parte norte de Sonora como en la Sierra Azul ( Rangin 1986 ), cerro Pima ( Navarro 1987 ), Arizpe ( C. González L. 1978 ). El miembro de la Formación Arroyo Sásabe en el noroeste de el Estado ( Jacques Ayala y Potter 1987 ) se correlaciona tambien con el Espinazo del Diablo y la Formación Lampazos ( Herrera y Bartolini 1983 ) del centro oriente de Sonora. Las facies indican que fue depositada en una plataforma marina somera dentro de la cual coexistian arrecifes con parches rodeados con lagunas de poca profundidad .

Los arrecifes fueron formados por corales coloniales estromatopóridos y escasamente rudistas . Al parecer el arrecife era abundante dentro de la plataforma y entre ellos se formaban

Áreas lagunares en las cuales se depositaron arenas de grano fino, lodos no calcáreos, calcáreos y carbonatos.

#### FORMACION CINTURA

La Formación Cintura originalmente Ransome (1904). Se define a una secuencia de lodolitas a la base con intercalaciones de areniscas de grano fino hacia la cima. tiene rumbo e inclinación similar a las unidades subyacentes a ella del Cretácico. Aflora en la parte mas occidental del área. En la parte sur está en contacto estructural con la Formación Las Viboras mientras que en la parte norte está cortada por troncos intrusivos. Litológicamente la parte inferior de la Formación Cintura está constituida por lodolitas de color café amarillento y gris pasando a morado hacia la cima. En la parte superior de las lodolitas hay intercalación de areniscas de grano fino con laminación paralela.

En la base de las lodolitas ocurren localmente calizas en lentes delgadas. Hacia la cima empieza a dominar las areniscas, presentándose niveles conglomeráticos lenticulares, forman ciclos de grano fino hacia arriba lo cual semeja a la Formación Morita. Los ciclos tienen una litología basal de areniscas infrayaciendo a un conglomerado de gránulo. La estratificación de estos sedimentos es variada, laminaciones paralelas, laminación plana acuñaada, masivas, estratificación cruzada de muy bajo ángulo y rizaduras laminares. El espesor medido es de 290 mts. aunque pudiera alcanzar hasta 400 mts.

La Formación Cintura sobreyace en contacto transicional a la Caliza Mural y subyace en discordancia a rocas volcánicas terciarias.

Por la posición estratigráfica y por la correlación regional se considera de una edad Albiano medio - tardío ( Scott, 1987, C. González, Jacques - Ayala 1988 ).

La Formación Cintura es cronocorrelacionable con la Formación El Aliso ( Albiano medio - tardío que aflora en Lampazos ( C. González 1988 ). También correlacionable con la Formación Cintura que aflora en la parte norte de Sonora, así como la parte superior de la Formación Arroyo Sásabe y con la Formación Chanate ( Jacques - Ayala y Potter 1987 ). El ambiente de depósito es de origen fluvial, los cuales se depositaron en ríos meándricos con posibles depósitos marinos cercanos.

#### FORMACION LA PALMA

La define informalmente Carlos González (1989). A un conglomerado a la base con areniscas y lodolitas hacia la cima. Se encuentra distribuida entre el ejido La Palma y el rancho de Aguilar formando lomeríos suaves con afloramientos claros a lo largo de numerosas cañadas.

Litológicamente está constituida a la base por un conglomerado, el cual sobreyace en discordancia angular de ( 10 a 15° ) a la Formación Cerro de Oro. Los fragmentos del conglomerado varían de cantos subangulosos a subredondeados . Los fragmentos están constituidos por areniscas y dolomías de la Formación Las Viboras, calizas paleozoicas con crinoides, fusulinidos, y corales, rudistas y orbitolinas de las unidades cretácicas; los cantos están incluidos en una matriz arenosa a conglomerática fina, que presenta un color café rojizo y café amarillento, hacia arriba del conglomerado continúa con lodolitas y limolitas,

areniscas y algunos conglomerados de grano fino hacia arriba. Las lodolitas forman la cima de cada ciclo, estas son de color morado a rojo su estratificación es masiva con laminaciones; además contiene intercalaciones de limolitas y areniscas de colores mas claros, crema y gris claro. Se estima un espesor aproximado de 2000 mts. la edad es considerada post - Albiano medio , debido a que sobreyace discordantemente a la Formación Cerro de Oro, contiene cantos retrabajados de la Formación Cerro de Oro y de la Caliza Mural y porque está afectada por una deformación compresiva cuya edad mas joven debe ser Cretácico tardío - Terciario temprano. La Formación La Palma puede ser cronocorrelacionable con el Grupo Cabullona, así como con algunas cuencas aisladas de depósitos molásicos, que según Rangin ( 1978 ), afloran al sur de Magdalena. La Formación La Palma es contemporánea al Grupo Cabullona del Campaniano - Maastrichtiano, al inicio de la deformación Laramidica, otra posibilidad es de ser formada ante - Laramidico asociada a una deformación meso - cretácica propuesta por Rangin ( 1978 ). Por sus características se encuentra en una superposición de ciclos, formado por arenas y lodos que se vuelven de grano fino hacia arriba; estos depósitos nos permite inferir ambientes de tipo fluvial en meandros en transición a un abanico aluvial por la fragmentación gruesa de cantos al fondo.

### 3.13 CENOZOICO

#### FORMACION BAUCARIT

Se le nombra a una secuencia constituida por alternancias de conglomerados, areniscas y limolitas. El nombre original fue propuesto por Dumble ( 1900 ), posteriormente King ( 1939 ) lo redefine. En el área se encuentra distribuido en la parte sureste y suroeste. Ocurre formando lomerios suaves con orientación NNW - SSE es común encontrarlo horizontal o con ligero buzamiento hacia el suroeste. Su litología está constituida por conglomerados polimicticos mal clasificados con fragmentos subredondeados a angulosos compuesto principalmente por rocas volcánicas y en menor cantidad de rocas intrusivas y sedimentarias ( areniscas y calizas ). Los tamaños en los fragmentos varían de 0.5 a 30 cm. predominando los de 2 a 6 cm. Estos se encuentran englobados por una matriz arenosa. Los conglomerados contienen intercalaciones de areniscas de grano medio a grueso definiéndose como grauvacas. La formación toma colores al intemperismo café claro a amarillento. En la porción SSW se observa a esta formación cubierta por derrames basálticos. La Formación Báucarirt cubre discordantemente al intrusivo granítico del Terciario inferior y a las rocas volcánicas terciarias, a su vez es cubierta en discordancia por terrazas y aluviones cuaternarios.

Se le asigna una edad del Terciario superior a Cuaternario, en base a los fósiles encontrados por King ( 1939 ) en la población de Baroyeca, así como en las terrazas a lo largo de el arroyo Matape, al Sur de San José De Pimas.

Damon ( 1975 ) fechó una andesita basáltica colectada a la base de la Formación Báucarit obteniendo una edad de  $21.7 (\pm) 0.4$  m.a ( Mioceno temprano ).

King ( 1939 ) correlaciona esta unidad con el Conglomerado Gila del sur de Arizona .

Los sedimentos de esta formación son de ambiente continental y fueron depositados como abanicos aluviales a lo largo de los flancos de cadenas montañosas y como relleno de grandes valles producto de la tectónica distensiva del Terciario.

### 3.14 CUATERNARIO

#### TERRAZAS ALUVIALES

Se le nombra a los depósitos formados por bloques gravas y arenas con ligera compactación generalmente se encuentran en la base de las montañas y relleno de los valles, formando una serie de lomeríos alargados, se encuentran ampliamente distribuidos; constituyen el valle del río San Miguel De Horcasitas. Estos depósitos presentan gran variedad en tamaños, litología y grado de redondez, varia su abundancia con respecto a la cercanía y naturaleza de la fuente .

#### ALUVION

Se encuentra formando gravas, arenas y limos. Se distribuyen sobre la cuenca de el río San Miguel De Horcasitas y relleno de los cauces de los arroyos. Se le asigna unidad Cuaternario ya que está formada de rocas preexistentes y además cubre en discordancia a la Formación Báucarit.

3.21 MESOZOICO

Las rocas volcánicas varían de composición de intermedia a félsica presentando distintos colores y texturas. Consisten de coladas andesíticas de textura porfídica y tobas. Afloran al noroeste, oeste y suroeste del área. Las andesitas se caracterizan por ser de color verde, gris verdoso y gris oscuro en superficie fresca y al intemperismo es de color verde pardo su textura es porfídica con fenocristales de plagioclasa y feldespato potásico, en menor cantidad envueltos en una matriz afanítica en forma fluidal, su matriz se encuentra parcialmente oxidada. Los cristales de plagioclasa y feldespato potásico se encuentran sericitizados, en ocasiones existe fuerte silicificación que se pierde su textura original dejando escasas relictas. Se notan cambios graduales en la composición que van de intermedia a félsico, es decir de andesita a tobas de composición riolítica. Las tobas riolíticas se caracterizan por ser de color rosado en superficie fresca y color café al intemperismo. Está constituida por fenocristales de feldespato potásico y matriz cuarzo feldespática, aflora en la porción suroeste del área. La secuencia volcánica se encuentra en parte alterada cerca del contacto con un intrusivo granítico. Ocasionando ligera silicificación, propilitización y oxidación, esto se observa en los cerros Los Columpios; esta secuencia volcánica se encuentra cubriendo en discordancia a las rocas sedimentarias del Cretácico inferior y a las rocas

precambricas ; a su vez estas se encuentran cubiertas de la misma manera por rocas volcánicas del terciario.

La discordancia sobre el Cretácico inferior y el Precámbrico se observan al norte del cerro El Cielo . La edad del evento volcánico, se considera del Cretácico Superior - Terciario inferior, se denota por su posición en discordancia de rocas del Cretácico inferior y por ser intrusionadas por cuerpos graníticos del Terciario inferior. Se originaron contemporaneamente durante la subducción de la placa Farallón bajo la placa Americana, durante el Cretácico superior - Terciario inferior.

### 3.22

### C E N O Z O I C O

#### TERCIARIO INFERIOR

Constituyen parte del Batolito de Aconchi, formado por rocas intrusivas graníticas . La composición de esta roca es de cuarzo, feldespato, plagioclasa y mica. Su color es blanco a rosado en superficie fresca y al intemperismo color rosa pardo. La textura es fanerítica hipidiomórfica de grano grueso, el feldespato es microclina y la plagioclasa es oligoclasa, como mineral accesorio biotita y secundarios clorita y sericita.

Ocurre al este y en la porción central del área en las regiones topográficamente bajas .

El cuerpo granítico intrusiona rocas del Precámbrico y del Mesozoico, provocando alteración propilitica, oxidación y silicificación. La secuencia de rocas volcánicas del Cretácico superior - Terciario inferior , también es intrusionado por este cuerpo granítico . Este último forma parte del llamado Batolito de Aconchi ( Roldán 1979 ), corresponde a un evento intrusivo

regional resultado de la Orogenia Laramide ( Damon et al, 1964 ). Para este evento se han dado fechamientos isotópicos en el Estado de Sonora , donde se definieron edades de 60 - 95 m.a ( Anderson y Silver 1974 ). En las cercanías del Área se obtuvieron algunas edades para el Batolito de Aconchi . Anderson y Roldán , (1979) obtuvieron 58 m.a ( U - Pb ). En Mazatán Roldán obtuvo una edad de 55 m.a . En la mina el Crestón al oeste de Opodepe, Damon et al, ( 1983 ) obtuvo una edad de 53.5 m.a. ( K / Ar ). Así como en la mina Washington en una granodiorita se obtuvo una edad de  $56.4 \pm 1.2$  m.a. A este Batolito se le asigna una edad Paleoceno tardío - Eoceno temprano para su formación.

#### TERCIARIO

##### ROCAS VOLCANICAS

Está constituida por un paquete de rocas volcánicas con alternancia de coladas y productos piroclásticos, cuya composición varía de máfica a félsica . Estan representadas por derrames andesíticos con intercalación de tobas de composición riolítica a riodacítica y como última etapa del evento un volcanismo bimodal, con alternancias de basaltos y rocas volcánicas félsicas . Afloran principalmente en la porción oeste del ejido Cerro de Oro, como son: El cerro El Picacho y cerro Las Palomas. Se caracterizan por tener ligera inclinación y pequeños escarpes. La base de esta unidad está constituida por coladas andesíticas. Esta es de color verde en superficie fresca y al intemperismo es de color verde claro a café claro, su textura es traquítica y porfídica. Los minerales esenciales son plagioclasa ( oligoclasa - andesina ) 80 % y piroxeno de tipo augita de 10 a 15 % . el mineral secundario es la hematita .

La parte media de la secuencia es mas gruesa, varia de riolita a riodacita, son de color rosa a café rojizo en superficie fresca y color blanco amarillento al intemperismo. muestran una textura traquítica y fluidal. Constituida por cuarzo, feldespatos y plagioclasa, englobados en una matriz vitrica en donde el cuarzo y el feldespato se encuentran como microlitos orientados, además presentan ligera alteración argílica. En la cima de esta unidad se encuentran alternancias de derrames basálticos con rocas félsicas. Igual a la anteriormente descrita. Los basaltos son de color gris a café oscuro, su textura es dolerítica a glomeroporfídica. Los minerales esenciales son plagioclasa (andesina - labradorita) en un 85 % y piroxeno (augita) un 5%. La hematita es frecuente como mineral secundario. Estas unidades se formaron durante la continuación del periodo de convergencia de las placas Farallón y Americana, ocurre un segundo periodo de magmatismo ignimbrítico riolítico calcoalcalino, desarrollado entre el Oligoceno temprano y Mioceno medio. Posteriormente se tiene un episodio de volcanismo bimodal, caracterizado por alternancia de ignimbritas riolíticas con andesitas basálticas y basaltos. Este episodio según J. J. Cochemé (1985), es debido a un término compresivo y al paso a una fase distensiva, en la cual correlaciona la sierra Huásabas con la parte superior de la S.M.O, similar a las unidades de esta región.

#### TERCIARIO

##### PORFIDO RIOLITICO

Esta unidad pertenece a una roca ignea intrusiva de composición riolítica; aflora principalmente en el cerro El Cielo, al NW del

✓  
cerro El Copete. Orientado NW - SE, ocurre en forma de dique, concordante y en partes cortando a las rocas sedimentarias del Cretácico inferior. Se caracteriza por ser de color rosa claro a blanquecino en superficie fresca y color rosa a rojizo al intemperismo. Está constituido por cuarzo, feldespato y plagioclasa como fenocristales y una matriz microcristalina, constituida de cuarzo y feldespato; a veces se encuentra fuertemente silicificada y los cristales ligeramente argilizados. La roca se caracteriza especialmente por el cuarzo, que tiene forma de ojos además, contiene box works de pirita y fracturas rellenas con óxido de hierro. ✓

Tiene una edad tentativa del Terciario medio (Oligoceno - Mioceno medio), debido a que corta rocas volcánicas de esta edad.

El origen es considerado durante el periodo de convergencia de las placas Farallón y Americana. Las zonas de debilidad, producidas por fallamiento con orientación NWW - SEE; durante el Terciario medio - superior, facilitaron el emplazamiento de algunos troncos félsicos.

### 3.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Existen tres estilos estructurales diferentes, estos son: Las pre - Cretácicas, Mesocretácicas y las del terciario medio superior.

Estructuras pre - Cretácicas. Muestran cabalgamientos con vergencia E - NE, los cuales se dan en las secuencias precámbricas de la Formación Las Víboras o Grupo La Palma ( A. Castro y S. Morfin 1989 ). Estos cabalgamientos se encuentran en los cerros La Ema, Dorado y al norte del cerro Mina los Gambusinos.

Los cabalgamientos son sobre unidades sobrepuestas del mismo Precámbrico. Se distinguen otras estructuras como pliegues hectométricos y decimétricos. Los primeros se reconocen por la formación de pliegues anticlinales cerrados, con rumbo general NW 35 - 40° SE, con vergencia al noreste. Los segundos se caracterizan por ser pequeños pliegues decimétricos recostados isoclinales, con ejes NW 35 - 40° SE y con vergencia hacia el noreste. El estilo de deformación puede compararse con el producido por la fase Nevadiana, descrito en Sonora por Rangin, en 1982. Observados en Cucurpe, Sinoquipe en Sonora Central.

Deformación Mesocretácica. Es otro evento tectónico que afectó la Formación Las Víboras y el Grupo Bisbee o el Grupo La Palma y Grupo Cerro de Oro (A. Castro y S. Morfin 1989). Las deformaciones se manifiestan por un plegamiento suave, anticlinal y sinclinal y por una serie de cabalgamientos del Precámbrico sobre el Cretácico inferior y del Precámbrico sobre si mismo. El término de este evento se puede definir por la discordancia de las rocas volcánicas del Cretácico superior - Terciario inferior; sobre secuencias del Cretácico inferior.

Las características de la deformación Mesocretácica, se observan en las diferentes formaciones del área. Como es el plegamiento anticlinal y sinclinal a escala hectométrica y decamétrica. Cabalgaduras en la parte del cerro Las Víboras, cerro Las Chivas, cerro El Cobrizo y cerro Mina Los Gambusinos. El plegamiento, está formado por sinclinales y anticlinales de talla hectométrica, con rumbo NW 40 - 45° SE; se ven en el cerro El Cobrizo, cerro Mina Los Gambusinos etc.

Existe plegamiento de menor escala, decamétrico. Este se observa en los cerros La Colorada, Hortencia, Tápiro y El Cobrizo. Se pueden ver sinclinales y anticlinales suaves con rumbo de sus ejes, NW - SE. La deformación se correlaciona con la deformación del Albiano - Cenomaniano; demostrado por Rangin ( 1977 ), en el Área de Agua Prieta, Magdalena de Kino y Baja California. Rangin en 1982, atribuye las deformaciones de edad post Albiano superior - Cenomaniano, a la orogenia mesocretácica en la parte central septentrional de Sonora; caracterizada por el cabalgamiento del arco Alisitos sobre una cuenca sedimentaria de rocas carbonatadas y detriticas del Cretácico inferior.

Estructuras del Terciario medio - superior están representadas en el área por el desarrollo de grandes fallas normales en varias direcciones, predominando aquellas orientadas NW - SE 25 - 35° que limitan el valle del río San Miguel, siendo las responsables de la morfología actual de sierras y valles paralelos, característicos del suroeste de Estados Unidos y noroeste de México. Existen también otras fallas orientadas NW - SE 60 - 70°; pero estas son mas escasas en el área.

#### 3.4 TECTONICA Y GEOLOGIA HISTORICA

Durante el Precámbrico tardío, se llevó acabo la sedimentación caracterizada por un ambiente de plataforma, en la cual se dió una serie de fluctuaciones marinas depositando una alternancia de sedimentos terrigenos y quimicos, que constituyen a la Formación Las Viboras ( C. González 1989 ), o el Grupo La Palma ( A. Castro y S. Morfin 1989 ). La formación detritica fue originada probablemente de la erosión de rocas graniticas y feldespáticas,

formando las areniscas. Las areniscas y dolomías, sugieren un ambiente de línea de costa, de las facies nerítica poco profunda. Los horizontes estromatolíticos, nos indican un ambiente de intermarea relacionado con las rocas dolomíticas. La total ausencia de rocas de edad Paleozoica así como del Triásico y Jurásico, en el área; no permite establecer los eventos tectónicos que pudieron haberse desarrollado durante ese tiempo.

Mesozoico ( Jurásico medio - superior ). En esta época se produjeron importantes eventos tectónicos en el noroeste de México, según Rangin ( 1982 ), asociados con la subducción de una placa oceánica y la cuenca marginal bajo el continente Norteamericano, provocando la formación de un arco de borde continental, ( Complejo San Andrés - Cedros ), el cual produjo cabalgamientos hacia el oeste en Baja California y plegamiento cerrado en el noroeste de Sonora.

En el área del Cerro de Oro, se manifiesta este evento tectónico, mediante pliegues cerrados y cabalgaduras en la secuencia sedimentaria del Precámbrico tardío .

Cretácico inferior. Este período se caracterizó por una invasión marina proveniente del Golfo de México, pasando por Chihuahua hasta cubrir gran parte de Sonora, sureste de Arizona y suroeste de Nuevo México.

Según Rangin ( 1982 ), Mijarez y Torres ( 1987 ) ( en A. Castro y S. Morfin 1989 ). Este fenómeno está relacionado con la apertura del Océano Atlántico, mediante un proceso de Rifting. Biladeau (1983 ), señala que durante el Cretácico temprano, continúan

los movimientos diferenciales verticales, actividad volcánica local, una gran erosión y sedimentación, fenómeno acompañado de una subsidencia lenta, dando lugar a la transgresión marina, proveniente del sureste de México; mas tarde ocurre un levantamiento regional con la subsecuente regresión del mar hacia el este. Esta cuenca constituyó a su paso y a su regreso, la cuenca Chihuahuense y el Grupo Bisbee en Sonora. Particularmente la Formación Cerro de Oro y la Formación La Palma, en el área Cerro de Oro. Tal parece que al igual que en la mayor parte de Sonora, los depósitos de sedimentos del Cretácico inferior, en el área, en parte son heredados por la fase Nevadiana, contra un arco volcánico de borde continental ( Alisitos ), lo que produjo esta Orogenia.

Cretácico superior. Hubo un evento tectónico compresivo ligado a la Orogenia Laramide. En el área de estudio está representado por un evento magmático (A. Castro y S. Morfin 1989). Este emplazamiento es el resultado de la convergencia entre la placa Farallón y la placa Americana. Durante el Cretácico superior - Terciario inferior, se tiene la presencia de volcanismo, predominantemente andesítico. Este conjunto de rocas cubre discordantemente al Cretácico inferior sedimentario en el área y es intrusionado por el Batolito de Aconchi producto del evento plutónico regional Eocénico ( Roldán 1979 en A. Castro y S. Morfin 1989 ). En Sonora, la Orogenia Laramide se manifiesta en forma de plegamiento de gran radio de curvatura y de intrusiones de composición granítica a granodiorítica, acompañado de fallamiento inverso poco desarrollado (Rangin, 1972).

Rangin (1972) y Pubellier (1987), coinciden que la Orogenia Mesocretácica en Sonora se llevó a cabo a partir del Albiano superior, representado esta por las facies de regresión, de los sedimentos de la Formación Cintura del Grupo Bisbee y por la ausencia de sedimentos más jóvenes a estos .

Rangin ( 1982 ); caracterizó a esta fase tectónica en Sonora, por cabalgamientos de rocas del cinturón Jurásico - Cretácico inferior, que presentando plegamiento suave hectométrico y decamétrico. El término de esta orogenia en el área es manifestada por la discordancia de las rocas volcánicas del Cretácico superior - Terciario inferior no deformadas (A. Castro y S. Morfin, 1989 ).

Cenozoico ( Oligoceno - Mioceno superior ). Durante este periodo de tiempo, fue cuando se inicia la erupción de grandes volúmenes de materia volcánica, provocando un gran complejo de calderas y constituyendo la Sierra Madre Occidental, representado por coladas andesíticas y por flujo de tobas de composición riolítica a riodacítica de carácter calcoalcalino. Denominado por Damon 1964, (en A. Castro y S. Morfin, 1989) como orogenia del Terciario medio. Seguido de este volcanismo se presenta, un episodio bimodal caracterizado, por una alternancia de rocas volcánicas félsicas calcoalcalinas con coladas basálticas típicas de toleitas continentales; este episodio según J. J. Cocheme ( 1985 ), es debido al término de un régimen compresivo y el paso hacia una fase distensiva, marcado por la desaparición progresiva de la dorsal. Entre las placas Farallón y Pacífico bajo la placa Americana. Macdowell y Clabaugh ( 1978 ), consideran que fue

-294- Se menciona una etapa distensiva y con deslizamientos horizontales de edad Pliocuaternario, formando fallas N - S, NNW - SSE. Dominando en el área aquellas fallas NW - SE.

desarrollada durante el periodo de 34 m.a. a los 27 m.a. después de un hiatus entre 45 y 34 m.a.; explican este hiatus como un cambio de velocidad de convergencia y/o relativo cambio de la inclinación de la subducción. Coney ( 1976 ) dice que el hiatus es debido a una reorientación de los movimientos entre las placas hace aproximadamente 40 m.a.. Contemporáneo a este volcanismo , en el Cerro de Oro fueron emplazados, primero pórfido monzonítico y segundo pórfido riolítico . Constituyendo el primero, como principal fuente de metamorfismo y el segundo emplazado en grandes zonas de debilidad através de fallas orientadas NW 60 - 70° SE. Estos dos intrusivos forman pequeños apófisis y troncos hipabisales, los cuales prepararon química y mecánicamente a los sedimentos, para formar subsecuentemente depósitos de reemplazamiento metasomático.

Posteriormente hubo una fase distensiva en la cual desarrollaron una serie de grandes fallas normales, las cuales dan lugar a la morfología de sierras y valles paralelos del suroeste de Estados Unidos y noroeste de México; al mismo tiempo se produce erosión y depositación de materiales continentales en las cuencas intercalados con derrames basálticos que fueron originados através de grandes fallas; dando como resultado la Formación Baucarit.

Seguidamente hubo una etapa distensiva y con deslizamientos horizontales de edad Pliocuaternario, formando fallas N - S, NNW - SSE. Dominando en el área aquellas fallas NW - SE.

- Qoal
- Tv
- Iga
- Kip
- Kc
- Km
- Kmo
- Kco
- Pelv
- Qoal
- Tv
- Iga
- Kip
- Kc
- Km
- Kmo
- Kco
- Pelv

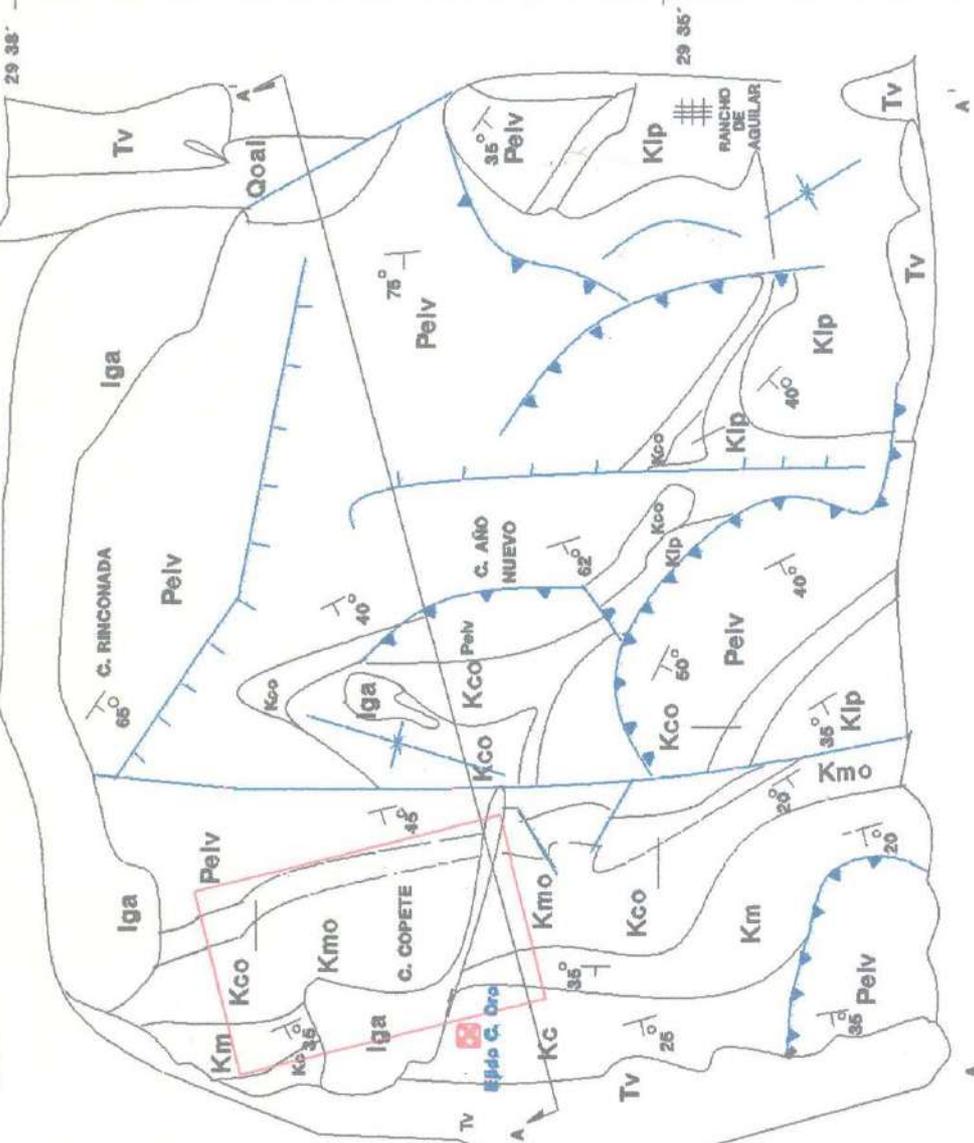


Fig. (3)

Mas adelante mencionaremos los términos Topete y Copete en los cuales el primero se refiere a una área prospectiva y el segundo a un cerro en particular.

#### 4.1 ESTRATIGRAFIA

##### 4.11 PRECAMBRICO

Aflora solo una parte de la Formación Las Viboras ( C. González 1989), o Grupo La Palma (A. Castro y S. Morfin 1989). Se encuentra en la porción noreste del ejido Cerro de Oro, cercano al cerro El Copete. Esta unidad está constituida por areniscas de cuarzo  $\pm$  95 % y feldespatos  $\pm$  5 %, de grano medio a fino muy bien clasificada y redondeada, su color al intemperismo es naranja a café rojizo y en superficie fresca es de color blanco. La estratificación es variable, pero su rumbo dominante es de 20 a 30° NW y echado de 45° SW. El contacto inferior se desconoce pero a este lo sobreyace en discordancia el Grupo Cerro de Oro del Cretácico inferior y rocas volcánicas del Terciario.

##### 4.12 M E S O Z O I C O ( CRETACICO INFERIOR )

Localmente comprende de la base a la cima, desde el Área Topete hasta el Área Cerro Colorado. Está compuesta por una secuencia detrítico - carbonatada intercalada. A esta secuencia se le han asignado dos nombres distintos. C. González (1989) le nombra, al miembro inferior Formación Cerro de Oro y Grupo Bisbee; subdividido en tres Formaciones. La mas antigua Formación Morita, la intermedia Caliza Mural y la superior Formación Cintura. A. Castro y S. Morfin ( 1989 ), le han denominado Grupo Cerro de

Oro; subdividido en tres Formaciones. Formación Los Tubos, al miembro inferior, Formación Caliza Antúnez al miembro intermedio y Formación Los Valles, al miembro superior.

#### AREA TOPETE ( Precambrico sup. Cretácico inferior )

El área Topete se encuentra en la porción este del Área de estudio. El miembro mas antiguo es nombrado como Grupo La Palma ( A. Castro y S. Morfin 1989 ), también llamado Formación Las Viboras ( C. González 1989 ).

En el área Topete solo aflora una parte de esta formación, considerada la mas antigua del área, asignada al Precambrico superior, constituida principalmente por ortocuarcitas de color claro a blanquecino en superficie fresca y color café rojizo a naranja al intemperismo. Sobre esta unidad descansan discordantemente sedimentos de grano fino, limolitas y areniscas del Cretácico inferior; Son de color crema a gris claro en superficie fresca y al intemperismo son de color gris verdoso a amarillento y café rojizo. El 80 %, está contituido por estas unidades; es común ver los sedimentos alterados y afectados por hidrotermalismo, siendo estos parcialmente cloritizados, epidotizados, piritizados y silicificados. La alteración generalmente ocurre en pequeños parches y bandas, dando colores gris verdosos y cremas. Entre las limolitas y las areniscas, existen ligeras variaciones a limolitas calcáreas y areniscas calcáreas, para posteriormente pasar a calizas arrecifales. Las calizas se caracterizan por formar los relieves mas altos y salientes, su color es gris claro a blanquecino en superenficie

fresca y color gris a amarillento al intemperismo . Se ven en partes abundantes fragmentos de valvas, braquiopodos y corales abundantes huellas y restos fósiles del Cretácico inferior.

Las calizas se encuentran intercaladas entre los sedimentos, formando dos horizontes burdamente paralelos con rumbo de 40 a 50° NW y con echado entre 20 y 35° al SW. Los horizontes calcáreos estan parcialmente reemplazados a skarn y marmol, estos a su vez contienen vetillas de calcita, pirita, siderita y silice.

#### ROCAS METAMORFICAS

Se pueden identificar por lo menos dos tipos de skarn : Skarn de hedenbergita. Estos ocurren en pequeñas áreas, contienen abundantes fibras de hedenbergita con un tamaño de 0.5 a 3 cm. de largo con un 40 %, cuarzo 20 %, grosularita 15 %, clorita 10 %, epidota 5 %, calcita 5 %, pirita 3 %, magnetita 2 %, óxido de fierro y trazas de calcopirita y bornita .

Skarn de Grosularita - Epidota + Clorita. Estos skarn son de grano fino a medio constituidos principalmente por los siguientes minerales, grosularita 40 %, epidota 25 %, clorita 15 %, cuarzo 10 %, calcita 5 %, óxidos y pirita 5 %. Existen cambios bruscos dentro del mismo skarn, variando a dominios de clorita y epidota sobre el granate. Los horizontes calcáreos y skarn se encuentran en partes reemplazados por óxidos, tal es el caso del cerro El Copete, el cual fue caliza arrecifal y hoy se encuentra reemplazado por óxidos, principalmente de hematita, limonitas y gohetita; además abundante silice y escasos carbonatos de cobre. El área Topete, constituye gran parte de la

Formación Cerro de Oro y Formación Morita del Cretácico inferior o Formación los Tubos, nombrada por (A.Castro y S.Morfin 1989). Entre las áreas Sultana - Eureka y el área Topete existe un paquete intermedio formado por rocas detríticas, constituidas de limolitas y areniscas intercaladas y gradacionales. En general son de color gris claro a crema en superficie fresca con parches de clorita y epidota y bandas de sílice, con incipiente a moderada silicificación y escasa pirita diseminada. Al intemperismo toma colores café claro a gris amarillento con tonalidades de color crema. Afloran en una serie de lomeríos suaves. la estratificación es generalmente en forma masiva y en partes se pueden ver con estratificación delgada, de 10 a 20 cm. de espesor; se ve totalmente ausente de fósiles pero esta se encuentra entre los horizontes fosilíferos del Cretácico de Topete y Sultana-Eureka. Su actitud es ligeramente variable con promedio de rumbo 25° NW y de 18 a 25° de inclinación al SW.

#### AREA SULTANA - EUREKA Y CERRO COLORADO ( Cretácico inferior ).

Estas áreas forman parte de la Formación Caliza Mural y su miembro superior la Formación Cintura del Grupo Bisbee nombrada así por Carlos González (1989). Existen dos horizontes calcáreos, los cuales están intercalados entre rocas detríticas de grano fino, constituidas por areniscas y limolitas. Los horizontes calcáreos son llamados localmente como: horizonte Eureka al inferior y horizonte Sultana al superior. Ambos presentan ligeras diferencias en composición, variando de calizas arrecifales a calcarenitas con abundantes fósiles como: corales coloniales, orbitolina Texana, gasterópodos, braquiópodos y foraminíferos

(Miliólidos) etc. Datados del Cretácico inferior, C. González (1989), coinciden ( A. Castro y S. Morfin 1989 ).

El color de las calizas son, gris claro en superficie fresca y gris claro a café amarillento al intemperismo. Contienen abundantes vetillas de siderita, calcita, sílice y óxidos de hierro con manganeso. Entre estos dos horizontes existen limolitas y areniscas de colores claros cremas grises a amarillo claro, variando a color gris oscuro en superficie fresca y al intemperismo generalmente se ven café amarillento y gris. Contienen bandas y parches de clorita epidota y sílice y en partes fuertemente silicificada con pirita, manganeso y óxido de hierro diseminado.

El área Cerro Colorado es la continuación hacia el SE del área Sultana - Eureka; aparentemente discontinua por la intercalación de rocas ígneas terciarias y parcialmente truncadas por un pórfido riolítico. La actitud promedio de las rocas sedimentarias, es de rumbo 20° NW y de 20 a 30° de inclinación hacia el SW.

#### ROCAS METAMORFICAS

En estas áreas notorio que através de los horizontes calcáreos existen zonas parcialmente reemplazadas a skarn y mármol. Los skarn son principalmente de grosularita y otros de epidota-clorita . Generalmente son de grano fino a medio, de color verde olivo a verde oscuro con partes moteadas de color café claro y brillo vítreo. Mineralógicamente contienen de 30 - 40 % de granates ( grosularita - andradita ), epidota 20 %, clorita 15 %. En ocasiones es mas abundante la clorita y la epidota que la grosularita. Esto se observa principalmente donde existe

dominancia de componentes detriticos sobre carbonatados. Los skarn muestran metasomatismo en sus granates y destrucción parcial; dejando huecos en los cuales se introdujeron silice, calcita, clorita, piritita, magnetita, siderita, secundariamente manganeso y hematita.

Entre los horizontes Eureka y Sultana existen diferencias claras en su mineralogia y su grado de alteración .

Ambos horizontes skarnizados fueron formados de calizas; sin embargo, físicamente son diferentes. Sultana contiene skarn casi totalmente reemplazado por óxidos y silice . Los sulfuros se encuentran oxidados, formando óxidos de zinc, óxidos de cobre y fierro y carbonatos de cobre. En el skarn Eureka no existe tal oxidación y además no afloran evidencias de sulfuros, solo piritita y óxidos de fierro con vetillas de calcita y silice.

Podemos decir que, Sultana debió de haber tenido abundante infiltración de aguas y variaciones en el nivel freático controlado por fallas que permitieron mayor permeabilidad y la oxidación progresiva.

#### 4.2

#### ROCAS IGNEAS

Las rocas igneas en el área de estudio constituyen gran parte, el área Padre Kino, en la cual existen rocas hipabisales y rocas extrusivas; variando de intermedias a félsicas. Se conocen dos eventos diferentes: uno intrusivo, representado por rocas de ambiente hipabisal y otro extrusivo, formado por un conjunto de rocas de tipo volcanoclástico, brechas y tobas principalmente.

Las rocas hipabisales se consideran como dos unidades diferentes en edad y composición.

superficie y probablemente en Sultana - Eureka, se encuentre mucho mas profundo .

Regionalmente se ha denominado a estas unidades como rocas de probable edad Oligoceno - Mioceno, ya que afectan a rocas volcánicas de

UNIDAD PORFIDO DE MONZONITA. Ocurre como sills dentro de una secuencia sedimentaria, aunque ocasionalmente puede inferirse como discordante a la estratificación. Megascópicamente es de color blanco con motas verdes en superficie fresca y gris verdoso claro al intemperismo. La textura es porfídica, constituida por fenocristales de plagioclasa 35 %, feldespato potásico 20 %, hornblenda 8%, biotita 2 %, cuarzo < 5% .

La matriz es microcristalina, formada por plagioclasa, feldespato potásico y escasamente por anfíboles. Generalmente presenta alteración de sus minerales máficos alterándolos a clorita - actinolita, la plagioclasa alterada a calcita - epidota y feldespato a sericita. El pórfido de monzonita se extiende principalmente en el área Topete, Sultana y Eureka. Este intrusivo se encuentra mas relacionado con la formación de skarn en el área, dado que es común ver cercano a sus contactos con rocas sedimentarias, estos se encuentran metamorfozados y alterados, además; por la presencia de endoskarn a profundidad en el area el Topete. dato conocido mediante barrenos.

Origen .- Formado a partir de un cuerpo plutónico, el cual se ramificó extendiéndose en superficie en pequeños sills de pórfido de monzonita. En el área Topete se encuentra mas cercano a superficie y probablemente en Sultana - Eureka, se encuentre mucho mas profundo .

Regionalmente se ha denominado a estas unidades como rocas de probable edad Oligoceno - Mioceno, ya que afectan a rocas volcánicas del Terciario.

## PORFIDO RIOLITICO ( Pórfido de Cuarzo )

Intrusivo que ocurre generalmente en forma de sills, intercalado entre las rocas sedimentarias, emplazado en grandes zonas de debilidad y fallas con rumbo NW 20° SE. Localmente se le ha nombrado pórfido de cuarzo, ya que en muestra megascópica, su característica distintiva es el cuarzo en fenocristales con formas de ojos. El color es rosado a blanquecino en superficie fresca y color rosa a rojizo al intemperismo, además contiene box works de pirita . Se han hecho algunos estudios petrográficos por Amaya M.R y Perez S.E. en ( 1991 ), del Departamento de Geología UNISON, en los cuales definen a esta unidad como un pórfido de riolita, con textura porfidica formada por fenocristales de cuarzo y feldespato, cristalinidad holocristalina, con granos de 0.2 a 0.5 cm. Matriz microcristalina de cuarzo y feldespato 45 % fenocristales de cuarzo 20 %, feldespato ( ortoclasa ) 10 %, sericita 20 %, como alteración de feldespato potásico y hematita 5 % como alteración de pirita. Se extiende en gran parte en el área Padre Kino, Cerro Colorado, Sultana - Eureka y minimamente se conoce en el área Topete. Su origen es hipabisal, generado a partir de un cuerpo de composición félsica, siendo afectado por presiones y explosiones a la hora del emplazamiento, Lo cual es evidenciado por la presencia de fragmentos angulosos. Los distintos tamaños de los cristales nos indican las diferentes etapas de enfriamiento que hubo en el magma. (Sitten A.R 1987). La edad es del Terciario, ya que afecta a rocas volcánicas consideradas de esa misma edad.

## ROCAS VOLCANICAS

Se encuentra ampliamente aflorando en el área Padre Kino, en general son rocas de colores gris claro a blanquecino en superficie fresca y color café a rojizo en superficie intemperizada. Su contacto inferior es discordante con rocas sedimentarias detríticas de la Formación Cintura del Cretácico inferior. No se puede hablar solamente de una litología volcánica, ya que existe variación en composición y textura, desde tobas litocristalina a vitrocrystalinas. En la base contiene intercalación de tobas y brechas de composición predominantemente riolítica, los cuales muestran principalmente cristales de cuarzo y feldespato. El carácter de estas rocas es similar a las del porfido de riolita ( porfido de cuarzo ), por lo que el conjunto entre ambos no es claro y su aspecto en general es semejante.

La alteración de la unidad volcánica es de sericita, escasa clorita, caolinita y motmorillonita, se ven en partes box works de pirita y vetillas de hematita, sílice y óxidos de manganeso con carbonatos de cobre.

Al oeste y suroeste de Padre Kino hay un grupo de rocas de composición intermedia a félsica, las cuales sobreyacen discordantemente a las rocas de Padre Kino. Regionalmente han sido descritas como una serie de intercalaciones de tobas riolíticas e ignimbritas con rocas andesíticas y basaltos a la cima, correlacionables con partes de la Sierra Madre Occidental y la sierra Huásabas. Las cuales se originaron durante la

continuación del periodo de convergencia de la Placa Farallón y Americana. Ocurre el segundo periodo ignimbrítico riolítico calcoalcalino, desarrollado en el Oligoceno temprano - Mioceno medio. Posteriormente a este volcanismo se tiene el volcanismo bimodal, caracterizado por la alternancia de ignimbritas riolíticas, andesitas basálticas y basaltos, debido al término compresivo y paso a una fase distensiva, (J.J Cochemé 1985).

#### 4.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La tendencia preferencial de los afloramientos de rocas sedimentarias e igneas es de rumbo NW 20 a 45° SE, con un echado de las unidades sedimentarias de 20° al SW. En el área Topete las actitudes son diferentes con respecto a las actitudes de las demás áreas. En Topete las rocas sedimentarias tienen rumbos de 40 a 50° al NW, mientras que en las otras localidades son generalmente de 20 a 30° hacia el NW.

Localmente el fallamiento existente es de tipo normal, variando en rumbo de 20 a 70° NW con inclinación de 70 a 85° al SW, también se ven fallas de 30 a 50° NE, echados de 80° NW, pero estas son mas escasas. Sin embargo; podemos notar que son mas abundantes aquellas fallas de rumbo 30 a 45° NW y con echados de 80° al SW.

En general las fallas normales en el área tienen relativamente poco desplazamiento, siendo el desplazamiento mayor en el área Sultana - Eureka de aproximadamente 30 a 40 mts. La mayoría de las fallas afectaron rocas sedimentarias del Cretácico inferior y

rocas igneas porfidicas y volcánicas terciarias. Esto significa que hay fallas mas jóvenes a las rocas volcánicas terciarias. Las fallas fueron medios importantes para formar zonas de debilidad y permeabilidad, para emplazamiento de sills de riolita y trampas estructurales. Además; también ayudaron a la permeabilidad de la roca para depositación y reemplazamiento en las rocas sedimentarias. Las fallas que fueron útiles o que prepararon a la roca mecanicamente para la depositación de minerales debieron ser contemporáneas o anteriores a la mineralización. Las fallas mas antiguas en el Terciario son aquellas de rumbo de NW 20 a 30° SE. Posteriormente a estas fallas existe fallamiento post mineral, yá que afectó a la mineralización, desplazando y cortando a rocas volcánicas terciarias jóvenes. En el área estas últimas son mas abundantes y tienen rumbo de NW 30 a 50° SE. La característica general de las fallas son: zonas de brecha con abundante salbanda, roca fuertemente fragmentada y en partes impregnada de óxidos y en ocasiones planos con espejos y superficies estriadas. Regionalmente estas fallas se correlacionan, con el fallamiento normal mayor, del Terciario medio - superior, responsable de la morfología actual de Sierras y Valles Paralelos característica del suroeste de E.U. y noroeste de México.

## 5.1 INTRODUCCION

En la exploración y prospección por yacimientos minerales, generalmente se toma como base ambientes propicios, correlacionados con otros yacimientos; o bien aquellos que se pueden inferir por los halos de alteración, característicos de cierto sistema de mineralización.

Hoy en día se utilizan métodos modernos para eliminar regionalmente áreas estériles, interpretando y utilizando las imágenes de satélite, geoquímica regional y geofísica, tomando en cuenta la cartografía del área. Sin embargo el objetivo de todo prospector es localizar las zonas con mayores probabilidades de mineralización económica. Para ello tiene que utilizar estudios más detallados; como es mapeo a detalle y posteriormente usar algún método indirecto, que lleve a inferir las zonas más favorables para la depositación de un cuerpo mineralizado. Uno de estos métodos es la geoquímica.

La geoquímica consiste en determinar cuantitativamente la composición química de la tierra y de sus partes constitutivas y por otra parte, describir las leyes que rigen la distribución de los elementos químicos individualmente en el espacio y en el tiempo.

En el área Cerro de Oro se utilizó litogeoquímica a detalle para tratar de interpretar la continuidad de los cuerpos de reemplazamiento metasomático, en las áreas no conocidas por barrenación, en las localidades de Sultana - Eureka, Cerro Colorado y Área Topete.

Para definir los parámetros que serán utilizados para la interpretación geoquímica; es necesario ensayarlos por alguna técnica analítica y darles un tratamiento a todo el conjunto de valores. La manera más fácil es utilizando estadística descriptiva, la cual ayudará a agrupar poblaciones y definir parámetros tales como: Background, treshold y anomalía. Existen varios paquetes estadísticos que nos ayudan a obtener estos parámetros en computadora; sin duda ahorran gran tiempo en el tratamiento de todo el conjunto de datos.

Geológica y geoquímicamente la tierra es un sistema dinámico en la cual los materiales se desplazan y cambian de forma y composición por una variedad de procesos formados dentro del ciclo geoquímico, Fig. ( 5 ). Estos procesos incluyen fusión, cristalización, erosión, disolución, precipitación, vaporización y decaimiento radioactivo. Peters W. 1978, (en Morales R.J. 1991). Desde el punto de vista geoquímico se le simplificó definiéndolo por la presión, la temperatura y la disponibilidad de compuestos químicos que determinan la estabilidad de un mineral y una fase fluida en un punto dado.

Los ambientes geoquímicos de la tierra pueden ser divididos en dos grupos principales : Asentamiento profundo uno y superficial el otro. Los de asentamiento profundo comprenden aquellos de bajo de los niveles inferiores hasta donde penetra el agua meteórica . Los procesos predominantes de estas zonas son los magmáticos y metamórficos es decir es un ambiente de alta temperatura y presión, la circulación de fluidos es restringida y relativamente bajos niveles de oxígeno libre. Los fenómenos volcánicos aguas termales y fenómenos similares se incluyen en este medio; son llamados hipogénicos primarios y endogénico.

El ambiente superficial está caracterizado por el intemperismo, erosión y sedimentación. La presión y la temperatura son bajas, con soluciones que se mueven libremente y abundante oxígeno, agua y  $CO_2$  libre . Los procesos que ocurren en este medio también podemos usar términos como supergénico, secundario y exogénico.

# CICLO GEOQUIMICO

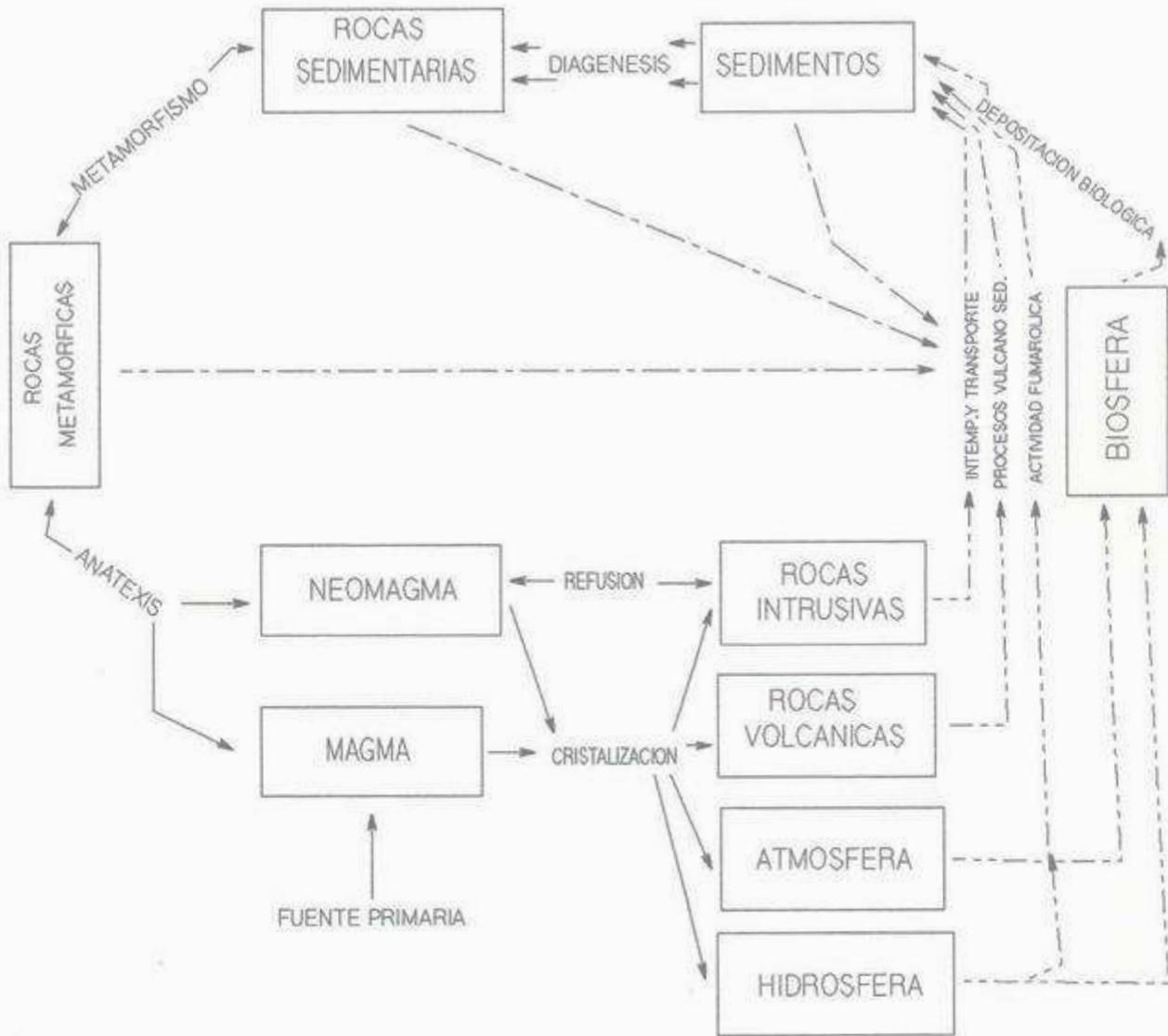


Fig. (5)

MODIFICADO DE PETERS 1978

De acuerdo al estudio geoquímico realizado aquí, es importante conocer la extensión de las rocas huéspedes para yacimientos de reemplazamiento metasomático, para esto se limitó previamente haciendo interpretación de fotografías aéreas de escala 1: 5000, después se hizo lo siguiente:

- 1.\_ Mapeo a detalle escala 1:1000
- 2.\_ geoquímica de orientación, sobre algo ya conocido, en este caso sobre una sección transversal, en la cual hay cuatro barrenos alineados que cortan cuerpos mineralizados.
- 3.\_ con base a los estudios de orientación se designó lo siguiente: El muestreo, elementos a ensayar y unidades de ensaye además; la roca que es más conveniente muestrearla.
- 4.\_ Se hizo un muestreo litogeoquímico orientado perpendicularmente al rumbo dominante de la estratificación. En las Áreas Sultana - Eureka, Cerro Colorado y área Topete.
- 5.\_ Se ensayó en unidades de P.P.M. por el método analítico de absorción atómica.
- 6.\_ Ubicación y descripción litológica y de la alteración de las muestras.
- 7.\_ tratamiento estadístico en computadora, con los paquetes statgraphics, minitab, elaboración de gráficas en charting gallery.
- 8.\_ Interpretación geoquímica con base de resultados estadísticos y geológicos.
- 9.\_ Elaboración de planos con la configuración de anomalías geoquímicas en cada una de las áreas.

Durante un estudio geoquímico es necesario realizar un buen muestreo dado que sin el los resultados serían erróneos.

Se puede mencionar los siguientes casos en los cuales el muestreo es afectado.

1. Contaminación de la muestra ya sea por instrumentos u objetos.
2. Mezclar roca fresca con intemperizada.
3. Por combinación de dos o más poblaciones distintas.
4. La forma de tomarla y el tamaño inadecuado.

Dependiendo del objeto del trabajo se tiene que adecuar el tipo de muestreo es decir; si el estudio es de geoquímica regional, los mapas son de gran escala y el muestreo es mas espaciado, en este caso es recomendable hacer geoquímica de sedimentos de arroyo o bien de suelos.

Para que un muestreo sea efectivo, en cualquier material disponible, se requiere de un personal bien entrenado, capaz de reconocer y describir correctamente el material muestreado y las características del sitio de donde se tomó.

Las herramientas de muestreo varían de acuerdo al medio y a la situación de campo. Es esencial usar equipo no contaminante y ser cuidadoso no únicamente en emplear aceros no contaminantes en palas, cucharas y augers etc. sino además cuidar que lubricantes, adhesivos y soldaduras, estén libres de metales.

El prospector geoquímico deberá estar consciente de que la limpieza incluirá la ropa del muestrero debiendo evitar el uso de anillos y manejo de monedas.

En la selección de las bolsas contenedoras de las muestras, se tomará la precaución de que no contengan sustancias contaminantes; para muestras húmedas, se puede elegir un tipo de bolsa de manta. Cuando la muestra está seca, lo mejor son bolsas de plástico. Si las muestras son pequeñas se podrán en sobres de papel kraft.

El plástico rígido y el vidrio, son usados como materiales para los envases contenedores de las muestras de agua. Para las muestras especiales, como son gases y otros materiales se usan una serie de envases disponibles en el mercado.

Para cumplir adecuadamente y llegar a resultados positivos durante el muestreo, es necesario conocer los problemas que se nos puedan presentar en el terreno, es decir; saber o tener idea del sistema a buscar, saber diferenciar litología post o pre mineral, los patrones de dispersión a muestrear, ya sea por el patrón fuga o por difusión. En la Fig. (6), podemos ver los problemas en la prospección geoquímica.

A). En cierta etapa del proceso de erosión el halo de dispersión primaria afloró, pero posteriormente fue cubierto por depósitos de aluvión.

B). En este caso aflora el halo de dispersión primaria, pero si existe una ruptura del sistema representado por el patrón fuga, como vetillas. Este puede ser muestreado y conducirnos al cuerpo mineral.

C). En este caso aflora el halo de dispersión primaria, aquí se aplica el muestreo geoquímico tradicional.

D). En el ejemplo que se muestra, aflora la estructura

# PROBLEMAS DE LA PROSPECCION GEOQUIMICA

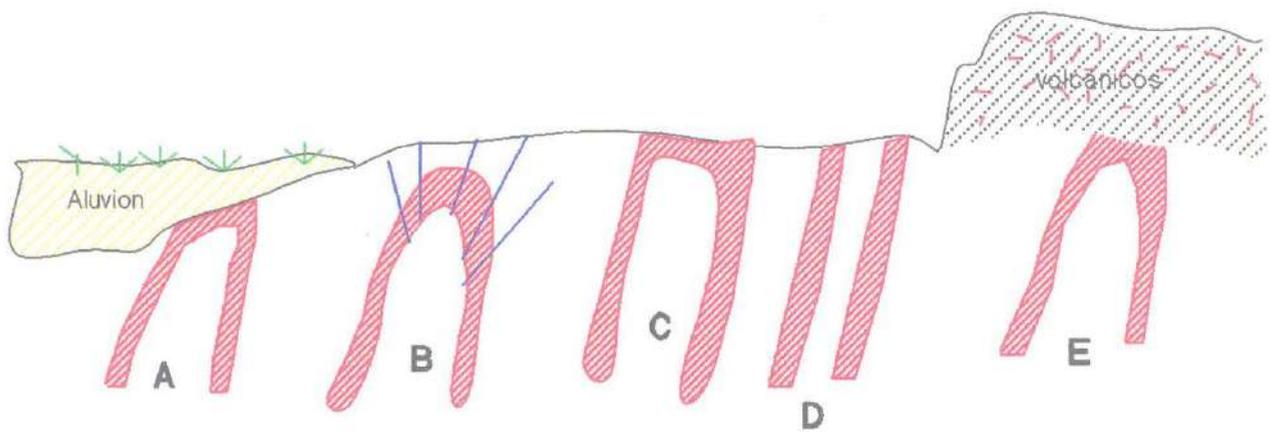


Fig. (6)

mineralizada, la geoquímica puede ser útil para localizar clavos E). El problema que se ilustra es similar al primer caso, pero en esta ocasión la erosión ha descubierto el yacimiento y el mismo ha sido cubierto por rocas volcánicas. La geoquímica en este caso y en el inciso A), no son de mucha utilidad, ya que la dispersión es afectada por depósitos post-minerales; aunque se pudiera prospectar por vapores de mercurio.



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

#### 5.221 MEDIOS DE MUESTREO

Suelos - Los suelos varían considerablemente, en apariencias y composición, de acuerdo a su génesis y a su ambiente climático y geográfico. De acuerdo a su relaciones con el substrato, se clasifican en suelos residuales y transportados. Los suelos son una mezcla de minerales y material biológico y en ello pueden diferenciarse una serie de horizontes.

Los suelos residuales son más útiles en la prospección geoquímica por preservar patrones de dispersión detectables, desarrollados durante el intemperismo de la mineralización de la roca original; estos patrones pueden revelarse mediante un cuidadoso muestreo en el horizonte de suelos apropiado.

El suelo transportado presenta más dificultades y problemas de muestreo, pero es posible llegar a resultados significativos.

Sedimentos de arroyo, es uno de los medios más comúnmente usados en la prospección geoquímica regional. El sedimento en cualquier punto de una corriente, es una muestra compósito, natural del material erosionado aguas arriba, de la cuenca drenada e incluirán productos derivados de tipo clástico hidromórfico y



biológico, derivados del intemperismo de la mineralización .  
Aguas . \_ También puede llevarse a cabo un reconocimiento regional, muestreando las aguas de corrientes de flujo activas, donde los metales se dispersan en solución.

La prospección es similar al muestreo de sedimentos de arroyo, se colecta el agua en botellas de 500 a 1000 mililitros, de polipropileno o vidrio, muy limpias. El muestreo de aguas subterráneas en sitios de fuga es parte integral de los estudios de corrientes de aguas; se agregan unos pocos mililitros de HCl para disolver o evitar que se adhieran los metales a las paredes de las botellas. El PH de las aguas, se determinará en el lugar de muestreo antes de agregar HCl.

Sedimentos de lagos y aguas. \_ El muestreo de sedimentos y aguas de lagos, es una técnica desarrollada y de comprobada eficacia en áreas del Canadá y Escandinavia, en donde son comunes los lagos y se presenta un drenaje pobre o inaccesible. En regiones de bajo relieve la disposición de los sedimentos en lagos, depende de la dispersión hidromórfica incluyendo la diseminación de metales, los cuales son adsorbidos por los hidróxidos de fierro y manganeso y lodos ricos en materia orgánica, los cuales son finalmente depositados en el fondo del lago. El muestreo se centra en la recolección de estos materiales mediante artificios. Las muestras de aguas de lagos se colectan en la misma localidad que los sedimentos.

Rocas. \_ Las muestras de las rocas o estudios litogeoquímicos en los ambientes superficiales, incluyen muestreos sistemáticos de afloramientos, zanjas, núcleos de barrenación y recortes, dentro

de la zona de oxidación e intemperismo. Como ocurre en otros tipos de estudio geoquímico, los procedimientos de muestreo y el material colectado; así como las técnicas de análisis más apropiadas serán elegidas de acuerdo a un trabajo de orientación. sin embargo; el geólogo que conduzca los estudios deberá asegurarse que las muestras individuales sean esencialmente comparables a todo el conjunto de muestras y que las variaciones observadas en cuanto intemperismo, alteración y otras características importantes, sean convenientemente registradas para fines interpretativos. El muestreo litogeoquímico estará en función del ambiente geológico y al tipo de yacimiento a explorar. Se podrán tomar muestras del patrón fuga para tener una idea de las leyes del sistema y otra serie de muestras por el patrón por difusión para evaluar la amplitud del mismo; sin embargo ambos conjuntos de muestras deberán tratarse separadamente, ya que pertenecen a condiciones físico - químicas muy diferentes. Las muestras de roca, son útiles especialmente en la detección de los patrones de dispersión de yacimientos epigenéticos, cuando no están cubiertos por depósitos post-minerales.

Vegetación y humus.\_ Las observaciones de los primeros científicos datan de los siglos XVIII y XIX y son referentes a que la morfología y la distribución de ciertas plantas, están afectadas por la presencia de metales en el suelos. tales variaciones visibles en una especie de planta, es conocida como indicadores geobotánicos, la presencia de anomalías de metales en el suelo o en aguas subterráneas es a menudo reflejada en el

contenido de metales en sus hojas, ramas u otras órganos de las plantas. Estas concentraciones invisibles de metales, se conocen como indicadores biogeoquímicos. La caída estacional de las hojas y la transferencia de algo de los metales acumulados en ella a la superficie del suelo, incorpora al estrato del humus estos metales. Las plantas son organismos complejos e igualmente complejos en su metabolismo. Diferentes especies responden de manera diferente a las mismas condiciones y por consecuencia algunas especies son más efectivas como indicadores biogeoquímicos que otras plantas de raíces profundas.

Algunas especies concentran preferentemente los metales en los tejidos específicos, como son las hojas, las ramas, la corteza o tejido maderaceo. Por lo tanto es muy importante establecer el tejido más indicado para un programa de muestreo una vez que hayan sido identificadas las especies útiles. Es conveniente hacer un muestreo durante una estación, en invierno o en verano, evitando el muestro en primavera o en otoño .

Tejidos animales.\_ El muestreo de este tipo de materiales no se ha usado extensivamente, sin embargo Narren (1971), (en Morales R.J. 1991), analizó 96 hígados de truchas de varias localidades de British Columbia e identificó una correlación, general entre los contenidos de zinc y cobre de estos hígados y las regiones minerales conocidas. Como parte de un programa de monitoreo ambiental, el gobierno de Ontario Canadá ha muestreado los tejidos de peces para analizar el contenido de mercurio.

Microorganismos.\_ Padunn (1985), (en Morales R.J 1991), ha demostrado que la población de un microorganismo común, el

Bacillus Cereus aumenta con el incremento natural de metales básicos y preciosos en los suelos desarrollados en la vecindad de los depósitos minerales. Es también conocido el incremento en la resistencia antibiotica de estas bacterias, cuando se desarrollan estas en suelos con altas concentraciones metálicas.

Gases y aire.\_ Bajo ciertas condiciones, los depósitos minerales producen emanaciones gaseosas, las cuales pueden ser detectadas con equipos especializados. Por ejem. el radón se produce durante la decaimiento radioactiva del uranio y el radio; se ha usado extensivamente técnicas de prospección, midiendo las partículas alfa emitidas durante el decaimiento radioactiva del radón en la prospección por uranio. El helio es otro gas producido durante la decadencia radiogenética, pero también algunos lo consideran de origen profundo.

### 5.3. ORIENTACION GEOQUIMICA

Al igual que todos los trabajos de geoquímica se hizo una geoquímica de orientación o estudio de auscultación; sin duda es el método mas efectivo para determinar la extensión y naturaleza de un patrón de dispersión, es mediante un estudio de orientación. El objetivo de este estudio es tomar una serie de muestras para determinar y delinear la existencia y las características de los patrones de dispersión y las anomalías asociadas con la mineralización, el medio a muestrearse dependerá fundamentalmente del que se disponga, de la experiencia que se tenga y del problema a prospectarse. Se podrían muestrear

los siguientes materiales. Suelos, sedimentos de arroyo, aguas superficiales y subterráneas, sedimentos glaciares, sedimentos de lagos, rocas, gases, aire, tejidos animales y microorganismos.



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

Lo más común en los estudios de orientación es tomarse una serie de muestras relativamente poco espaciadas tanto en el cuerpo de mena conocido para caracterizarlo; así con las vecindades de él, se elegirán áreas no afectadas por la actividad humana. Esta información se podrá usar para seleccionar el medio a muestrearse y la técnica analítica que nos permita detectar anomalías extraprobables a la periferia, con condiciones geológicas similares. El examen detallado de la naturaleza y forma de los patrones de dispersión, seguramente darán información sobre los principales factores naturales responsables de la distribución de las anomalías.

La orientación geoquímica generalmente se hace en secciones muestreando sobre el perfil, sobre barrenos o si existen obras subterráneas. Morales R.J (1991).

En el Cerro de Oro, la orientación geoquímica se hizo através de una sección transversal en la cual cruza, los horizontes Sultana-Eureka. Aquí se tomaron 20 muestras sobre los cortes de cuatro barrenos alineados y sobre la superficie del perfil, considerando independientemente rocas carbonatadas con aquellas de tipo detrítico. Los elementos a ensayarse fueron (Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Mn, Cd y Fe). Para poder definir los elementos a ensayar, unidades litológicas a muestrear y la dispersión de los elementos; es necesario graficar sobre la sección muestreada y analizar el comportamiento en las diferentes litologías, del cuerpo al alto y al bajo. En la tabla de la fig. (7), se muestran



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

los índices de correlación estadística de 20 muestras tomadas sobre una sección transversal que corta cuerpos minerales de zinc; en la cual los resultados demuestran que la correlación más importante entre sus elementos son Zn - Cd, Ag - Pb, Au - Cu, Pb - Zn. La fig. (7.1), tenemos una sección transversal en la cual existe muestreo através de un horizonte de skarn; podemos notar como van variando los valores desde el cuerpo de sulfuros a superficie. Es importante notar como algunos elementos como el fierro, manganeso y oro, no tienen relación con respecto a los valores de mena (zinc, plomo y plata), es decir; el fierro es abundante tanto en el cuerpo como en superficie. La curva tiende a una línea casi constante, esto significa que no sería guía en superficie porque nos reflejaría falsas anomalías.

El manganeso es muy irregular en su comportamiento cuando los demás elementos suben este baja y viceversa, esto significa que no tiene ninguna relación y que dista en ser buena guía en superficie.

El oro guarda una relación importante con el cobre, pero en este caso sabemos que el oro no es económico en los sulfuros, solamente cuando se encuentra mas cercano a superficie, en la cual dominan los óxidos.

En esta gráfica podemos notar cuales elementos tienen leyes mas altas y estos corresponden a los elementos zinc, plomo y plata y disminuyen paulatinamente hacia la superficie.

En la fig. (7.2), tenemos un muestreo sobre la misma sección de la fig. (7.1), pero en este caso se muestrea el horizonte de calizas con mineralización; podemos notar que las leyes bajan con respecto a los valores en el skarn.

Los elementos con mayor ley, de nuevo son zinc, plomo y plata.

El zinc muestra cambios bruscos através del horizonte, esto es dado porque se concentra selectivamente en diseminado y en forma semimasiva. Ahora el fierro muestra de nuevo mala correlación y muestra valores ascendentes al igual que el plomo, esto es debido a que se encuentra parcialmente oxidado en superficie, en el caso del oro pasa algo similar a lo anterior.

El cadmio guarda una relación bastante buena con el zinc, es decir que cuando el zinc baja o sube el cadmio hace lo mismo, esto significa que conservan una relación casi lineal, pero la diferencia del zinc con el cadmio es que este último tiene menor dispersión. Si obtuvieramos valores anómalos de cadmio nos llevaria a el cuerpo de zinc, con mayor seguridad que ni el mismo zinc.

En la fig. (7.3), están graficados los elementos que tienen mejor correlación estadística y los que conservan una relación geoquímica mas estrecha. Definitivamente los elementos zinc, plomo, plata, cobre y cadmio dan mayor respuesta en skarn y calizas, es decir; que estas rocas nos darian mayor información cuando los encontremos anómalos en superficie.

En las demás rocas se nota que contienen muy bajos valores, por lo que seria difícil encontrar cuerpos de reemplazamiento. Lo que no debemos olvidar es que las rocas detríticas (limolitas, areniscas), podrán tener valores anómalos, en partes donde hubo introducción de fluidos a través de planos de debilidad, fracturamiento o vetillas llevados a cabo mediante el patrón fuga.



EL SABER DE NOS  
HABIA MI GRANDE  
Faculta de Ingen  
Depto. Geolog  
BIBLIOTECA

## GEOQUIMICA DE ORIENTACION

### CORRELACION DE LOS ELEMENTOS (Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Cd, Mn)

ELEMENTOS	INDICE DE CORRELACION (r)
Au vs Ag	0.642
Au vs Pb	0.651
Au vs Zn	0.736
Au vs Mn	0.127
Au vs Cd	0.675
Ag vs Zn	0.525
Ag vs Pb	0.764
Ag vs Cu	0.569
Ag vs Mn	0.375
Ag vs Cd	0.471
Pb vs Zn	0.699
Pb vs Cu	0.523
Pb vs Mn	0.484
Pb vs Cd	0.588
Zn vs Cu	0.665
Zn vs Mn	0.381
Zn vs Cd	0.936

Podemos notar que la mejor correlacion es de los elementos:

$$\text{Zn} - \text{Cd} = r = 0.936$$

$$\text{Au} - \text{Cu} = r = 0.736$$

$$\text{Ag} - \text{Pb} = r = 0.764$$

$$\text{Pb} - \text{Zn} = r = 0.699$$

Fig. (7)

TESIS PROF. JORGE CASTILLO RIVAS.



**AREA SULTANA EUREKA**  
GEOQUIMICA DE ORIENTACION

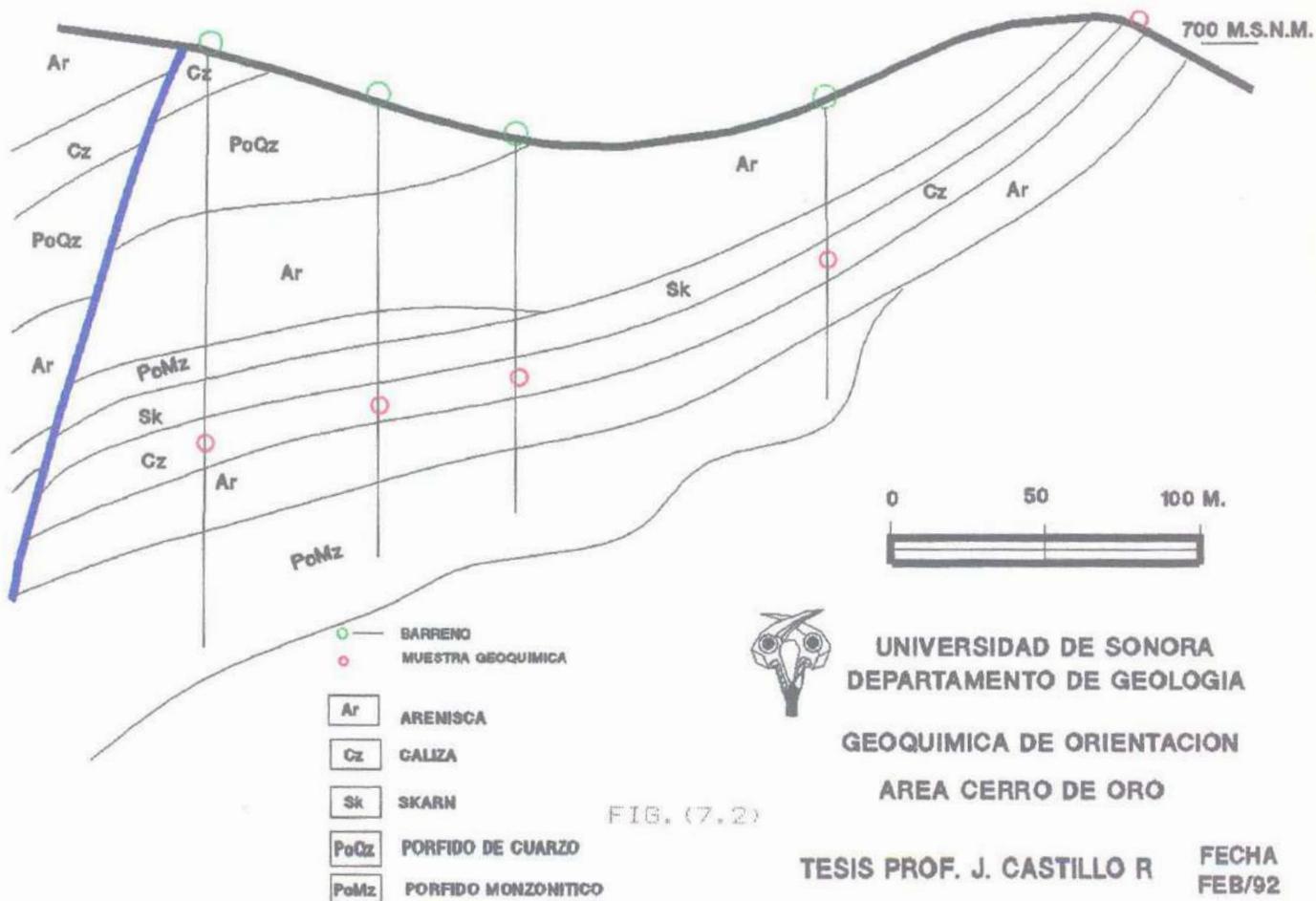
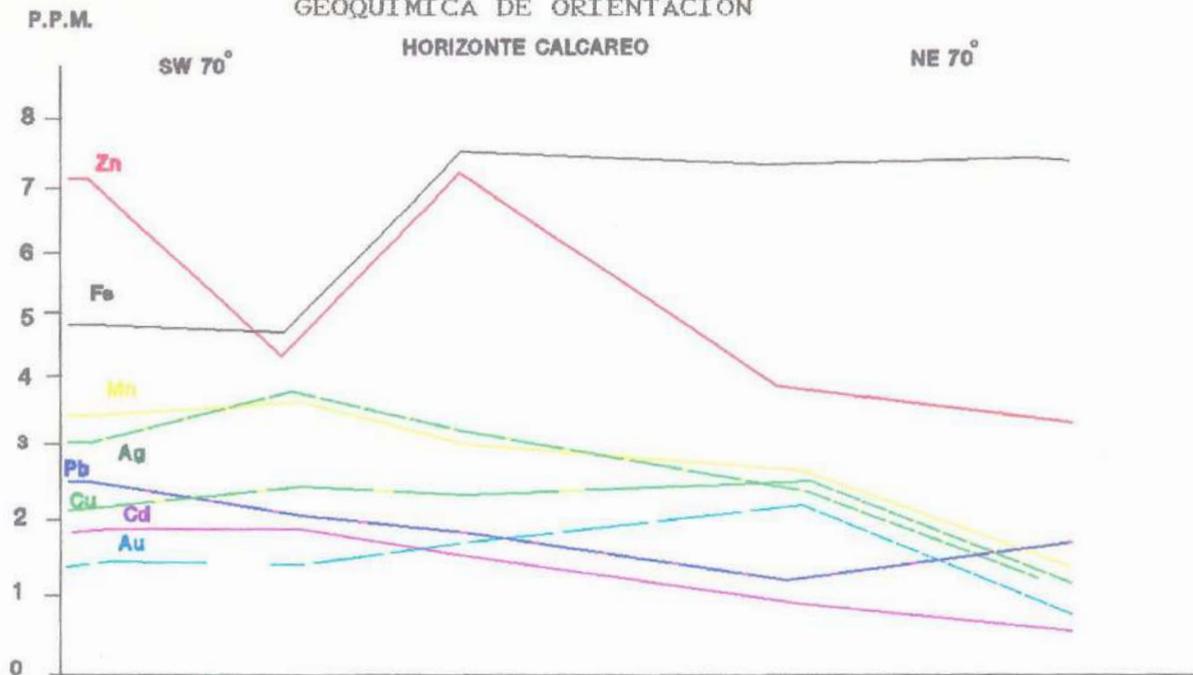


FIG. (7.2)



UNIVERSIDAD DE SONORA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
GEOQUIMICA DE ORIENTACION  
AREA CERRO DE ORO

TESIS PROF. J. CASTILLO R      FECHA  
FEB/92

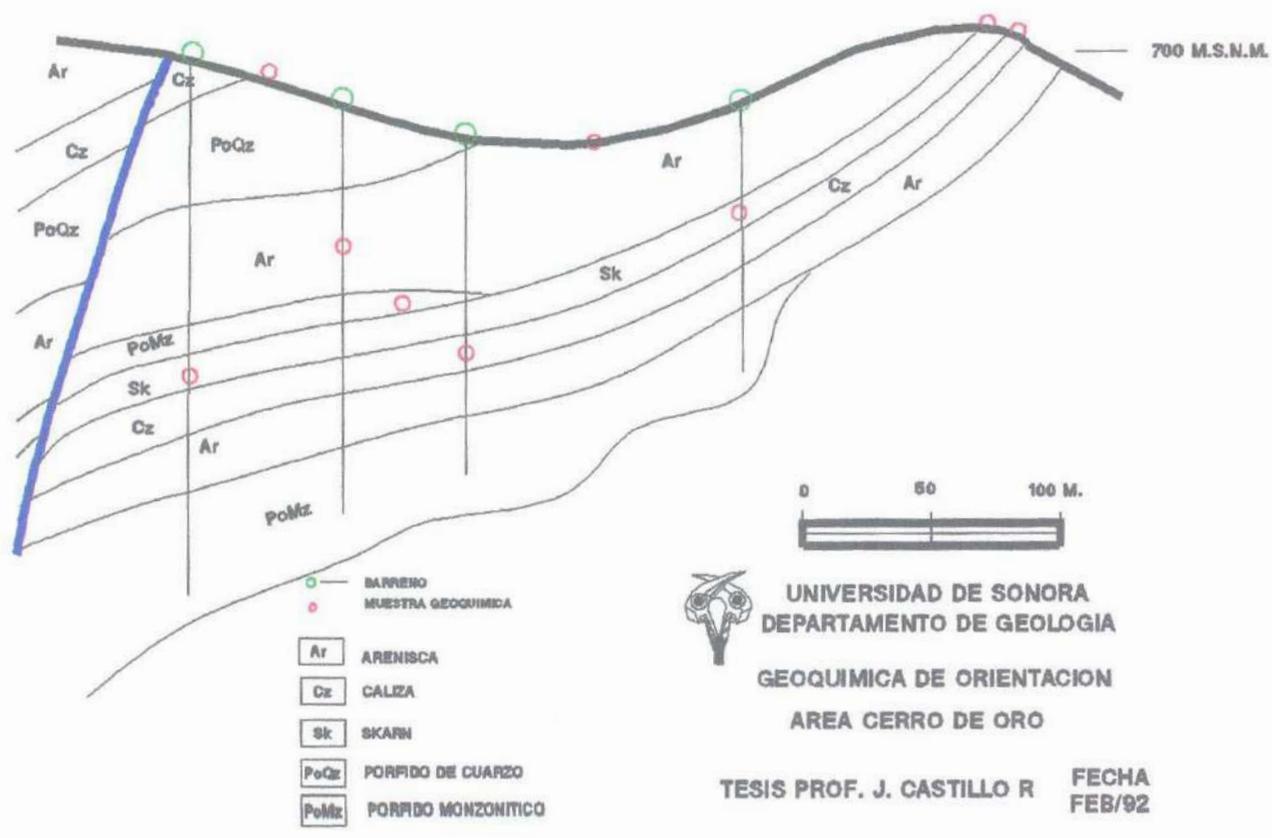
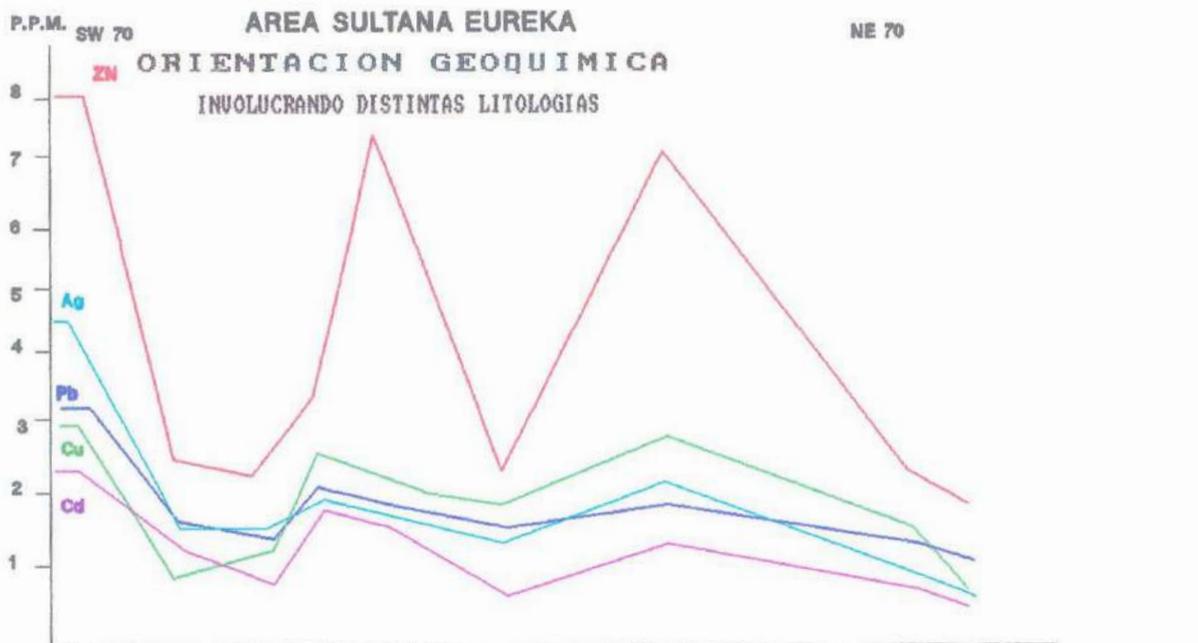


FIG.(7.3)

#### 5.4. TÉCNICAS ANALÍTICAS

Un primer requisito para realizar un estudio de exploración geoquímica efectivo, es contar con una muestra preparada correctamente y con procedimientos analíticos eficientes, esto es que sean de alta productividad, con bajos límites de detección, de alta precisión y con una repetitividad aceptable.

El análisis de materiales geoquímicos involucran cuatro pasos principales, estos son:

- 1.\_ La colección y la preparación de la muestra.
- 2.\_ Su descomposición.
- 3.\_ Separación de elementos buscados.
- 4.\_ Determinación de su concentración

A continuación mencionaremos un breve resumen de ellos. Las técnicas de colección y preparación de las muestras varían con el tipo de material. El secado y el tamizado en el campo, reduce el tamaño de la muestra que deberá ser transportada al laboratorio.

La descomposición de la muestra incluye el rompimiento de las fases sólidas para liberar los metales en forma fácil de extraer. Esto es llevado a cabo por uno de los siguientes procesos:

- a). Volatilización por medio de calentamiento mediante electricidad o llama.
- b). Fusión por medio de fundentes, ácidos alcalinos y oxidantes.
- c). Ataque de ácidos vigorosos usando ácidos minerales concentrados.
- d). Ataque con ácidos débiles, agua o agentes formadores de iones complejos.
- e). Oxidación usada para liberar constituyentes inorgánicos de vegetación o suelos orgánicos.

La separación trata de extracción del metal buscado por estimación, quedando los elementos que interfieren en la determinación.

La extracción del elemento frecuentemente dá como resultado de su concentración en otra fase separada. Esto incrementa la sensibilidad y confiabilidad del método, la separación puede ser llevada acabo en:

- a). Fase solida por precipitación o intercambio ionico.
- b). Fase de vapor por destilación o sublimación.
- c). Fase liquida por extracción con solventes a la formación de complejos.

La demanda de más exactitud y sensibilidad en los analisis de materiales geológico en años recientes a dado como resultado el desarrollo de analisis como son: Spectrofotometria de absorción atómica (A.A.S), Inductivel coupled plasma spetrometry (I.C.P), Flurecencia de rayos -X (X.R.F) y analisis por activación de neutrones (I.N.A.A) etc.

La asombrosa capacidad analitica de estos métodos, frecuentemente se nulifica debido a la mala preparación de las pulpas o a una incorrecta digestión química de las mismas.

La descomposición química de las muestras presenta en ocasiones problemas que hay que resolver, ya que los métodos de A.A.S y I.C.P, requieren que los elementos a analizar sean introducidos a los instrumentos en solución.

El ácido fluorhídrico es el único que descompone y disuelve los silicatos contenidos en las muestras clásticas y litogeoquímicas. Las cantidades de metal extraído por la digestión química, no es

total; dependerá de la mineralogía de la muestra, de ácidos utilizados, de la proporción ácido - muestra, del tiempo de ataque y de la temperatura de extracción, (Fletcher 1981, 1987 en Morales R.J 1991).

## 5.5. INTERPRETACION ESTADISTICA

### 5.5.1. Definición de conceptos y parámetros.

Una condición muy importante que debe cumplir un conjunto de datos, para poder ser interpretado es que sean los mas homogéneos posibles, en caso de tener 2 o mas grupos homogéneos entre si, se interpretan independientemente. Una vez que se tiene el grupo de muestras con las características mencionadas, lo primero que debemos investigar es el tipo de distribución que sigue y si presenta una única población o si existe otra que pudiera ser la anómala. Sinclair A.J (1989).

Para comprender un poco más la primera parte del párrafo anterior, referente al tipo de distribución, mencionaremos que para que un elemento migre, se necesita una fase móvil, dentro de una inmóvil, un mecanismo de transporte y una matriz donde ocurre un patrón de dispersión; esta matriz es el ambiente de depositación.

La necesidad de agilizar todo el conjunto de datos, fue indispensable el uso de computadora mediante paquetes estadísticos y de cálculo. En este caso se creo una base de datos en lotus 1 - 2 - 3. para posteriormente importarlos a statgraphics y minitab, obteniendo curvas de distribución de frecuencias, gráficas de frecuencias acumulativas, histogramas y los parámetros necesarios para calcular el background y treshold. Antes de comenzar con los conceptos utilizados aquí, vamos a poner las siguientes abreviaciones que vienen en las tablas de resumen de parámetros.

N = Numero de muestras.

Min = Valor minimo

Min Log = Valor minimo en logaritmo.

Max. = Valor máximo

Max Log = valor máximo en logaritmo.

INT.LOG = Intervalo logaritmico

Bg = Background (Valor de fondo).

Bg Log = Background en logaritmo

TH = Treshold ( Umbral)

TH Log = Treshold en logaritmo.

S = Desviación standart.

S Log. Desviación geométrica.

La experiencia de muchos geólogos y geoquímicos enseña que muchos procesos naturales, muestran una distribución normal o lognormal. Particularmente en geoquímica la mayoría tienen una distribución log - normal.

No es suficiente el hecho de meter datos de muestras geoquímicas en una computadora, sino saber la procedencia de estas; es decir el tipo de roca, alteración, intemperismo, si fue tomada de una estructura o vetillas etc. Esto con la finalidad de poder agrupar poblaciones, discriminar ciertas muestras y llegar a configurar la distribución de los elementos y la dispersión.

Una vez conocido lo anterior se puede agrupar considerando varias poblaciones, si las hay, para poder homogenizar y dar nuestros parámetros mas representativos de cada grupo de datos. Después de ver obtenido la serie de parámetros, es necesario ver la distribución muestral; la manera mas fácil de visualizar es

mediante construcción de histogramas y curvas de frecuencia acumulada, para esto se tiene que hacer lo siguiente:

- a). Agrupar los valores dentro de un número adecuado de clases.
- b). Calcular la frecuencia de la ocurrencia en cada clase y graficar los límites de clase, es decir contruir un histograma.
- c). Suavizar el histograma para poder obtener la curva de frecuencia correspondiente.
- d). Graficar las frecuencias acumuladas como ordenadas para obtener la curva de frecuencias acumulativas, en función de los porcentajes de ocurrencia integrados hasta el 100 %.

Para interpretar correctamente es indispensable dar un adecuado agrupamiento de valores; cuando se selecciona muy pocas clases se enmascara importantes características de las curvas, cuando dan demasiadas se pierden detalles valiosos yá que resaltan los valores erráticos.

La base de la interpretación geoquímica son los parámetros que se obtienen mediante la estadística como son:

Background.\_ Es el contenido normal de un elemento en una roca suelo, agua, vegetal, gas etc.

Estadísticamente se toma como la media acumulativa que corresponde al 50 % . Lepeltier C. (1969).

Threshold .\_ Se define como el rango de seguridad en donde el límite inferior es el superior del background y el límite superior es el inferior de la anomalía. Tal como se muestra en la Fig. (8). La definición de threshold es una que ha tenido múltiples interpretaciones de acuerdo con el autor consultado. Lepeltier y otros, el background se computa de curvas de

ESTIMACION DE LOS DIFERENTES RANGOS

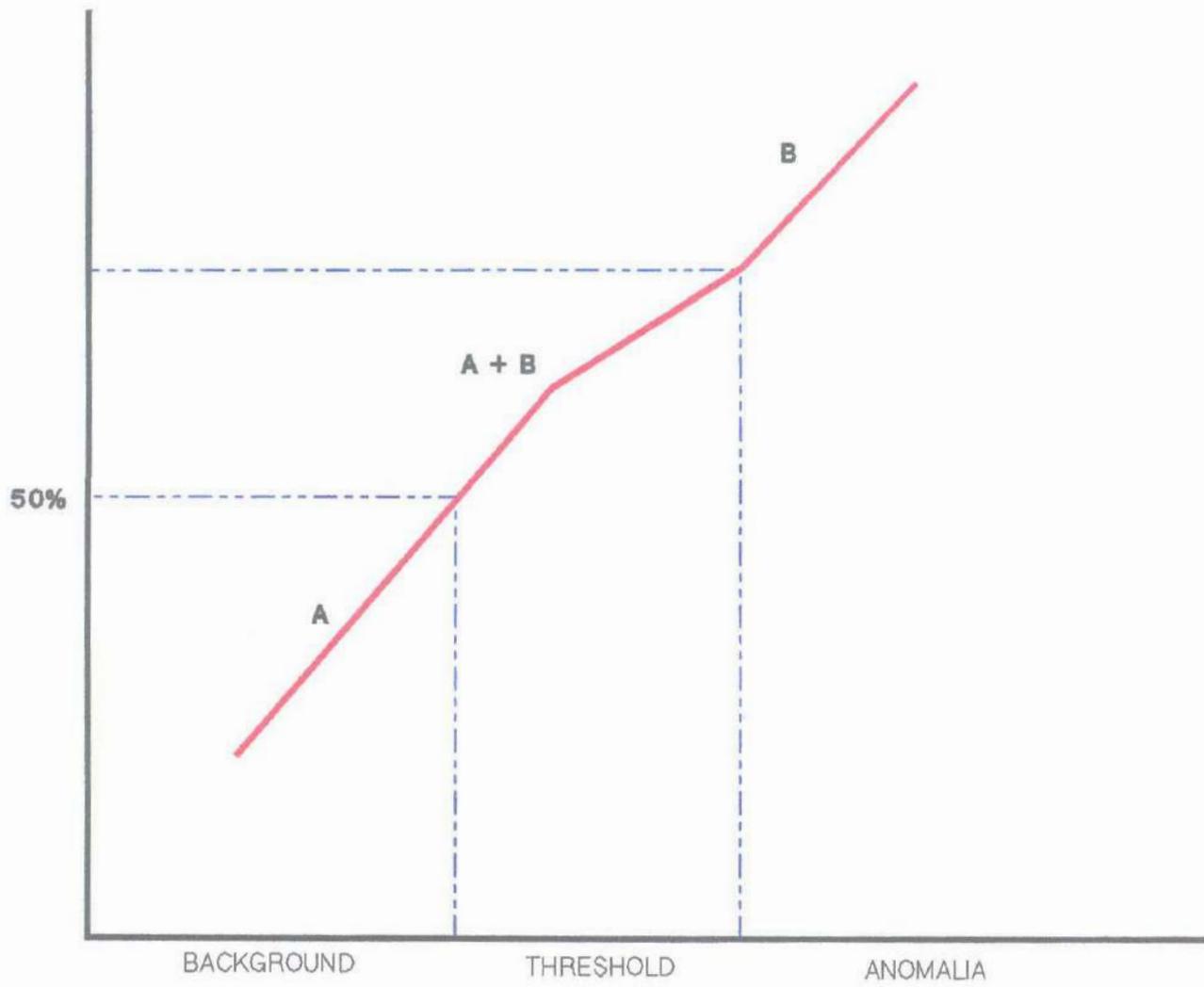


Fig. (B)



frecuencias acumulativas, como el valor correspondiente al percentil de 50 % de frecuencia y el threshold al 78 %. Por parte B. Bolviken (1971) en forma similar la media 50 % y el threshold la media mas multiplos de la desviación standart. Mientras que divide las distribuciones en normales y anormales. De acuerdo con G. R. Parslow el valor del threshold se establece en el percentil de 75 % de los valores en la curva de frecuencias acumulativas, J.S. Fox el threshold lo considera en un 92 %. Levinson (1974) el threshold lo pone utilizando el 80 % de las frecuencias acumulativas. Para efectos de interpretación se ha encontrado que la técnica sugerida por Hawkes y Webb (1962) tienen varias ventajas sobre el caos de opiniones antes mencionados. Para una población de valores simetricamente distribuidos ya sea normalmente o log-normalmente, el threshold puede ser de una manera práctica; definido como la media mas dos veces la desviación standart. Esta fórmula es utilizada en este trabajo.

Threshold =  $X + 2S$  Nivel de 95 % de confianza.

Threshold =  $X + 3S$  Nivel de 99 % de confianza.

Esto significa que nivel de 95 % de confianza, sería que la probabilidad del valor de fondo (background) se presente arriba del threshold (umbral) son 20 a 1 o sea 95 % de los valores de fondo se presentan abajo del limite propuesto.

Anomalia . \_ Es la divergencia en los resultados geoquímicos de un área con respecto al background y threshold de la misma.

Desde el punto de vista de la exploración geoquímica A.W. Hawkes (1957), define a una anomalia como un área donde las propiedades

Medidas de dispersión. Variancia, es el promedio de las desviaciones de todas las posibles observaciones con relación a la media de una población elevadas al cuadrado.

químicas de un material de ocurrencia natural, indica la presencia de un depósito mineral en la vecindad, quedando como variables sus dimensiones y sus concentraciones metálicas.

Las anomalías pueden ser:

- a). Significativas, son aquellas detectadas por más de una muestra y se encuentran apoyadas por las de la periferia. Por otra parte debe de haber interés de tipo geológico.
- b). Erráticas, con este calificativo, englobamos todos aquellos valores aislados, que no muestren apoyo por los resultados de las muestras vecinas.

Vamos a mencionar y definir algunos términos usados en la estadística descriptiva. Miller, Irwin y Freund (1965).

Moda . \_ Valor que se presenta con mayor frecuencia.

Mediana. \_ Valor más centrado en la gráfica; en una colección de datos ordenados es el valor medio o la media aritmética de los valores medios.

Media. \_ También conocida como media aritmética, es definida como la suma de todas las observaciones dividida entre el número de observaciones.

De las tres medidas de tendencia central mencionadas anteriormente. La media de las muestras se considera como una mejor estimación del valor central de una población.

Medidas de dispersión. Variancia, es el promedio de las desviaciones de todas las posibles observaciones con relación a la media de una población elevadas al cuadrado.

$$\text{Variancia} = \sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{n}$$

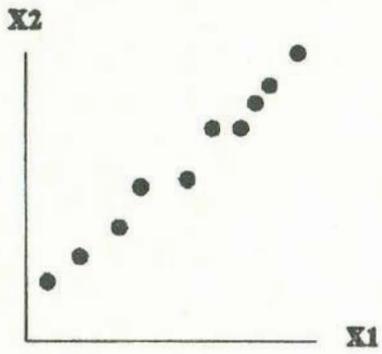
Desviación standart. La raíz cuarada de la variancia . Una desviación standart pequeña significa que las observaciones se encuentran apiñadas contra el valor central, por el contrario una desviación standart grande, significa que los valores se encuentran ampliamente dispersos en torno a la media y la tendencia de agruparse es débil.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2}{n(n-1)}}$$

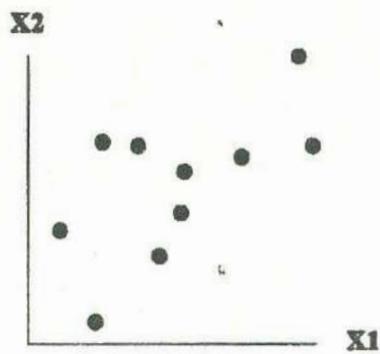
Otro de los conceptos estadísticos elementales además de los mencionados anteriormente, es el índice de correlación. El índice de correlación es una estimación de la dependencia de los valores de dos o más elementos, ejem. o sea que si el valor de plomo baja en un punto, el zinc también baja, si así es, habría una correlación directa y buena, si suben, sería buena pero inversa. Lo importante es llegar a una estimación de toda la población, para sacar conclusiones válidas. El índice de coorrelación varía entre 0 y 1 cuando es directa y entre 0 y -1, si es inversa; el cero es una total independendencia y el uno es una total dependencia, tal como podemos ver algunos casos de diferentes índices de correlación en la Fig. (9).

Los paquetes estadísticos statgraphics, minitab, excell, incluyen este tipo de analisis; sin embargo mencionaremos las formas de como calcular el índice de correlación en varios casos.

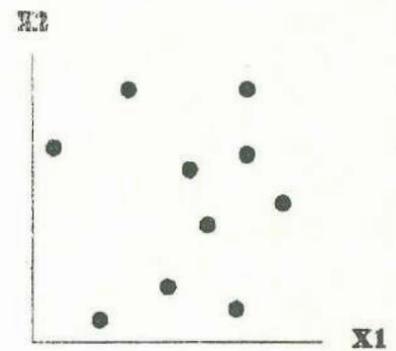
DIAGRAMAS QUE MUESTRAN DIFERENTES INDICES DE CORRELACION ENTRE DOS VARIABLES



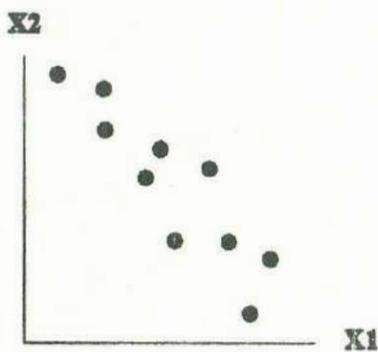
A  $r = .98$



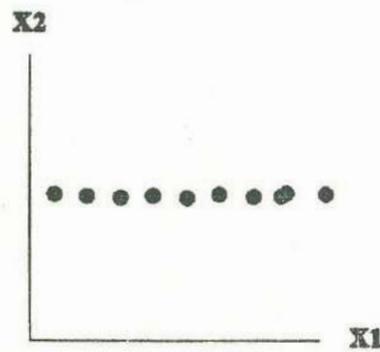
B  $r = 0.54$



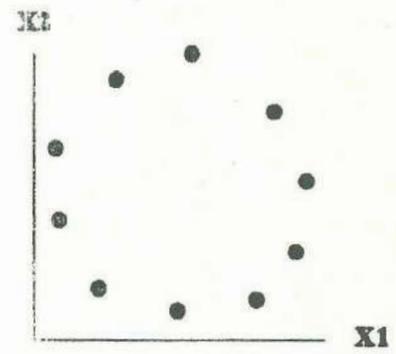
C  $r = 0.16$



D  $r = -0.90$



E  $r = \text{INDEFINIDA}$



F  $r = 0.0$

Fig. (9)

Coefficiente de correlación de Pearson (r).

$$r = \frac{\Sigma xy - \frac{(\Sigma x \cdot \Sigma y)}{n}}{\left[ (\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n}) (\Sigma y^2 - \frac{(\Sigma y)^2}{n}) \right]^{1/2}}$$

Se hace notar que el coeficiente de correlación (r), provee de una estimación de probabilidad válida, solo en caso de que los datos estén normalmente distribuidos o su transformación logarítmica halla sido efectuada, en caso de que la distribución sea log-normal.

Cuando la distribución de datos por comparar no se encuentren normalmente distribuidos y en particular cuando el número de muestras es pequeño, se utiliza el rango de correlación de Sperman:

- 1). Los grupos de datos se acomodan en dos columnas en orden progresivo y se observa si existe pares de datos repetidos.
- 2). Si no existen datos repetidos en ambas columnas se utiliza la formula:

$$r_s = \frac{6 \Sigma d^2}{n^3 - n} \quad \begin{array}{l} n = \text{numero de pares} \\ d = \text{diferencia en cada par} \end{array}$$

- 3). Si hay datos repetidos se utiliza la formula:

$$r_s = \frac{A + B - \Sigma d^2}{2 (AB)^{1/2}} \quad \begin{array}{l} A = \frac{n^3 - n - \Sigma Ta}{12} \\ B = \frac{n^3 - n - \Sigma Tb}{12} \end{array}$$

## 5.52 INTERPRETACION ESTADISTICA SULTANA - EUREKA

Entre los cálculos algunas de las muestras tienen que ser eliminadas, ya que estas se encuentran disparadas con respecto al background, lo cual significa que son muestras anómalas, es decir o son muy bajos o muy altos sus valores. Unicamente en Sultana se tomaron muestras de plata, siendo mayor cantidad para este. A continuación mencionaremos las características de cada uno de los elementos.

Elemento plomo (Pb), Sultana - Eureka. El plomo se comporta ligeramente disperso, su desviación standart es pequeña y su distribución es log-normal. Contiene un pequeño exceso de valores altos, lo cual podemos notar en el histograma ligeramente sesgado hacia la derecha. Ver tabla de la Fig. (10) y Fig. (10.1a) y Fig. (10.1b).

El background es de 75.8 y log. de 4.25, tiene un threshold de 138.3 y log. de 4.92. Podemos notar como nuestra media se encuentra cargada hacia la derecha, la moda hacia la izquierda y la mediana entre las dos.

Elemento zinc (Zn), Sultana - Eureka. En este caso el zinc muestra una dispersión semejante a la del plomo, ajustando a una distribución log-normal. El zinc contiene bastantes valores anómalos, los cuales son excluidos de los cálculos.

Los valores de tendencia central se encuentran muy juntos, lo cual indica que la distribución es aproximadamente simétrica.

El background es de 55.8 y log. de 4.02, el threshold es de 96.1

y valor de logaritmo natural de 4.561. Ver la tabla de la Fig. (11) y las figuras (11.1a) y (11.1b).

Elemento cobre (Cu), Sultana - Eureka. La dispersión es mas baja que la del plomo y la del zinc. Su distribución es log-normal, mayormente sesgada hacia la derecha con respecto al plomo.

Se muestra un ligero exceso de valores altos a la derecha, marcando los rangos anómalos dentro de la población, la moda se carga hacia la izquierda y al extremo derecho la media y entre las dos la mediana. El background es de 15.9 y log. de 2.68, el threshold es de 29.45 y log. es de 3.48. Se puede notar que los valores del cobre con respecto a plomo - zinc son mucho más pequeños. Ver tabla de la Fig. (12) y Figs. (12.1a) y (12.1b).

Elemento plata (Ag), área Sultana. Solamente en Sultana se ensayó por plata obteniendo la mayoría de sus muestras valores muy bajos. La dispersión es débil fuertemente apifada al valor medio. La distribución es log-normal con una aproximación simétrica, en donde los valores de tendencia central, moda, media y mediana se encuentran muy estrechos entre sí. Los valores anómalos son escasos lo cual no es muy significativo. El background es de 3.05 y log. de 1.03, el threshold es de 5.23 y log. de 1.91. Ver tabla de la de la Fig(13) y Figs. (13.1a) y la Fig. (13.1b).



EL SABER DE MIS DIAS  
HAY EN MI GRANDEZ  
Escuela de Ingenieros  
Depto. Geología  
BIBLIOTECA

## PROSPECTO CERRO DE ORO

### AREA SULTANA EUREKA

#### RESUMEN DE PARAMETROS

ELEMENTO	N	MIN <sub>LOG</sub>	MAX <sub>LOG</sub>	INT.LOG.	B <sub>g</sub> LOG	TH <sub>LOG</sub>	S <sub>LOG</sub>					
PLOMO (Pb)	64	38	3.6	160	5.07	.25	75.8	4.25	138.3	4.92	31.2	5.004

#### TABLA DE FRECUENCIAS PLOMO

MARCA DE CLASE	FRECUENCIA	FRECUENCIA %	FRECUENCIA ACUM. %
3.62	5	7.8	100
3.87	10	15.6	91.9
4.12	18	28.1	76.3
4.37	14	21.8	48.2
4.62	10	16.6	26.4
4.87	4	6.2	10.8
5.1	3	4.68	4.68

Fig. (10)



UNIVERSIDAD DE SONORA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
AREA SULTANA EUREKA

PROSPECTO CERRO DE ORO

TESIS PROF. J. CASTILLO R

FECHA  
FEB/92

HISTOGRAMA ELEMENTO Pb  
AREA SULTANA EUREKA

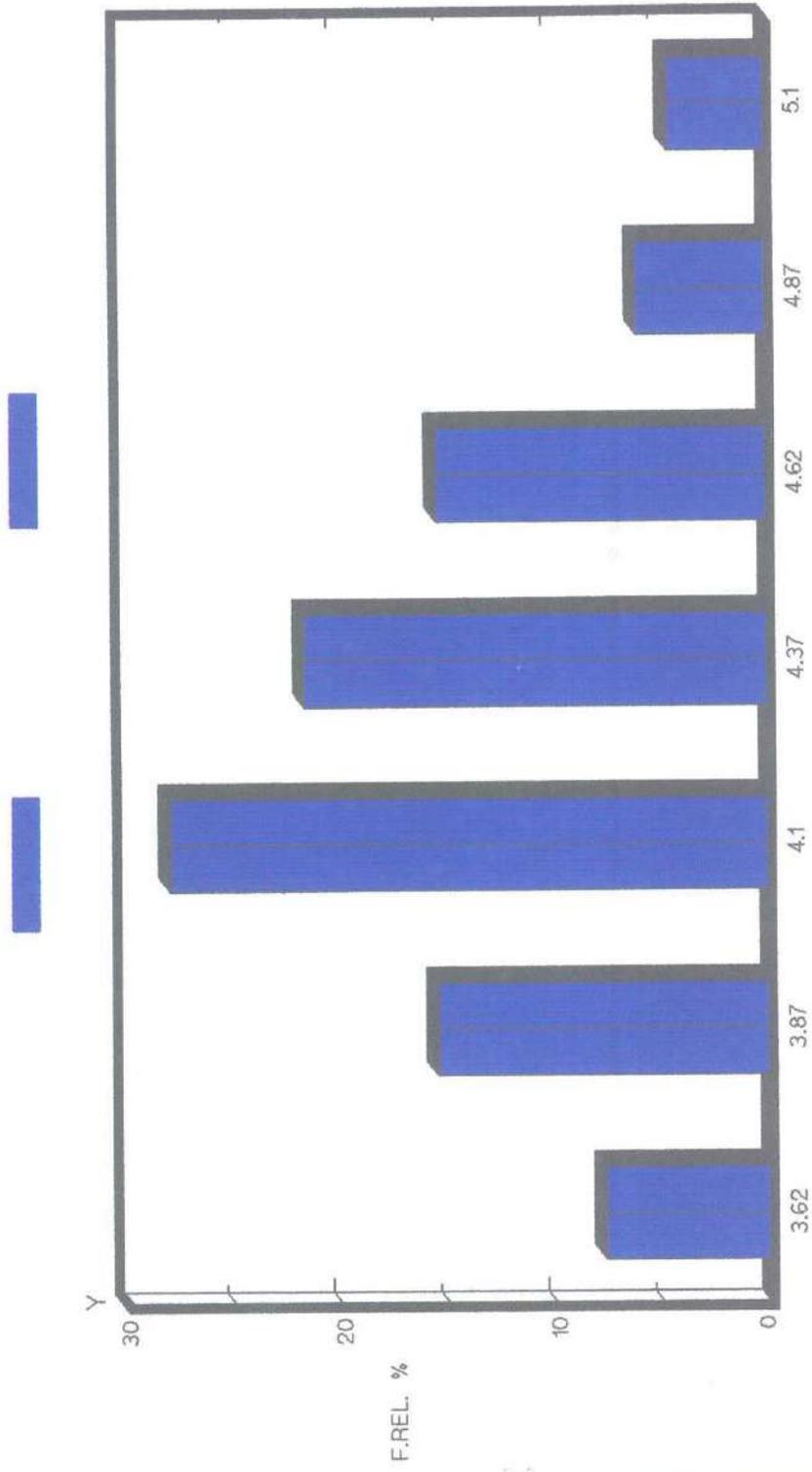


Fig. (10.1a)

ELEMENTO Pb ESC: LOG.

UNISON DPTO. GEOLOGIA TESIS PROF. J.CASTILLO R.

GRAF.DIST. ACUM: ELEMENTO Pb  
AREA SULTANA

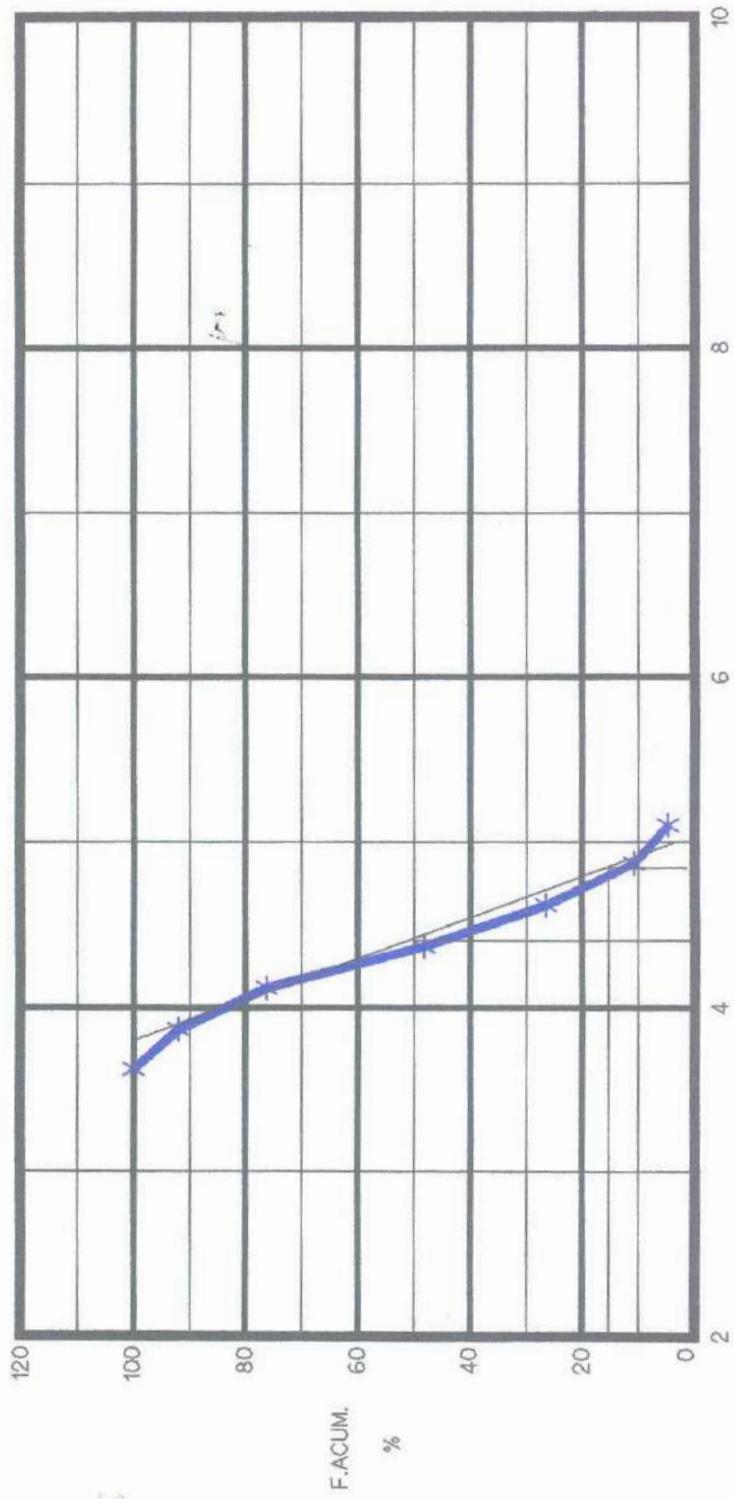


Fig. (10.1b)

ELEMENTO PLOMO EN P.P.M. ESC: LOG.

UNISON DPTO. GEOLOGIA TESIS PROF. J. CASTILLO R.

**PROSPECTO CERRO DE ORO**  
**AREA SULTANA EUREKA**

**RESUMEN DE PARAMETROS**

ELEMENTO	N	MIN		MAX		INT.LOG.	Bg		TH		S	
		LOG		LOG			LOG		LOG			
ZINC (Zn)	51	30	3.4	114	4.73	.20	55.8	4.02	58.57	4.67	1.38	.3283

**TABLA DE FRECUENCIAS ZINC**

MARCA DE CLASE	FRECUENCIA	FRECUENCIA %	FRECUENCIA ACUM. %
3.4	2	3.9	100
3.6	8	15.6	95.76
3.8	10	19.6	80.16
4.0	11	21.5	60.56
4.2	9	17.6	39
4.4	7	13.7	21.4
4.6	3	5.8	7.76
4.8	1	1.96	1.96

Fig. (11)



**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**AREA SULTANA EUREKA**

**PROSPECTO CERRO DE ORO**

**TESIS PROF. J. CASTILLO R**      FECHA  
FEB/92

HISTOGRAMA ELEMENTO Zn  
AREA SULTANA EUREKA

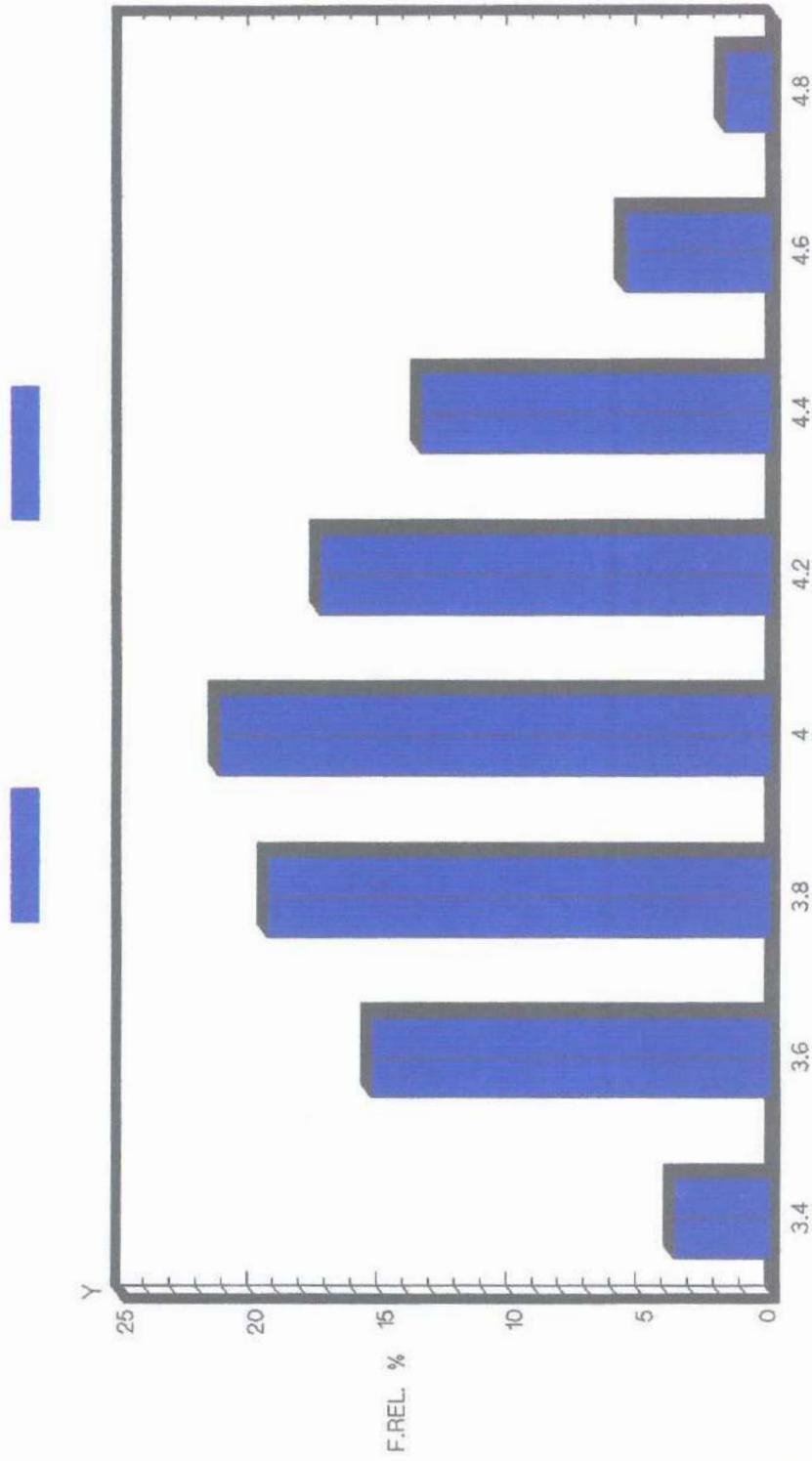


Fig. (11.1a)

ELEMENTO Zn ESC: LOG.

UNISON DPTO. GEOLOGIA TESIS PROF. J.CASTILLO R.

GRAF.DIST. ACUM: ELEMENTO Zn  
AREA SULTANA EUREKA

X

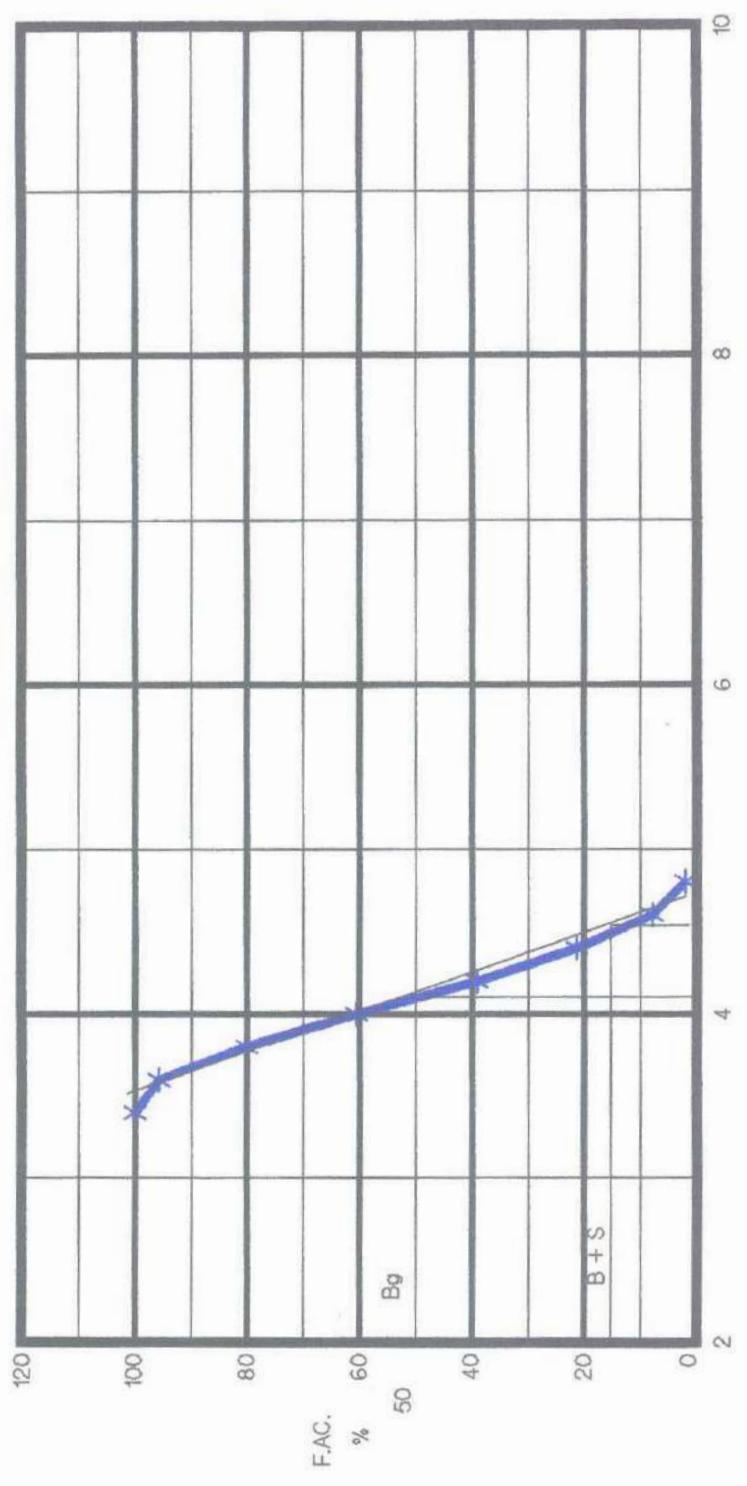


Fig. (11.1b)  
ELEMENTO ZINC EN P.P.M. ESC: LOG.  
DPTO. GEOLOGIA TESIS PROF. J.CASTILLO



EL SABER DE MIS HIJOS  
HAY EN SU GRANDEZA  
Escuela de Ingenieros  
Depo. Geología  
BIBLIOTECA

## PROSPECTO CERRO DE ORO

### AREA SULTANA EUREKA

#### RESUMEN DE PARAMETROS

ELEMENTO	N	MIN LOG	MAX LOG	INT.LOG.	Bg LOG	TH LOG	S LOG					
COBRE (Cu)	53	6	1.79	36	3.58	.20	15.9	2.68	29.45	3.48	6.77	.4092

#### TABLA DE FRECUENCIAS COBRE

MARCA DE CLASE	FRECUENCIA	FRECUENCIA %	FRECUENCIA ACUM. %
2.2	2	4.08	100
2.4	9	18.3	95.74
2.6	13	26.5	77.4
2.8	10	20.4	50.94
3.0	7	14.28	30.5
3.2	4	8.1	16.25
3.4	2	4.08	8.16
3.6	2	4.08	4.08

Fig. (12)



UNIVERSIDAD DE SONORA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

AREA SULTANA EUREKA

PROSPECTO CERRO DE ORO

TESIS PROF. J. CASTILLO R      FECHA  
FEB/92

HISTOGRAMA ELEMENTO Cu  
AREA SULTANA - EUREKA

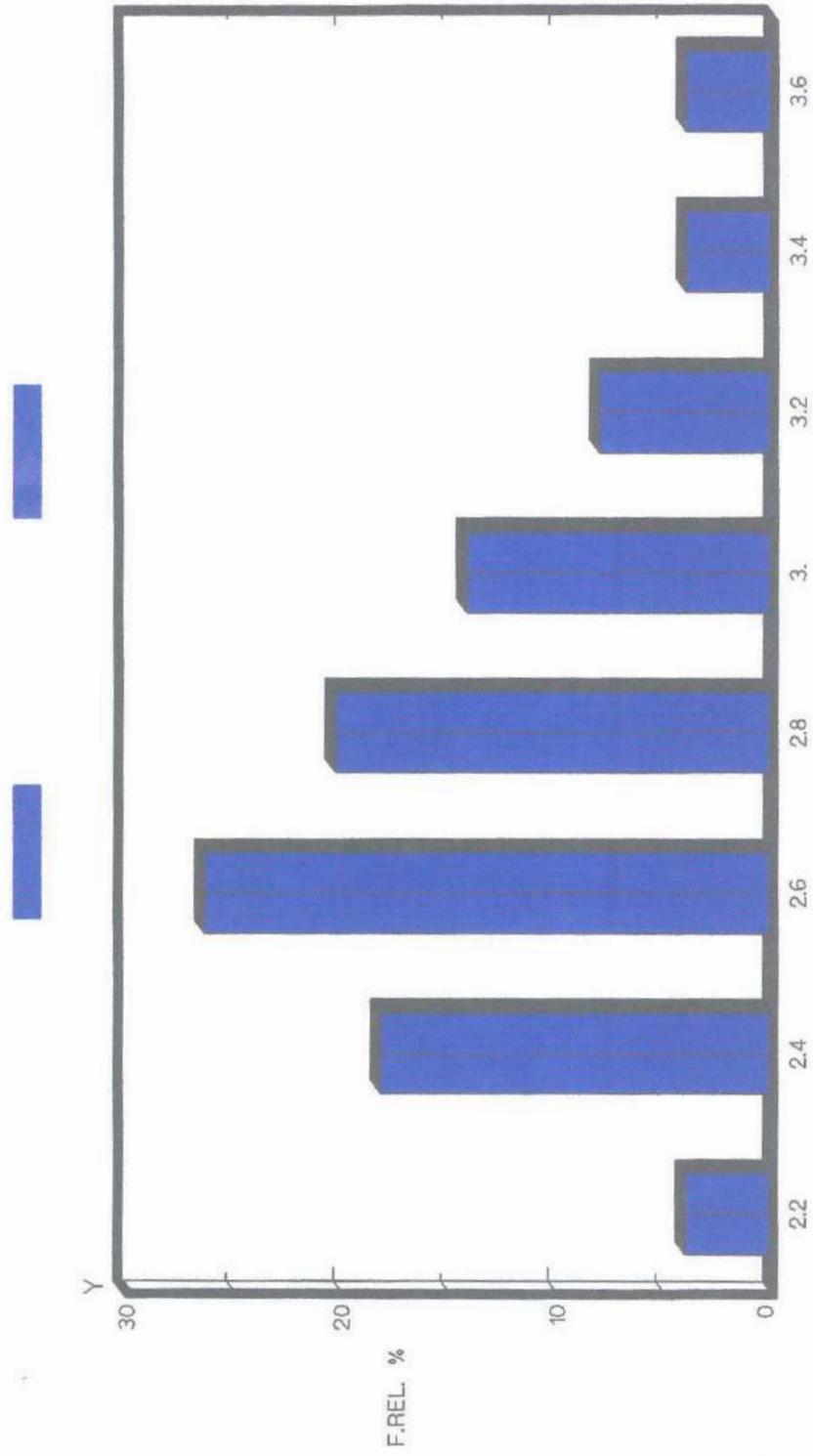


Fig. (12.1a)

ELEMENTO Cu ESC: LOG.  
UNISON DPTO. GEOLOGIA TESIS PROF. J. CASTILLO R.

GRAF.DIST. ACUM: ELEMENTO Cu  
 AREA SULTANA EUREKA

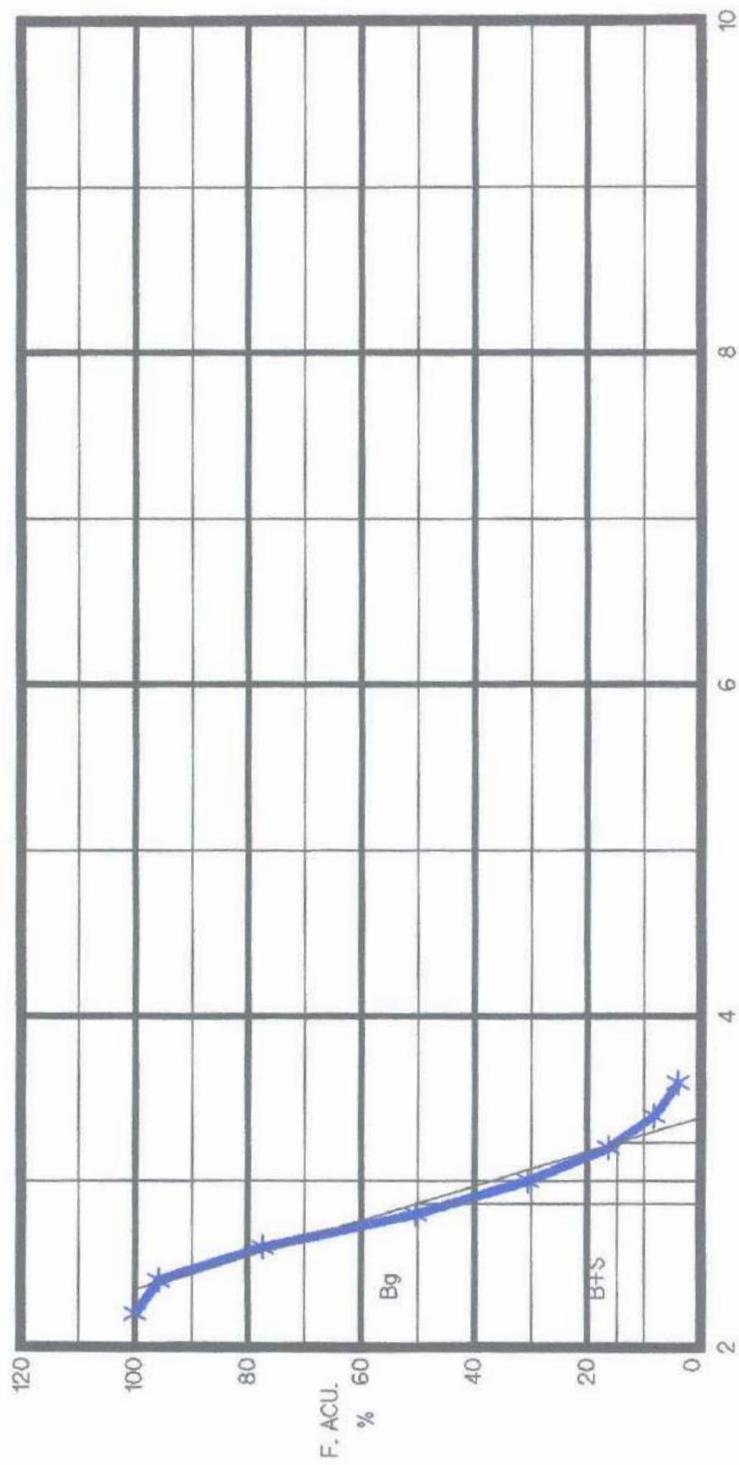


Fig. (12.1b)

ELEMENTO COBRE EN P.P.M. ESC: LOG.

UNISON DPTO. GEOLOGIA TESIS PROF. J. CASTILLO R.

## PROSPECTO CERRO DE ORO

### AREA SULTANA EUREKA

#### RESUMEN DE PARAMETROS

ELEMENTO	N	MIN		MAX		INT.LOG.	Bg		TH		S	
		LOG	LOG	LOG	LOG		LOG	LOG	LOG	LOG		
PLATA (Ag)	99	.6	-.51	5.8	1.75	.158	3.05	1.03	5.23	1.91	1.09	.0445

#### TABLA DE FRECUENCIAS PLATA

MARCA DE CLASE	FRECUENCIA	FRECUENCIA %	FRECUENCIA ACUM. %
0.658	4	4.4	100
0.816	14	15.55	95.52
0.974	18	20	79.97
1.132	19	21.1	59.97
1.29	15	16.6	38.87
1.448	12	13.33	22.2
1.606	6	6.66	8.88
1.764	2	2.22	2.22

Fig. (13)



UNIVERSIDAD DE SONORA  
 DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

AREA SULTANA EUREKA

PROSPECTO CERRO DE ORO

TESIS PROF. J. CASTILLO R. FECHA  
 FEB/92

HISTOGRAMA ELEMENTO Ag  
AREA SULTANA

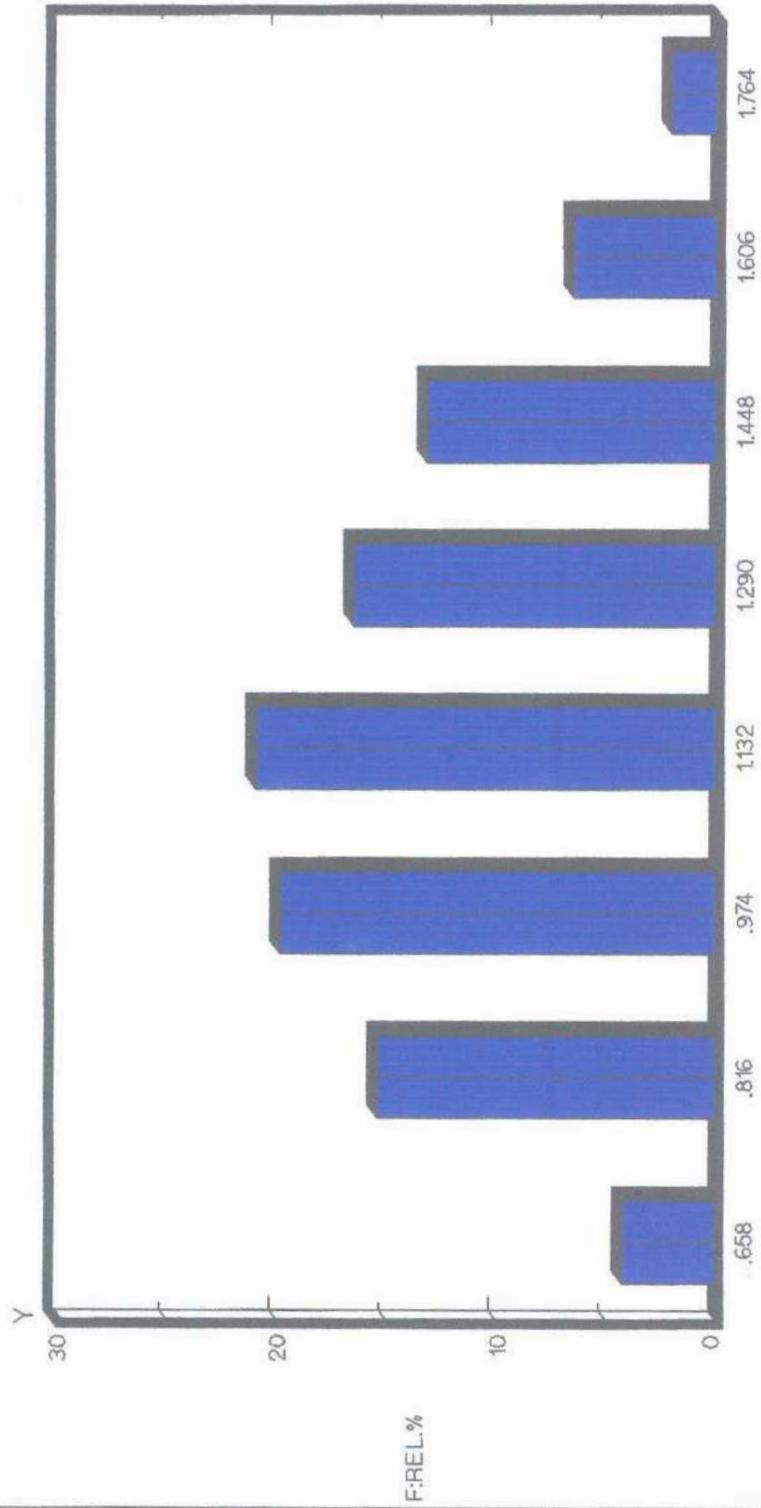


Fig. (13.1a)

ELEMENTO PLATA EN P.P.M. ESC:LOG.

UNISON DPTO.GEOLOGIA TESIS PROF. J. CASTILLO R.

GRA. DIST. ACUM ELEMENTO Ag  
 AREA SULTANA EUREKA

—\*

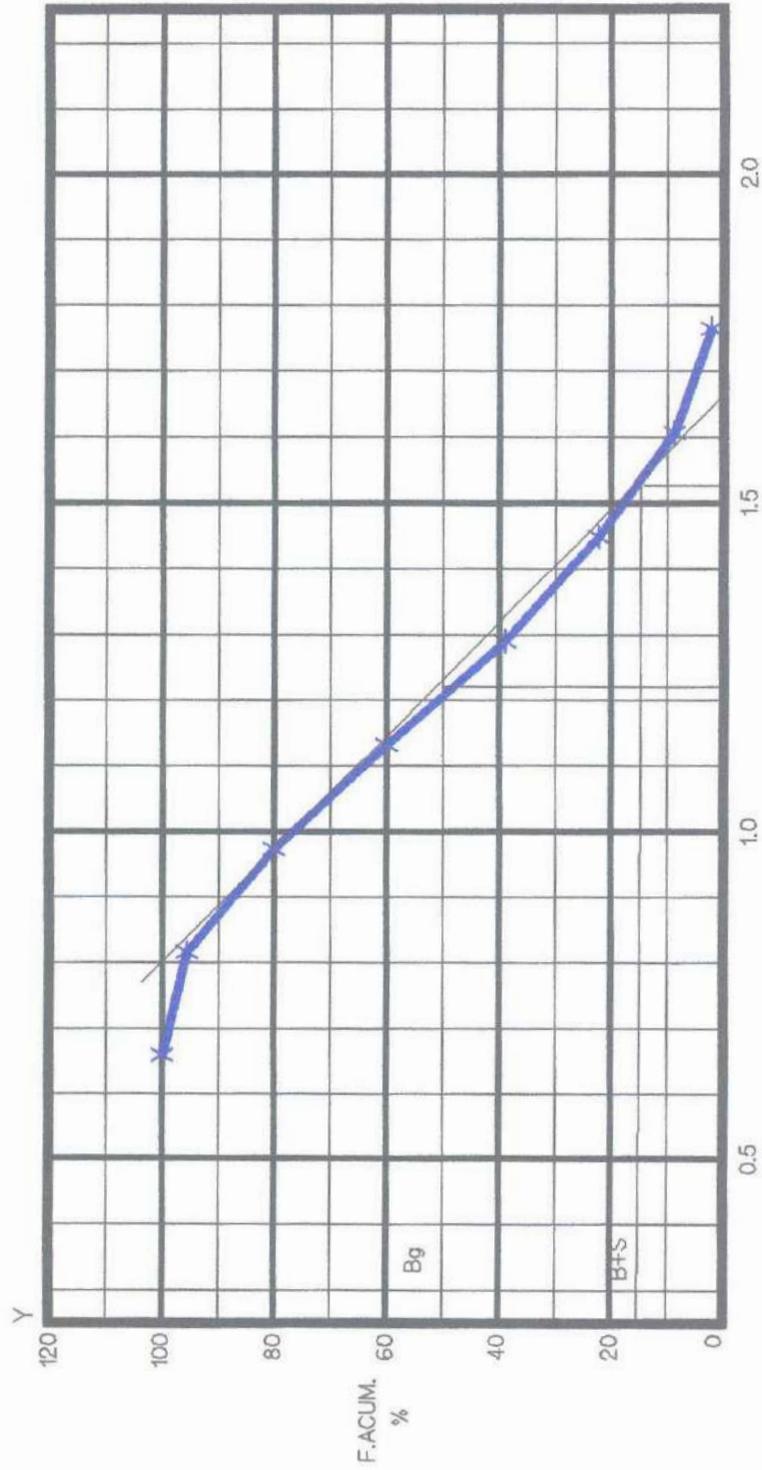


Fig. (13.1b)

ELEMENTPO Ag ESC:LOG.

UNISON DPTO. GEOLOGIA TESIS PROF.J. CASTILLO R.

### 5.53. INTERPRETACION ESTADISTICA AREA CERRO COLORADO

El área muestreada en Cerro Colorado, es relativamente pequeña de aproximadamente 20,000 m<sup>2</sup>. En la cual se tomaron pocas muestras. Estas fueron ensayadas por los elementos ( Pb, Zn, Cu ) y posteriormente por los elementos plata (Ag) y cadmio (Cd). En geoquímica muchas veces no es válido hacer interpretación con tan pocas muestras, pero sí es representativo en áreas tan pequeñas. A continuación describiremos el comportamiento de cada uno de los elementos en esta área

Elemento plomo (Pb), Cerro Colorado. Las gráficas muestran una distribución aproximadamente log-normal y ligeramente simétrica. La dispersión es de moderada a alta, su moda se encuentra centrada y muy estrecha a los valores de la media y mediana. La acumulación de valores altos son más frecuentes hacia el lado derecho del histograma. El background es de 57.59 y log. de 3.99, el threshold es de 95.23 y valor log. de 4.67. Como se muestra en la tabla de la Fig. (14) y las Figs. (14.1a) y (14.1b).

Elemento zinc (Zn), Cerro Colorado. El zinc se muestra fuertemente disperso con una desviación standart grande, mucho mayor a la de los otros elementos y similar a la de Sultana - Eureka. La distribución que se ilustra en el histograma; se puede notar un descenso de la frecuencia en la parte media e incrementa a la derecha, mostrando una tendencia de dos jorobas en el histograma. En la gráfica de frecuencias acumulativas podemos notar un brusco quiebre en la recta, en el trayecto hacia los valores altos;



Podemos interpretar varias cosas de esta distribución.

1. Existen dos poblaciones diferentes
2. Marcan dos eventos de mineralización de zinc.

El background es de 74.83 y log. de 4.24, el threshold es de 131.93 y log. de 4.98. Ver la tabla de la Fig. (15) y las figuras (15.1a) y (15.1b).

Elemento cobre (Cu), Cerro Colorado. El cobre contiene una distribución aproximadamente log-normal, sesgada hacia el lado derecho, acumulando un ligero exceso de valores altos a la derecha. La desviación standart es pequeña, la cual nos indica que el elemento no tubo mucha movilidad y por lo tanto, se encuentra muy ligado a la media. La moda se carga hacia la izquierda y mas hacia la derecha se encuentra la media y la mediana entre estas.

El background es de 14.66 y log. de 2.56, el threshold es de 30.38 y log. de 3.53. Ver la tabla de la Fig. (16) y las figuras (16.1a) y Fig. (16.1b).

Elemento plata (Ag). Cerro Colorado. La distribución es aproximadamente log-normal y simétrica. Contiene mayor frecuencia de valores hacia la derecha lo cual le dá un ligero sesgo hacia la izquierda. La media se encuentra a la izquierda en medio la mediana y hacia la derecha de estas la moda. Todas las medidas de tendencia central se encuentran fuertemente ligadas entre si. La desviación standart es mas pequeña que de los demás elementos; es decir, que se encuentran muy ligados a la media y su dispersión es débil.

GRAF. DIST. ACUM: ELEMENTO Zn  
 AREA CERRRO COLORADO

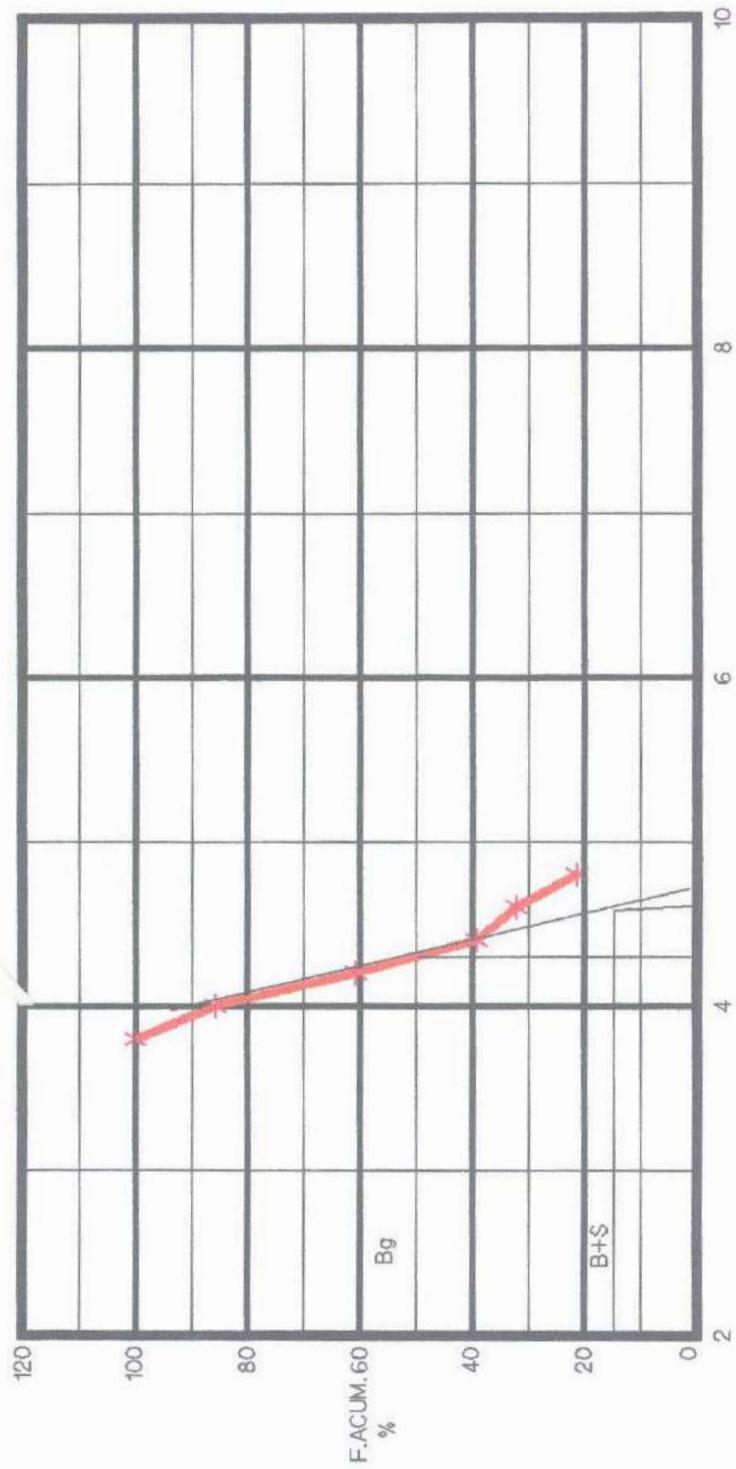


Fig. (15.1b)

ELEMENTO ZINC EN P.P.M. ESC: LOG.  
 UNISON DPTO. GEOLOGIA TESIS PROF. J. CASTILLO R.



AL SABER DE MIS MUJERES  
HAY MI GRANDEZ  
Escuela de Ingenieros  
Depto. Geología  
BIBLIOTECA

## PROSPECTO CERRO DE ORO

### AREA CERRO COLORADO

#### RESUMEN DE PARAMETROS

ELEMENTO	N	MIN LOG	MAX LOG	INT.LOG.	Bg LOG	TH LOG	S LOG					
COBRE (Cu)	29	6	1.79	36	3.58	.27	14.66	2.56	30.38	3.53	7.86	.488

#### TABLA DE FRECUENCIAS COBRE

MARCA DE CLASE	FRECUENCIA	FRECUENCIA %	FRECUENCIA ACUM. %
1.85	2	6.89	100
2.12	5	17.24	93.08
2.39	9	31.03	75.84
2.66	6	17.24	44.81
2.93	3	10.34	27.23
3.2	3	10.34	17.23
3.47	2	6.89	6.89

Fig. (16)



UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

AREA CERRO COLORADO

PROSPECTO CERRO DE ORO

TESIS PROF. J. CASTILLO R

FECHA  
FEB/92

HISTOGRAMA ELEMENTO Cu  
AREA CERRO COLORADO

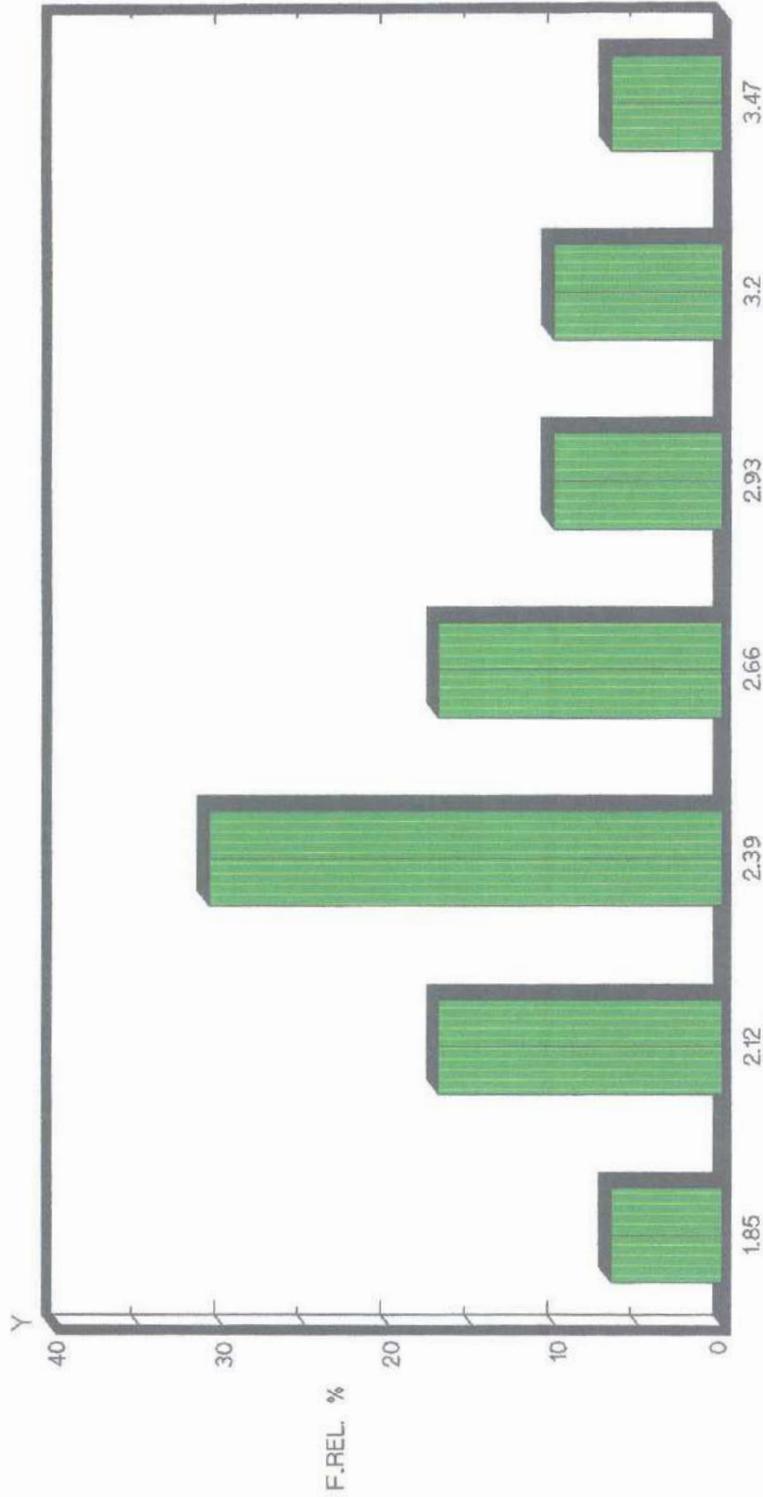


Fig. (16.1a) ELEMENTO Cu ESC: LOG.

UNISON DPTO. GEOLOGIA TESIS PROF. J.CASTILLO R.



EL SAHUR DE  
HARA NI GI  
Escuela de  
Dpto. G.  
BIOLOGIA

GRAF. DIST. ACUM. ELEMENTO Cu  
 AREA CERRO COLORADO

—\*

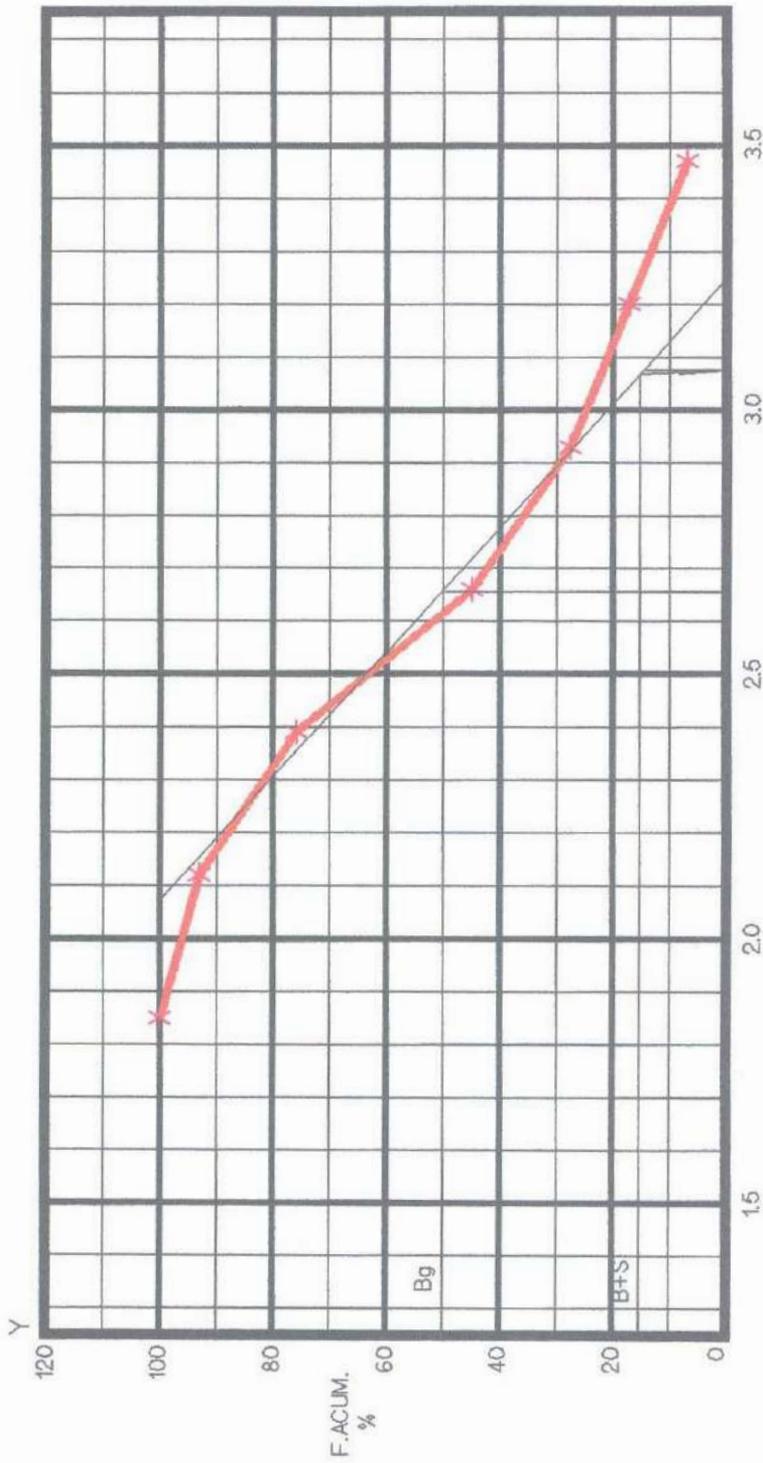


Fig. (16.1b) ELEMENTO COBRE EN P.P.M. ESC: LOG.

UNISON DPTO. GEOLOGIA TESIS PROF. J. CASTILLO R.



El background es de 3.38 y log. de 1.11, el threshold es de 6.42 y log. de 1.85. Como puede notarse en la tabla de la figura (17) y las Figs (17.1a) y (17.1b).

Elemento cadmio (Cd), Cerro Colorado. Similar a la plata, el cadmio tiene una desviación standart pequeña, siendo ligeramente mayor la del cadmio; sinembargo, la simetria es diferente, siendo ambas con distribución aproximadamente log-normal. El cadmio muestra un exceso de valores altos hacia la derecha, lo cual su sesgo se carga hacia los valores altos. Los parámetros de tendencia central contrariamente a los de la plata, la moda se encuentra cargada hacia la izquierda y la derecha de esta la mediana y la media fuertemente ligadas entre si. El background es de 4.78 y log. de 1.46, el threshold es de 8.74 y log. de 2.44. Ver la tabla de la figura (18) y las Figs. (18.1a) y (18.1b).



#### 5.54 INTERPRETACION ESTADISTICA DEL AREA TOPETE

Tomando en cuenta la abundancia de rocas carbonatadas en el área Topete es minima en relación a las rocas arenosas o arenosas calcareas; es por eso que aquí se definieron dos poblaciones evidentemente independientes, es decir; las rocas carbonatadas consideradas como una población distinta a las rocas detriticas. La relación en area es de 80 % para detriticos contra un 20 % de rocas carbonatadas. De tal forma que fueron menor la cantidad de muestras de tomadas en rocas carbonatadas. A

**PROSPECTO CERRO DE ORO  
AREA CERRO COLORADO**

**RESUMEN DE PARAMETROS**

ELEMENTO	N	MIN LOG	MAX LOG	INT.LOG.	Bg LOG	TH LOG	S LOG					
PLATA (Ag)	39	1	0	6.4	1.85	0.239	3.385	1.11	6.42	4.15	1.521	.243

**TABLA DE FRECUENCIAS PLATA**

MARCA DE CLASE	FRECUENCIA	FRECUENCIA %	FRECUENCIA ACUM. %
0.5	2	5.88	100
.739	4	11.76	94.09
.978	5	14.73	82.3
1.217	9	26.47	67.63
1.456	7	20.58	41.16
1.695	5	14.70	20.58
1.934	2	5.8	5.89

Fig. (17)



**UNIVERSIDAD DE SONORA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
AREA CERRO COLORADO  
PROSPECTO CERRO DE ORO**

TESIS PROF. J. CASTILLO R.      FECHA  
FEB/92

HISTOGRAMA ELEMENTO Ag  
AREA CERRO COLORADO

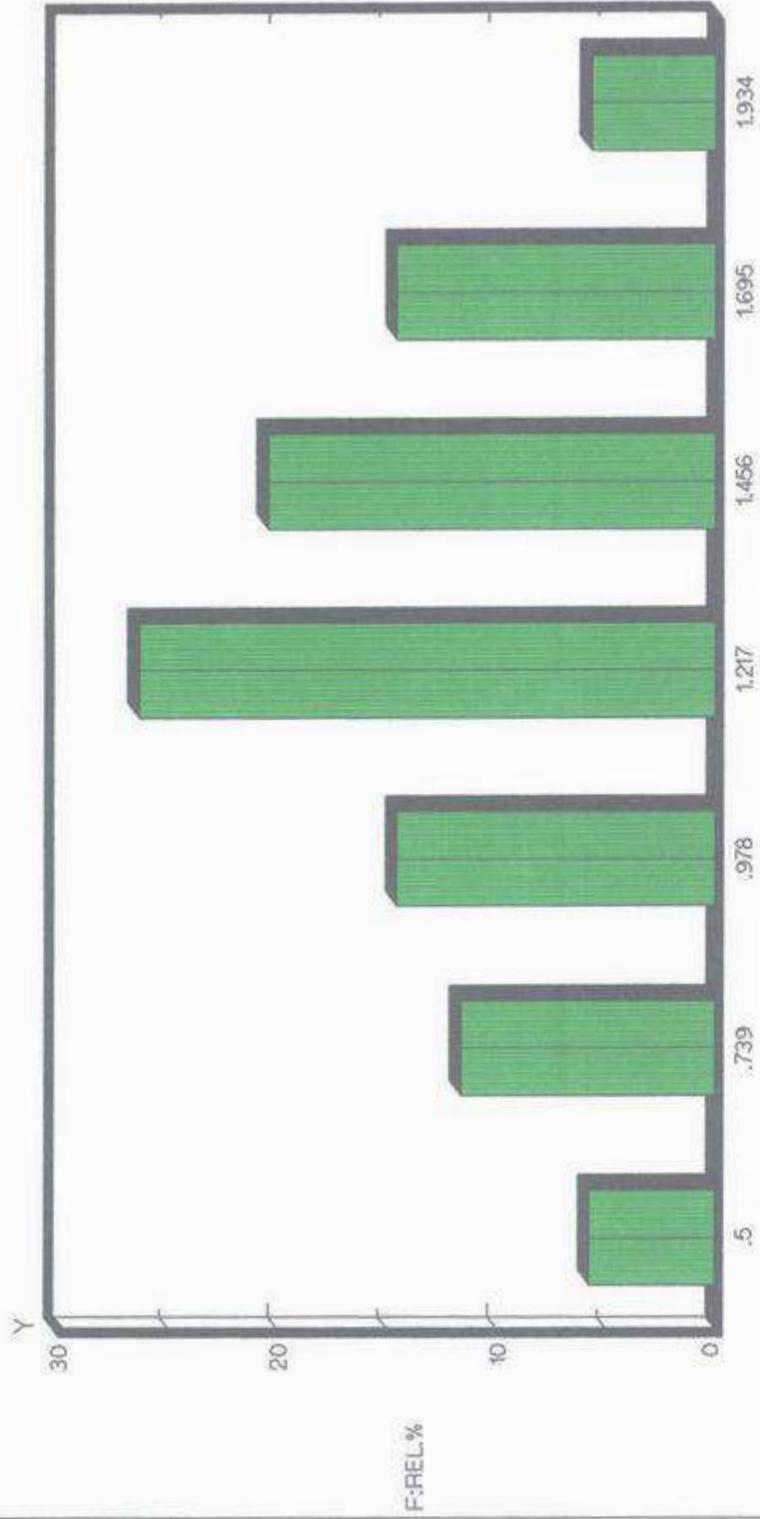


Fig. (17.1a)

ELEMENTO PLATA EN P.P.M. ESC:LOG.



EL SABER DE MIS NI  
MAYO NI GRANDE  
Escuela de Ingenieros  
Depto. Geología  
BIBLIOTECA

GRAF. DIST. ACUM. ELEMENTO Ag  
AREA CERRO COLORADO

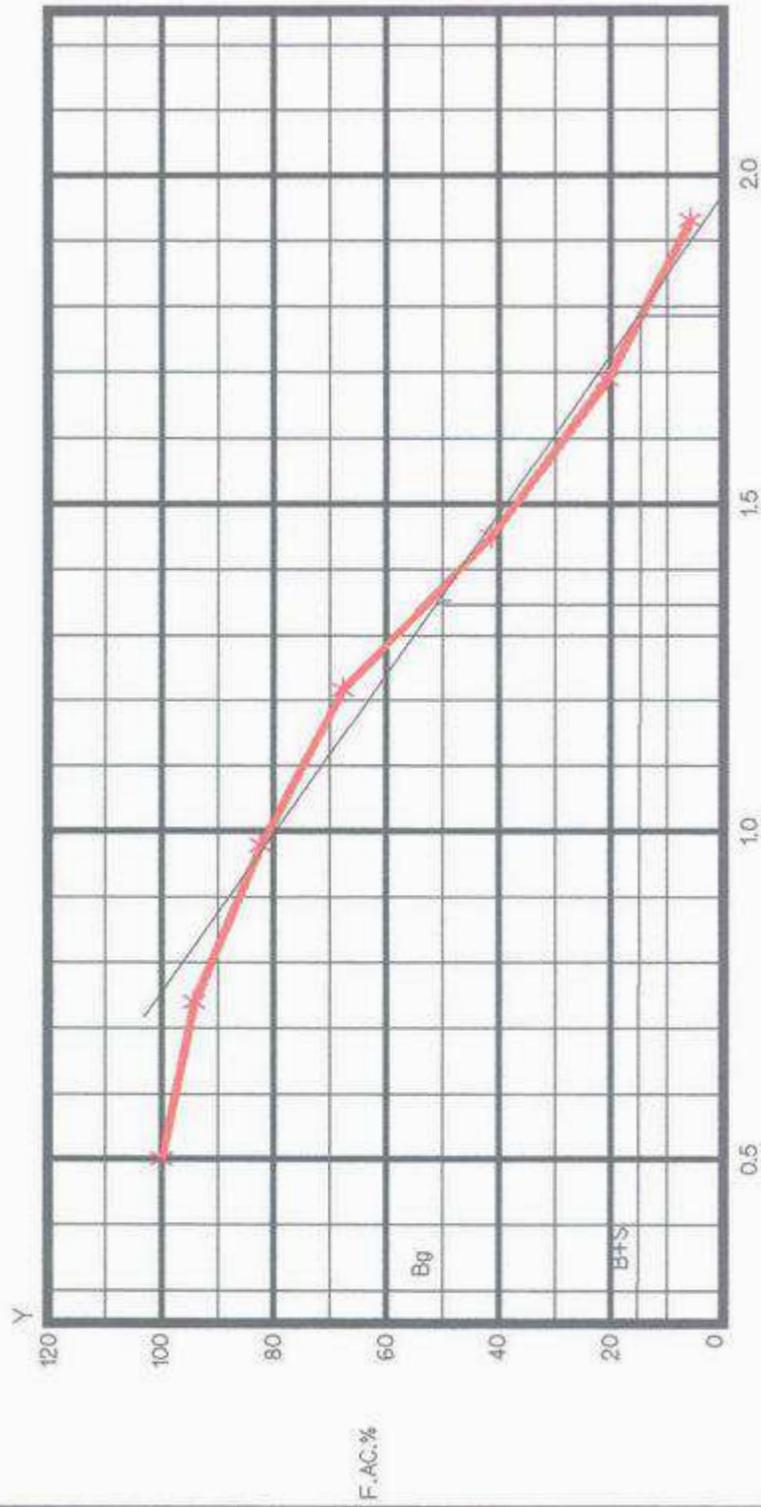


Fig. (17.1b) ELEMENTO PLATA EN P.P.M. ESC. LOG.  
UNISON DPTO. GEOLOGIA TESIS PROF. J.CASTILLO R.

## PROSPECTO CERRO DE ORO

### AREA CERRO COLORADO

#### RESUMEN DE PARAMETROS

ELEMENTO	N	MIN <sub>LOG</sub>		MAX <sub>LOG</sub>		INT.LOG.	Bg <sub>LOG</sub>		TH <sub>LOG</sub>		S <sub>LOG</sub>	
CADMIO (Cd)	35	0.8	-0.22	8.6	2.15	0.15	4.78	1.46	8.74	2.447	1.981	.4937

#### TABLA DE FRECUENCIAS CADMIO

MARCA DE CLASE	FRECUENCIA	FRECUENCIA %	FRECUENCIA ACUM. %
1.3	1	4.16	100
1.45	4	16.66	95.66
1.66	6	25	79
1.75	5	20.8	54
1.9	4	16.6	33.2
2.05	2	8.3	16.6
2.2	2	8.3	8.3

Fig. (18)



**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

AREA CERRO COLORADO

PROSPECTO CERRO DE ORO

TESIS PROF. J. CASTILLO R      FECHA  
FEB/92



EL SABER DE  
HARA NI  
Escuela de  
Depto. Ge  
BIBLIOT

HISTOGRAMA ELEMENTO Cd  
AREA CERRO COLORADO

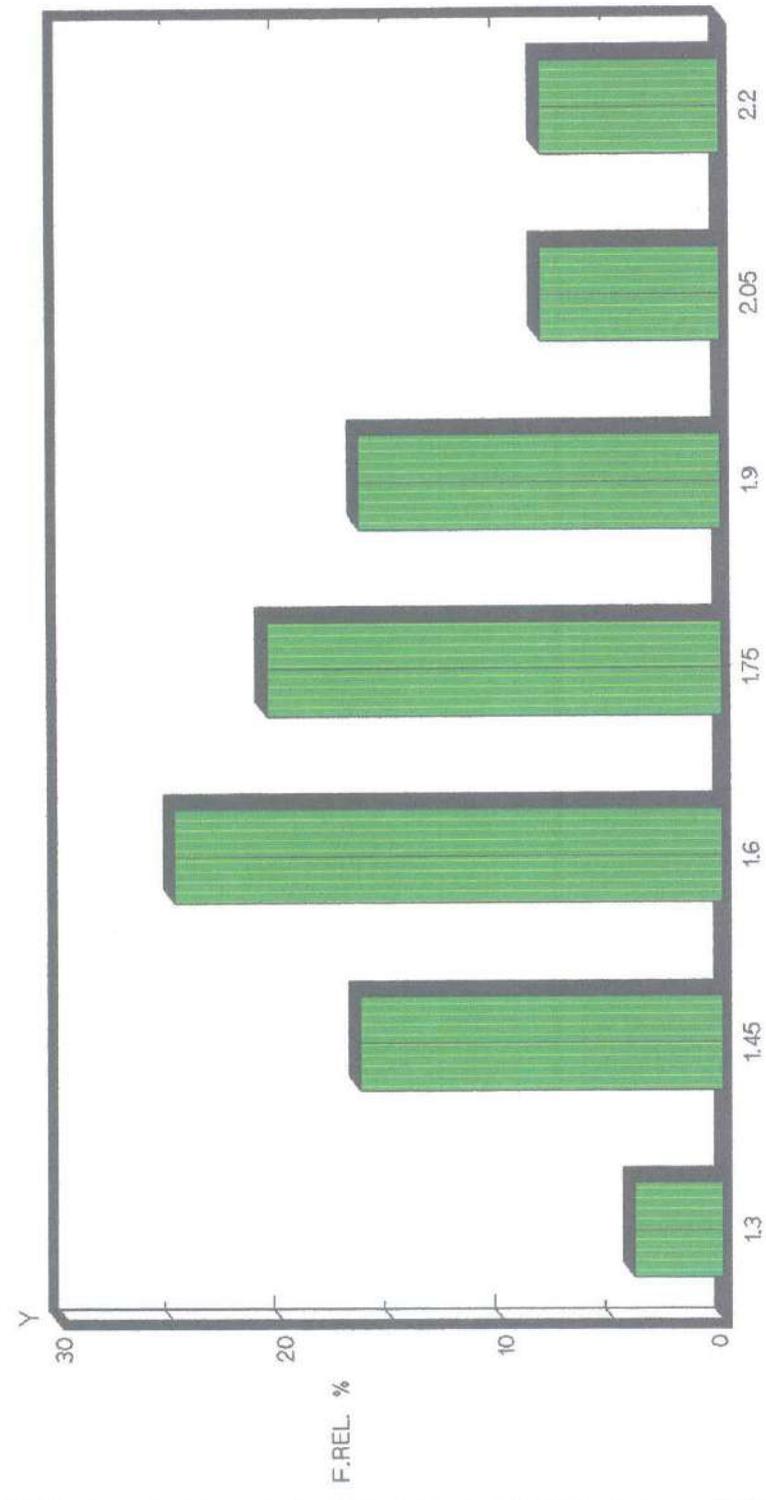


Fig. (18.1a)

ELEMENTO Cd ESC: LOG.

UNISON DPTO.GEOLOGIA TESIS PROF. J.CASTILLO R.



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

## PROSPECTO CERRO DE ORO

### AREA CERRO COLORADO

#### RESUMEN DE PARAMETROS

ELEMENTO	N	MIN <sub>LOG</sub>		MAX <sub>LOG</sub>		INT.LOG.	Bg <sub>LOG</sub>		TH <sub>LOG</sub>		S <sub>LOG</sub>	
PLOMO (Pb)	29	36	3.4	88	4.42	.315	57.59	3.99	95.23	4.67	18.82	.341

#### TABLA DE FRECUENCIAS PLOMO

MARCA DE CLASE	FRECUENCIA	FRECUENCIA %	FRECUENCIA ACUM. %
3.35	3	10.34	100
3.665	5	17.24	89.14
3.98	11	37.93	71.97
4.295	6	20.68	34.47
4.61	4	13.79	13.7

Fig. (14)



UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

AREA CERRO COLORADO

PROSPECTO CERRO DE ORO

TESIS PROF. J. CASTILLO R

FECHA  
FEB/92

HISTOGRAMA ELEMENTO Pb  
AREA CERRO COLORADO

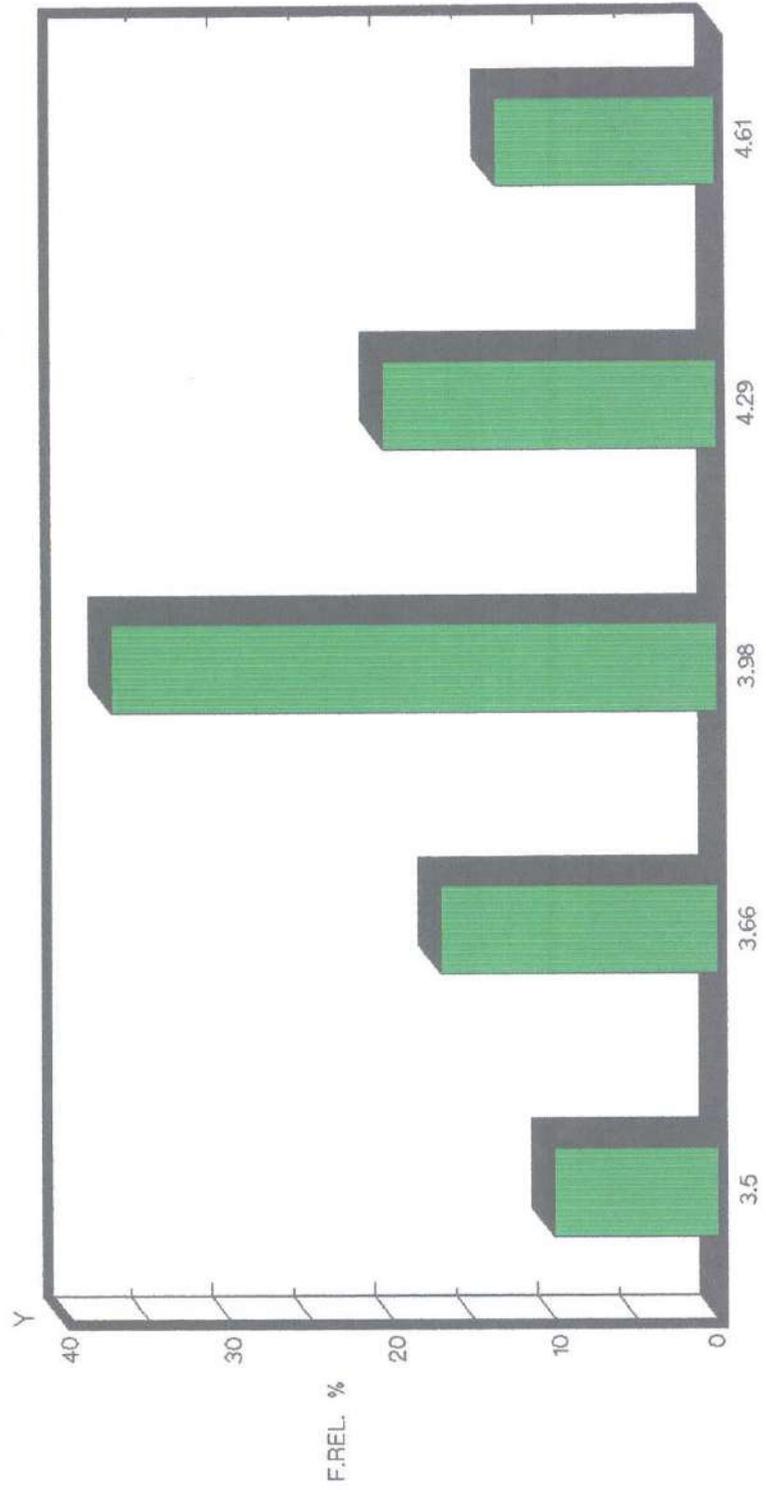
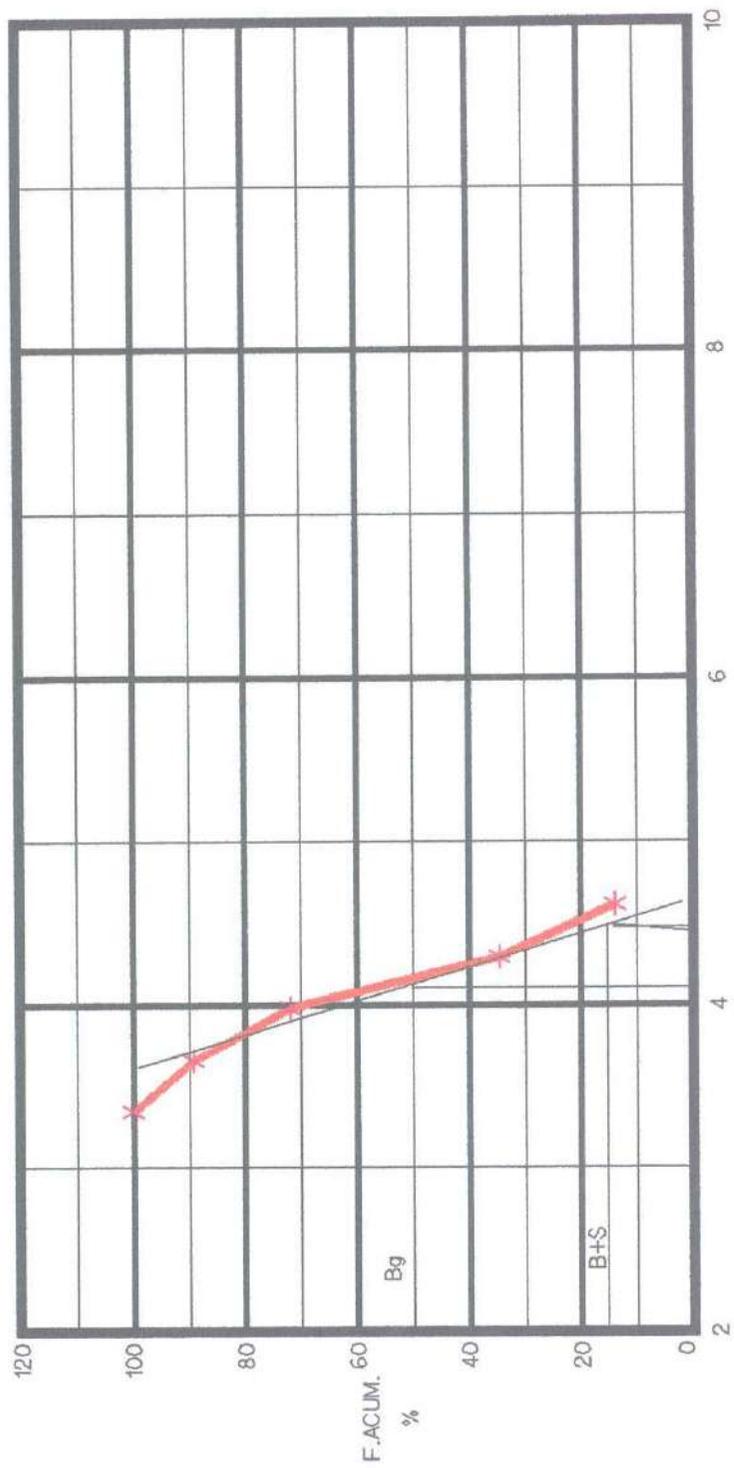


Fig. (14.1a)

ELEMENTO Pb ESC: LOG.

UNISON DPTO. GEOLOGIA TESIS PROF. J. CASTILLO R.

GRAF.DIST. ACUM: ELEMENTO Pb  
AREA CERRRO COLORADO



ELEMENTO PLOMO EN P.P.M. ESC: LOG.  
UNISON DPTO GEOLOGIA TESIS PROF.J.CASTILLO R.

Fig. (14.1b)



EL SERVIDOR DE MIS NI  
HAYA MI GRANDE  
Escuela de Ingenier  
Depto. Geología  
BIBLIOTECA

## PROSPECTO CERRO DE ORO

### AREA CERRO COLORADO

#### RESUMEN DE PARAMETROS

ELEMENTO	N	MIN LOG	MAX LOG	INT.LOG.	Bg LOG	TH LOG	S LOG				
ZINC (Zn)	29	40	3.6	1304.86	0.2	74.83	4.24	131.93	4.98	28.55	.368

#### TABLA DE FRECUENCIAS ZINC

MARCA DE CLASE	FRECUENCIA	FRECUENCIA %	FRECUENCIA ACUM. %
3.8	4	14.28	100
4	7	25	85.68
4.2	6	21.42	60.68
4.4	2	7.14	39.26
4.6	3	10.7	32.12
4.8	6	21.42	21.42

Fig. (15)



UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

AREA CERRO COLORADO

PROSPECTO CERRO DE ORO

TESIS PROF. J. CASTILLO R

FECHA  
FEB/92

HISTOGRAMA ELEMENTO ZN  
AREA CERRO COLORADO

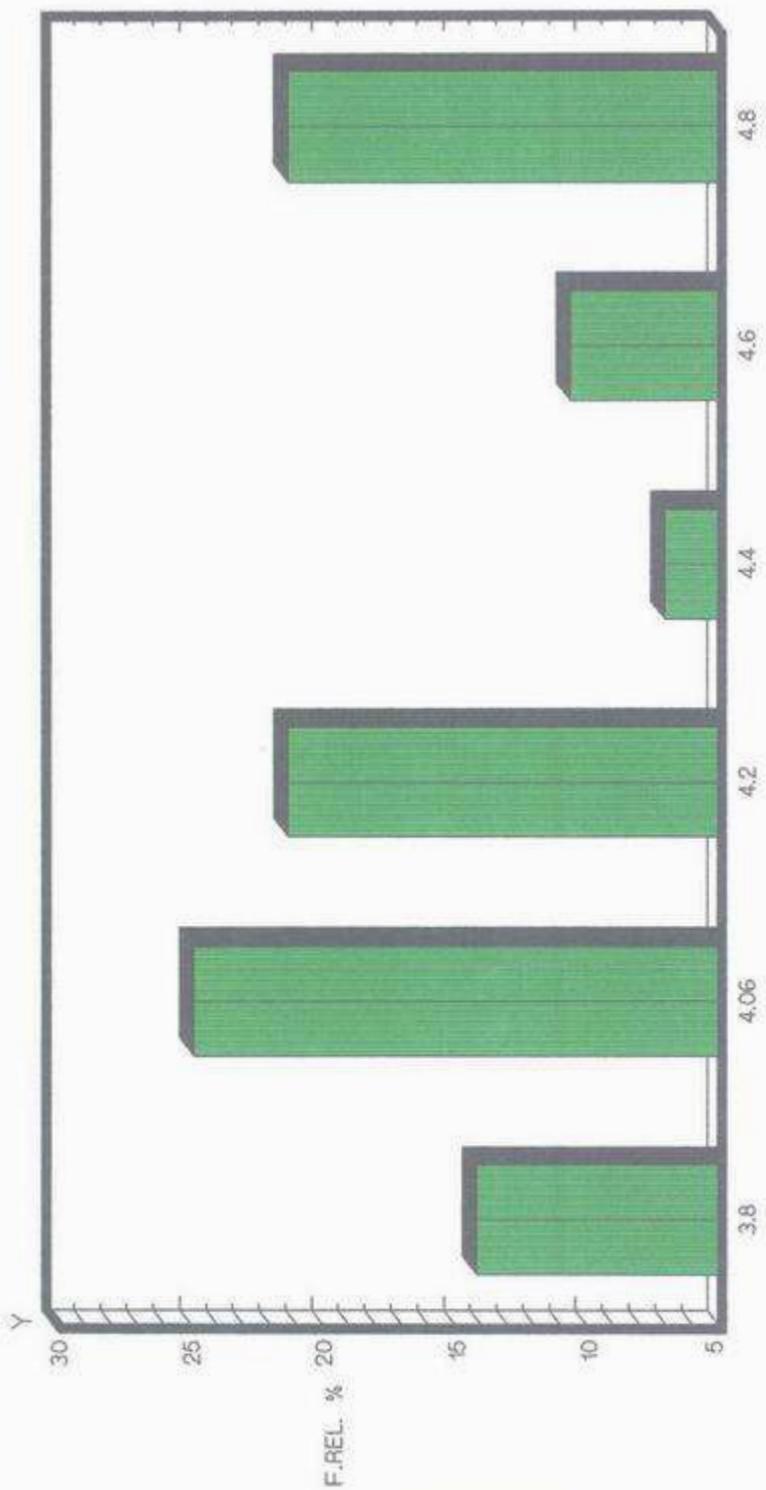


Fig. (15.1a)

ELEMENTO Pb ESC: LOG.

UNISON DPTO. GEOLOGIA TESIS PROF. J. CASTILLO R.



GRA. DIST. ACUM ELEMENTO Cd  
 AREA CERRO COLORADO

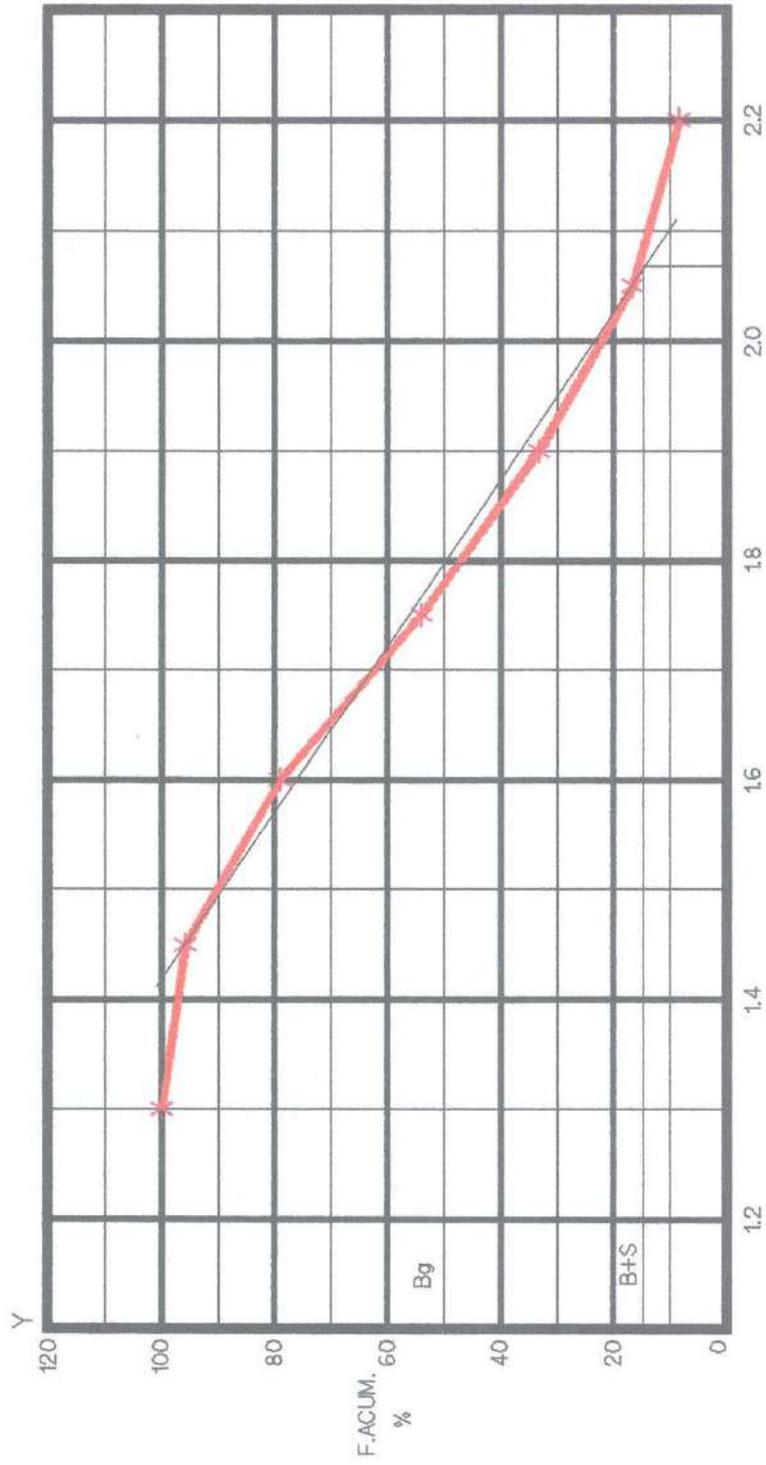


Fig. (18.1b)

ELEMENTPO Cd ESC:LOG.

UNISON DPTO GEOLOGIA TESIS PROF. J.CASTILLO R.

continuación vamos a ver por separado los elementos de acuerdo al tipo de población de que se trate.

Elemento plomo arenisca (Ar), área Topete. En las areniscas el plomo muestra una distribución aproximadamente log-normal, se encuentra sesgada hacia los valores altos a la derecha. La desviación standart es pequeña en relación a los demás elementos de esta área; Significa que la dispersión del plomo es débil y se encuentran muy ligados al valor medio. La moda se encuentra cargada hacia la izquierda y hacia su derecha tenemos la moda y media. El valor del background es de 23.33 y log. de 3.04, el threshold es de 44.83 y log. de 3.95. Ver la tabla de la Fig. (19) y las Figs (19.1a) y (19.1b).

Elemento plomo(Pb), calizas-skarn (Cz-Sk), área Topete. Al igual que las areniscas la tendencia de la distribución es log-normal con un exceso de valores altos hacia la derecha, es decir; sesgada hacia ese lado. La desviación standart es ligeramente mayor que de las areniscas, pero si es claro como aquí los valores son mucho mas altos, esto quiere decir que si mezcláramos detriticos con carbonatados el background se nos levantaría, el cual no sería representativo de la población.

El background es de 53.26 y log. de 3.94, el threshold es de 79.64 y log. de 4.43. Tal como se muestra en la tabla de la Fig. (20) y Figs. (20.1a) y (20.1b).

Elemento zinc (Zn), población areniscas (Ar), área Topete. El comportamiento de la distribución es aproximadamente log-normal, con exceso de valores altos con sesgo hacia la derecha. La moda se

carga a la izquierda y a su derecha la mediana y la media. La desviación standart es muy alta, lo cual significa que está debilmente ligada a la media y sus valores se encuentran muy dispersos. El background es de 139.8 y log. de 4.58, el threshold es de 392.4 y log. de 6.29. Ver la tabla de la Fig. (21), y las Figs. (21.1a) y (21.1b).

Elemento zinc (Zn), población caliza - skarn (Cz-Sk), área Topete. La distribución del zinc, tiene intersección de dos poblaciones o dos eventos distintos, en la cual tiende a formar dos jorobas, una mas pequeña hacia la izquierda y una mas alta con mayor acumulación de frecuencias hacia la derecha. La desviación standart es mayor en esta ocasión comparada con el zinc dentro de las areniscas, es decir; que tiene mayor dispersión el zinc en las rocas carbonatadas que en las areniscas. El background es de 269.1 y log. de 7.2. Tal como se muestra en la tabla de la Fig. (22) y en las Figs. (22.1a) y (22.1b)

Elemento cobre (Cu), población areniscas (Ar), área Topete. El elemento cobre muestra una distribución aproximadamente log-normal, con buena simetria de su distribución. Los valores de tendencia central, se encuentran fuertemente ligados entre si, como son la media, moda y mediana. La desviación standart es mayor que la del plomo, pero comparada con el zinc es mucho menor, entoces; el cobre se considera que tiene baja dispersión. El background es de 137.14 y log. de 5.35. Ver la tabla de la Fig. (23) y las Figs. (23.1a) y (23.1b).



Elemento cobre (Cu), población calizas skarn (Cz-Sk), Topete. La distribución es algo compleja, la mayoría de los valores son altos y reflejan una población anormal. Si comparamos los resultados de las muestras en areniscas estos son mucho mas bajos.

Los valores anómalos en los carbonatados son altamente dispersos, podemos notar que la frecuencias de las muestras observadas son muy similares. La dispersión es muy baja; es decir, que tiene poca movilidad por el apiñamiento con la media. El background del cobre es de 21.57 y log. de 2.86, el threshold es 52.73 y log. de 4.61. Ver la tabla de la Fig. (24) y Figs (24.1a).

**PROSPECTO CERRO DE ORO**  
**AREA TOPETE ARENISCAS ( Ar )**

**RESUMEN DE PARAMETROS**

ELEMENTO	N	MIN		MAX		INT.LOG.	Eg		TH		S	
			LOG		LOG			LOG		LOG		
PLOMO (Pb)	54	10	2.30	46	3.82	0.3	23.33	3.04	44.83	3.954	10.75	.4574

**TABLA DE FRECUENCIAS PLOMO**

MARCA DE CLASE	FRECUENCIA	FRECUENCIA %	FRECUENCIA ACUM. %
2.3	4	7.4	100
2.6	10	18.51	92.43
2.9	15	27.7	73.42
3.2	10	18.51	46.22
3.5	9	16.6	27.71
3.8	6	11.1	11.1

Fig. (19)



**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**AREA TOPETE**

**PROSPECTO CERRO DE ORO**

**TESIS PROF. J. CASTILLO R**      **FECHA**  
**FEB/92**

# HISTOGRAMA ELEMENTO Pb

AREA TOPETE

Arenisca

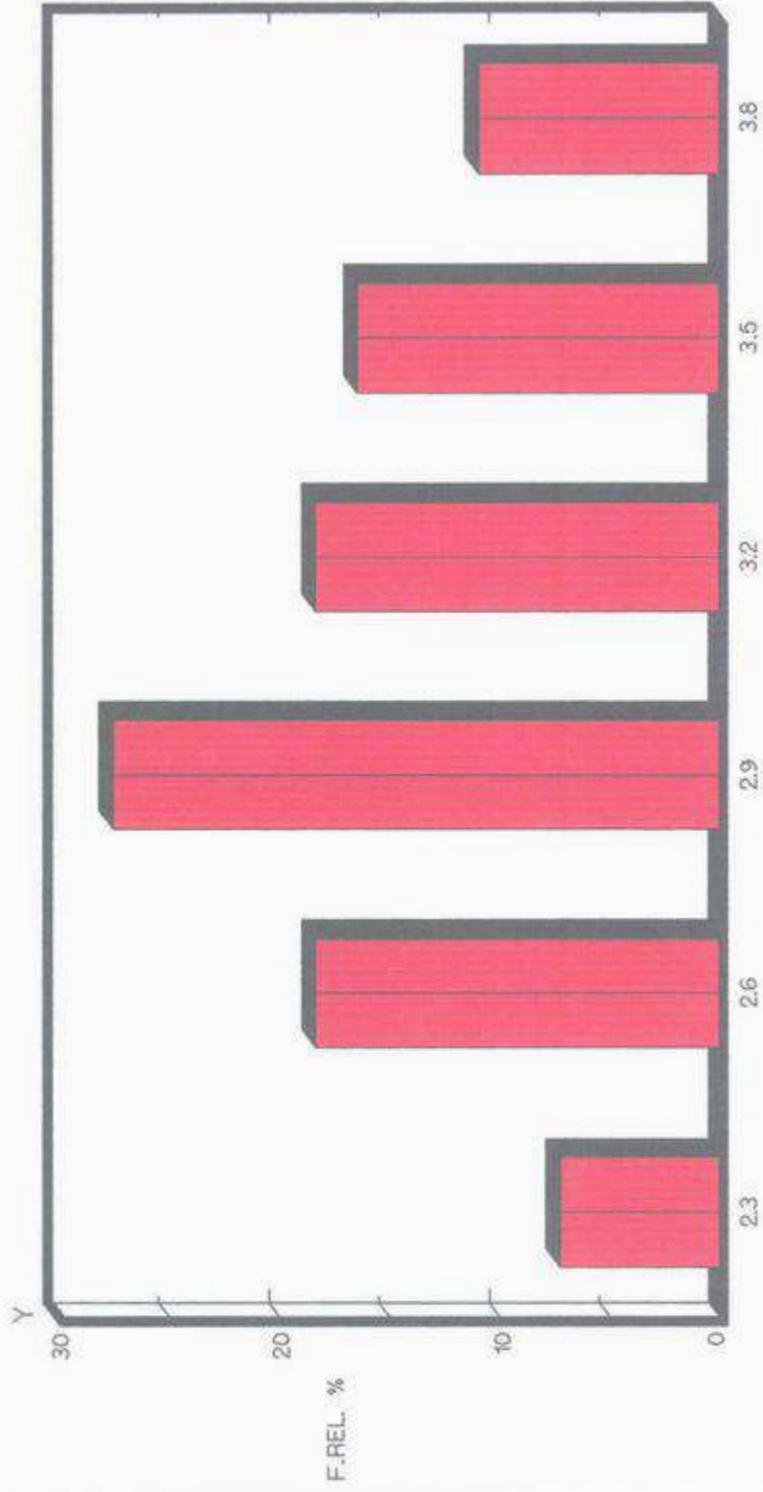


Fig. (19.1a)

ELEMENTO Pb ESC: LOG.

UNISON DPTO. GEOLOGIA TESIS PROF. J. CASTILLO R

# GRAF. DIST. ACUM. Pb

## AREA TOPETE

Aenisca

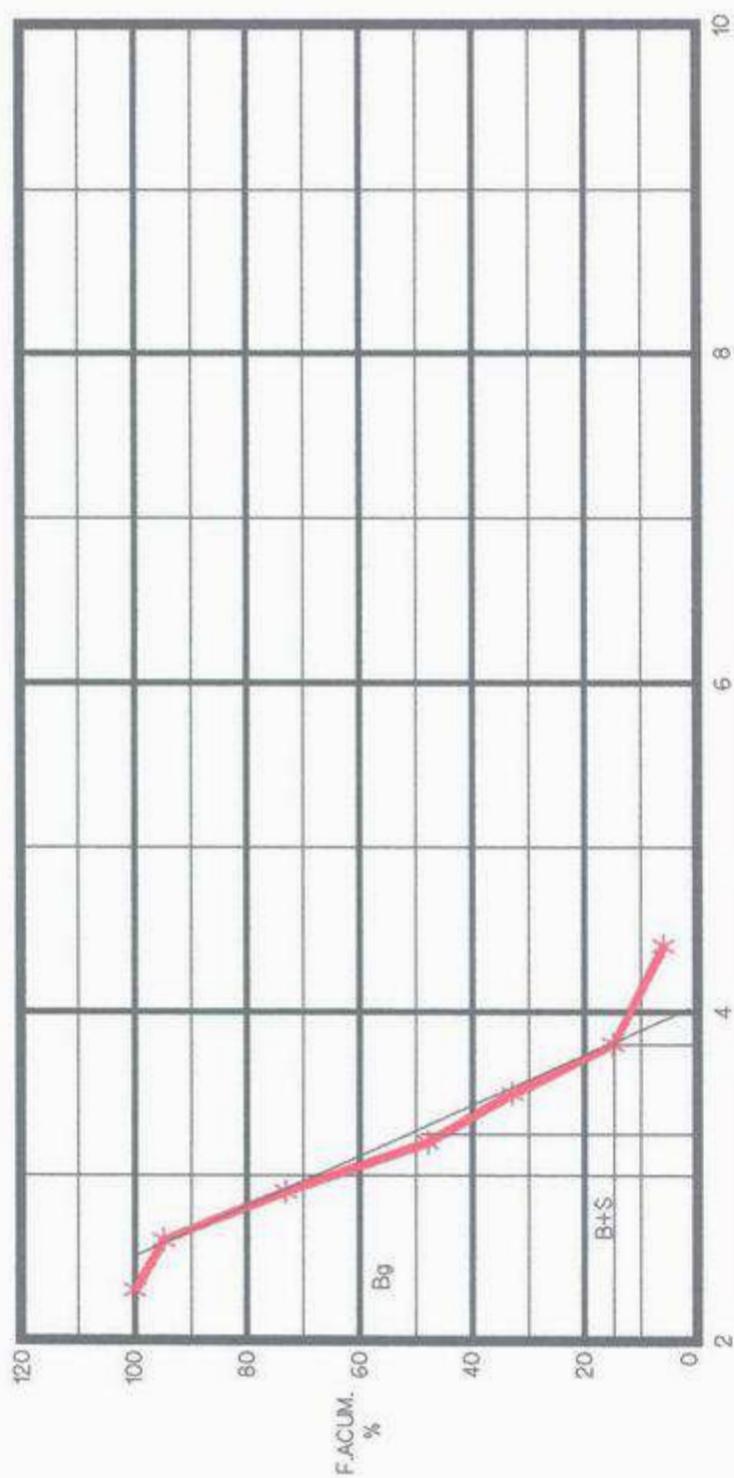


Fig. (19.1b)

ELEMENTO PLOMO EN P.P.M. ESC: LOG.

DPTO. GEOLOGIA TESIS PROF. J. CASTILLO R.



EL SABER DE MI  
HARA MI GRAN  
Academia de Inge  
Depto. Geo  
BIBLIOTECA

**PROSPECTO CERRO DE ORO**  
**AREA TOPETE CALIZAS SKARN Cz Sk**

**RESUMEN DE PARAMETROS**

<b>ELEMENTO</b>	<b>N</b>	<b>MIN</b> LOG	<b>MAX</b> LOG	<b>INT.LOG.</b>	<b>Bg</b> LOG	<b>TH</b> LOG	<b>S</b> LOG				
<b>PLOMO (Pb)</b>	<b>19</b>	<b>32</b>	<b>3.4678</b>	<b>4.35</b>	<b>0.17</b>	<b>53.26</b>	<b>3.94</b>	<b>79.64</b>	<b>4.434</b>	<b>13.19</b>	<b>.2437</b>

**TABLA DE FRECUENCIAS PLOMO**

<b>MARCA DE CLASE</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>FRECUENCIA %</b>	<b>FRECUENCIA ACUM. %</b>
<b>3.5</b>	<b>1</b>	<b>5.26</b>	<b>100</b>
<b>3.72</b>	<b>4</b>	<b>21</b>	<b>94.59</b>
<b>3.89</b>	<b>6</b>	<b>31.5</b>	<b>73.59</b>
<b>4.06</b>	<b>4</b>	<b>21.05</b>	<b>42.09</b>
<b>4.23</b>	<b>2</b>	<b>10.52</b>	<b>21.04</b>
<b>4.4</b>	<b>2</b>	<b>10.52</b>	<b>10.52</b>

Fig. (20)



**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**AREA TOPETE**

**PROSPECTO CERRO DE ORO**

**TESIS PROF. J. CASTILLO R**      **FECHA**  
**FEB/92**

# HISTOGRAMA ELEMENTO Pb

## AREA TOPETE

Caliza Skarn

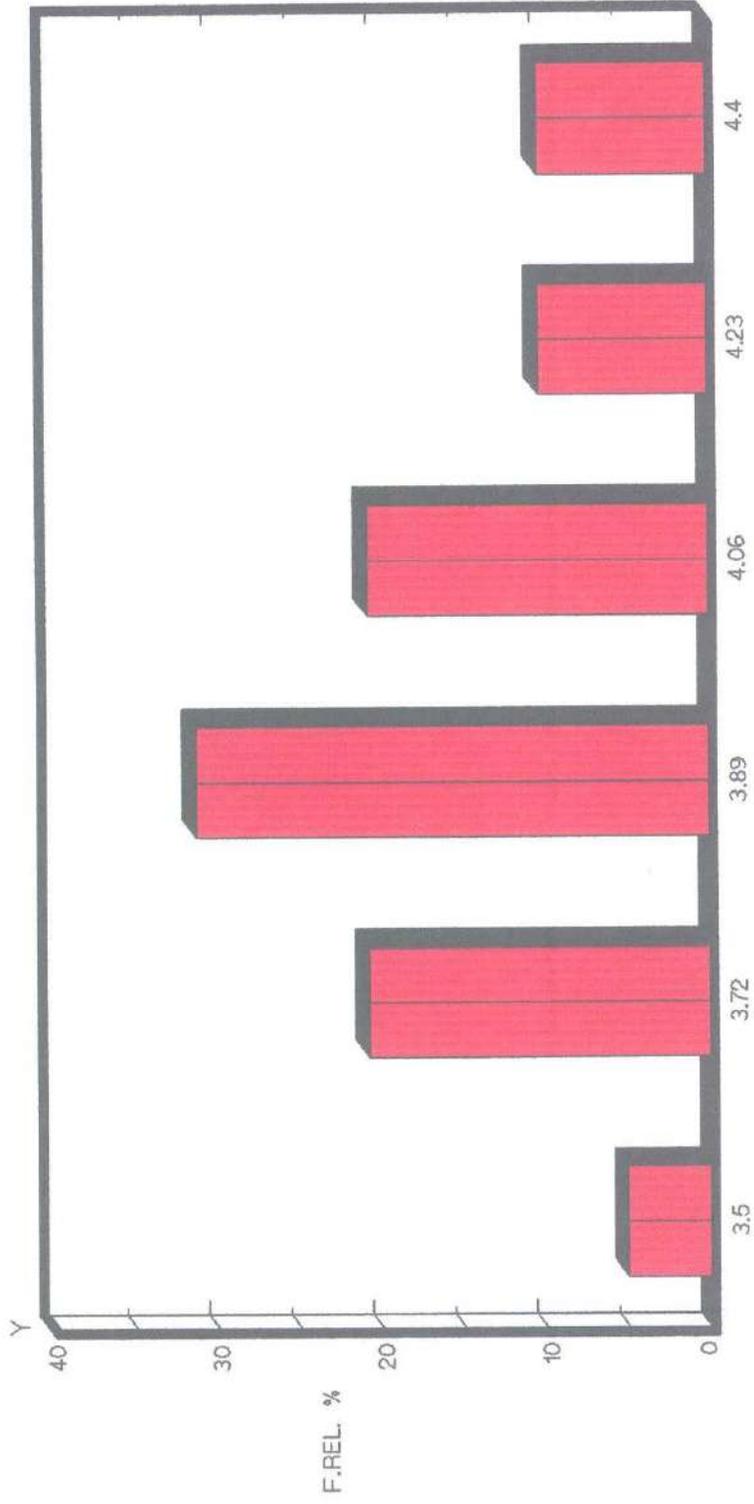


Fig. (20.1a)

ELEMENTO Pb ESC: LOG.

UNISON DPTO. GEOLOGIA TESIS PROF. J. CASTILLO R.

# GRAF. DIST. ACUM. ELEMENTO Pb

AREA TOPETE

Cz - Sk

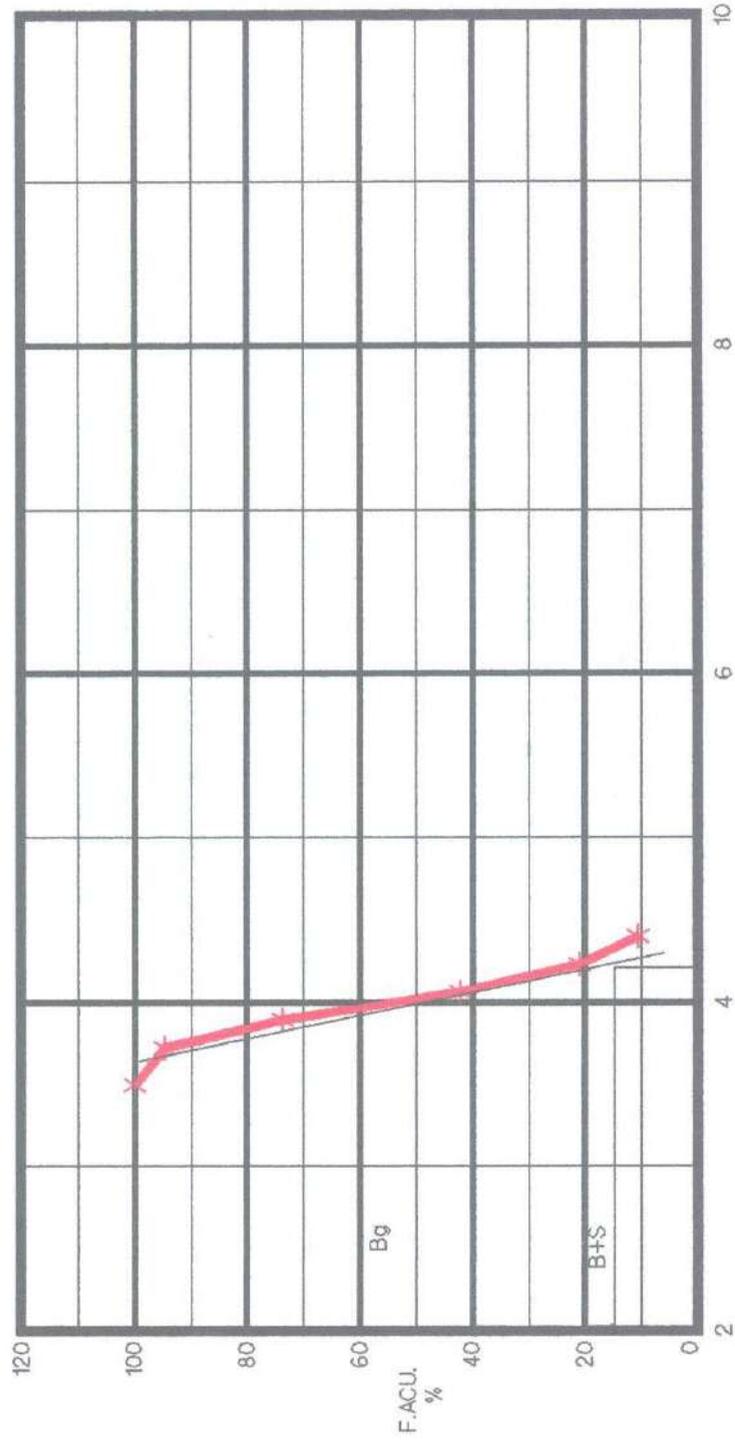


Fig. (20.1b)

ELEMENTO PLOMO EN P.P.M. ESC: LOG.

UNISON DPTO. GEOLOGIA TESIS PROF. J.CASTILLO R.



**PROSPECTO CERRO DE ORO**  
**AREA TOPETE ARENISCAS ( Ar )**

**RESUMEN DE PARAMETROS**

ELEMENTO	N	MIN LOG	MAX LOG	INT.LOG.	Bg LOG	TH LOG	S LOG				
ZINC (Zn)	44	26	3.25518	6.25	.5	139.8	4.58	392.4	6.296	126.3	.858

**TABLA DE FRECUENCIAS ZINC**

MARCA DE CLASE	FRECUENCIA	FRECUENCIA %	FRECUENCIA ACUM. %
3.2	4	9.09	100
3.7	7	15.9	90.86
4.2	10	22.7	74.96
4.7	8	18.19	52.26
5.2	7	15.9	34.07
5.7	5	11.36	18.17
6.2	3	6.81	6.81

Fig. (21)



**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**AREA TOPETE**

**PROSPECTO CERRO DE ORO**

**TESIS PROF. J. CASTILLO R**      **FECHA**  
**FEB/92**

# HISTOGRAMA ELEMENTO Zn

AREA TOPETE

Arenisca Ar

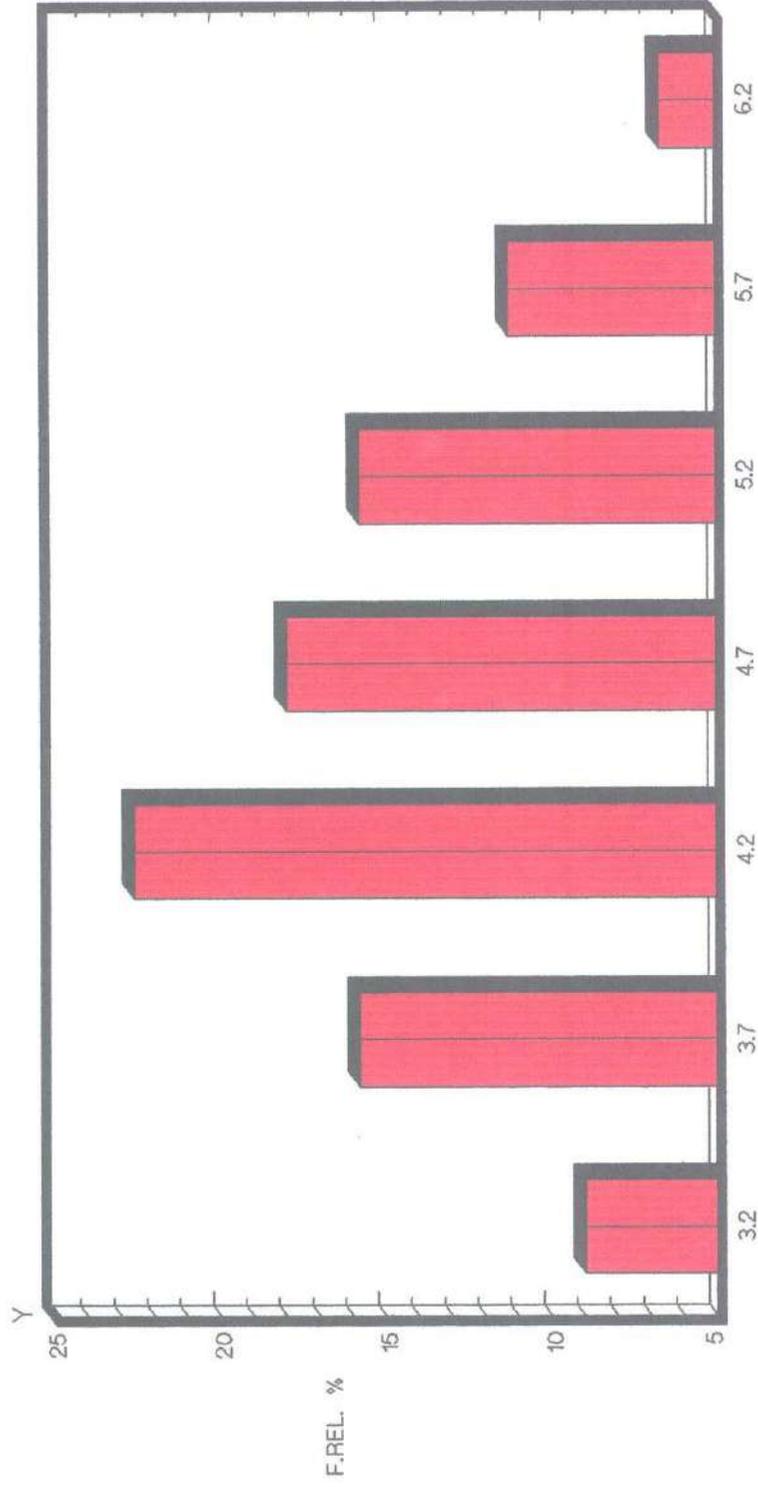


Fig. (21.1a)

ELEMENTO Zn ESC. LOG.

UNISON DPTO. GEOLOGIA TESIS PROF. J. CASTILLO R.

GRAF.DIST. ACUM: ELEMENTO Zn

AREA TOPETE

Arenisca Ar

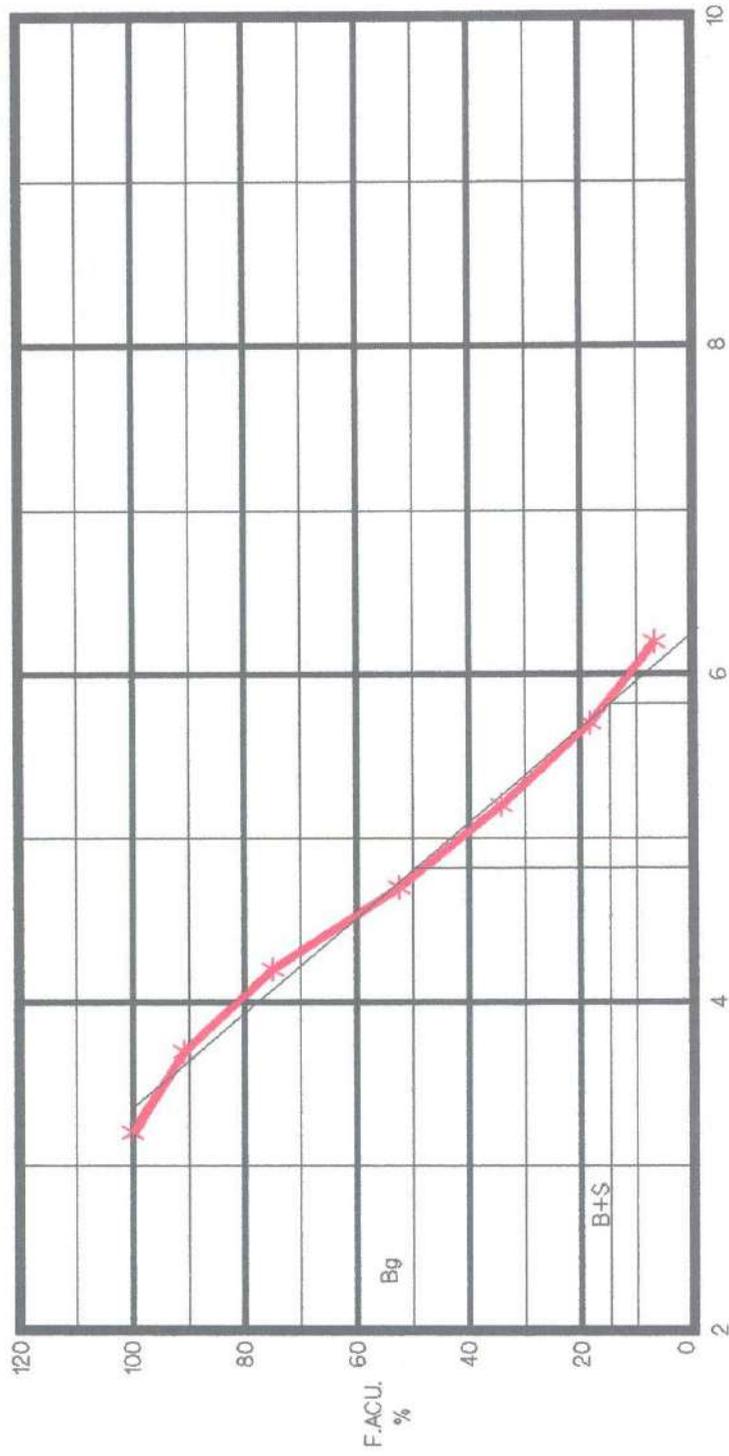


Fig. (21.1b)

ELEMENTO ZINC EN P.P.M. ESC: LOG.

UNISON DPTO. GEOLOGIA TESIS PROF. J. CASTILLO R.



EL SABER DE NOS  
PARA MI PAIS  
Escuela de Geología  
Depto. Geología  
BIBLIOTECA

**PROSPECTO CERRO DE ORO**  
**AREA TOPETE CALIZAS SKARN Cz Sk**

**RESUMEN DE PARAMETROS**

ELEMENTO	N	MIN LOG	MAX LOG	INT.LOG.	Bg LOG	TH LOG	S LOG
ZINC (Zn)	15	3.63	6.45	.5	269.1	6.2	690.7
		3.8	3.8			7.21	210.8
							1.005

**TABLA DE FRECUENCIAS ZINC**

MARCA DE CLASE	FRECUENCIA	FRECUENCIA %	FRECUENCIA ACUM. %
3.55	1	6.6	100
4.05	3	20.3	92.8
4.55	2	13.3	72.5
5.05	1	6.6	59.5
5.55	1	6.6	52.9
6.05	5	33.3	46.3
6.55	2	13	13

Fig. (22)



**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**AREA TOPETE**

**PROSPECTO CERRO DE ORO**

**TESIS PROF. J. CASTILLO R**      FECHA  
FEB/92

HISTOG



4.55

ELEN  
UNISON DPTO. GE

4.05

# HISTOGRAMA ELEMENTO Zn

AREA TOPETE

Cz - Sk



Fig. (22.1a)

ELEMENTO Zn ESC: LOG.

UNISON DPTO. GEOLOGIA TESIS PROF. J.CASTILLO R.

GRAF.DIST. ACUM: ELEMENTO Zn

AREA TOPETE

Cz - Sk

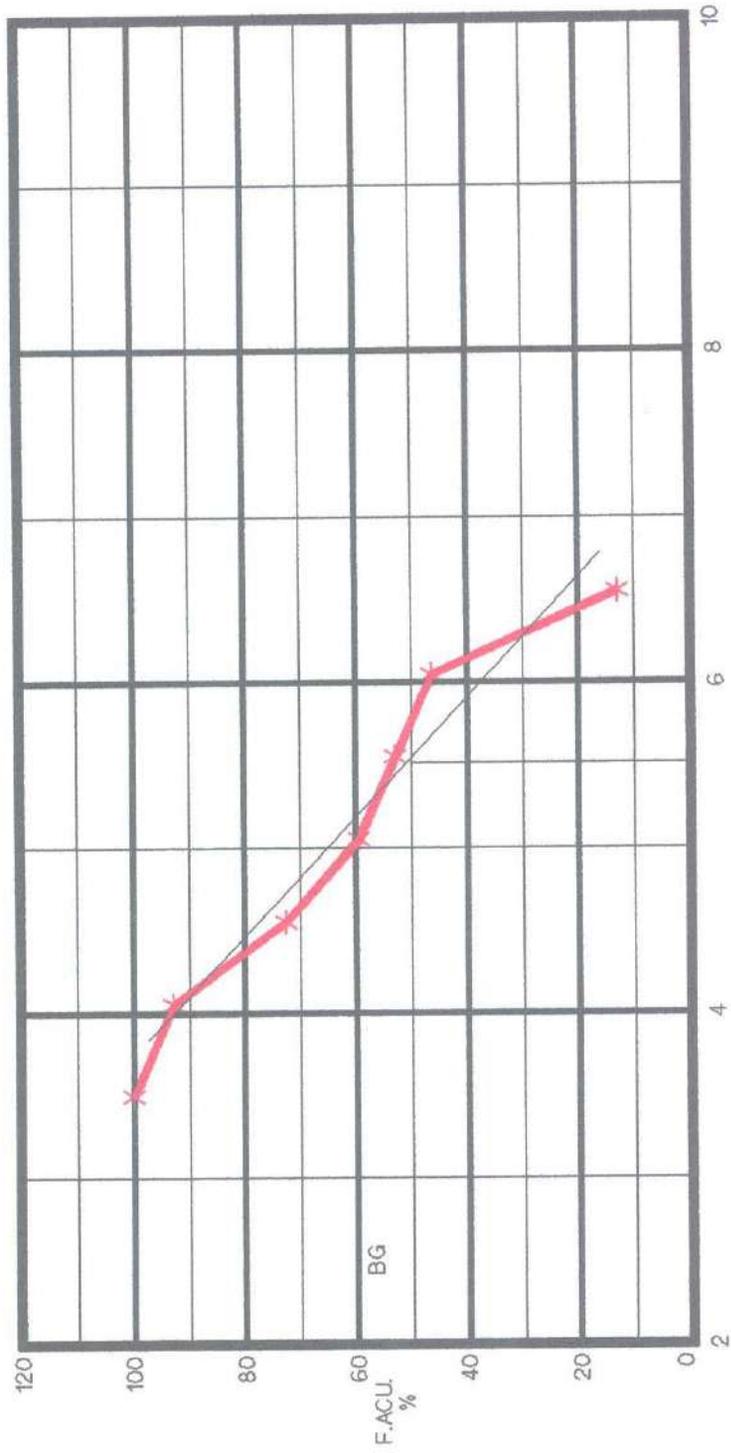


Fig. (22.1b)

ELEMENTO ZINC EN P.P.M. ESC: LOG.

UNISON DPTO. GEOLOGIA TESIS PROF. J.CASTILLO R.



EL SABER DE NOSOTROS  
 PARA MI GRAN PAIS  
 Escuela de Ingenieros  
 Depto. Geología  
 BIBLIOTECA

**PROSPECTO CERRO DE ORO  
 AREA TOPETE ARENISCAS ( Ar )**

**RESUMEN DE PARAMETROS**

ELEMENTO	N	MIN LOG	MAX LOG	INT.LOG.	B <sub>g</sub> LOG	TH LOG	S LOG					
COBRE (Cu)	46	5.68	1.72	206	5.32	0.69	52.04	3.62	137.14	5.35	42.55	.866

**TABLA DE FRECUENCIAS COBRE**

MARCA DE CLASE	FRECUENCIA	FRECUENCIA %	FRECUENCIA ACUM. %
2.37	6	13.6	100
3.06	10	22.7	86.29
3.75	14	31.8	63.59
4.44	10	22.7	31.79
5.13	4	9.09	9.09

Fig. (23)



**UNIVERSIDAD DE SONORA  
 DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**AREA TOPETE**

**PROSPECTO CERRO DE ORO**

**TESIS PROF. J. CASTILLO R**      FECHA  
 FEB/92

# HISTOGRAMA ELEMENTO Cu

AREA TOPETE

Arenisca

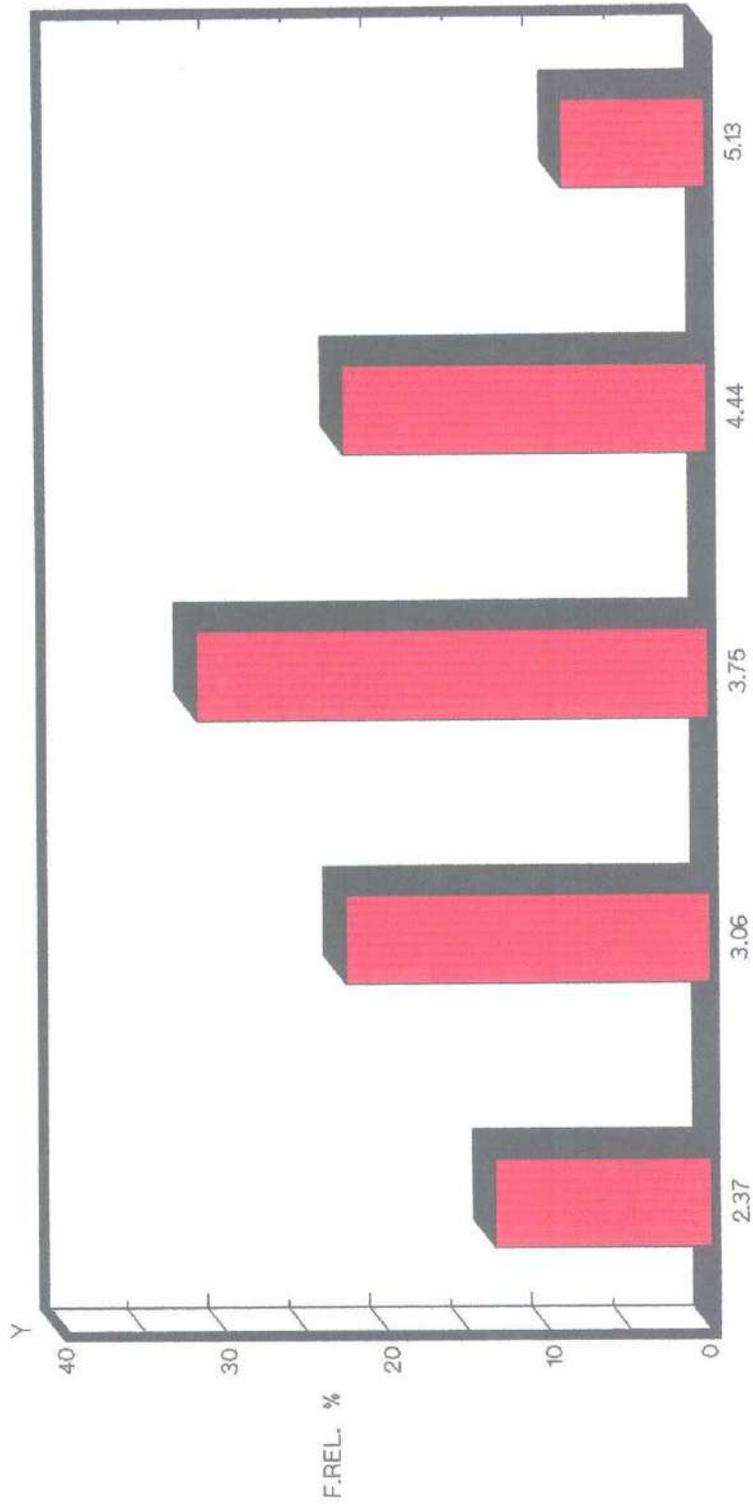


Fig. (23.1a)

ELEMENTO Cu ESC: LOG.

UNISON DPTO. GEOLOGIA TESSIS PROF. J. CASTILLO R.

GRAF.DIST. ACUM: ELEMENTO Cu

AREA TOPETE  
Arenisca Ar

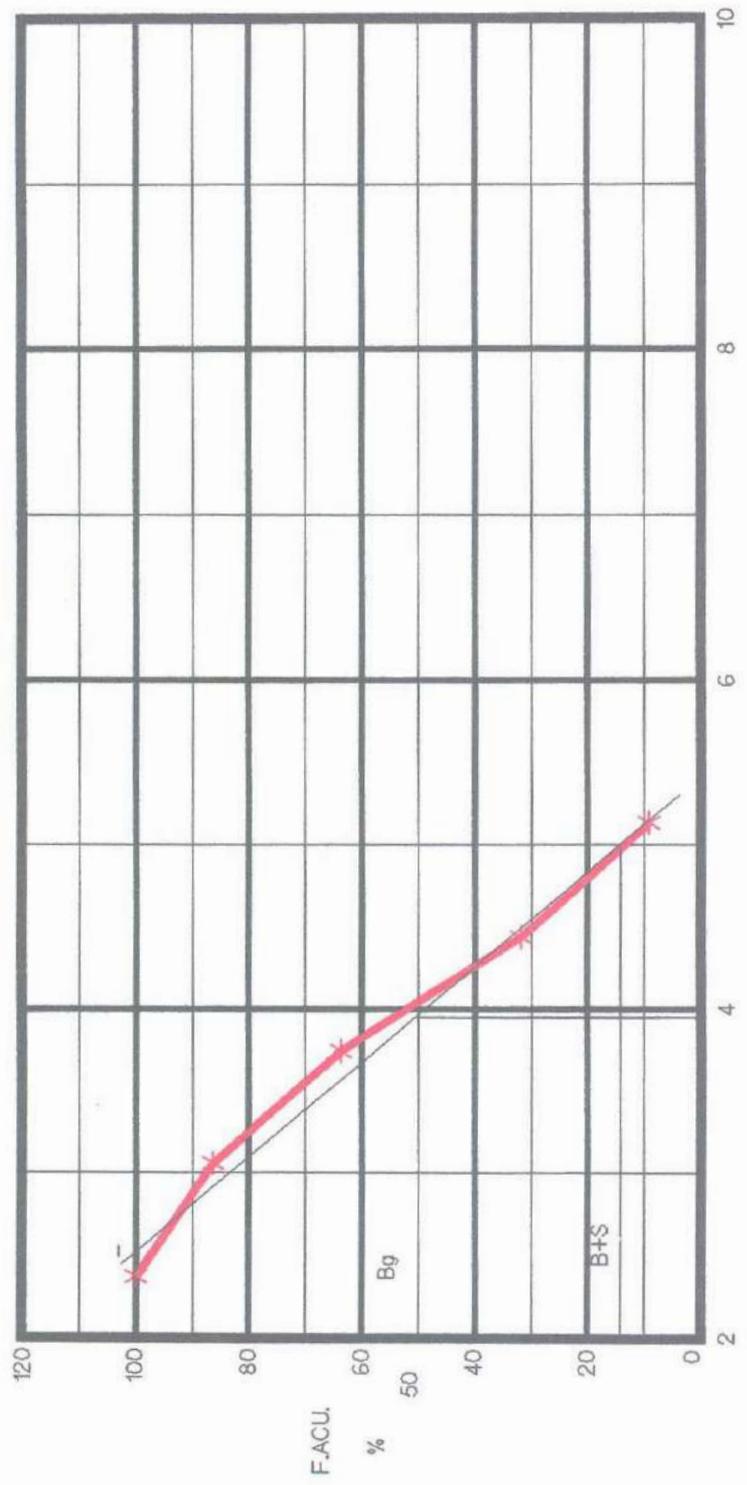


Fig. (23.1b) ELEMENTO COBRE EN P.P.M. ESC: LOG.  
DEPTO. GEOLOGIA TESIS PROF. J. CASTILLO R.

**PROSPECTO CERRO DE ORO**  
**AREA TOPETE CALIZAS SKARN Cz Sk**

**RESUMEN DE PARAMETROS**

<b>ELEMENTO</b>	<b>N</b>	<b>MIN</b> LOG	<b>MAX</b> LOG	<b>INT.LOG.</b>	<b>Bg</b> LOG	<b>TH</b> LOG	<b>S</b> LOG					
<b>COBRE (Cu)</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>2.07</b>	<b>56</b>	<b>4.02</b>	<b>0.62</b>	<b>21.57</b>	<b>2.86</b>	<b>52.73</b>	<b>4.161</b>	<b>15.61</b>	<b>.65</b>

**TABLA DE FRECUENCIAS COBRE**

<b>MARCA DE CLASE</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>FRECUENCIA %</b>	<b>FRECUENCIA ACUM. %</b>
<b>1.9</b>	<b>3</b>	<b>20.3</b>	<b>100</b>
<b>2.52</b>	<b>5</b>	<b>33.3</b>	<b>80.2</b>
<b>3.14</b>	<b>4</b>	<b>26.66</b>	<b>46.96</b>
<b>3.76</b>	<b>3</b>	<b>20.3</b>	<b>20.39</b>

Fig. (24)



**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**AREA TOPETE**

**PROSPECTO CERRO DE ORO**

**TESIS PROF. J. CASTILLO R**      **FECHA**  
**FEB/92**

# HISTOGRAMA ELEMENTO Cu

AREA TOPETE

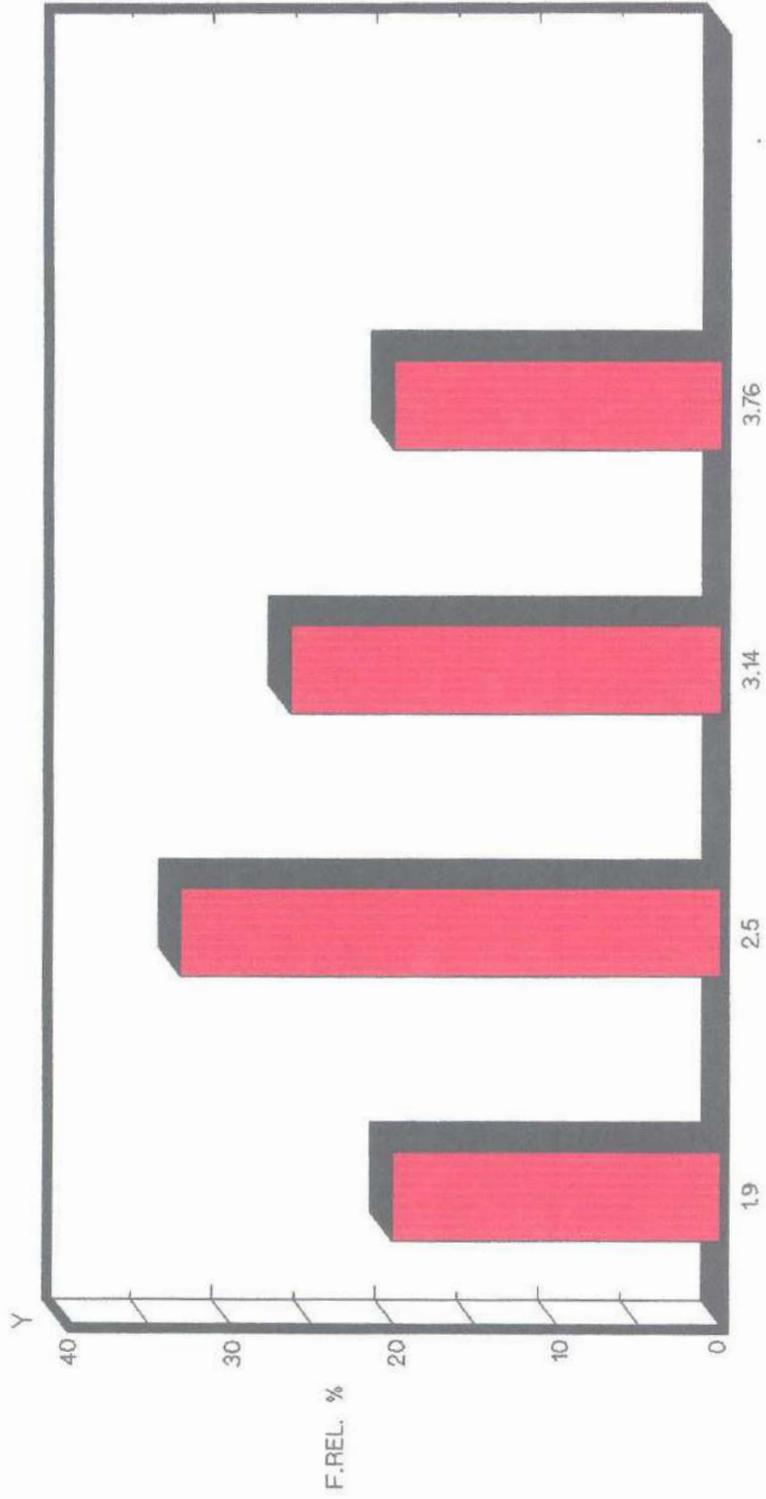


Fig. (24.1a)

ELEMENTO Cu ESC: LOG.

UNISON DPTO. GEOLOGIA TESIS PROF. J. CASTILLO R.

## 5.6 INTERPRETACION DE ANOMALIAS GEOQUIMICAS

### 5.61. Elemento plomo (Pb), Área Sultana - Eureka.

Se caracteriza por tener anomalías generalmente orientadas NW - SE. En Sultana se muestra una anomalía bien consistente, apoyadas por cuatro muestras con valores arriba del threshold y progresivamente disminuyen bajo el. Tiene una extensión de aproximadamente 200 mts. de largo y 60 mts. de ancho. Hacia el SE de la anomalía principal, existe otra anomalía con inicio amplio, la cual queda abierta hacia el sur. Ambas anomalías siguen la misma tendencia de rumbo, pero se encuentran separadas por curvas de valores bajos cercanos al background. Ver plano de la Fig. (25), La litología anómala representa a calizas recristalizadas parcialmente, con esporádicas vetillas de calcita y cuarzo. En Eureka el plano muestra dos anomalías pequeñas. La que se encuentra mas al sur es la anomalía principal, aunque no es grande esta muestra dos valores sobre el threshold. La segunda anomalía mas al norte se puede decir que es de interés secundario o anomalía errática; ya que esta es apoyada solamente por una muestra arriba del threshold. Aquí la anomalía se ubica sobre calizas dentro del horizonte Eureka. Ver el plano que muestra la figura (25.1).

Elemento zinc (Zn), Área Sultana - Eureka. El zinc es bastante anómalo tanto en Sultana como en Eureka, se manifiestan anomalías bien significativas, apoyadas por 3 y 5 muestras arriba del