

T
622.12
V712

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“PROSPECCION GEOQUIMICA DE ANTIMONIO EN LA CONCESION MINERA LOMA LARGA, CANTON PIÑAS PROVINCIA DE EL ORO”

COORD: LONG. OESTE 79° 41' 39" - LAT. SUR 03 42' 30"
LONG. OESTE 79° 40' 2" - LAT. SUR 03 42' 30"
LONG. OESTE 79° 41' 39" - LAT. SUR 03 44' 8"
LONG. OESTE 79° 40' 2" - LAT. SUR 03 44' 8"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN GEOLOGIA

Presentado por:
Bolívar Guillermo Villacrés Jouvín

Guayaquí-Ecuador
1990



AGRADECIMIENTO

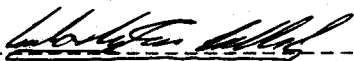
Mi eterno agradecimiento a la compañía minera MILARSA al Instituto de Química de la Escuela Superior Politécnica del Litoral y a los ingenieros: Richard Vera, Patricio Molina, José Barquet, Francisco Torres y Doctores David Choez y Richard Lehner por las facilidades brindadas para la realización de esta tesis, así como al Dr Bruno Koller por su valiosa asesoría. En el plano personal a la familia Aguilar y a todas aquellas personas que con su aporte hicieron posible la culminación de este trabajo.

DEDICATORIA

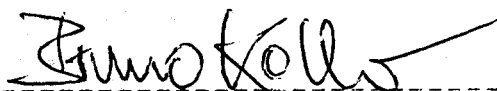
A mi Madre.

A mi Hermana.

A Katiutschka.



Ing. Jorge Calle G.
Presidente del Tribunal



Dr. Bruno Koller
Director de Tesis

Ing. Hugo Eguez
Miembro del Tribunal



DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, le corresponden exclusivamente a su autor, y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral".

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL).

Bolivar Villacrés Jouvin

RESUMEN

En la concesión minera "Loma Larga" geologicamente se pueden encontrar dos formaciones, el Gneis San Roque y el Esquisto Capiro, al cual se encuentran asociadas las vetas de estibina, las cuales tienen un rumbo aproximado de N 20° E.

En dicha concesión se organizo una campaña geoquímica, para lo cual se tomaron muestras de suelo y en ellas se analizaron los siguientes elementos: antimonio, zinc y plomo.

Las técnicas analíticas utilizadas fueron titulación para antimonio y absorción atómica para plomo y zinc.

Adicionalmente se analizaron unas pocas muestras con fotometría espectral para zinc, con el fin de comparar los resultados con los obtenidos por absorción atómica.

A los datos obtenidos se le aplicó un tratamiento estadístico para descubrir si existían valores anómicos, los cuales al ubicarlos en mapas de isoconcentración revelarían zonas de posible mineralización.

I N D I C E G E N E R A L

	Pág.
Resumen	VI
Indice General	VII
Indice de abreviaturas	X
Indice de figuras	XI
Indice de fotografías.....	XIII
Indice de tablas.....	XIV
Introducción.....	16
Antecedentes Historicos del Area.....	16
Objetivos.....	17
Metodología.....	17
Localización.....	18
Vías de acceso al área de estudio.....	20
Clima y vegetación.....	21
Fisiografía.....	22
Geología regional.....	22
CAPITULO UNO	
GEOLOGIA DEL AREA.....	26
1.1 Mapeo geológico.....	26
1.2 Petrografía.....	30
CAPITULO DOS	
PROSPECCION GEOQUIMICA DE LA ZONA.....	33
2.1 Localización de la red de muestreo...	33

	Pág.
2.2 Muestreo de suelo.....	33
2.3 Tratamiento de las muestras en el laboratorio.....	37
2.4 Métodos analíticos.....	40
2.4.1 Principios de titulación.....	41
2.4.2 Principios analíticos de fotometría espectral.....	41
2.4.3 Principios analíticos de absorción atómica.....	45
2.5 Análisis de antimonio por titulación.....	47
2.5.1 Materiales utilizados.....	47
2.5.2 Disgregación de la muestra.....	47
2.5.3 Titulación de la muestra.....	49
2.6 Análisis de zinc por fotometría espectral.....	51
2.6.1 Materiales utilizados.....	51
2.6.2 Disgregación de la muestra.....	51
2.6.3 Procedimiento para zinc.....	52
2.6.4 Curva de calibración.....	54
2.7 Análisis de plomo y zinc por absorción atómica.....	60
2.7.1 Materiales utilizados.....	60
2.7.2 Disgregación de la muestra.....	61
2.7.3 Procedimiento para plomo y zinc.....	61
 CAPITULO TRES	
INTERFRETACION DE RESULTADOS.....	62
3.1 Generalidades.....	62

3.2 Determinación del valor umbral para Sb. Zn y Pb.....	63
3.3 Correlación entre antimonio. plomo y zinc.....	96
3.4 Mapas de isoconcentraciones.....	111
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	112
ANEXOS.....	115
BIBLIOGRAFIA.....	131

INDICE DE ABREVIATURAS

AAS	Absorción Atómica
cm	Centímetros
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
EFN	Escuela Politécnica Nacional
ϵ	Extinción
fig	Figura
g	Gramos
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
m	Metros
mg	Miligramos
min	Minutos
ml	Mililitros
mm	Milímetros
N	Normalidad
n	Número de muestras
nm	Nanómetros
Pág	Página
Pb	Plomo
ppm	Partes por millón
r	Índice de correlación de Pearson
ρ	Coefficiente de correlación de Lepeltier
s	Desviación estándar
Sb	Antimonio
X	Media aritmética
Zn	Zinc

INDICE DE FIGURAS

	Fäg.
1. Mapa de ubicación.,	19
2. Mapa de vías de acceso escala 1:25000.....	20
3. Mapa geológico.....	27
4. Perfil de suelo característico del área de estudio.	35
5. Curva de calibración de zinc.....	59
6. Distribución de frecuencia de antimonio.....	73
7. Histograma de frecuencias de antimonio.....	74
8. Distribución de frecuencia de zinc.....	76
9. Histograma de frecuencias de zinc.....	77
10. Distribución de frecuencia de plomo.....	79
11. Histograma de frecuencias de plomo.....	80
12. Curva de frecuencia acumulativa porcentual para antimonio.....	86

	Pág.
13. Curva de frecuencia acumulativa porcentual para zinc.....	87
14. Curva de frecuencia acumulativa porcentual para plomo.....	88
15. Distribución de frecuencia acumulativa para Sb Lepeltier (1969).....	91
16. Distribución de frecuencia acumulativa para Zn Lepeltier (1969).....	92
17. Distribución de frecuencia acumulativa para Pb Lepeltier (1969).....	93
18. Gráfico de correlación Sb(titulación) vs Zn(AAS)...	107
19. Gráfico de correlación Sb(titulación) vs Pb(AAS)...	108
20. Gráfico de correlación Zn(AAS) vs Pb(AAS).....	109

INDICE DE FOTOGRAFIAS

	Pág.
1. Vista al microscopio de feldespatos potásico alterado a damourita con color de interferencia marrón en matriz cuarcítica. (Nicóles cruzados 10 X 10).....	31
2. Vista al microscopio de sericita (Nicóles cruzados 40 X 10)	3%
3. Vista interior del molino de bola de porcelana.....	38
4. Molino de bola en funcionamiento.....	39
5. Tamizador automático Ro-Tap.....	40
6. Fotómetro spectroquant SQ 115 de Merck.....	43
7. Equipo de absorción atómica Perkin - Elmer 603.....	46
8. Calentamiento en baño de arena.....	48
9. Proceso de filtrado y aforado.....	49
10. Titulación de antimonio con $KBrO_3$	50

INDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Resultados analíticos de antimonio en muestras tomadas en perfiles de prueba.....	36
2. Elementos que interfieren en la formación del complejo colorimétrico de zinc.....	52
3. Lecturas de extinción de zinc medidas con SQ 315...	55
4. Valores para $Q(P,n)$ para 95 % y 99 %.....	57
5. Concentración de estandars en ppm y media aritmética de la extinción para cada uno.....	58
6. Resultados analíticos para Sb, Fb y Zn.....	63
7. Resultados analíticos para Sb, Pb y Zn ordenados ascendentemente.....	67
8. Distribución de grupo de valores para antimonio....	72
9. Distribución de grupo de valores para zinc.....	75
10. Distribución de grupo de valores para plomo.....	78
11. Determinación de media, varianza y desviación estandar para antimonio.....	82

	Fág.
12. Determinación de media, varianza y desviación estándar para zinc.....	83
13. Determinación de media, varianza y desviación estándar para plomo.....	84
14. Interpretación estadística de los análisis geoquímicos.....	89
15. Correlación entre antimonio y zinc.....	97
16. Correlación entre antimonio y plomo.....	100
17. Correlación entre zinc y plomo.....	103

INTRODUCCION

ANTECEDENTES HISTORICOS DEL AREA

Los trabajos realizados en la concesión minera "Loma Larga" ubicada en la provincia de El Oro 5 km al sur del cantón Piñas, con un área de 9 km², comenzaron en el año 1977 cuando se encontró una veta de estibina de aproximadamente un metro de espesor, con rumbo N 20° 0 e inclinación de 25" a 30" hacia el NE.

Esta veta fue explotada durante unos pocos meses en el año 1977, pero sin mayor investigación de la situación geológica del área y posición de la veta, lo cual produjo que el proyecto fracasara por que se perdió la veta.

En el año 1988 con intervención de capital extranjero y asesoría técnica de Ingenieros Geólogos de la ESPOL y de la EFN, se reanudaron los trabajos anteriores, con los cuales se encontró una nueva veta de estibina cerca a la primera y se realizó una galería para explotar la primera veta e iniciar la prospección geofísica y geoquímica en el resto del área, en busca de nuevas vetas.

OBJETIVO

En el área de estudio se explota actualmente una veta de estibina, existiendo además la posibilidad de detectar otras vetas. El objetivo principal del presente trabajo es justamente encontrar nuevas vetas de estibina, mediante una prospección geoquímica detallada, en la zona de mayor interés.

El propósito adicional que propone este trabajo, es demostrar si existe una relación entre los elementos a analizar, los cuales son antimonio, plomo y zinc.

METODOLOGIA

El trabajo se dividió en tres fases principales. Por los estudios anteriores de la compañía MILARSA, se conocía que las vetas de antimonio se encontraban asociadas únicamente a las rocas metamórficas de tipo cuarcitas, por lo tanto, el primer paso fue mapear detalladamente el área para elegir el sitio más adecuado para la toma de muestras, las cuales se recolectaron en suelos, ya que en el área las quebradas no depositan mayor cantidad de sedimentos activos y el suelo es más homogéneo en su composición que la roca. Para la selección del sitio de muestreo, también ayudaron las observaciones de los resultados de los análisis de muestras de suelos que se tomaron cercanas a la veta ya conocida.

El segundo paso fue elaborar técnicas analíticas adecuadas para antimonio, zinc y plomo, para luego realizar los análisis de cada una de las muestras de suelo tomadas.

El tercer paso fue el tratamiento estadístico de los resultados analíticos, para detectar posibles anomalías de los elementos analizados y ubicar estas zonas anómalicas en mapas de isoconcentraciones.

LOCALIZACION

La concesión minera "Loma Larga" se encuentra ubicada en la provincia de El Oro, 5 Km al sur del Cantón Piñas, el área tiene la forma de un cuadrado de 3 Km de lado. Las coordenadas de sus vértices son:

VERTICES	LONGITUD	LATITUD
-----	-----	-----
A	79° 41' 39,83'' OESTE	3° 42' 30,04'' SUR
B	79° 40' 2,54'' OESTE	3° 42' 30,04'' SUR
C	79° 41' 39,83'' OESTE	3° 44' 8,23'' SUR
D	79° 40' 2,54'' OESTE	3° 44' 8,23'' SUR

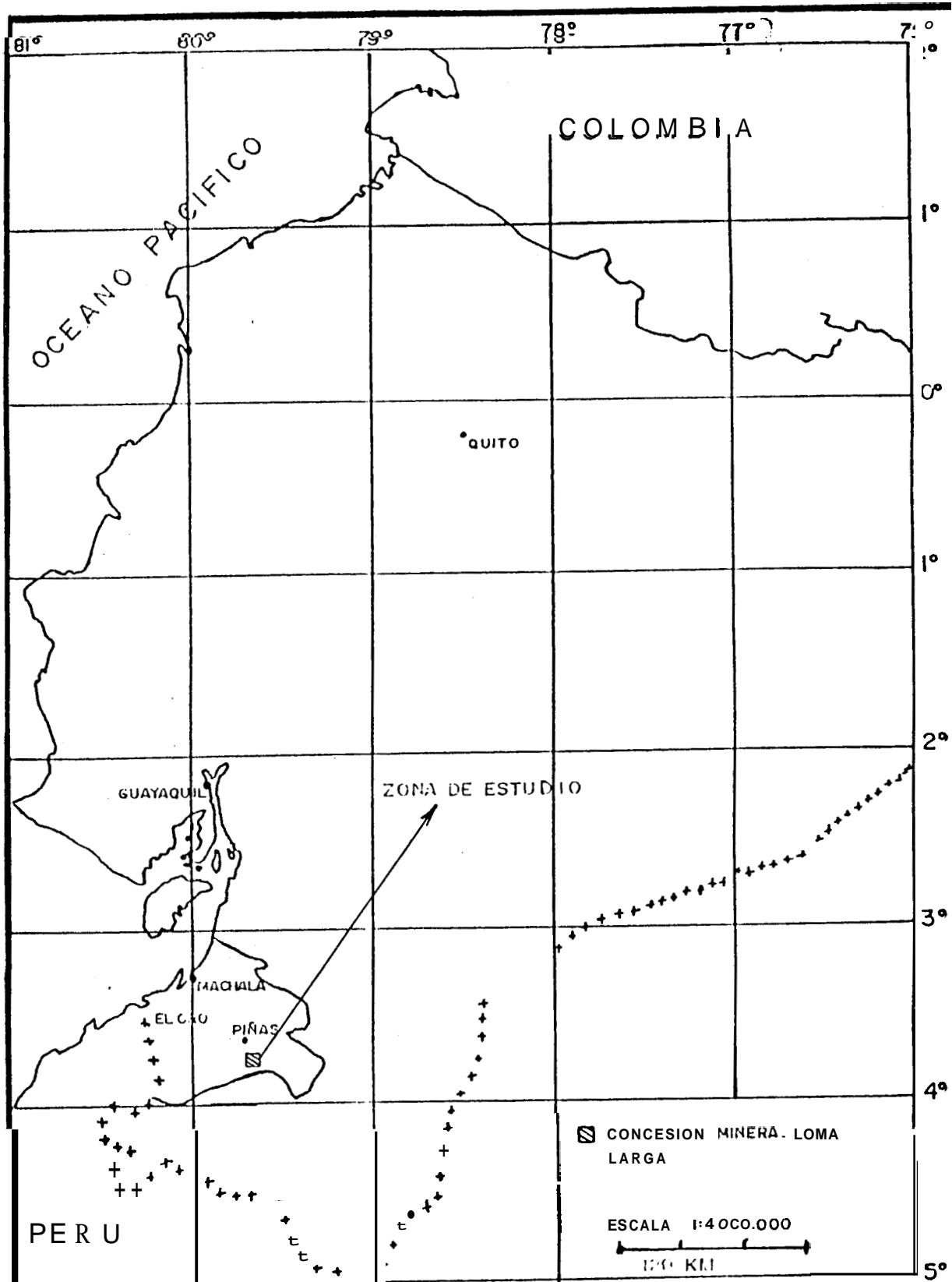
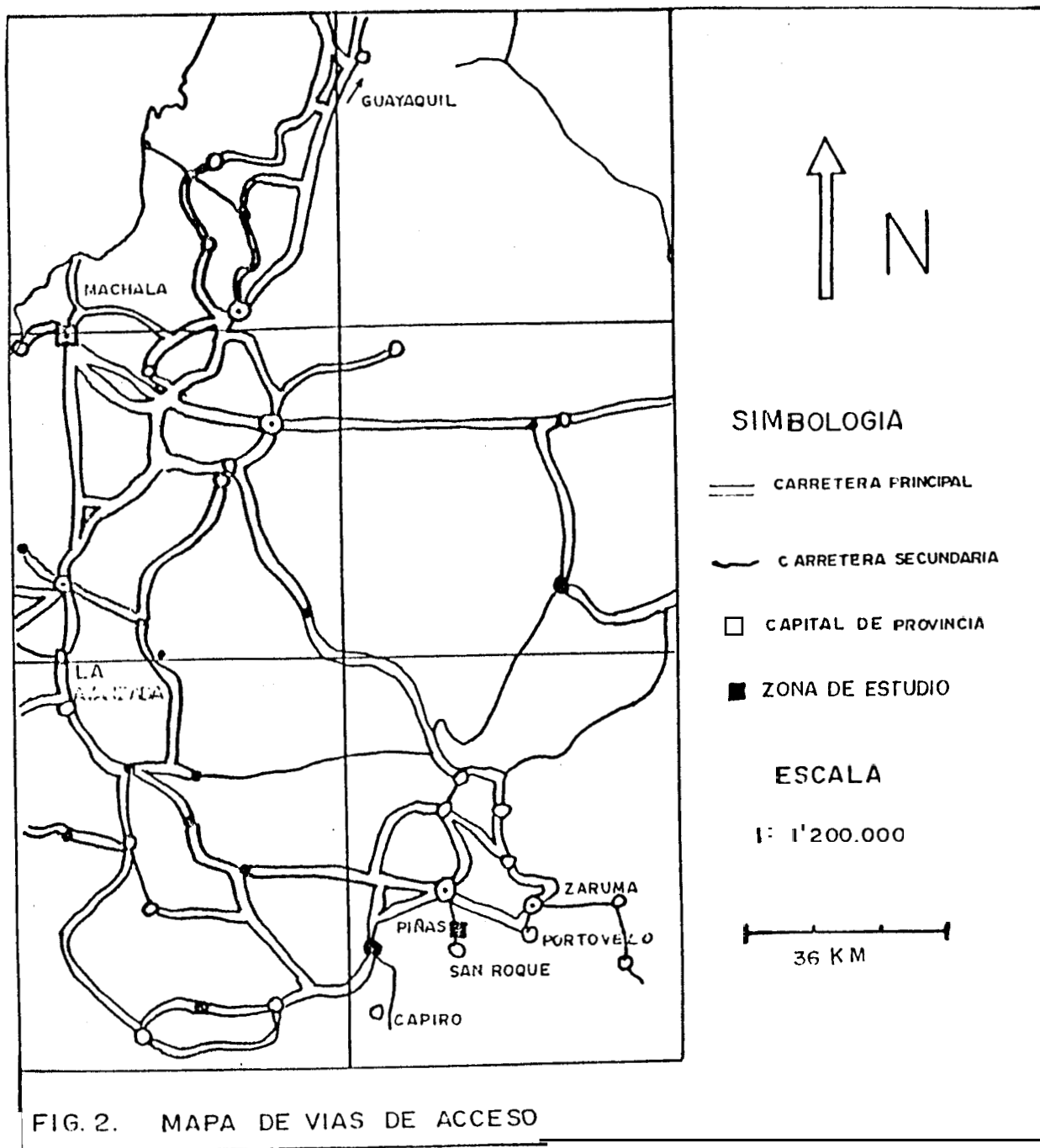


FIG. 1 MAPA DE UBICACION

VIAS DE ACCESO AL AREA DE ESTUDIO

Desde Guayaquil, la principal vía de acceso es la Fanamericana Sur hasta el sitio llamado "La Avanzada", luego para llegar a Piñas se toma la vía La Avanzada - Piñas. Desde este sitio hasta el área se puede llegar mediante dos vías.



La primera vía esta constituida por un tramo de la carretera Piñas - Capiro, el cual pasa por la esquina Noroeste de la concesión minera "Loma Larga" y que luego se continua a través de un desvío construido por la compañía MILARSA que llega hasta la mina de estibina.

La segunda vía de acceso es por la carretera Piñas - Fortovelo - Zaruma la cual atravieza el lado Oeste de la concesión y pasa por la población de San Roque, desde donde se continua finalmente por camino de herradura hasta la mineralización de estibina (fig 2).

CLIMA Y VEGETACION

El clima de esta región, es de tipo "Tropical Monzón" según el boletín emitido en Octubre de 1978 por el Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos y el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Este clima se caracteriza por tener temperaturas entre 24 y 25 grados centigrados, la humedad relativa oscila entre los 75 y 85 %.

Existen dos estaciones climáticas, verano (estación seca) entre los meses de Junio a Febrero, e invierno (estación lluviosa) entre los meses de Marzo a Mayo con precipitaciones promedios inferiores a 2000 mm.

La vegetación es de tipo "Selva tropical húmeda de montaña",

existiendo cierta variedad de árboles frutales como naranjos. Una espesa hierba cubre la zona.

La población promedio en el área es de 30 a 40 habitantes por kilómetro cuadrado, la principal ocupación es la agricultura.

FISIOGRAFIA

La cota más alta del área es de 1300 metros y la más baja 800 metros sobre el nivel del mar, produciéndose un decrecimiento de noroeste a sureste. La topografía es muy irregular con pendientes abruptas.

El sistema de drenaje principal del área lo constituye la quebrada San Lorenzo (anexo c) que corre de noreste a sureste, recibiendo el aporte de pequeñas quebradas perpendiculares a su cauce. Esta quebrada cambia su nombre cuando se une con la Quebrada Luzumbe adoptando este nombre, pero con la misma dirección noroeste-sureste.

Otro sistema es el del Rio Piñas que corre fuera del área, pero una pequeña porción pasa por la esquina noreste del área.

GEOLOGIA REGIONAL

La carta geológica escala 1:100000, Hoja 38 NVI-E Zaruma, editada por el Instituto Geográfico Militar (IGM), indica que

en el área afloran rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias de edad Precámbrico - Paleozoico Inferior a Cuaternarios. Estructuralmente la falla de Portovelo es el rasgo tectónico más importante. Esta separa las rocas volcánicas de la Formación Celica de las rocas metamórficas constituidas por el gneis San Roque y Esquisto Capiro que antiguamente se conocían como Serie Tahuín, y actualmente se la conoce como Grupo Tahuín. Dicha falla también constituye el límite sur de la mineralización del distrito minero de Portovelo.

"TAHUIN (Grupo).....Paleozoico + Triásico

Autor: Feininger (1977) Mapa geológico de la parte occidental de la Provincia de El Oro (1:50000). Esc. Politéc. Nac., Quito.

Litología: Predominantemente las rocas del grupo Tahuin son de composición pelítica y cuarzo feldespático. En el extremo S, hacia el valle del Rio Puyango, aunque duramente litificadas, no han sido metamorfizadas.

Consisten en areniscas grises, comúnmente con estratificación gradada, intercaladas con limolitas y lutitas de color gris oscuro. Hacia el N el grado de metamorfismo aumenta progresivamente lo cual cambia el aspecto de las rocas. Las no metamórficas pasan paulatinamente a cuarcitas con filitas y esquistos intercalados, los cuales pasan a gneises finos gra-

nulares, y finalmente a gneises de grano medio a grueso con desarrollo local de migmatitas espectaculares. El grado máximo de metamorfismo se alcanza a lo largo del contacto con las rocas del Grupo Piedras.

Las rocas del Grupo Tahuín al N del Grupo Piedras son mayormente idénticas a las del S pero incluyen estrato de anfibolita piroxénica de hasta 2 Km de ancho, el cual aflora muy bien en las vecindades de la población de Arenillas. El grado de metamorfismo de este grupo de rocas del Grupo Tahuín disminuye hacia el N y los afloramientos más norteños, entre las poblaciones de San Agustín y La Avanzada, son de un grado de metamorfismo muy bajo. Más al N las rocas del Grupo se pierden por debajo de los sedimentos no consolidados de la llanura costera.

El espesor total de las rocas del Grupo Tahuín excede 10000 m.

Edad: Rocas de muy bajo grado metamórfico y presumiblemente correlacionables en la Cordillera Amotape del Perú han proporcionado fósiles de edad Devónico (Martínez, 1971) Ahora, por la edad de 210 ± 8 m.a. de un gneis pelítico se sabe que parte del grupo Tahuín corresponde al Triásico.

SAN ROQUE (Gneis)..... Precámbrico.

Nombre tomado de San Roque, 7 Km SW de Zaruma.

Según Kennerley (1973), la unidad consiste de gneis que son de grano grueso y están compuestos por esquistos y gneises de cuarzo - feldespatos - biotita - muscovita. En el sendero a Capiro cerca a Piñas se notaron esquistos de granate - cuarzo - feldespatos - muscovita. A lo largo de la carretera a Machala esquistos grafiticos ocurren. Se observan afloramientos extensos de anfibolitas de grano medio al S de Portovelo y al O de Piñas en el Rio Moromoro. La de Portovelo está compuesta por 75 % de hornblenda y feldespatos alterados.

Antes Kennerley (1973), sugirió que la Serie Metamórfica Tahuín de la cual éste es una unidad, era de edad cretácica, metamorfizada durante la orogenia Laramídica. Ahora, considerando la edad radiométrica de 732 millones de años (Snelling, 1973) ha modificado su hipótesis ; seguramente la Serie Tahuín incluye en partes rocas precámbricas.

CAPIRO (Esquistos de...)Fleistoceno Sup

El nombre está tomado del pueblo de Capiro unos 11,5 Km SO de Zaruma.

Es característicos de los Esquistos Capiro su grano fino y la prominencia de muscovita y sericita. En sectores más silíceos, ocurren metalimolitas cuarcitas sericíticas y cuarcitas. No son comunes las filitas, pero cuando están presentes tienen clivajes fuerte. Se nota metavolcánicos intercalados".(4)

CAPITULO UNO

GEOLOGIA DEL AREA

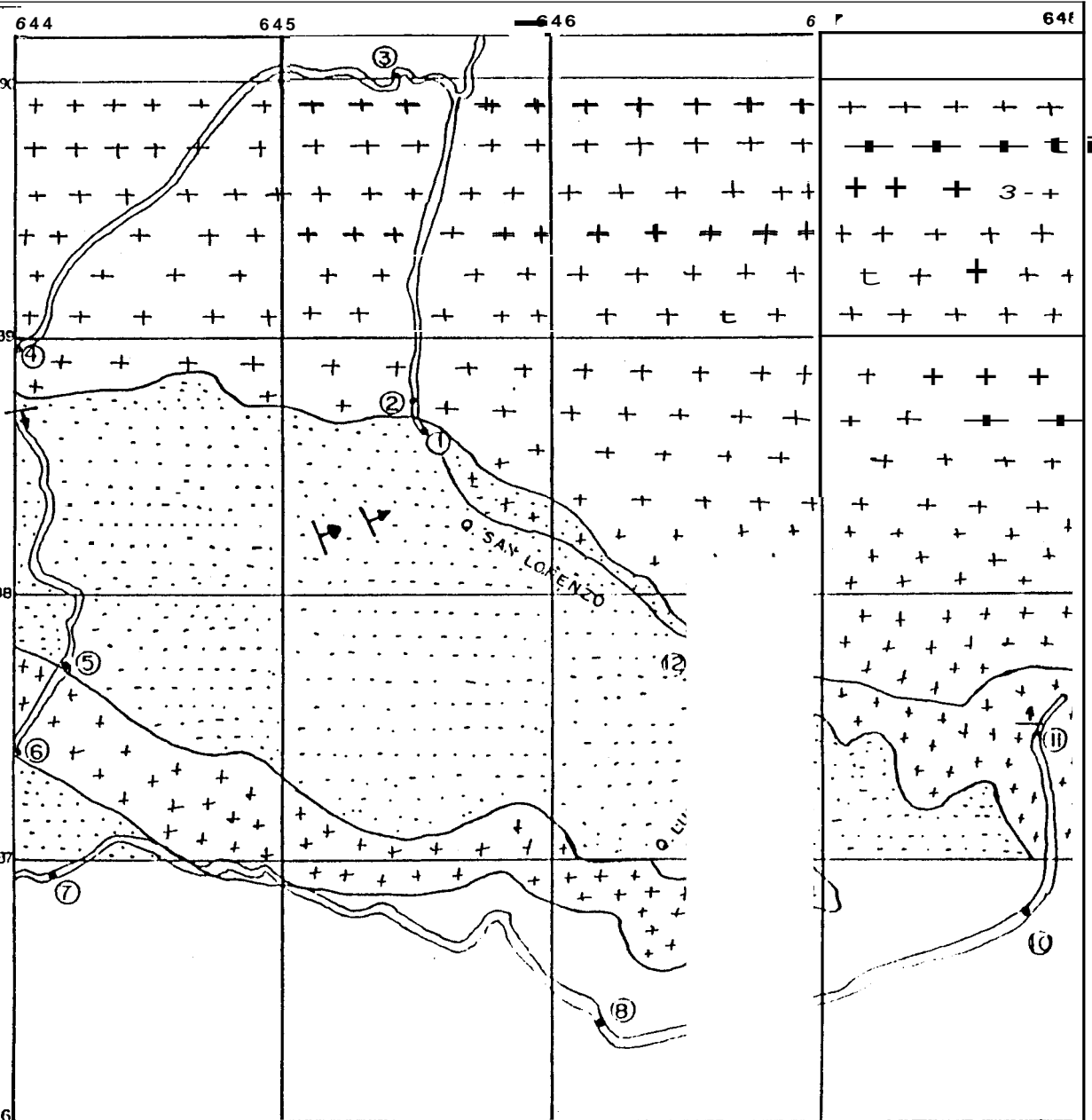
1.1.- MAPEO GEOLOGICO:

En los estudios geológicos previos realizados por la Compañía Minera MILARSA, se determinó que en el área existen básicamente rocas metamórficas de tipo gneis y cuarcita. Las vetas de estibina se encuentran asociadas, por lo general, a cuarcitas altamente silicificadas. Estas cuarcitas presentan diaclasamiento, generalmente con rumbo E - O y buzamiento 40° al N (fig 3).

El mapeo geológico se realizó mediante dos recorridos. El primero, a lo largo de la carretera a la mina, construida por MILARSA y por un tramo de la carretera Piñas - Capiro que pasa por la esquina Noroeste de la concesión. El segundo recorrido por la quebrada San Lorenzo (fig 3).

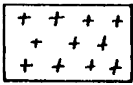
Recorrido 1: Partiendo de la Mina por la carretera construida por la compañía MILARSA (fig 3).

Estación 2: Coordenadas $9^{\circ}588.600$ N / 645.650 E. Cota 950 mts. Este punto se encuentra ubicado a 50 m de la entrada a la mina, corresponde a una cuarcita color rosado claro con gran

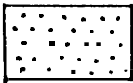


LEYENDA

Simbología



GNEIS



CUARCITA



ESTRATIFICACION



CORTE 1



CORTE 2

ESCALA 1:25.000

750 m.

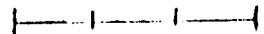


FIG. 3 MAPA GEOLOGICO DEL AREA

ESCALA 1:25.000

cantidad de cuarzo (aproximadamente 75 %) y clorita, que le da a la roca pequeñas manchas de color verde claro. El color rosado se debe a la alteración de los feldespatos. La roca también presenta manchas de color café debido a la presencia de óxidos de hierro y manganeso. El tamaño de grano de esta roca es muy fino y E! presenta muy diaclasada

Estación 2: Coordenadas 9'588.650 N / 645.700 E. Se encuentra ubicada 50 metros arriba del punto anterior en la cota 1000 m.

Se observa el cambio litológico de cuarcita a gneis, la dirección del contacto es aproximadamente E - O.

El gneis es de color café claro con gran cantidad de moscovita y biotita (alrededor del 50 %). El cuarzo existe, pero en menor cantidad, alrededor del 20 o 30 %. La roca es muy débil y se quiebra con facilidad.

El suelo cambia el tamaño del grano, ya que se vuelve mucho más grueso y muy micáceo, además en el color que anteriormente era café claro, se torna café oscuro.

Estación 3: Coordenadas 9'590.100 N / 645.500 E. Está ubicada 200 metros después de la intersección entre la carretera Piñas - Capiro y la carretera de MILARSA. La roca es de igual composición mineralógica que en la estación anterior pero de grano más fino.

Estación 4: Coordenadas 9'588.800 N / 644.000 E. Se encuentra un contacto gneis - cuarcita con rumbo E - W que corresponde al mismo determinado en la estación 2. En la cuarcita, antes del contacto, se observa una veta de salvanda (óxido de antimonio) con rumbo E - O y buzamiento 30° S.

Estación 5: Coordenadas 9'587.700 N / 644.200 E. Contacto esquisto - gneis. Con igual mineralogía y textura que las rocas anteriores.

Estación 6: Coordenadas 9'587.400 N / 643.950 E. Contacto gneis - esquisto.

Estación 7: Coordenadas 9'587.700 N / 644.150 E. Se encontró un afloramiento de roca color verdoso de grano muy fino (bien exfoliada). Probablemente corresponde a una filita, la que podría ser una transición entre el gneis y el esquisto. Este sitio está ubicado fuera del área de estudio por lo cual su composición mineralógica exacta no se presenta en este trabajo.

Estación 8: Coordenadas 9'586.400 N / 646.200 E. La roca corresponde a un esquisto de grano muy fino.

Estación 9: Coordenadas 9'586.450 N / 646.800 E. Es un esquisto del mismo tipo que el punto anterior, con diaclasas en dirección N 75° W y buzamiento 77° N.

Estación 10: Coordenadas 9'586.800 N / 647.700 E. Esquisto con diaclasas en dirección N 50° E y buzamiento 90°.

Estación 11: Coordenadas 9'587.250 N / 6/17.750 E. El punto está ubicado 1 km al SO, antes de la población de San Roque. Se observa el contacto cuarcita - gneis. Antes del contacto, la cuarcita presenta vetas de salvanda con rumbo N 80° E y buzamiento 55° N.

Corte 2: Este corte es en la quebrada San Lorenzo en dirección suroeste (fig 3).

Estación 12: Coordenadas 9'587.850 N / 646.450 E. La roca es una cuarcita con diaclasas de dirección N 65° E y buzamiento 35° N. Otros datos de rumbos y buzamientos de diaclasas en esta cuarcita, a lo largo de la quebrada San Lorenzo, se muestran en el mapa del anexo c.

Estación 13: Coordenadas 9'587.700 N / 646.850 E. Ubicado 100 metros antes de la intercepción de la quebrada San Lorenzo y la quebrada Luzumbe. Se puede observar el contacto cuarcita - gneis.

1.2.- PETROGRAFIA:

De las muestras de roca recogidas, se prepararon secciones delgadas con el objetivo de verificar el tipo de roca y la

composición mineralógica.

Del estudio petrográfico de estas secciones delgadas, se concluyó que existen dos tipos de rocas, descritas mineralógicamente a continuación:

Cuarcita: Contiene alrededor del 80 % de cuarzo con extinción ondulosa. Un 5 % de la roca corresponde a feldespato potásico que se ha alterado a hidromoscovita (Damourita). La sericita está presente en un 8 % y zircón en un 4 %. Otros minerales como turmalina y biotita y minerales opacos como la hematita, se los encuentra en cantidades pequeñas.



Foto 1. Vista al microscopio de feldespato potásico alterado a damourita con color de interferencia marrón en una matriz cuarcítica (Nicoles cruzados 10 X 10).

Gneis: El cuarzo con extinción ondulosa, compone alrededor del 40 % de la roca. La sericita alrededor de 40 %. La biotita compone un 10 %, clorita un 7 % y epidota un 3 %. Existen minerales opacos, pero muy poca cantidad.

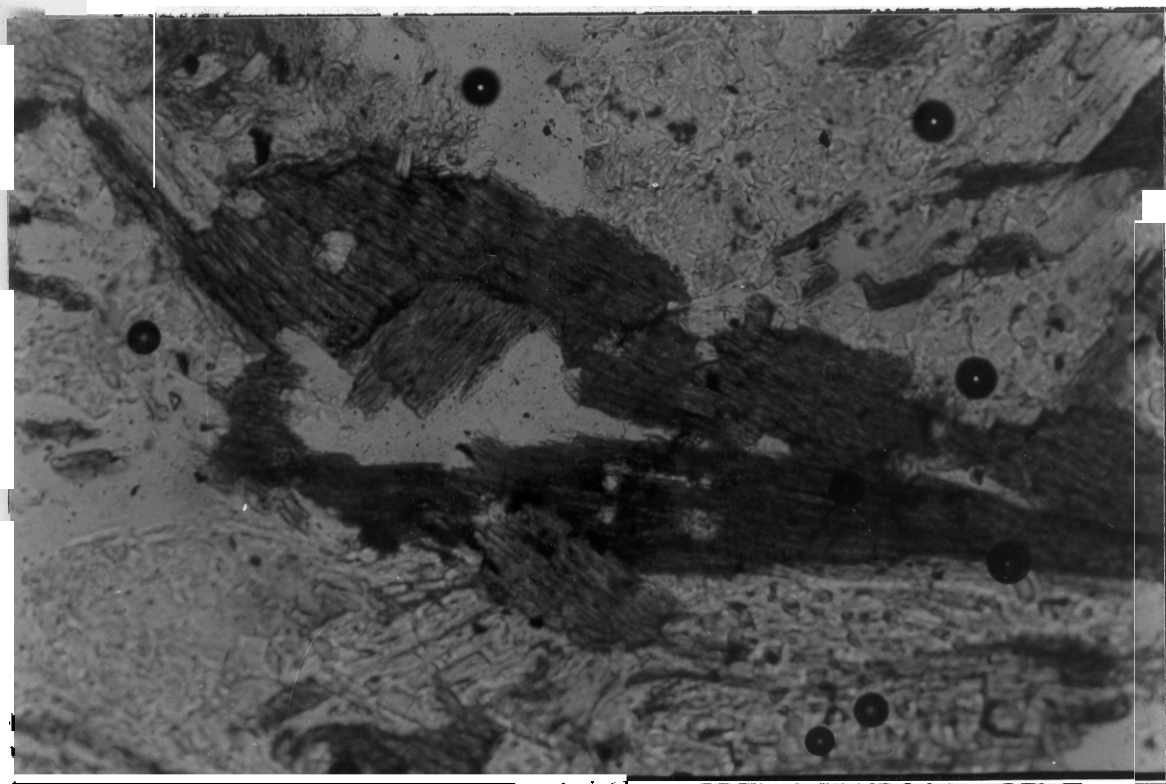


Foto 2. Vista al microscopio de sericita (Nicoles cruzados 40 X 10).

CAPITULO DOS

PROSPECCION GEOQUIMICA DE LA ZONA

2.1.- LOCALIZACION DE LA RED DE MUESTREO:

Se trata de una malla de muestreo rectangular con cinco líneas paralelas en dirección N 45° W.

En cada línea, se tomó muestras de suelos con un intervalo de 50 m. (anexo D).

Las coordenadas de los vértices de la malla son:

9°588.750 N / 645.325 E

9°588.500 N / 645.100 E

9°587.600 N / 646.425 E

9°587.425 N / 646.150 E

2.- MUESTREO DE SUELO:

En la zona de estudio, se puede distinguir claramente los tres horizontes de suelo A, B, y C, notándose en ciertos puntos de muestreo que el horizonte B puede ser subdividido en B1 y B2.

Estas observaciones se hicieron en dos perfiles perpendiculares a la veta principal y separados 100 metros entre sí, con intervalos de muestreo de 10 m.

En estos dos perfiles se muestreó los horizontes A, B y C con el fin de reconocer el horizonte más apropiado para la toma de muestras en la red principal.

A continuación, se presenta una descripción general de los perfiles de suelo:

La profundidad de los perfiles varía entre 40 y 50 cm.

Horizonte A : El espesor de este horizonte varía entre 5 y 10 cm generalmente, aunque en algunos puntos de muestreo en que la pendiente aumenta el horizonte A disminuye a 1 o 2 cm y casi desaparece. Presenta un color gris oscuro, con gran cantidad de materia orgánica y humus.

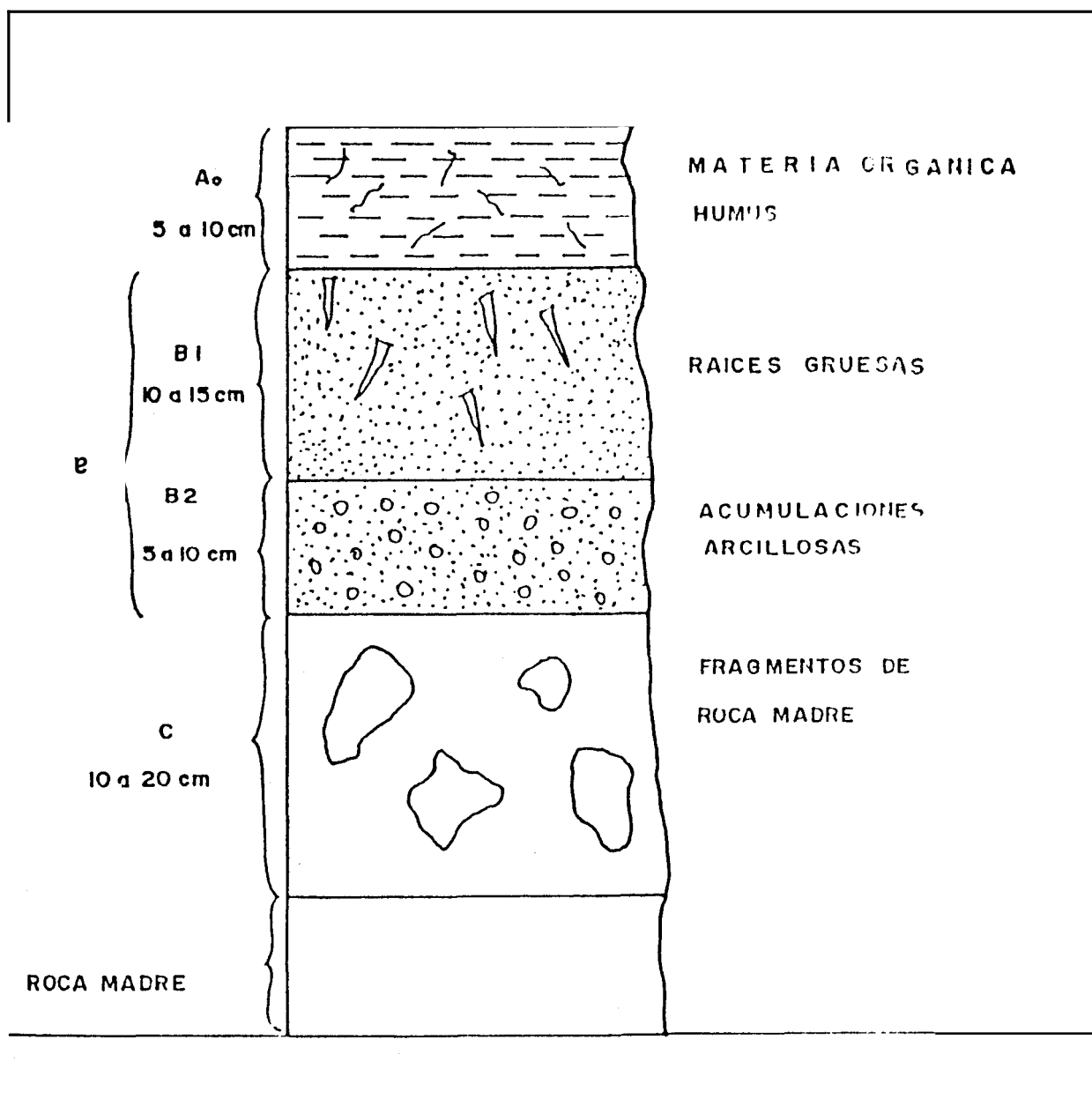
Horizonte B : El espesor varía de 10 a 25 cm. En algunos puntos, se puede diferenciar dos subhorizontes B1 y B2.

Subhorizonte B1 : Varía entre 10 y 15 cm de espesor. Contiene raíces gruesas . Es de color café oscuro.

Subhorizonte B2 : El espesor es de 5 a 10 cm. Es de color café oscuro, pero se diferencia del horizonte B1 debido a que hay

acumulaciones arcillosas de diámetro entre 1 y 2 cm color café amarillento, en las cuales gran cantidad de minerales arcillosos como moscovitas y biotitas están presentes.

El material que compone este subhorizonte es de tipo arenoso



Horizonte C : El espesor varia entre 10 y 20 cm. Está compuesto de grava mezclada con fragmentos de roca que varían entre 10 y 20 cm de diámetro.

La roca madre del subsuelo es una cuarcita cuya mineralogía y composición se encuentra detallada en el capítulo I.

Las muestras de cada punto de estos dos perfiles, fueron analizadas químicamente para determinar su contenido en antimonio. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

TABLA 1 .- RESULTADOS DE ANALISIS DE ANTIMONIO DE MUESTRAS TOMADAS EN PERFILES DE PRUEBA.

PERFIL 1			PERFIL 2		
Muestra	HORIZ A Sb (ppm)	HORIZ B Sb (ppm)	Muestra	HORIZ A Sb (ppm)	HORIZ B Sb (ppm)
LLA1	25	13	LLB1	27	8
LLA2	29	4	LLB2	24	8
LLA3	26	13	LLB3	26	6
LLA4	22	--	LLB4	--	10
LLA5	26	15	LLB5	31	11
LLA6	25	12	LLB6	--	19
LLA7	20	10	LLB7	--	25
LLA8	--	11	LLB8	--	29
LLA9	--	12	LLB9	31	39
LLA10	--	8	LLB10	--	33
LLA11	23	8	LLB11	--	24
LLA12	--	22	LLB12	--	50
LLA13	--	20	LLB13	--	16
LLA14	--	12	LLB14	16	16
LLA15	--	14	LLB15	--	14
LLA16	--	21	LLB16	--	15
LLA17	--	14	LLB17	--	14
LLA18	--	11	LLB18	--	10
LLA19	--	16	LLB19	--	--
LLA20	--	14	LLB20	--	--

-- En ese punto no existe ese horizonte

fragmentos de roca y restos orgánicos como raíces, hojas y astillas.

La muestra seca, se trituro durante 15 minutos en un molino de bola de porcelana, el cual no contamina la muestra con hierro u otros elementos metálicos.

El molino consta de un cilindro de 30 cm de diámetro, en su interior, esta recubierto por una camisa de porcelana.

Se utilizaron bolas de porcelana de 2 y 1 cm de diámetro (Foto 3).

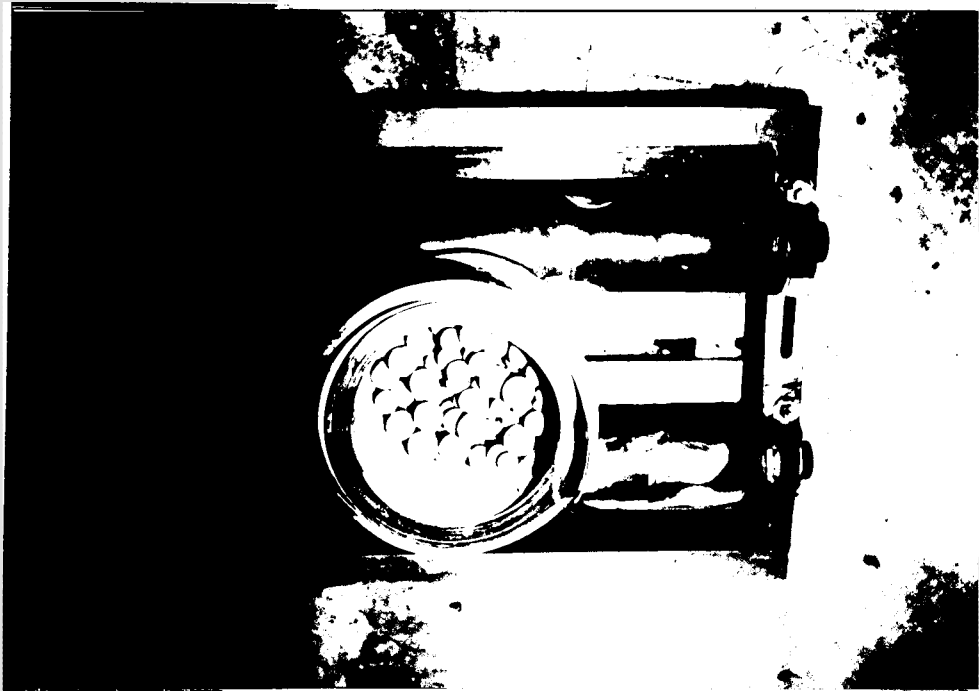


Foto 3. Vista interior del molino de bola de porcelana.

El movimiento giratorio es proporcionado por un motor a dos rodillos horizontales paralelos, sobre los cuales se coloca el molino. (Foto 4).



Foto 4. Molino de bolas en funcionamiento

El producto de esta trituración, se tamizó a 150 y 200 mallas (ASTM) utilizando un tamizador automático (Foto 5).

La fracción mayor a 150 mallas se desechó. La fracción pasante 150 mallas y retenido 200 mallas, se guardó en fundas plásticas. La fracción menor a 200 mallas, se sometió a cuarteo utilizando un cuarteador tipo Jones. El método de cuarteo consiste en mezclar bien la muestra, colocarla en la parte superior del cuarteador, el cual se encarga de separar la

muestra en dos partes iguales, una de ellas es desechada y la otra es nuevamente mezclada y cuarteada, hasta que la muestra se reduce a aproximadamente 5 gramos, con este procedimiento se consiguió una total homogenización de la muestra, con el objetivo de tener resultados mas representativos.

La fracción mayor a 200 mallas, se guardó en caso de requerir análisis de verificación.



Foto 5. Tamizador automatico (Ro-Tap).

2.4.- METODOS ANALITICOS:

En este trabajo, se emplearon tres métodos analíticos diferentes.

tes, y sus principios se describen a continuación:

2.4.1.- Principio de Titulación:

La titulación es la acción de valorar una solución, utilizando para esto un titulante, el cual satura la solución a medir y en ese instante, se produce un cambio de color en esta.

2.4.2.- Principios analíticos de fotometría espectral:

Colorimetría es la determinación de la intensidad o tonalidad de un color específico en una solución coloreada. Esto se realiza mediante la comparación visual de una solución problema con una serie de estándares preparados con concentraciones definidas del elemento en busca.

Fotometría espectral es la medición instrumental de la luz transmitida por una solución diluida coloreada.

Estas dos técnicas, pueden ser utilizadas para el análisis químico en materiales geológicos.

"Cuando se ha formado el complejo de color en la solución suficientemente diluida, la relación entre la concentración del elemento y la absorción de la luz está

dado por la regla de Beer - Lambert:

$$A = \log (I_0 / I_t) + abc$$

En donde I_0 es la intensidad de la luz incidente, I_t la intensidad de la luz transmitida, a es una constante de absorción, b es la longitud de onda de paso de la luz y c es la concentración de la sustancia en cuestión.

La relación recíproca I_t/I_0 es la transmisividad de la solución.

La regla de Beer - Lambert, se refiere a la transmisión de luz en soluciones diluidas. En muchos casos, las soluciones que se analizan son lo bastante diluidas tales que las desviaciones de esta regla son mínimas. Esto no es así para soluciones concentradas, en donde las desviaciones de la regla de Beer - Lambert son considerables". (7)

En fotometría espectral, las concentraciones de elementos son determinadas mediante la intensidad de aquellas longitudes de onda más fuertemente absorbidas por las sustancias coloreadas.

La selección de la longitud de onda apropiada se hace mediante filtros, monocromadores o rejillas.

El instrumento se calibra a cero mediante una solución blanca, la cual es preparada con agua desmineralizada o destilada libre del elemento a analizar y es tratada con los mismos reactivos colorimétricos que los estándares y las soluciones desconocidas.

Los instrumentos necesarios existen en diferentes tipos en el mercado. El utilizado en este trabajo, fue el Spectroquant SQ 115 de Merck (Foto 6) que tiene un microprocesador incorporado que calibra el instrumento automáticamente mediante un blanco y una cubeta de calibración, y evita así la tediosa necesidad de construir curvas de calibración con una serie de estándares.



Foto 6. Fotometro Spectroquant SQ 115 de Merck.

La longitud de onda es seleccionada por medio de filtros que proporcionan una longitud de onda fija. Para facilitar el análisis, esta empresa ofrece además una gama de juegos de reactivos en donde, cada juego contiene todos los reactivos necesarios para el análisis de un elemento específico.

Según el elemento, pueden analizarse de 80 a 500 muestras con un solo juego.

Estos juegos de reactivos, ahorran la tediosa búsqueda de los diferentes reactivos en el mercado local, a veces imposible de conseguir.

Con todos los implementos mencionados de este sistema, algunos de los análisis pueden efectuarse en menos de 2 minutos.

Como el equipo es pequeño y puede ser utilizado tanto con corriente eléctrica como con batería de 12 V, como la de un carro, se pueden también hacer los análisis en el campo sin mayor problema o si se quiere en el mismo lugar de muestreo,

La mayoría de los procedimientos colorimétricos se componen de los siguientes pasos: primero, descomposición de la muestra; luego, transferencia de una alícuota de

solución de la muestra, adición de un buffer y si es necesario un agente enmascarador, la adición de un agente colorimétrico y finalmente la extracción del complejo coloreado a una solución orgánica solvente. Unas pocas determinaciones se desvían de esta secuencia.

2.4.3.-Principios Analíticos de Absorción Atómica:

"En absorción atómica, el elemento de interés en la muestra no se excita, sino que se disocia de sus enlaces químicos, llevándolo a un estado no excitado, no ionizado y en su estado mínimo de energía. Bajo estas condiciones es capaz de absorber radiación emitida por una lámpara de cátodo hueco, la cual tiene como fuente energética el mismo elemento que se desea analizar. La longitud de onda que es absorbida permite la identificación del elemento a analizar.

La disociación se efectúa " quemando " la muestra en una llama. La llama, requiere la presencia de un combustible (acetileno) y un oxidante (oxígeno), las condiciones de esta llama entre otras cosas determinan el rango efectivo de la absorción.

El equipo utilizado para los análisis de plomo y zinc,

en este trabajo, fue el Perkin - Elmer 603 que es presentado en la foto 7.

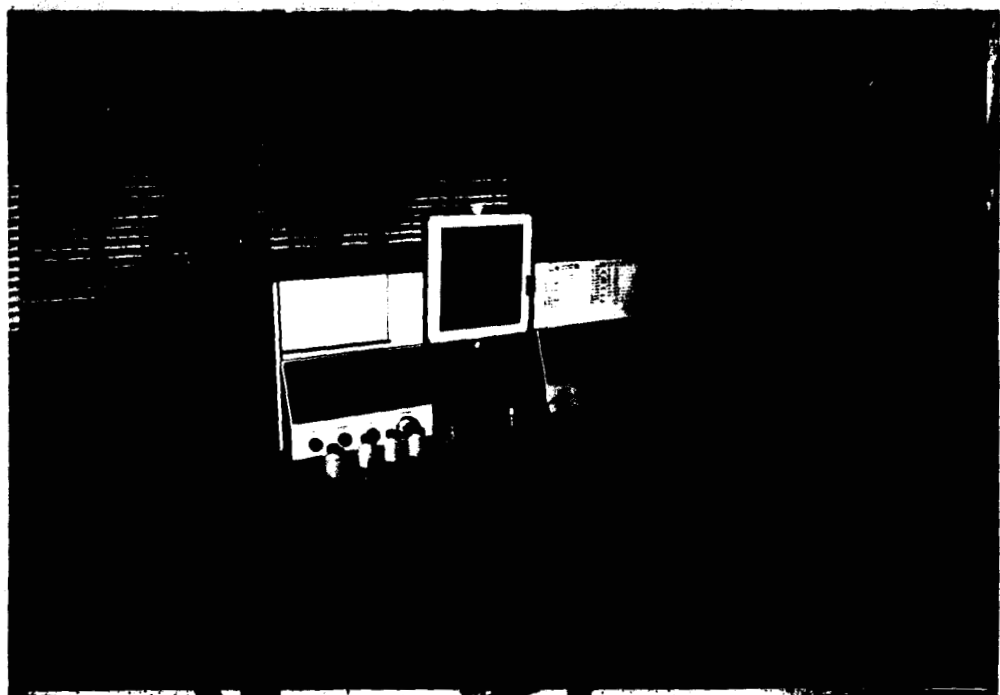


foto 7. Equipo de absorción atómica Perkin - Elmer 603

Este contiene un microprocesador incorporado, el cual realiza una curva de calibración automáticamente con uno, dos o tres estándares. El tipo de quemador utilizado es de premezcla, en el cual la muestra, el combustible y el oxidante, se mezclan en la cámara antes de entrar en la llama. El rango de longitudes de onda son seleccionados por un monocromador, el cual deja pasar la línea de resonancia y bloquea las líneas no resonantes más próximas, para lograr una curva de trabajo lineal". (6-10)

2.5.- ANALISIS DE ANTIMONIO POR TITULACION

2.5.1.- Materiales Utilizado:

- Embudo de vidrio.
- Vaso de precipitación de 100 ml.
- Pipeta volumétrica de 5 ml.
- Bureta de 25 ml.
- Soportes metálicos.
- Agarraderas para soporte.
- Solución de Bromato de Potasio 0,01 N ($KBrO_3$).
- Solución de Anaranjado de Metilo 0,1%.
- Solución de Acido Clorhidrico 2N (HCl).
- Agua destilada.
- Papel filtro (Wattman # 42).
- Reverbero.

2.5.2.- Disgregación de la muestra:

Para encontrar la disgregación más efectiva para la determinación de antimonio, se realizaron pruebas de disgregación con diferentes ácidos y diferentes concentraciones como : ácido perclórico concentrado ($HClO_4$), ácido nítrico concentrado ($HN0_3$), ácido clorhídrico concentrado (HCl) y ácido clorhídrico 2N.

Las mejores disgregaciones se obtuvieron con el ácido

clorhídrico concentrado y se utilizó este para disgregar todas las muestras y poner en solución el antimonio. Para la disgregación, se pesa aproximadamente 2 g de muestra en un vaso de precipitación de 100 ml y se agrega 10 ml de ácido clorhídrico concentrado, se calienta el vaso de precipitación en un baño de arena a 150 C (Foto 8).



Foto 8. Calentamiento en baño de arena.

Se evapora la mezcla hasta que este casi seque. Cuando se ha evaporado casi todo el ácido, se agrega 20 ml de agua destilada y nuevamente se lleva en un baño de arena hasta casi sequedad. Una vez seco, se agrega ácido

clorhídrico 2 N, se filtra la suspensión y se afora la solución clara hasta 100 ml con ácido clorhídrico 2 N.



Foto 9. Proceso de filtrado y aforado.

2.5.3.- Titulación de la muestra:

Una vez disgregada la muestra, la solución obtenida es titulada para determinar el contenido de antimonio.

- Tomar 50 ml de solución problema.

- Agregar 2 gotas de solución anaranjado de metilo 0.1%.
- Calentar a 50 grados centigrados.
- Titular con solución bromato de potasio 0,01 N.
- Leer en la bureta la cantidad de titulante consumido.

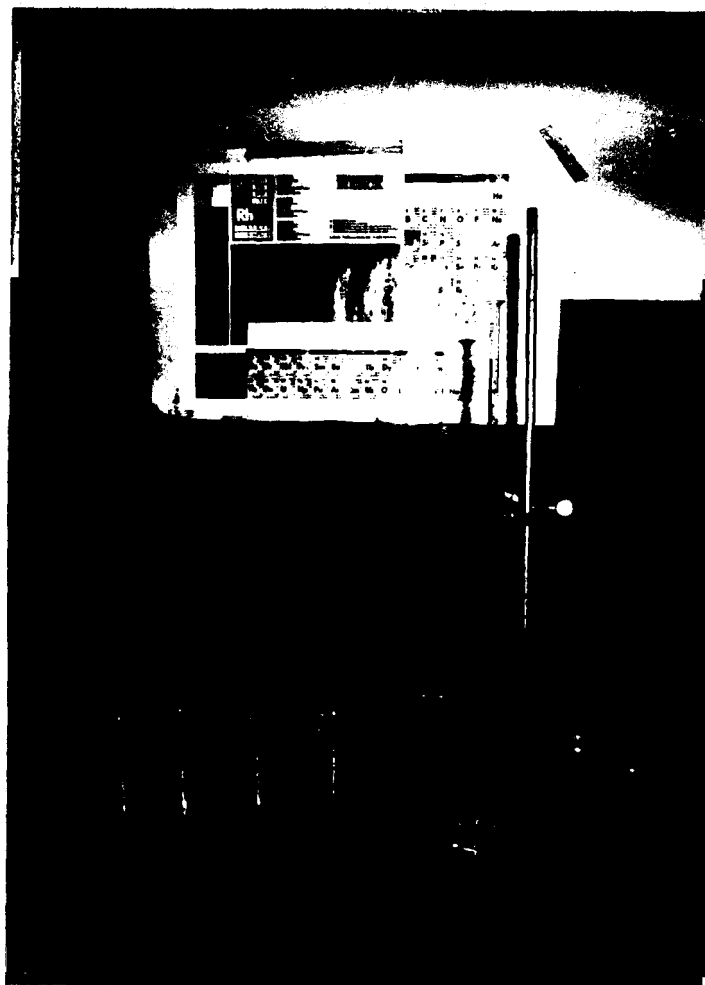


Foto 10. Titulación de antimonio con KBrO_3 .

El contenido de antimonio se obtiene segun:

1 ml de KBrO_3 = 6.022 mg de antimonio (9)

El límite inferior de detección es de 3 ppm con un error de 0,3 ppm.

2.6.- ANALISIS DE ZINC POR FOTOMETRIA ESPECTRAL

2.6.1.- Materiales OS

- Vaso de precipitación.
- Embudo de vidrio.
- Matraz de 100 ml.
- Matraz de 25 ml.
- Pipeta volumétrica de 20 ml.
- Pipeta volumétrica de 10 ml.
- Acido clorhídrico concentrado.
- Hidroxido de sodio (granulado)
- Agua destilada.
- Papel filtro (Wattman # 42).
- Reverbero.
- Fotómetro spectroquant SQ 115.
- Filtro R 565.
- Cubeta rectangular de cuarzo de 10 mm.
- Juego de reactivos para zinc de la firma Merck.

2.6.2.- Disgregación de la muestra:

Wear y Sommer (1948) demostraron que se puede extraer el zinc disponible de los suelos por medio de HCl 0,1 N.



Los estudios de Wear y Sommer (1948) proporcionaron la bases para utilizar las extracciones con ácido clorhídrico concentrado, que se hicieron para analizar antimonio anteriormente en este trabajo en el literal 2.5.2.

Se pesa 2 gramos de muestra, se coloca en un vaso de precipitación 100 ml y se agrega 10 ml de ácido clorhídrico concentrado. Se calienta en baño de arena a una temperatura de 150 grados centigrados y se evapora hasta casi sequedad, luego se agrega 20 ml de agua destilada. Se calienta nuevamente en baño de arena a 100 grado centigrados hasta casi sequedad. Se agrega ácido clorhídrico 2 N, se filtra y el filtrado se afora a 100 ml.

2.6.3.- Procedimiento para zinc:

La solución a ser analizada debe encontrarse libre de elementos que interfieran con el complejo de color. Estos son los mostrados en la tabla 2. Estas interferencias causan un error en las lecturas del instrumento.

Tabla 2. Elementos que interfieren en la formación de complejo colorimétrico de zinc.

+10 mg/l	Cr ⁶⁺ , Fe ²⁺ , Se ⁴⁺ , W ⁶⁺ ,	S ²⁻
+100 mg/l	Ag ⁺ , Ba ²⁺ , Co ²⁺ , Cr ³⁺ , Cu ²⁺ , Hg ⁺ , La ³⁺ , Ni ²⁺ , Pb ²⁺ , Sn ²⁺ , Tl ⁺ , Ti ⁴⁺ , U ⁶⁺ , V ⁵⁺	Br ⁻ , IO ₃ ⁻ , S ₂ O ₃ ²⁻
+1000 mg/l	Al ³⁺ , As ³⁺ , Be ²⁺ , Bi ³⁺ , Ca ²⁺ , Cd ²⁺ , Ce ³⁺ , Ce ⁴⁺ , Fe ³⁺ , Ga ³⁺ , Ge ⁴⁺ , Hg ²⁺ , K ⁺ , Li ⁺ , Mg ²⁺ , Mn ²⁺ , Nb ⁵⁺ , Rb ⁺ , Sb ³⁺ , Sr ²⁺ , Te ⁴⁺ , Th ⁴⁺ , Zr ⁴⁺ ,	Acetate, ascorbate, BrO ₃ ⁻ , BO ₃ ³⁻ , CO ₃ ²⁻ , citrate, Cl ⁻ , ClO ₃ ⁻ , ClO ₄ ⁻ , CN ⁻ , CNO ⁻ , F ⁻ , I ⁻ , NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , oxalate, PO ₄ ³⁻ , P ₂ O ₄ ⁴⁻ , polyphosphate, SCN ⁻ , SO ₃ ²⁻ , SO ₄ ²⁻ , S ₂ O ₈ ²⁻ , SiO ₄ ⁴⁻ , tartrate

Tabla 2. Continuación.

1.0mg/l Zn	+1mg/l	Mo ⁶⁺ , Se ⁴⁺ , Sb ³⁺ , W ⁶⁺ ,	S ²⁻
	+10mg/l	As ³⁺ , Bi ³⁺ , Fe ³⁺ , Sn ²⁺ , Sr ²⁺ , Te ⁴⁺ , Tl ⁺ ,	polyphosphate, S O ₃ ²⁻ , SO ₃ ²⁻
	+100mg/l	Ba ²⁺ , Be ²⁺ , Ce ⁴⁺ , Cu ²⁺ , Ge ⁴⁺ , Fe ²⁺ , Ni ²⁺ , Pb ²⁺ , Th ⁴⁺ , Ti ⁴⁺ ,	BO ₃ ³⁻ , tartrate
	+1000mg/l	Ag ⁺ , Al ³⁺ , Ca ²⁺ , Cd ²⁺ , Ce ³⁺ , Cr ³⁺ , Cr ⁶⁺ , Co ²⁺ , Ga ³⁺ , Hg ⁺ , Hg ²⁺ , K, La ³⁺ , Li ⁺ , Mg ²⁺ , Mn ²⁺ , Na ⁺ , Rb ⁺ , U ⁶⁺ , V ⁵⁺ , Zr ⁴⁺ ,	Acetate, ascorbate, Br ⁻ , BrO ₃ ⁻ , citrate, Cl ⁻ , ClO ₂ ⁻ , ClO ₃ ⁻ , CO ₃ ²⁻ , CN ⁻ , CNO ⁻ , F ⁻ , I ⁻ , IO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , oxalate, PO ₄ ³⁻ , P ₂ O ₄ ⁴⁻ , SCN ⁻ , SO ₃ ²⁻ , SO ₄ ²⁻ , S ₂ O ₈ ²⁻
	NaX	NaCl: < 1%, NaNO ₃ : < 0.5% Na ₂ SO ₄ : < 1% Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O: < 0,2% Titriplex [®] III: 0%	Seawater: unsuitable

En el caso de los suelos un elemento que crea principalmente problemas es el hierro, el cual debe ser eliminado llevando el pH de la solución hasta 8,5 o 9 con adición de hidróxido de sodio, así se logra que el hierro precipite, luego la solución se filtra y queda lista para ser analizada. Se usó el sistema Spectroquant en el fotómetro SQ 115 de la firma Merck con el juego de reactivos para zinc.

- 1.- Tomar 5 ml de solución problema y colocarlo en tubo con tapa rosca.
- 2.- Agregar 5 ml de reactivo Zn 1, mezclar y controlar que el pH sea mayor a 12 (caso contrario ajustar con hidróxido de sodio).
- 3.- Agregar 2 gotas de reactivo Zn 2 y mezclar.
- 4.- Agregar 5 gotas de reactivo Zn 3 y mezclar.

- 5.- Agregar 3 gotas de reactivo Zn 4, mezclar y dejar en reposo por 3 minutos.
- 6.- Agregar una microcucharada de reactivo Zn 5 y disolver.
- 7.- Agregar 5 ml de reactivo Zn 6, tapar el frasco y agitar fuertemente por 30 segundos, dejar reposar por 2 minutos.
- 8.- Extraer la capa superior y pasar a cubeta de medición de 10 mm.

2.6.4.- Curva de Calibración:

El manual de la firma Merck indica que el filtro más adecuado para seleccionar la longitud de onda es el R 565 nm. Se utilizó la cubeta de medición rectangular de cuarzo de 10 mm, para medir soluciones entre un rango de 0,05 y 2,5 ppm Zn.

Se prepararon estándares que contenían 1, 0.9, 0.8, 0.7, 0.6, 0.5, 0.4, 0.3, 0.1 y 0 g/ml de Zn, los cuales se trataron según el procedimiento para zinc que se describe en el literal 2.4.2.3.

La solución coloreada se pasó a la cubeta de medición y se determinó la extinción de la solución.

La extinción se midió para las diferentes concentra-

ciones de estandars inmediatamente después de formado el complejo de color y luego, en intervalos de 1 minuto entre cada medición. Los resultados de las mediciones de extinción para los diferentes estandards son presentados en la tabla 3.

TABLA 3 . LECTURAS DE EXTINCION DE ZINC MEDIDAS CON EL SQ 115

STD ppm	TIEMPO min	LECTURA DE EXTINCION			
		1	2	3	4
1	1	0,721	0,787	0,768	0,761
	2	0,662	0,738	0,715	0,721
	3	0,572	0,701	0,697	0,659
0,9	1	0,662	0,662	0,673	0,662
	2	0,600	0,572	0,609	0,619
	3	0,545	0,505	0,563	0,572
0,8	1	0,649	0,613	0,537	0,673
	2	0,596	0,608	0,506	0,626
	3	0,547	0,545	0,470	0,541
0,7	1	0,581	0,563	0,554	0,520
	2	0,513	0,520	0,537	0,505
	3	0,447	0,454	0,520	0,489
0,6	1	0,406	0,451	0,445	0,414
	2	0,365	0,470	0,467	0,278
	3	0,360	0,464	0,467	0,260
0,5	1	0,355	0,396	0,366	0,460
	2	0,262	0,366	0,294	0,420
	3	0,240	0,313	0,257	0,390
0,4	1	0,401	0,332	0,343	0,251
	2	0,348	0,244	0,318	0,153
	3	0,301	0,225	0,268	0,144
0,3	1	0,208	0,268	0,249	0,251
	2	0,196	0,204	0,218	0,189
	3	0,180	0,188	0,193	0,155
0,1	1	0,065	0,085	0,124	0,074
	2	0,060	0,086	0,116	0,043
	3	0,041	0,066	0,063	0,040

Se aprecia que la extinción disminuye considerablemente con el tiempo, por lo tanto la medición debe hacerse inmediatamente después de formado el complejo de color.

Las cinco mediciones del minuto cero de cada concentración, recibieron el siguiente tratamiento estadístico, el cual se aplica para eliminar valores erróneos o disparados:

- 1.- Se descartaron los valores disparados aplicando un Q - test simplificado, para menos de 10 valores. (Kollér, 1990). Para reconocer valores disparados este chequeo parte del rango de los datos a analizar.

$$r = X_{\max} - X_{\min}$$

Se ordenan los datos de manera ascendente:

entonces
$$Q = \frac{|X_1 - X_2|}{X_{\max} - X_{\min}}$$

X1 es el valor sospechoso y X2 es el valor vecino a X1.

Este valor Q se compara después con los valores

$Q(P,n)$ de tablas de libros de estadística

Donde: Q es la probabilidad estadística en función del número de calificaciones
 P es la probabilidad estadística para un determinado nivel.
 n es el número de muestras.

Un valor es disparado y tiene que ser excluido del tratamiento, si el valor Q calculado es mayor que el valor $Q(P,n)$ obtenido de la tabla siguiente.

Tabla 4. Valores para $Q(P,n)$ para 95 % y 99 %.

n	$P = 95 \%$	$P = 99 \%$	n	$P = 95 \%$	$P = 99 \%$
3	0,97	0,99	7	0,59	0,68
4	0,84	0,93	8	0,54	0,63
5	0,73	0,82	9	0,51	0,60
6	0,64	0,74	10	0,49	0,57

Los valores de extinción excluidos fueron: 0,763 de 0,9 ppm; 0,401 de 0,4 ppm y 0,124 de 0,1 ppm.

2.- Se obtuvo la media aritmética de la extinción para

concentración, sin utilizar los valores disparados

De esta manera se obtuvo la siguiente tabla:

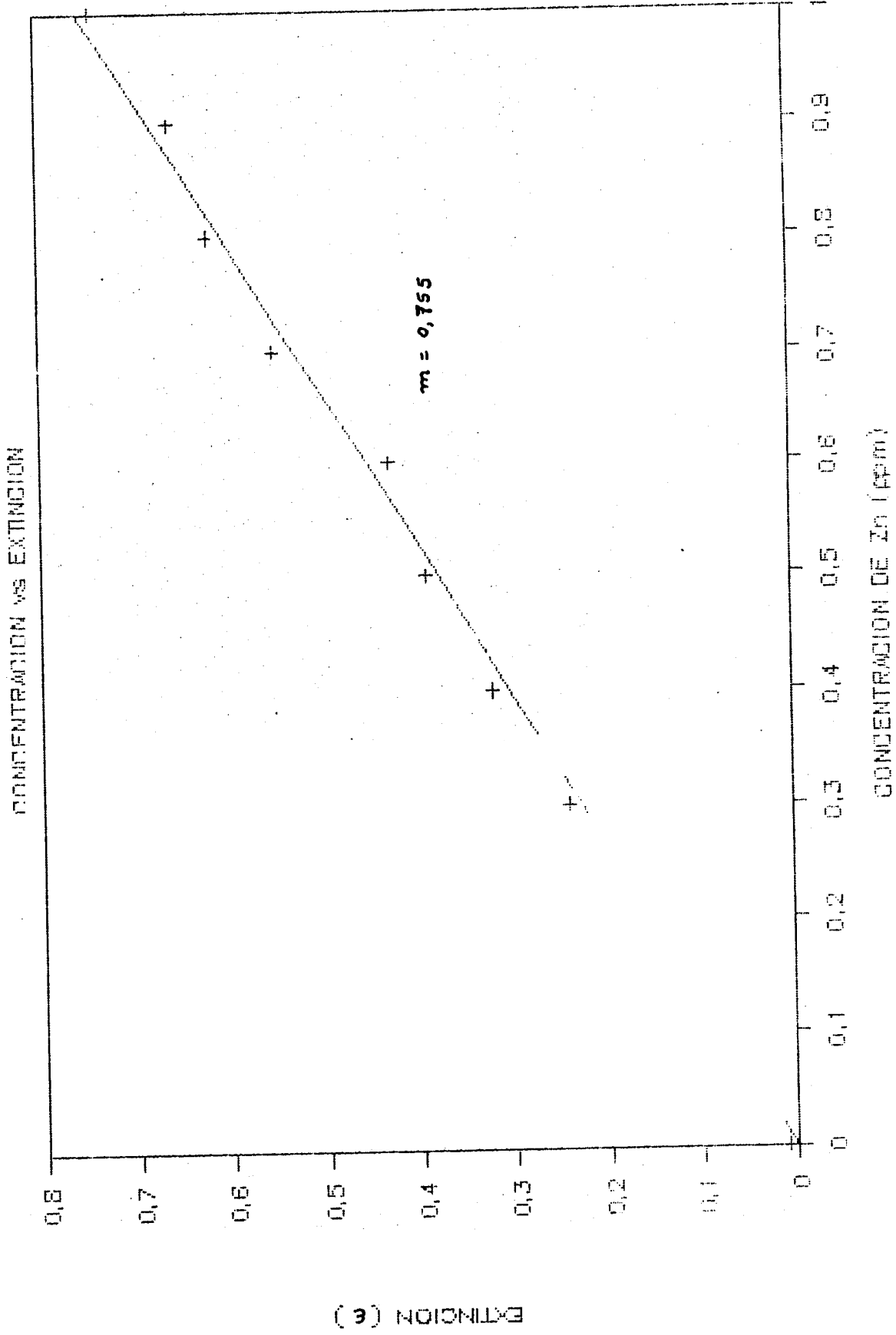
Tabla 5. Concentración de estandars en ppm y media aritmética de la extinción para cada uno.

STD de Zn (ppm)	$\bar{\epsilon}$ Extinción Promedio
1	0,74
0,9	0,66
0,8	0,62
0,7	0,55
0,6	0,48
0,5	0,39
0,4	0,32
0,3	0,24
0,1	0,07
0	0,01

El gráfico de concentración versus extinción da la curva que es indicada en la figura 5.

Entre los puntos de la fig 6 se puede trazar la recta con pendiente 0,755.

FIG 5. CURVA DE CALIBRACION DE ZINC



El factor de conversión para las lecturas de extinción es matemáticamente el inverso de esta pendiente, es decir 1,324.

Por lo tanto, los valores de extinción que se miden deben ser multiplicados por este factor para su conversión en valores de concentración.

Las concentraciones de zinc para las muestras de suelo medidas con este método, se pueden ver en la tabla del anexo A. En esta tabla se observa que existe la concentración de zinc medida con SQ 155 y con absorción atómica tienen una relación de 1 a 2 siendo siempre mayor el análisis por absorción atómica.

Con esto se puede concluir que los análisis con SQ 115 pueden ser utilizados en una campaña geoquímica ya que son más económicos y pueden realizarse más cerca del sitio de muestreo.

2.7.- ANÁLISIS DE PLOMO Y ZINC POR ABSORCIÓN ATÓMICA

2.7.1.- Materiales Utilizados

- Vaso de precipitación.
- Embudo de vidrio.

- Matraz de 100 ml.
- Pipeta volumétrica de 25 ml.
- Acido clorhidrico concentrado
- Agua destilada.
- Papel filtro (Wattman # 42).
- Reverbero.

2.7.2.- Disgregación de las muestras

El manual del equipo de Absorción Atómica PERKIN - ELMER, recomienda una disgregación con ácido clorhidrico concentrado para plomo y zinc; por lo tanto, la misma solución que se usó para analizar antimonio por titulación y cuyo procedimiento de disgregación se describe en el literal 2.5.2, es usada para analizar plomo y zinc por Absorción Atómica.

2.7.3. - Procedimiento para plomo y zinc:

Las muestras disgregadas son medidas en el equipo de Absorción Atómica, él mismo que absorbe la solución mediante un capilar.

Las logitudes de onda que se utilizaron fueron:

Zinc..... 213.9 nm.

Plomo..... 283,3 nm.

CAPITULO TRES

INTERPRETACION DE RESULTADOS

3.1. GENERALIDADES

"Los métodos cuantitativos y cualitativos para análisis químicos de materiales geológicos, han mejorado con la tecnología para obtener una mayor cantidad de información.

Para procesar toda esta información es necesario utilizar procesos matemáticos especiales.

El uso de métodos estadísticos en geología y geoquímica nos dá mayor confianza y exactitud en las conclusiones". (2)

Los resultados geoquímicos deben de seguir un tratamiento estadístico para encontrar su distribución.

Generalmente los valores geoquímicos siguen una distribución log-normal, lo que quiere decir que los logaritmos de los valores están distribuidos siguiendo una curva normal o la ley de Gauss. Gráficamente la distribución normal se representa por la curva en forma de campana.

3.2. DETERMINACION DEL VALOR UMBRAL PARA Sb, Zn Y Pb

Los datos u observaciones obtenidas de los análisis químicos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6. Resultados analíticos para antimonio, zinc y plomo

HUESTRA	Sb(ppm) TITULACION	Zn (ppm) AAS	Pb (ppm) AAS
201	27	85	37
202	23	73	22
203	35	56	26
204	18	48	21
205	24	47	17
206	18	31	27
207	17	30	7
208	17	33	7
401	23	67	27
402	19	75	27
403	29	35	7
404	16	42	7
405	36	37	12
406	22	42	17
407	16	36	17
408	15	33	50
409	19	30	17
410	19	32	12
411	18	31	12
412	21	33	12
413	17	29	12
414	15	42	17
415	20	32	12
416	23	26	12
417	19	31	12
418	36	45	17
419	14	37	44
420	15	21	7
421	9	55	27
422	10	49	22
423	5	49	27
424	14	20	1435
425	18	22	14
426	33	45	17
427	24	23	12
428	17	43	22

Tabla 6. Tercera parte.

MUESTRA	Sb(ppm) TITULACION	Zn (ppm) AAS	Pb (ppm) AAS
808	14	20	17
809	18	21	12
810	25	50	22
811	17	14	12
812	18	20	12
813	11	26	12
814	21	17	12
815	26	37	12
816	28	25	17
817	24	28	17
818	21	30	17
819	27	35	12
820	14	25	12
821	27	23	7
822	12	22	7
823	18	22	7
824	15	22	7
825	24	23	10
826	12	30	12
827	36	83	22
828	28	47	12
829	27	73	22
830	13	61	17
831	17	29	12
832	22	36	7
833	40	31	7
834	28	49	17
835	33	122	41
836	35	134	31
837	35	113	27
838	37	66	22
1001	31	64	12
1002	25	47	17
1003	14	35	15
1004	15	35	12
1005	27	37	17
1006	19	34	14
1007	12	39	17
1008	15	31	12
1009	16	34	1096
1010	24	38	7
1011	32	76	22
1012	24	34	12
1013	24	26	17
1014	13	23	12

Tabla 6. Cuarta parte

MUESTRA	Sb(ppm) TITULACION	Zn (ppm) AAS	Pb (ppm) AAS
1015	12	29	22
1016	18	26	10
1017	12	31	22
1018	12	27	10
1019	21	33	12
1020	40	67	22
1021	46	52	22
1022	17	41	17
1023	37	50	17
1024	24	63	17
1025	33	83	17
1026	18	47	17
1028	26	36	17
1029	21	39	12
1030	28	82	20

Estos resultados primero recibieron un tratamiento estadístico para descartar valores disparados. Con el propósito de homogenizar los datos.

Se utilizó el método de "La barra de 4S" según (Koller, 1990). El cual excluye un valor si este se encuentra fuera del rango de $\bar{X} \pm 4S$

Donde \bar{X} es el valor promedio y S es la desviación estandar, los cuales son determinados excluyendo los valores sospechosos

Los valores excluidos después de aplicado el método ya descrito fueron:

TABLA 7. Segunda parte

Sb (ppm) ppm	Zn (ppm) ppm	Pb (ppm) ppm
16	34	12
16	24	12
16	24	12
16	25	12
16	25	12
16	25	12
17	26	12
17	26	12
17	26	12
17	26	12
17	26	12
17	26	12
17	26	12
17	27	12
17	27	12
17	28	12
17	29	12
17	29	12
17	29	12
17	29	12
18	29	12
18	30	12
18	30	12
18	30	12
18	30	12
18	31	12
18	31	12
18	31	12
18	31	12
19	31	12
19	31	12
19	31	14
19	31	14
19	32	34
19	32	15
19	32	17
19	32	17
19	33	17
20	33	17
20	33	17
20	33	17
21	33	17
21	33	17
21	34	17
21	34	17
21	34	17
21	34	17
21	35	17

TABLA 7. Tercera parte.

Sb (ppm) ppm	Zn (ppm) ppm	Pb (ppm) ppm
21	35	17
21	35	17
22	35	17
22	36	17
22	36	17
22	36	17
22	37	17
22	37	17
23	37	17
23	37	17
23	38	17
23	39	17
23	39	17
24	39	17
24	40	17
24	41	17
24	42	17
24	42	17
24	42	17
34	43	17
24	45	17
24	45	17
24	45	17
24	45	19
25	47	20
25	47	30
26	47	21
26	47	22
26	48	22
27	48	22
27	49	22
27	49	22
27	49	22
27	49	22
27	50	23
27	50	22
28	52	22
28	55	22
28	56	22
28	61	22
29	63	22
30	64	24
30	64	25
31	66	27
32	67	27
33	67	27
33	67	27

TABLA 7. Cuarta parte.

Sb (ppm) ppm	Zn (ppm) ppm	Pb (ppm) ppm
33	73	27
35	73	27
35	75	27
35	75	27
36	76	31
36	82	32
36	83	37
37	83	37
37	85	41
37	90	44
40	113	44
40	114	50
42	122	64
46	134	1096
47	198	1435

Luego para obtener el número de clases más adecuado se confeccionó para cada elemento nueve gráficos variando el número de clases de 7 a 15.

Así se eligió:

Para antimonio 11 clases con intervalos de 3,81.

Para plomo 12 clases con intervalos de 4,75.

Para zinc 11 clases con intervalos de 6,91.

Por ser las distribuciones más aproximadas a una distribución de tipo Gauss, simplificando así el tratamiento estadístico.

Los datos y gráficos se presentan en las tablas 8, 9 y 10 y en las figuras 6, 7, 8, 9, 10 y 11.

Con los datos agrupados en intervalos se determina la media aritmética (\bar{X}) y desviación estandar (\bar{S}), con las siguientes formulas para datos agrupados según (Calvo, 1978).

$$\text{Media aritmética: } \bar{X} = \frac{\sum f_i X_i}{n}$$

Donde: f_i = Frecuencias de cada intervalo.
 X_i = Punto medio de cada intervalo
 n = Numero total de datos.

Ejemplo para antimonio:

$$\bar{X} = \frac{3024}{141}$$

$$\bar{X} = 21,45$$

$$\text{Desviacion estandar: } \bar{S} = \frac{\sum f_i (X_i - \bar{X})^2}{(n - 1)}$$

Donde: f_i = Frecuencia de cada intervalo.
 X_i = Punto medio de cada intervalo.
 \bar{X} = Media aritmética.
 n = Numero total de datos.

Ejemplo para antimonio:

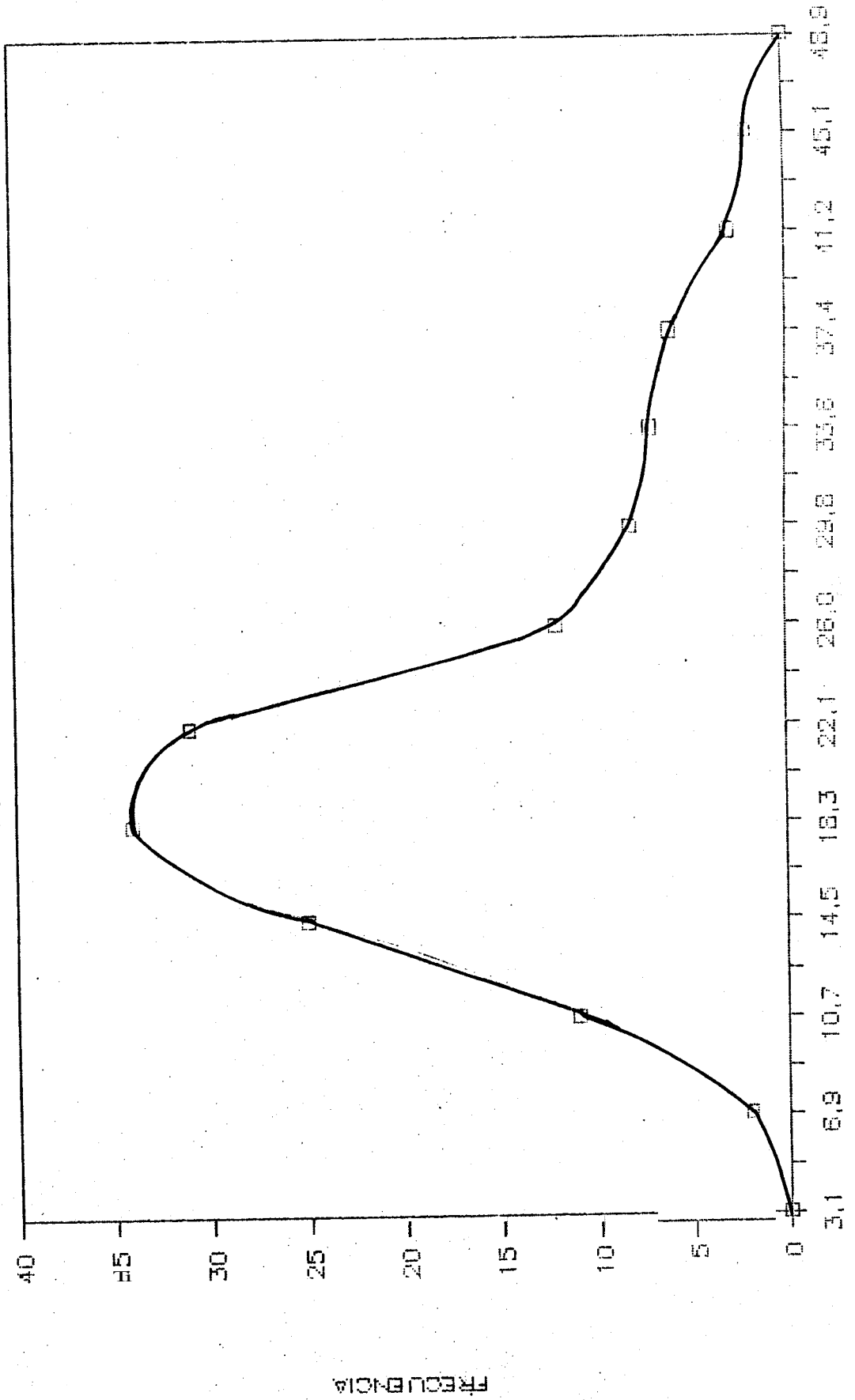
$$S = \frac{8897}{140} = 8$$

Tabla 8. Distribucion de grupo de valores para antimonio

CLASES	INTERVALO		3,81					
LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PUNTO MEDIO	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA ACUMULADA %	
		3,1	0					
5,0	8,8	6,9	2	0,01	2	2	1,4	
8,9	12,6	10,7	11	0,08	13	13	9,2	
12,7	16,4	14,5	25	0,18	38	38	27,0	
16,5	20,2	18,3	34	0,24	72	72	51,1	
20,3	24,0	22,1	31	0,22	103	103	73,0	
24,1	27,9	26,0	12	0,09	115	115	81,6	
28,0	31,7	29,8	8	0,06	123	123	87,2	
31,3	35,5	33,6	7	0,05	130	130	92,2	
35,6	39,3	37,4	6	0,04	136	136	95,5	
39,4	43,1	41,2	3	0,02	139	139	98,6	
43,2	47	45,1	2	0,01	141	141	100,0	
		48,9	0	0,00	141	141	100,0	

FIG. 6. DISTRIBUCION DE FRECUENCIA DE Sb

NUMERO DE CLASES 11



INTERVALO DE CLASE 3,81

FIG 7. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DE Sb

NUMERO DE CLASES 11

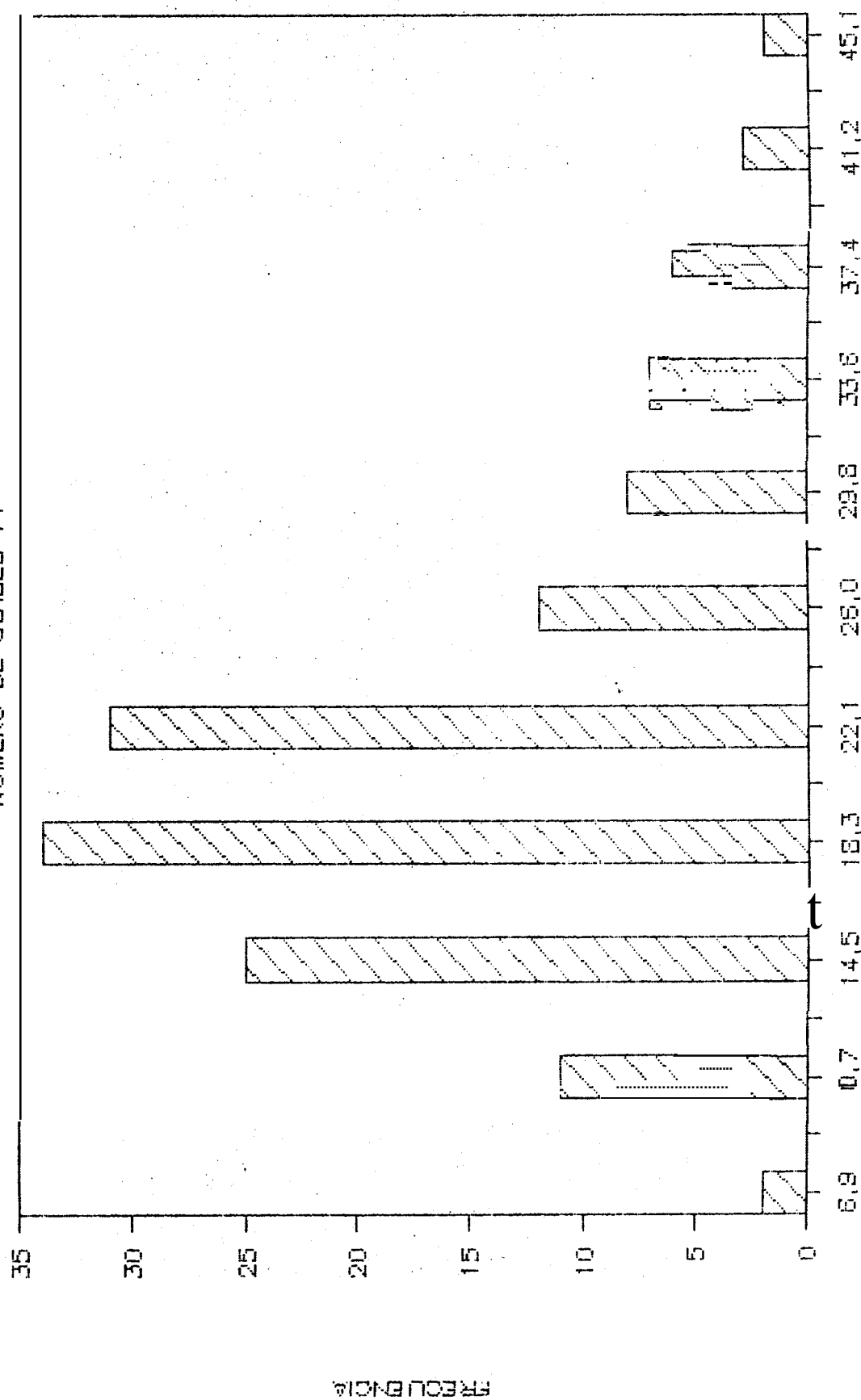


Tabla 9. Distribucion de grupo de valores para zinc.

CLASES		11	INTERVALO		6,91		
LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PUNTO MEDIO	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA ACUMULADA %	
		10,5	0				
14,00	20,91	17,4	9	0,07	9	6,6	
21,01	27,82	24,4	37	0,27	46	33,8	
27,92	34,73	31,3	32	0,24	78	57,4	
34,83	41,64	38,2	17	0,13	95	69,9	
41,74	48,55	45,1	14	0,10	109	80,1	
48,65	55,45	52,0	8	0,06	117	86,0	
55,55	62,36	58,9	2	0,01	119	87,5	
62,46	69,27	65,8	7	0,05	126	92,6	
69,37	76,18	72,7	5	0,04	131	96,3	
76,28	83,09	79,6	3	0,02	134	98,5	
83,19	90,00	86,5	2	0,01	136	100,0	
		93,4	0				

FIG 8. DISTRIBUCION DE FRECUENCIA DE Zn

NUMERO DE CLASES 11

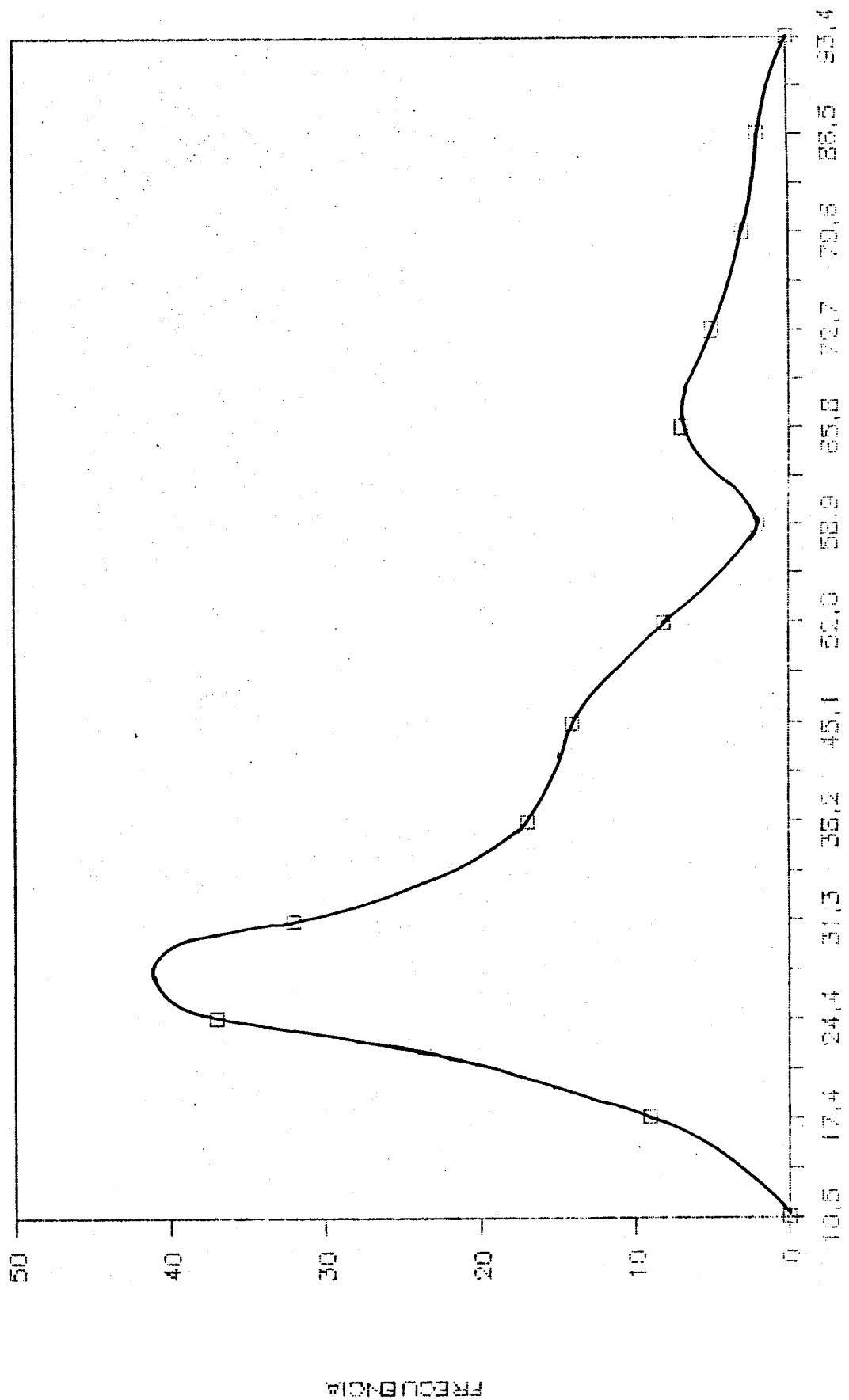


FIG 9. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DE Zn

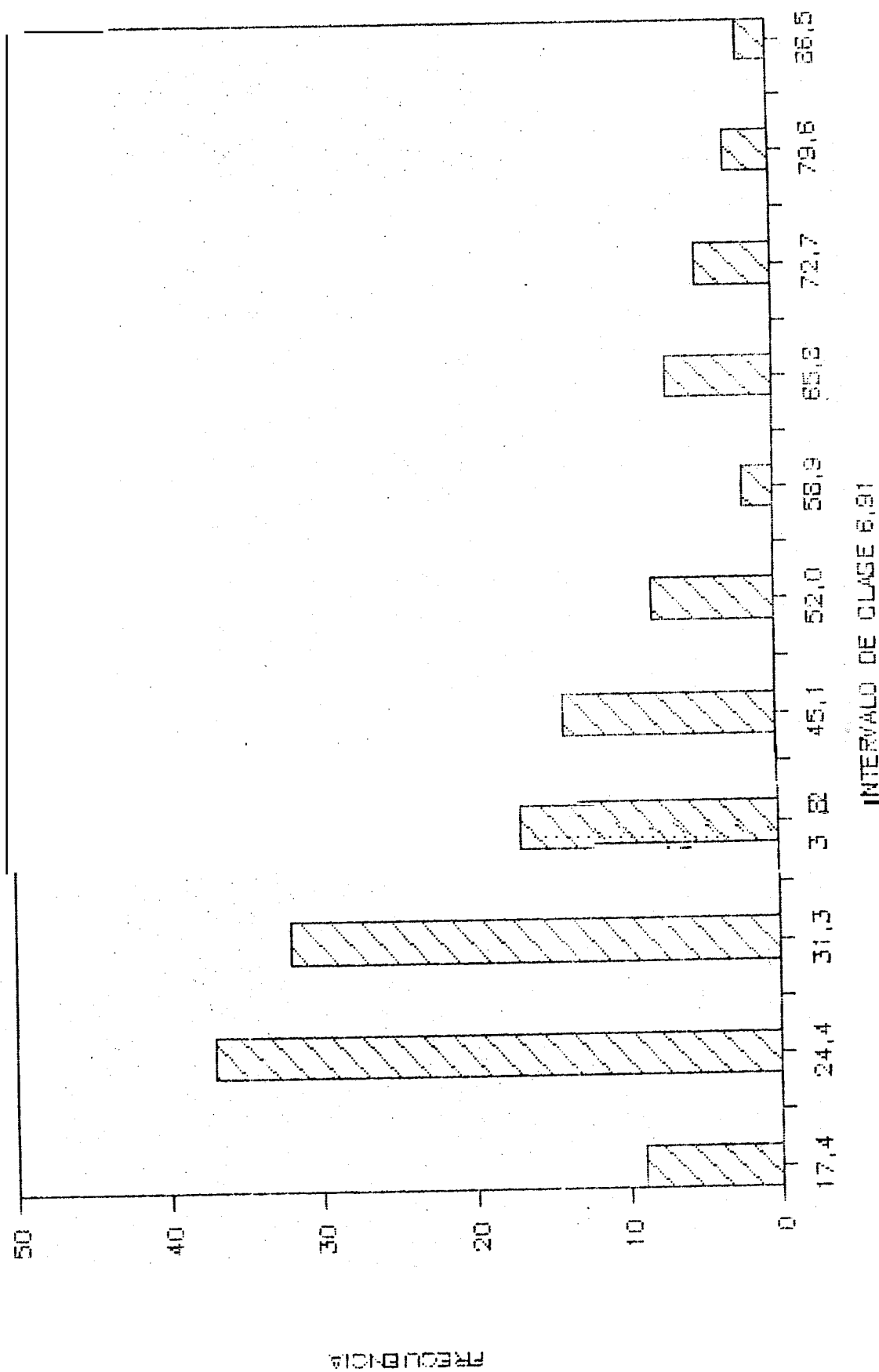
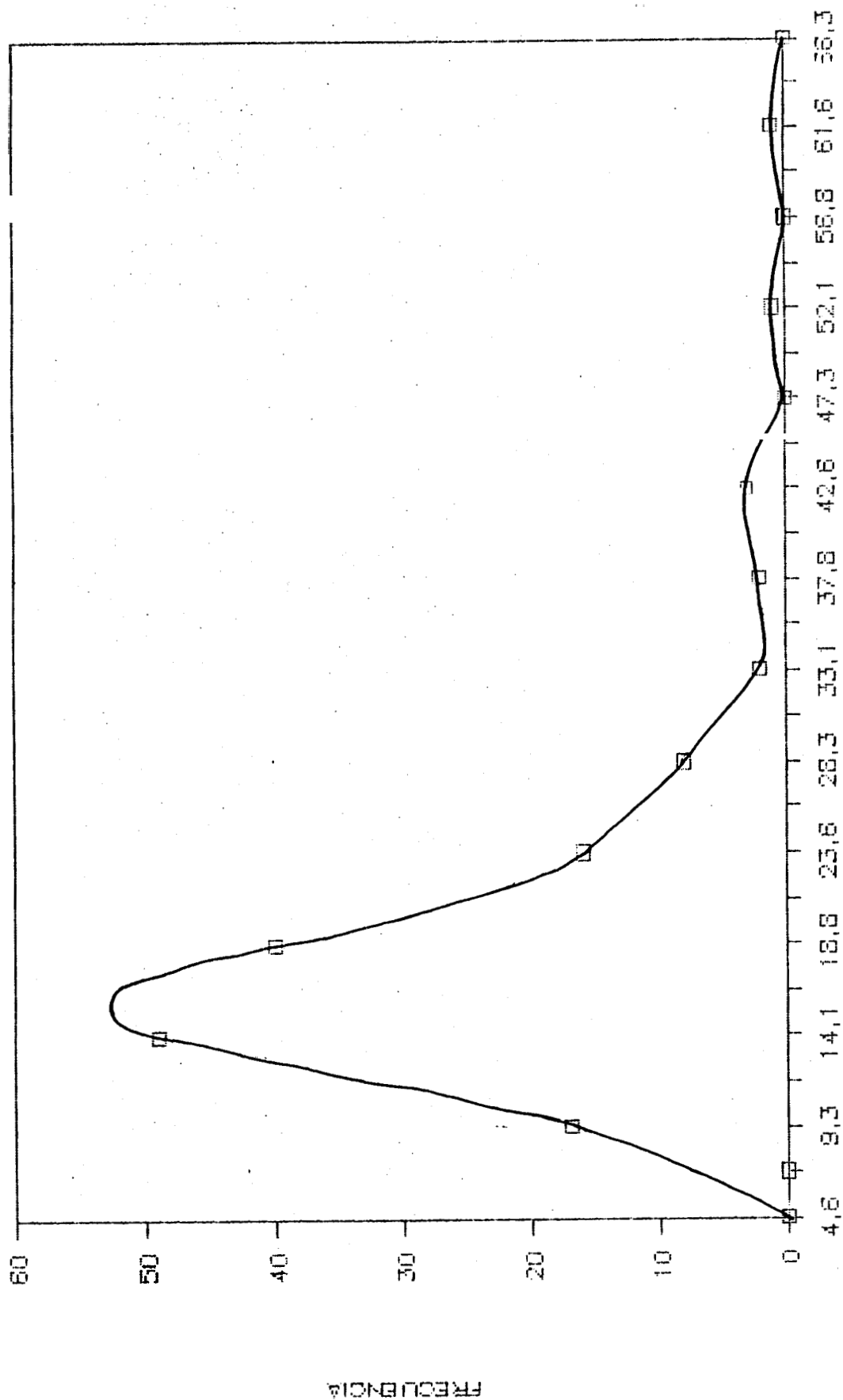


Tabla 10. Distribución de grupo de valores para plomo.

CLASES		12	INTERVALO		4,75		
LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	PUNTO MEDIO	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA ACUMULADA %	
		4,6	0				
7,00	11,75	9,3	17	0,12	17	12,2	
11,85	16,50	14,1	49	0,35	66	47,5	
16,60	21,25	18,8	40	0,29	106	76,3	
21,35	26,00	23,6	16	0,12	122	87,8	
26,10	30,75	28,3	8	0,06	130	93,5	
30,85	35,50	33,1	2	0,01	132	95,0	
35,60	40,25	37,8	2	0,01	134	96,4	
40,35	45,00	42,6	3	0,02	137	98,6	
45,10	49,75	47,3	0	0,00	137	98,6	
49,85	54,50	52,1	1	0,01	138	99,3	
54,60	59,25	56,8	0	0,00	138	99,3	
59,35	64,00	61,6	1	0,01	139	100,0	
		66,3	0	0,00			

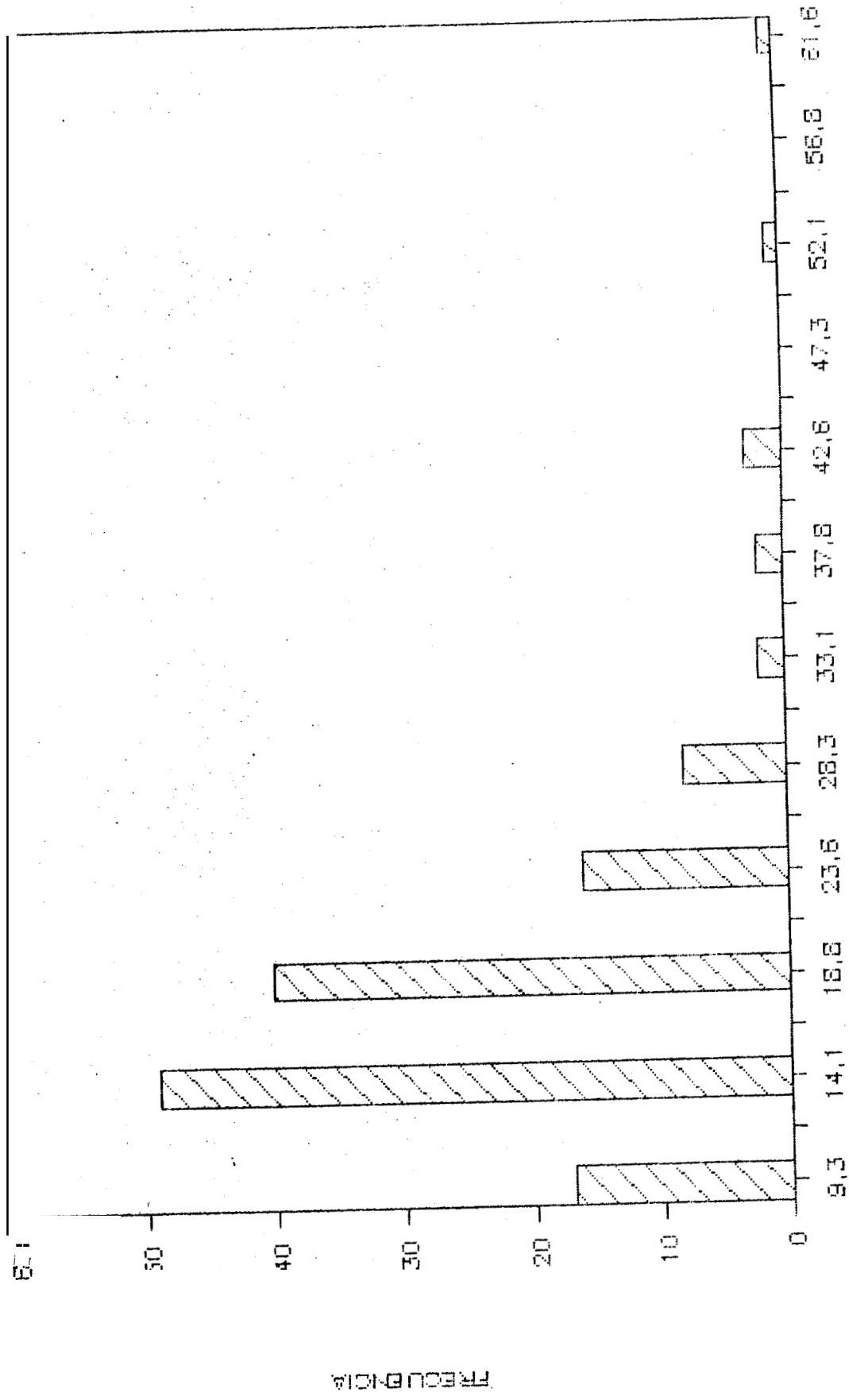
FIG10. DISTRIBUCION DE FRECUENCIA D \approx Pb

NUMERO DE CLASES 12



INTERVALO DE CLASE 4,75

FIG 11. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DE Cb
 NUMERO DE CLASES 12



Los valores obtenidos para antimonio, plomo y zinc fueron:

	\bar{X}	S
Antimonio	21	8
Zinc	19	8
Plomo	36	16



De acuerdo a Levinson (1974) se puede tomar el valor de la media aritmética en la distribución de datos como el valor de fondo y la media más dos veces la desviación estándar como el valor umbral.

Dando los siguientes resultados en ppm:

	Valor de Fondo	Valor Umbral
Antimonio	21	37
Plomo	19	35
Zinc	38	70

Estos valores también se determinaron a partir de la distribución de frecuencia acumulativa que se puede ver en las figuras 12, 13 y 14, obtenidos de las tablas 11, 12 y 13 donde el valor de fondo y el umbral se obtienen levantando una perpendicular a la ordenada 50 y 95 que corta la curva de frecuencia acumulativa.

Tabla 11. Determinacion de media, varianza y desviacion estandar para antimonio

CLASES	INTERVALO		3,8				
LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	Xi	fi	Xi fi	(Xi-X) ²	fi (Xi-X) ²	
5,0	8,8	6,9	2	13,8	-14,5	211,7	423,4
8,9	12,6	10,7	11	117,7	-10,7	115,6	1271,1
12,7	16,4	14,5	25	362,5	-6,9	48,3	1207,4
16,5	20,2	18,3	34	622,2	-3,1	9,9	337,3
20,3	24,0	22,1	31	685,1	0,7	0,4	13,1
24,1	27,9	25,0	12	311,4	4,5	20,3	243,0
28,0	31,7	29,8	8	238,4	6,4	69,7	557,8
31,8	35,5	33,6	7	235,2	12,2	147,6	1033,4
35,6	39,3	37,4	6	224,4	16,0	254,4	1526,5
39,4	43,1	41,2	3	123,6	19,8	390,1	1170,2
43,2	47	45,1	2	90,1	23,6	557,0	1114,0
TOTAL =		286	141	3024		1825	8897

$$\bar{X} = \frac{\sum f_i X_i}{n} = \frac{3024}{141} = 21,45$$

$$S = \frac{\sum f_i (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)} = \frac{8897}{140} = 63,55$$

$$S = 7,97$$

Tabla 12. Determinacion de media, varianza y desviacion estandar para zinc.

CLASES	11	INTERVALO		6,91					
LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	Xi	fi	Xi fi	Xi-X	(Xi-X) ²	fi (Xi-X) ²		
14,00	20,91	17,4	9	156,6	-20,2	406,7	3660,7		
21,01	27,82	24,4	37	901,5	-13,2	174,3	6450,9		
27,92	34,73	31,3	32	1000,7	-6,3	39,6	1268,1		
34,83	41,64	38,2	17	649,1	0,6	0,4	6,4		
41,74	48,55	45,1	14	631,3	7,5	56,6	792,4		
48,65	55,45	52,0	8	416,0	14,4	208,3	1666,3		
55,55	62,36	58,9	2	117,8	21,5	455,5	910,9		
62,46	69,27	65,8	7	460,7	28,3	798,1	5586,6		
69,37	76,18	72,7	5	363,6	35,2	1236,2	6180,9		
76,28	83,09	79,6	3	238,8	42,0	1766,7	5300,1		
83,19	90,00	86,5	2	173,1	49,0	2398,8	4797,6		
TOTAL =		572	136	5109		7541	36621		

$$\bar{X} = \frac{\sum f_i X_i}{n} = \frac{5109}{136} = 37,57$$

$$S = \frac{\sum f_i (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)} = \frac{36621}{135} = 271,27$$

S 16,47

Tabla 13. Determinacion de media, varianza y desviacion estandar para plomo.

CLASES		INTERVALO		< 78			
LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	Xi	fi	Xi fi	Xi-X	(Xi-X) ²	fi (Xi-X) ²
7,00	11,75	9,3	17	158,1	-9,3	86,9	1477,3
11,85	16,50	14,1	49	690,9	-4,5	20,4	1002,0
16,60	21,25	18,8	40	752,0	0,2	0,0	1,3
21,35	26,00	23,6	16	377,6	5,0	24,8	396,5
26,10	30,75	28,3	8	226,4	9,7	93,7	749,3
30,85	35,50	33,1	2	66,3	14,5	210,3	420,7
35,60	40,25	37,8	2	75,6	19,2	367,8	735,6
40,35	45,00	42,6	3	127,9	24,0	576,1	1728,4
45,10	49,75	47,3	0	0,0	28,7	822,4	0,0
49,85	54,50	52,1	1	52,1	33,5	1122,5	1122,5
54,60	59,25	56,8	0	0,0	38,2	1457,6	0,0
59,35	64,00	61,6	1	61,6	43,0	1847,1	1847,1
TOTAL		425,475	139	2588		6630	9481

$$\bar{X} = \frac{\sum fiXi}{n} = \frac{9538}{139} = 68,62$$

$$S = \frac{\sum fi(Xi-\bar{X})^2}{(n-1)} = \frac{9481}{138} = 68,70$$

S 8,29

Obteniendo los siguientes resultados en ppm:

	Valor de Fondo -----	Valor Umbral -----
Antimonio	18	36
Plomo	14	33
Zinc	29	70

El valor de fondo y el valor umbral se obtuvo también aplicando la curva de distribución acumulativa de probabilidad, descrita por C. Lepeltier quien propone trabajar entre 9 a 19 intervalos de clase y pudiendo variar el número de puntos necesarios para la recta entre 10 y 20.

La amplitud de clase está representada por la fórmula:

$$\log \text{int} = \frac{\log R}{n}$$

Donde:

$\log \text{int}$ = Logaritmo de los intervalos de clase.

R = Amplitud de los valores, expresadas por la relación entre el valor mas alto (V) y el valor mas bajo (b) de la población.

n = Número de observaciones

FIG 12. CURVA DE FREC. ACUMU. PORCENT.

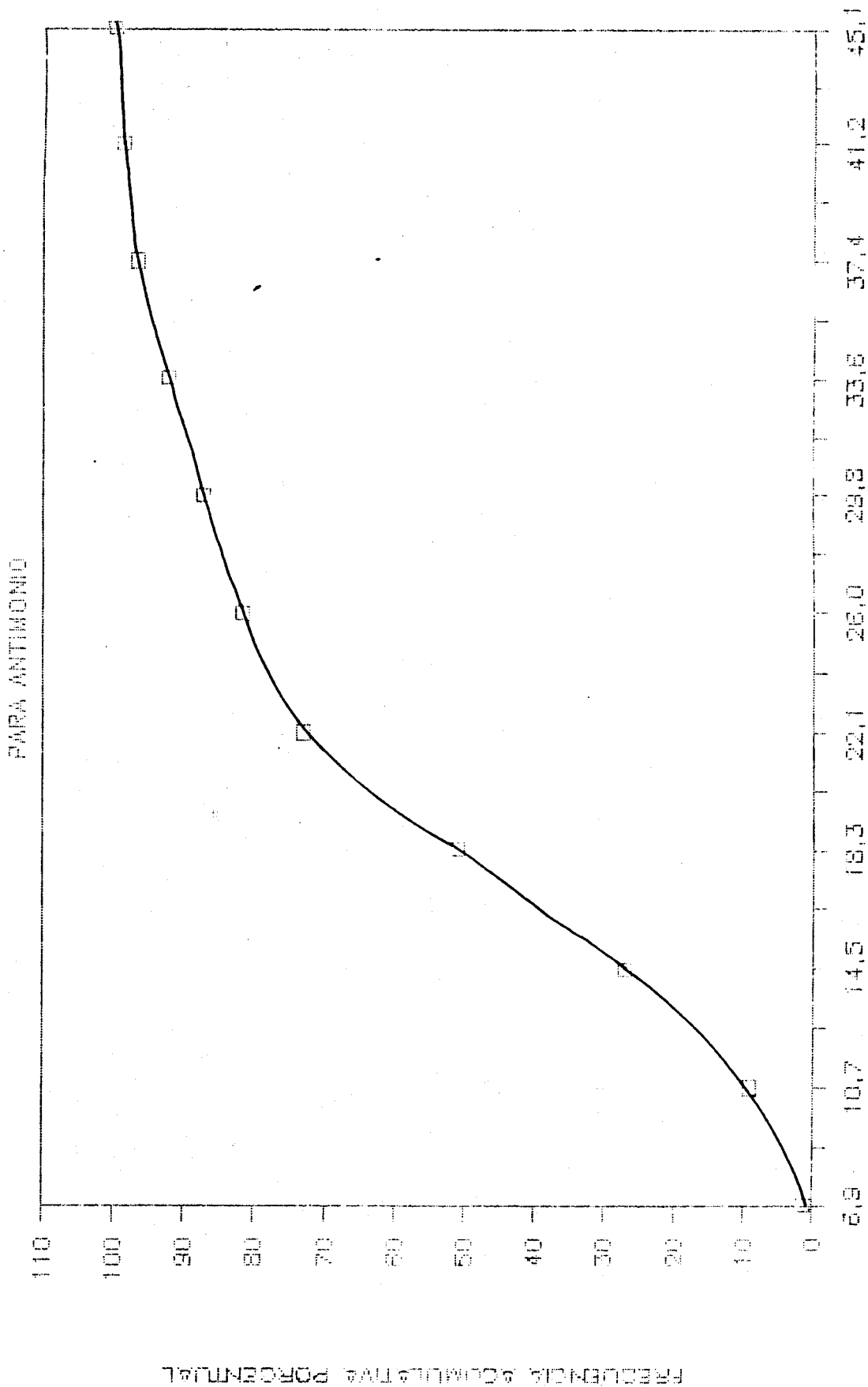


FIG 13. CURVA DE FREC. ACUMU. PORCENT.

PARA ZINC

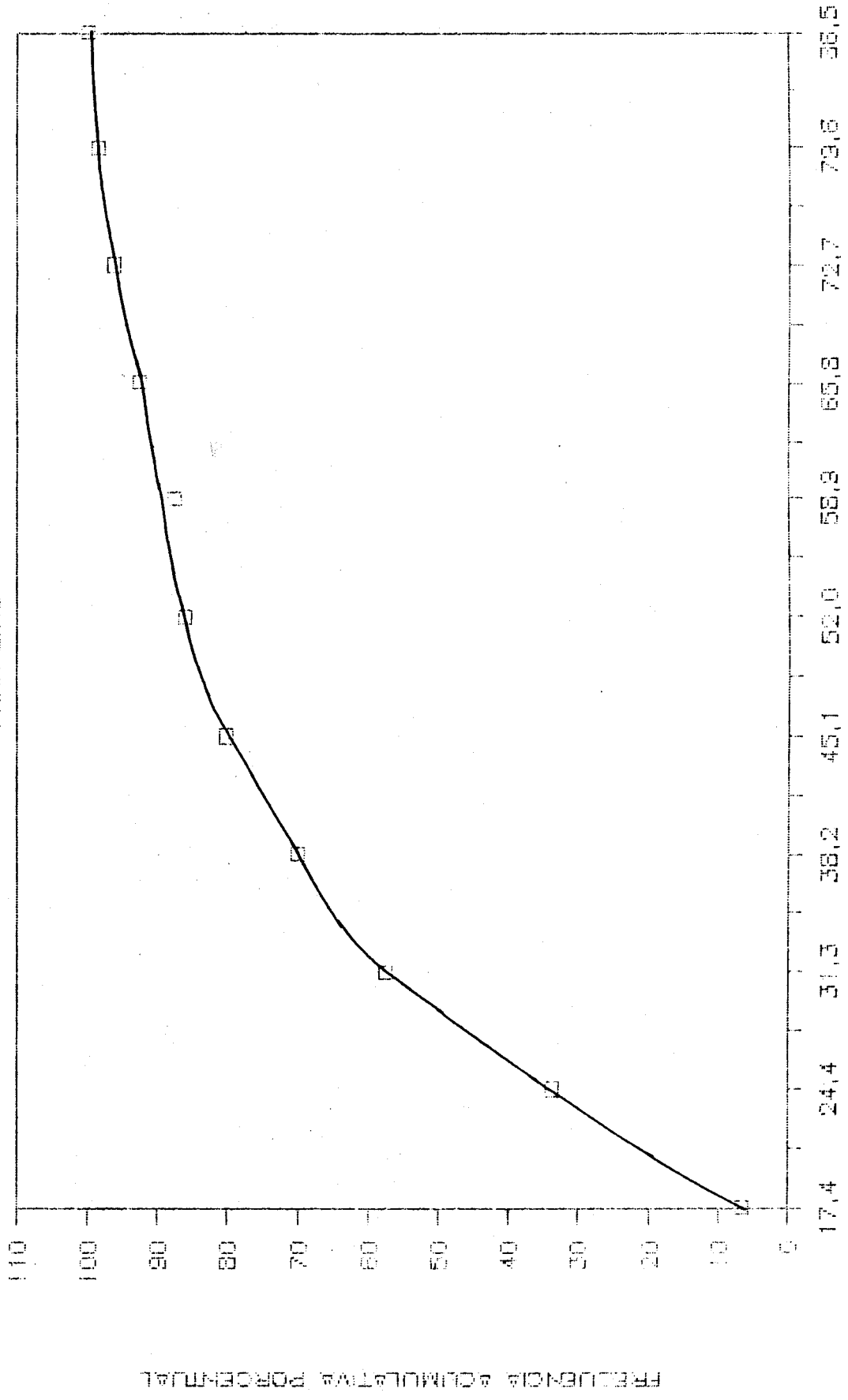
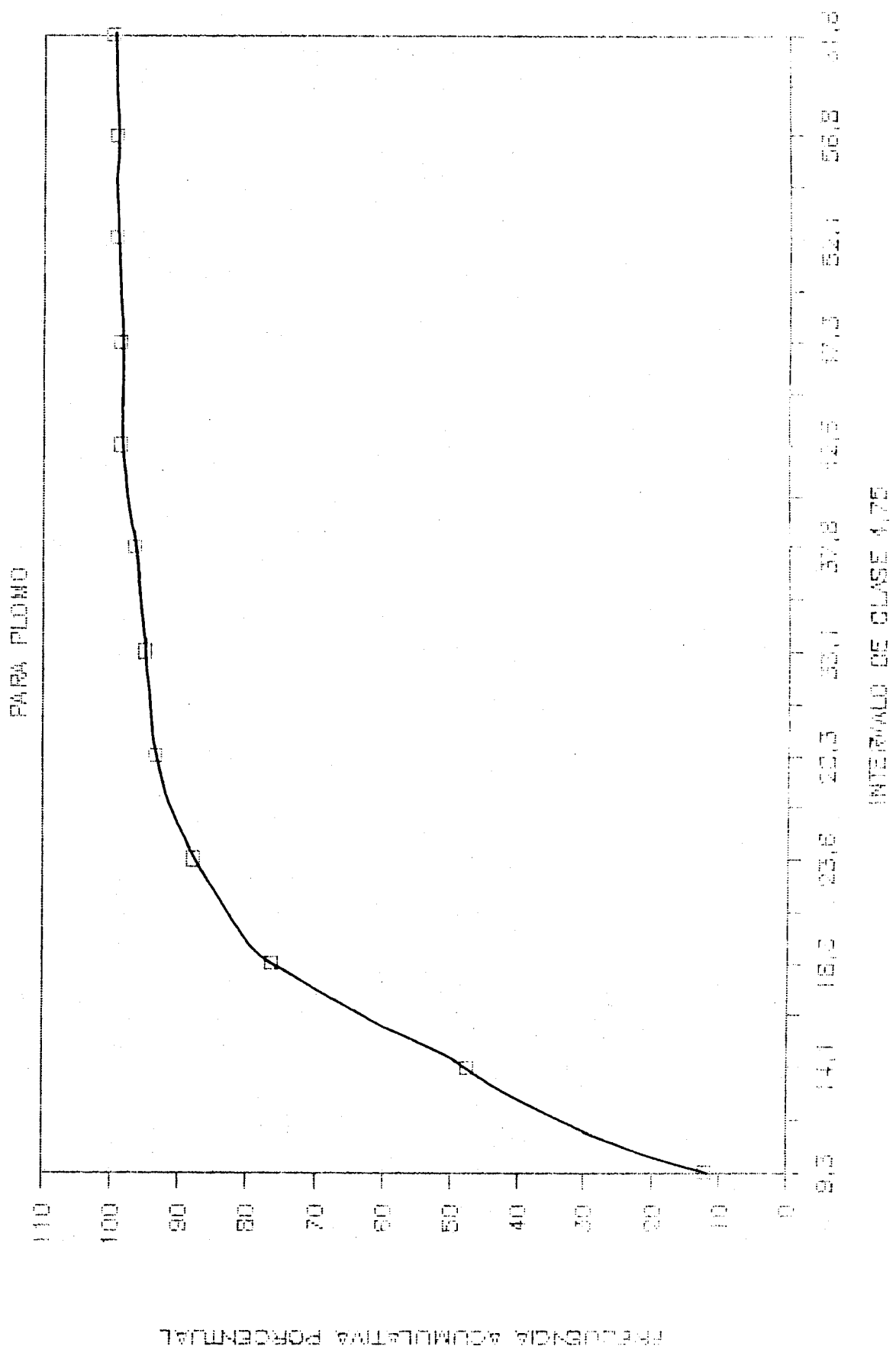


FIG 14. CURVA DE FREC. ACUMU. PORCENT PARA PLOMO



FRECUENCIA ACUMULATIVA PORCENTUAL

Tabla 14. Continuacion

LIMITE DE CLASE ppm	Sb			Zn			Pb		
	f	fa	% $\frac{fa}{n}$	f	fa	% $\frac{fa}{n}$	f	fa	% $\frac{fa}{n}$
14,8	38	119	84,4	2	134	98,5	37	74	53,2
18,6	32	81	57,4	28	132	97,1	18	37	26,6
23,4	28	49	34,8	20	104	76,5	10	19	13,7
29,5	16	21	14,9	37	84	61,8	4	9	6,5
37,1	4	5	3,5	14	47	34,6	3	5	3,6
46,8	1	1	0,7	15	33	24,3	1	2	1,4
58,9				10	18	13,2	1	1	0
74,1				8	8	5,9			
93,3									



BIBLIOTEC.
CENTRAL

Para interpretar los valores se grafican en papel log-probabilidad, la frecuencia acumulativa porcentual contra los límites de clases en ppm, obteniendo una recta en donde se determina el valor de fondo y el umbral.

El valor de fondo y el umbral se determinan por la intercepción de la perpendicular con las ordenadas 50 y 2,5 respectivamente hasta la recta trazada.

Pero en muchos casos la recta puede ser quebrada como sucede con los gráficos 15, 16 y 17.

FIG. 15. DISTRIBUCION DE FRECUENCIA ACUMULATIVA PARA Sb LE PELTIER (1969)

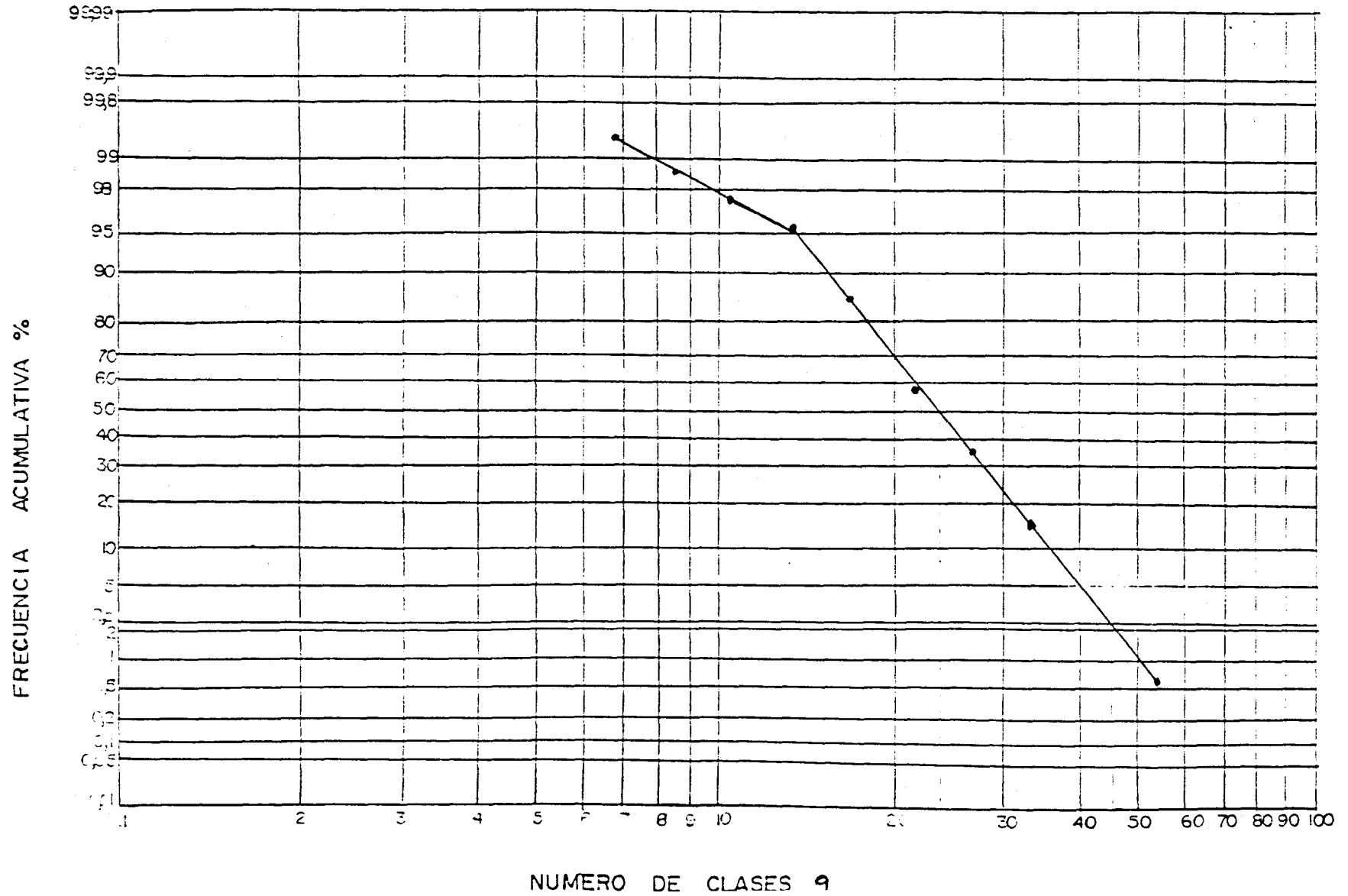
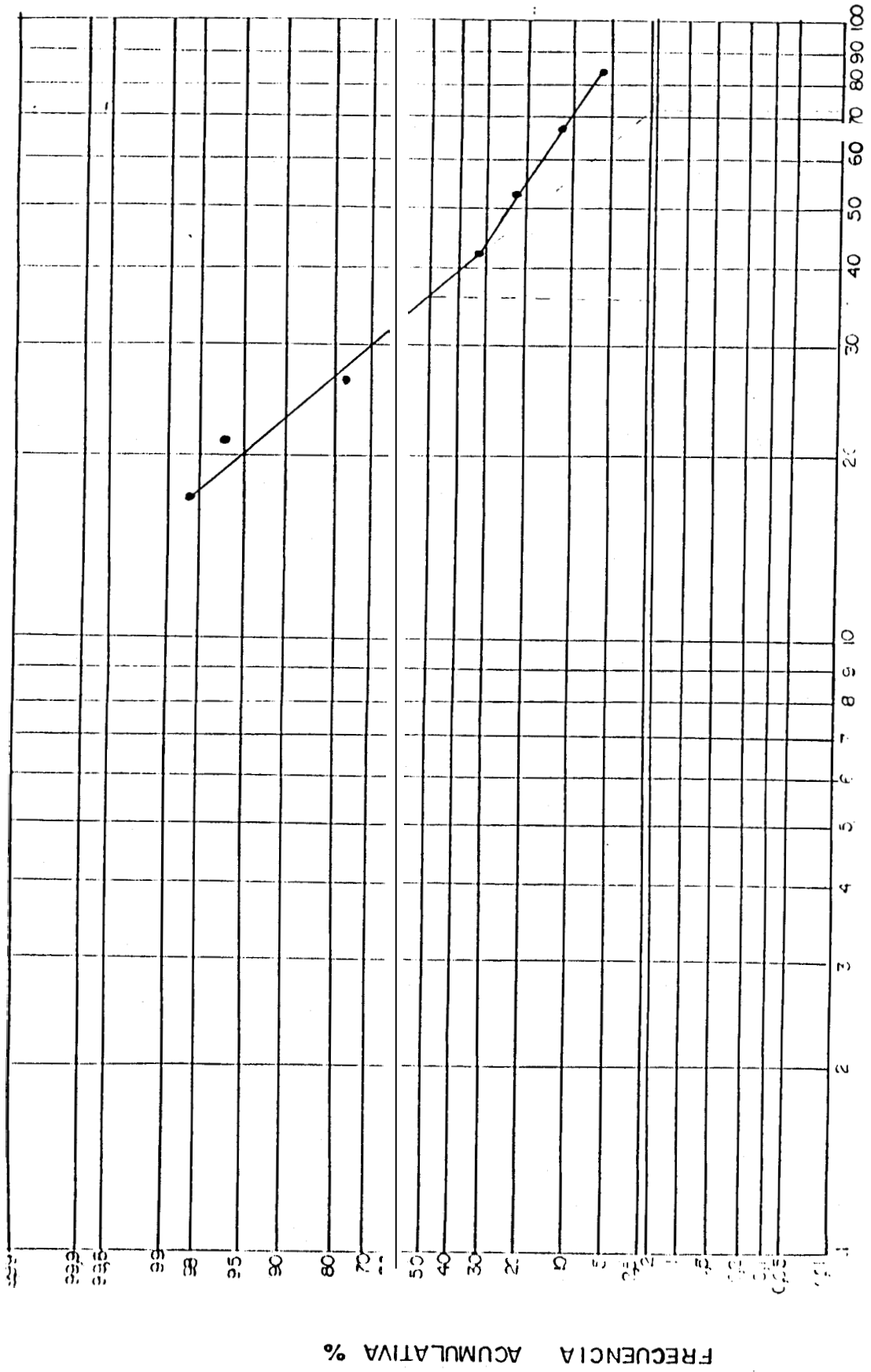
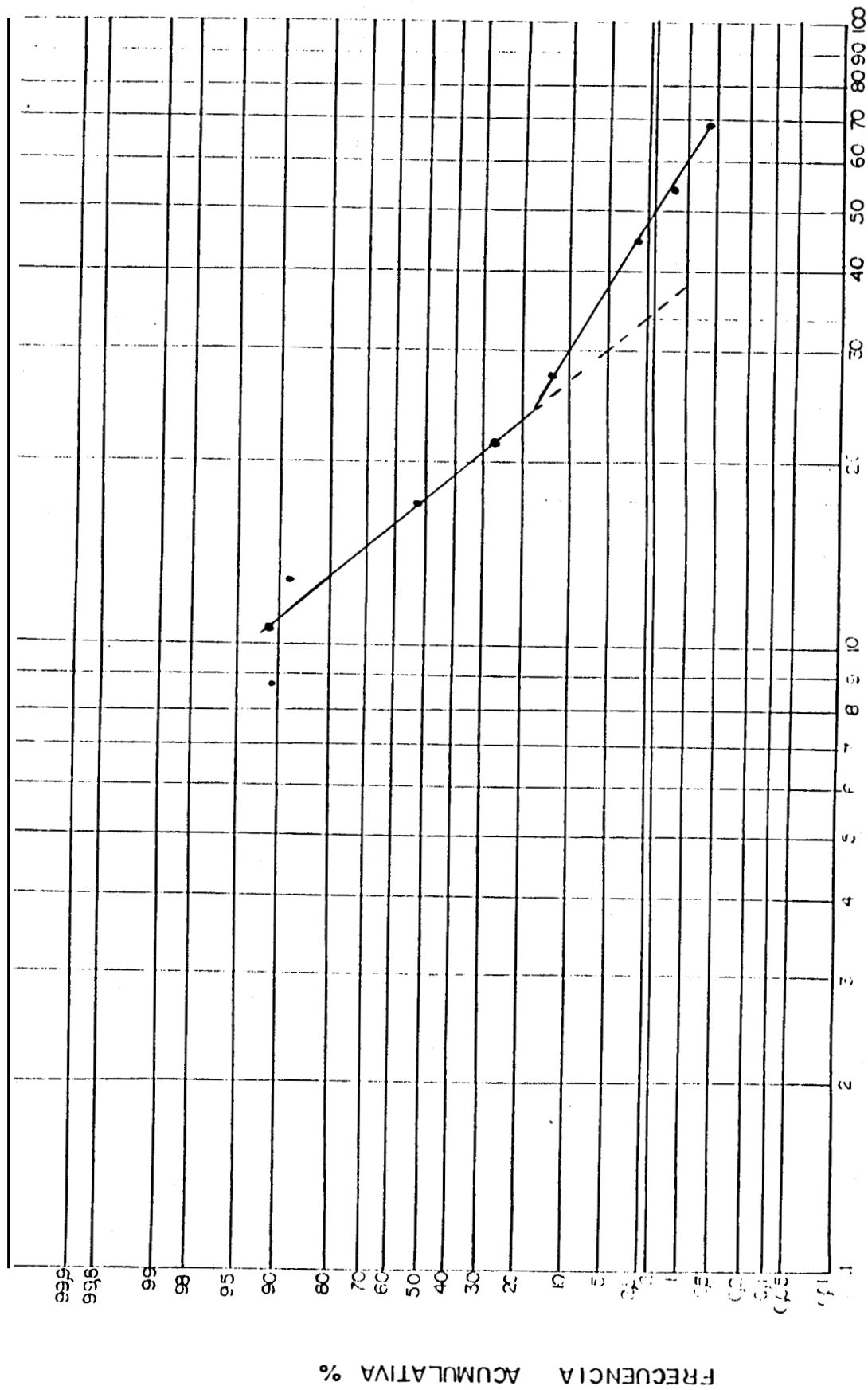


FIG. 16. DISTRIBUCION DE FRECUENCIA ACUMULATIVA PARA Z_m LEPELTIER (1969)



NUMERO DE CLASES 8

FIG. 17. DISTRIBUCION DE FRECUENCIA ACUMULATIVA PARA Pb LEPELTIER (1969)



Las causas pueden ser las siguientes

- 1.- Por exceso de valores altos.
- 2.- Por mezcla de dos poblaciones.
- 3.- Por exceso de valores bajos.

Para las distribuciones de plomo y zinc tenemos que muestra un quiebre en el percentil 18 % y 32 % respectivamente, esto se debe a que la distribución tiene un exceso de valores altos; en estos casos la rama principal se extiende como una recta de puntos y en ella se hará las lecturas correspondientes

La línea de frecuencia acumulativa de antimonio, también presenta un quiebre, en este caso sucede por exceso de valores bajos; los valores bajos no van a interferir en la interpretación por lo cual se hace las lecturas en la rama principal, de la forma usual.

De las figuras 15, 16 y 17 obtenemos los siguientes valores:

	Valor de Fondo -----	Valor Umbral -----
Antimonio	23	45
Plomo	17	34
Zinc	36	7%

Finalmente utilizando una sencilla calculadora de boleillo,

con las más corrientes funciones estadísticas se obtuvo la media aritmética (\bar{X}) y desviación estandar (S) para valores sin agrupar.

Obteniendo los siguientes valores en ppm:

	Valor de Fondo (\bar{X})	Valor Umbral ($\bar{X}+2S$)
	-----	-----
Antimonio	22	37
Plomo	17	34
Zinc	37	71

Los resultados en ppm de los cuatro métodos utilizados son:

Método de correlación	Valor Umbral para Sb	Valor Umbral para Zn	Valor Umbral para Pb
-----	-----	-----	-----
Levinson	37	71	35
C. Lepeltier	45	72	34
Curva de Frec Acumulativa %	36	70	33
Con Calculadora.	37	71	34

Con excepción de el umbral para antimonio según Lepeltier los resultados entre los cuatro métodos son muy parecidos, de ellos obtenemos la media aritmética:

Elemento	Sb	Zn	Pb
Media aritmética	39	71	34

3.3. CORRELACION ENTRE: ANTIMONIO. PLOMO Y ZINC

"La correlación entre dos variables continuas implica lo siguiente: si al incrementar los valores de una variable aumenta también los de otra, hablamos de correlación positiva. Si a un número de los valores de una variable corresponde una disminución de los valores de la otra, entendemos que hay una correlación negativa. Y, por último, cuando a valores medios altos o bajos de una variable corresponden valores de cualquier tipo en la otra, se dice que no hay correlación entre ambas". (5)

Se realizó las correlaciones Sb - Zii, Sb - Pb, Zn - Pb utilizando para ello un ajuste rectilíneo por el método de mínimos cuadrados según Calvo, 1978.

Haciendo uso de las siguientes fórmulas:

$$\text{Constante} \quad a = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \sum XY}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$\text{Coeficiente} \quad b = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$\text{r de Pearson} \quad r = \frac{\sum (X - \bar{X}) \cdot (Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2 \sum (Y - \bar{Y})^2}}$$

Donde:

X = Valores de abcisa.

\bar{X} = Media aritmética de la abcisa.

Y = Valorec de la ordenada.

\bar{Y} = Media aritmética de la ordenada.

n = Número de datos.

Tabla 15. Correlacion entre antimoulo y zinc.

MUESTRA	Sb(ppm) TITULACION	Zn(ppm) AAS	Sb*Sb	Zn*Zn	Sb*Zn
201	27	85	753	7182	2325
202	23	73	517	5331	1660
203	35	56	1255	3116	1977
204	18	48	318	2278	851
205	24	47	593	2185	1138
206	18	31	314	984	556
207	17	30	299	911	522
208	17	33	303	1074	571
401	23	67	517	4459	1518
402	19	75	349	5637	1402
403	29	35	814	1193	986
404	16	42	251	1738	660
405	36	37	1275	1337	1306
406	22	42	469	1759	908
407	16	36	260	1262	573
408	15	33	226	1086	496
409	19	30	352	911	566
410	19	32	369	1017	613
411	18	31	315	959	550
412	21	33	430	1088	684
413	17	29	306	843	508
414	15	42	222	1769	627
415	20	32	383	994	617
416	23	26	550	690	616
417	19	31	347	957	577
418	36	45	1282	1988	1596
419	14	37	191	1375	512
420	15	21	231	433	316
421	9	55	81	3006	494
422	10	49	94	2387	474
423	5	49	22	2385	230
424	14	20	191	397	275
425	18	22	320	486	394
426	33	45	1082	1984	1465
427	24	23	583	551	567
428	17	43	275	1810	706
429	17	21	284	430	349
431	16	45	261	2002	723
432	22	75	467	5646	1624
434	26	90	698	8131	2383
603	22	34	484	1132	740
604	17	23	279	527	384
605	30	25	891	602	732
606	24	32	580	1005	764
607	16	29	269	822	470
608	18	22	316	469	385

Tabla 15. Segunda parte.

MUESTRA	Sb(ppm) TITULACION	Zn(ppm) AAS	Sb*Sb	Zn*Zn	Sb*Zn
609	13	21	171	450	278
610	16	21	245	441	329
611	15	24	229	584	366
612	17	33	298	1058	561
613	15	33	219	1075	486
614	12	31	141	937	364
615	22	21	504	433	467
616	23	21	524	439	480
617	13	18	174	328	239
618	21	26	462	678	560
619	19	22	374	480	424
620	42	45	1755	2033	1889
621	30	26	889	687	781
622	9	23	75	521	198
623	24	23	572	540	556
624	19	22	345	470	403
625	20	22	394	483	436
626	24	20	563	407	479
627	37	31	1401	966	1163
628	47	67	2216	4434	3135
629	17	40	287	1579	673
630	27	39	745	1508	1060
631	15	14	219	203	211
632	15	29	225	834	433
633	20	32	409	1033	650
635	21	49	447	2442	1044
801	22	64	483	4139	1414
802	23	23	539	549	544
803	19	24	378	599	476
804	27	20	731	398	539
805	17	24	295	585	416
806	19	48	366	2316	921
807	7	27	52	720	193
808	14	20	209	404	290
809	18	21	320	454	381
810	25	50	639	2527	1271
811	17	14	302	195	242
812	18	20	317	389	351
813	11	26	130	669	294
814	21	17	432	298	359
815	26	37	698	1360	974
816	28	25	785	613	694
817	24	28	560	756	651
818	21	30	451	873	628
819	27	35	752	1216	956
820	14	25	203	606	351
821	27	23	750	550	642

Tabla 15. Tercera parte

MUESTRA	Sb(ppm) TITULACION	Zn(ppm) AAS	Sb*Sb	Zn*Zn	Sb*Zn
822	12	22	138	503	263
823	18	22	337	490	406
824	15	22	231	477	332
825	24	23	553	527	540
826	12	30	135	895	348
827	36	83	1277	6837	2955
828	28	47	791	2180	1313
829	27	73	735	5300	1974
830	13	61	175	3671	802
831	17	29	281	829	483
832	22	36	486	1269	785
833	40	31	1563	940	1212
834	28	49	795	2420	1387
838	37	66	1372	4417	2462
1001	31	64	966	4159	2004
1002	25	47	636	2194	1181
1003	14	35	190	1213	480
1004	15	35	222	1232	522
1005	27	37	754	1345	1007
1006	19	34	342	1129	622
1007	12	39	142	1486	459
1008	15	31	226	960	466
1009	16	34	244	1148	529
1010	24	38	590	1471	932
1011	32	76	1028	5847	2452
1012	24	34	598	1134	824
1013	24	26	574	686	627
1014	13	23	164	539	297
1015	12	29	147	830	350
1016	18	26	342	693	4137
1017	12	31	156	950	384
1018	12	27	139	743	322
1019	21	33	428	1080	680
1020	40	67	1588	444%	2656
1021	46	52	2073	2739	2383
1022	17	41	284	1676	689
1023	37	50	1376	2467	1842
1024	24	63	598	4014	1549
1025	33	83	1112	6936	2777
1026	18	47	314	2198	831
1028	26	36	653	1261	908
1029	21	39	442	1536	823
1030	28	82	807	6649	2316
TOTAL	2893	5060	69950	227101	115303

Tabla 16. Correlacion entre antimonio y plomo.

MUESTRA	Sb(ppm) TITULACION	Pb(ppm) AAS	Sb*Sb	Pb*Pb	Sb*Pb
201	27	37	753	1350	1008
202	23	22	517	500	508
203	35	25	1255	621	883
204	18	21	318	461	383
205	24	17	593	290	415
206	18	27	314	727	478
207	17	7	299	53	126
208	17	7	303	52	126
401	23	27	517	708	605
402	19	27	349	710	497
403	29	7	814	55	211
404	16	7	251	55	118
405	36	12	1275	153	441
406	22	17	469	305	378
407	16	17	260	290	275
408	15	50	226	2494	751
409	19	17	352	281	314
410	19	12	369	155	239
411	18	12	315	156	222
412	21	12	430	143	248
413	17	12	306	146	212
414	15	17	222	300	258
415	20	12	383	143	234
416	23	12	550	148	285
417	19	12	347	156	233
418	36	17	1282	301	621
41.9	14	44	191	1928	607
420	15	7	231	55	113
421	9	27	81	753	247
422	10	22	94	483	213
423	5	27	22	721	126
425	18	14	320	307	257
426	33	17	1082	281	551
427	24	12	583	149	295
428	17	22	275	473	361
429	17	12	284	145	203
431	16	17	261	303	281
432	22	32	467	993	681
433	21	64	434	4127	1338
434	26	37	698	1336	966
603	22	17	484	283	370
604	17	12	279	143	200
605	30	17	891	295	512
606	24	17	580	291	411
607	16	17	269	280	274
608	18	12	316	151	219

Tabla 16. Segunda parte.

MUESTRA	Sb(ppm) TITULACION	Pb(ppm) AAS	Sb*Sb	Pb*Pb	Sb+Pb
609	13	12	171	152	161
610	16	12	245	144	188
611	15	12	229	146	183
612	17	27	298	713	461
613	15	12	219	145	179
614	12	12	141	152	147
615	22	12	504	146	272
616	23	12	524	148	279
617	13	12	174	142	157
618	21	17	462	285	363
619	19	12	374	148	235
620	42	12	1755	144	502
621	30	17	889	288	506
622	9	17	75	302	151
623	24	12	572	147	290
624	19	12	345	145	224
625	20	20	394	399	396
626	24	17	563	297	409
627	37	22	1401	463	805
628	47	24	2216	582	1136
629	17	19	287	376	328
630	27	22	745	502	611
631	15	12	219	151	182
632	15	17	225	304	261
633	20	17	409	290	345
634	21	44	440	1949	926
635	21	27	447	739	574
801	22	17	483	282	369
802	23	12	539	149	283
803	19	10	378	96	190
804	27	12	731	155	337
805	17	10	295	94	166
806	19	14	366	208	276
807	7	17	52	302	125
808	14	17	209	294	248
809	18	12	320	153	222
810	25	22	639	482	555
811	17	12	302	145	209
812	18	12	317	152	220
813	11	12	130	155	142
814	21	12	432	144	249
815	26	12	698	155	329
816	28	17	785	300	486
817	24	17	560	295	407
818	21	17	451	278	354
819	27	12	752	147	332
820	14	12	203	152	175

Tabla 16. Tercera parte.

MUESTRA	Sb(ppm) TITULACION	Pb(ppm) AAS	Sb*Sb	Pb*Pb	Sb*Pb
821	27	7	750	54	201
822	12	7	138	53	86
823	18	7	337	54	135
824	15	7	231	53	111
825	24	10	553	95	230
826	12	12	135	146	140
827	36	22	1277	479	782
828	28	12	791	142	335
829	27	22	735	465	584
830	13	17	175	292	226
831	17	12	281	144	201
832	22	7	486	52	159
833	40	7	1563	52	284
834	28	17	795	279	471
835	33	41	1071	1642	1326
836	35	31	1250	978	1106
837	35	27	1223	708	931
838	37	22	1372	498	827
1001	31	12	966	154	385
1002	25	17	636	304	440
1003	14	15	190	223	206
1004	15	12	222	153	184
1005	27	17	754	301	476
1006	19	14	342	207	267
1007	12	17	142	299	206
1008	15	12	226	156	188
1010	24	7	590	54	179
1011	32	22	1028	474	698
1012	24	12	598	153	303
1013	24	17	574	288	407
1014	13	1%	164	146	155
1015	12	22	147	467	262
1016	18	10	342	95	180
1017	12	22	156	470	270
1018	12	10	139	91	113
1019	21	12	428	150	254
1020	40	22	1588	472	866
1021	46	22	2073	476	993
1022	17	17	284	305	294
1023	37	17	1376	302	645
1024	24	17	598	300	424
1025	33	17	1112	294	572
1026	18	17	314	305	309
1028	26	17	053	298	441
1029	21	12	442	143	251
1030	28	20	807	386	558
TOTAL	3009	2390	73935	51345	52905

Tabla 17. Correlacion entre zinc y plomo

MUESTRA	Zn (ppm) AAS	Pb (ppm) AAS	Zn*Zn	Pb*Pb	Zn*Pb
201	85	37	7182	1350	3114
202	73	22	5331	500	1632
203	56	25	3116	621	1391
204	48	21	2278	461	1025
205	47	17	2185	290	797
206	31	27	984	727	846
207	30	7	911	53	220
208	33	7	1074	52	237
401	67	27	4459	708	1777
402	75	27	5637	710	2000
403	35	7	1193	55	256
404	42	7	1738	55	310
405	37	12	1337	153	452
406	42	17	1759	305	733
407	36	17	1262	290	605
408	33	50	1086	2494	1646
409	30	17	911	281	506
410	32	12	1017	155	397
411	31	12	959	156	387
412	33	12	1088	143	394
413	29	12	843	146	351
414	42	17	1769	300	728
415	32	12	994	143	376
416	26	12	690	148	320
417	31	12	957	156	386
418	45	17	1988	301	773
419	37	44	1375	1928	1628
420	21	7	433	55	155
421	55	27	3006	752	1503
422	49	22	2387	483	1074
423	49	27	2385	721	1312
425	22	14	486	207	317
426	45	17	1984	281	747
427	23	12	551	149	287
428	43	22	1810	473	926
429	21	12	430	145	250
431	45	17	2002	303	778
432	75	32	5646	993	2368
434	90	37	8131	1336	3296
603	34	17	1132	283	566
604	23	12	527	143	275
605	25	17	602	295	421
606	32	17	1005	291	541
607	29	17	822	280	479
608	22	12	469	151	267
609	21	12	450	152	262

Tabla 17. Segunda par α .

MUESTRA	Zn(ppm) AAS	Pb (ppm) AAS	Zn*Zn	Pb*Pb	Zn*Pb
610	21	12	441	144	252
611	24	12	584	146	292
612	33	27	1058	713	869
613	33	12	1075	145	395
614	31	12	937	152	378
615	21	12	433	146	252
616	21	12	439	148	255
617	18	12	328	142	216
618	26	17	678	285	440
619	22	12	480	148	267
620	45	12	2033	144	541
621	26	17	687	288	445
622	23	17	521	302	397
623	23	12	540	147	281
624	22	12	470	145	261
625	22	20	483	399	439
626	20	17	407	297	348
627	31	22	966	463	669
628	67	24	4434	582	1606
629	40	19	1579	376	770
630	39	22	1508	502	870
631	14	12	203	151	175
632	29	17	834	304	503
633	32	17	1033	290	548
635	49	27	2442	739	1343
801	64	17	4139	282	1081
802	23	12	549	149	286
803	24	10	599	96	240
804	20	12	398	155	249
805	24	10	585	94	234
806	48	14	2316	208	695
807	27	17	720	302	467
808	20	17	404	294	344
809	21	12	454	153	264
810	50	22	2527	482	1104
811	14	12	195	145	168
812	20	12	389	152	243
813	26	12	669	155	322
814	17	12	298	144	207
815	37	12	1360	155	460
816	25	17	613	300	429
817	28	17	756	295	473
818	30	17	873	278	493
819	35	12	1216	147	422
820	25	12	606	152	303
821	23	7	550	54	172
822	22	7	503	53	164

Tabla 17. Tercera parte.

MUESTRA	Zn(ppm) AAS	Pb (ppm) AAS	Zn*Zn	Pb*Pb	Zn*Pb
823	22	7	490	54	163
824	22	7	477	53	159
825	23	10	527	95	224
826	30	12	895	146	361
827	83	22	6837	479	1810
828	47	12	2180	142	556
829	73	22	5300	465	1569
830	61	17	3671	292	1036
831	29	12	829	144	346
832	36	7	1269	52	257
833	31	7	940	52	220
834	49	17	2420	279	822
838	66	22	4417	498	1483
1001	64	12	4159	154	800
1002	47	17	2194	304	817
1003	35	15	1213	223	520
1004	35	12	1232	153	434
1005	37	17	1345	301	636
1006	34	14	1129	207	484
1007	39	17	1486	299	667
1008	31	12	960	156	387
1010	38	7	1471	54	283
1011	76	22	5847	474	1665
1012	34	12	1134	153	417
1013	26	17	686	288	445
1014	23	12	539	146	281
1015	29	22	830	467	622
1016	26	10	693	95	257
1017	31	22	950	470	668
1018	27	10	743	91	261
1019	33	12	1080	150	403
1020	67	22	4442	472	1449
1021	52	22	2739	476	1141
1022	41	17	1676	305	715
1023	50	17	2467	302	863
1024	63	17	4014	300	1098
1025	83	17	6936	294	1428
1026	47	17	2198	305	818
1028	36	17	1261	298	613
1029	39	12	1536	143	468
1030	82	20	6649	386	1602
TOTAL	5006	2183	225556	41940	89988

Con los datos de las tablas 15, 16 y 17, se obtuvieron los siguientes resultados.

	a	b	r
	-----	-----	-----
Sb - Zn	0,9	17,8	0,2
Sb - Pb	0,1	14,3	0,0
Zn - Pb	0,2	8,1	0,3

Con los valores de a y b se obtiene las ecuaciones de las regresiones con la formula $Y = aX + b$, que se pueden ver en los gráficos 18, 19 y 20.

Otro tipo de correlación utilizado es el descrito por Lepeltier (1969), aplicado a este caso particular. Haciendo u los gráficos 18, 19 y 20 y de la media aritmética de cada elemento.

El procedimiento será demostrado con el ejemplo de la correlación antimonio - zinc:

En el gráfico 18 de antimonio vs. zinc se traza una perpendicular al eje x en el valor de la media aritmética de antimonio, así mismo una perpendicular al eje y en el valor de la media aritmetica de zinc.

De esta manera el gráfico queda dividido en cuatro cuadrantes,

FIG 18. GRAFICO DE CORRELACION

Sb (TITULACION) s Zn (AAS)

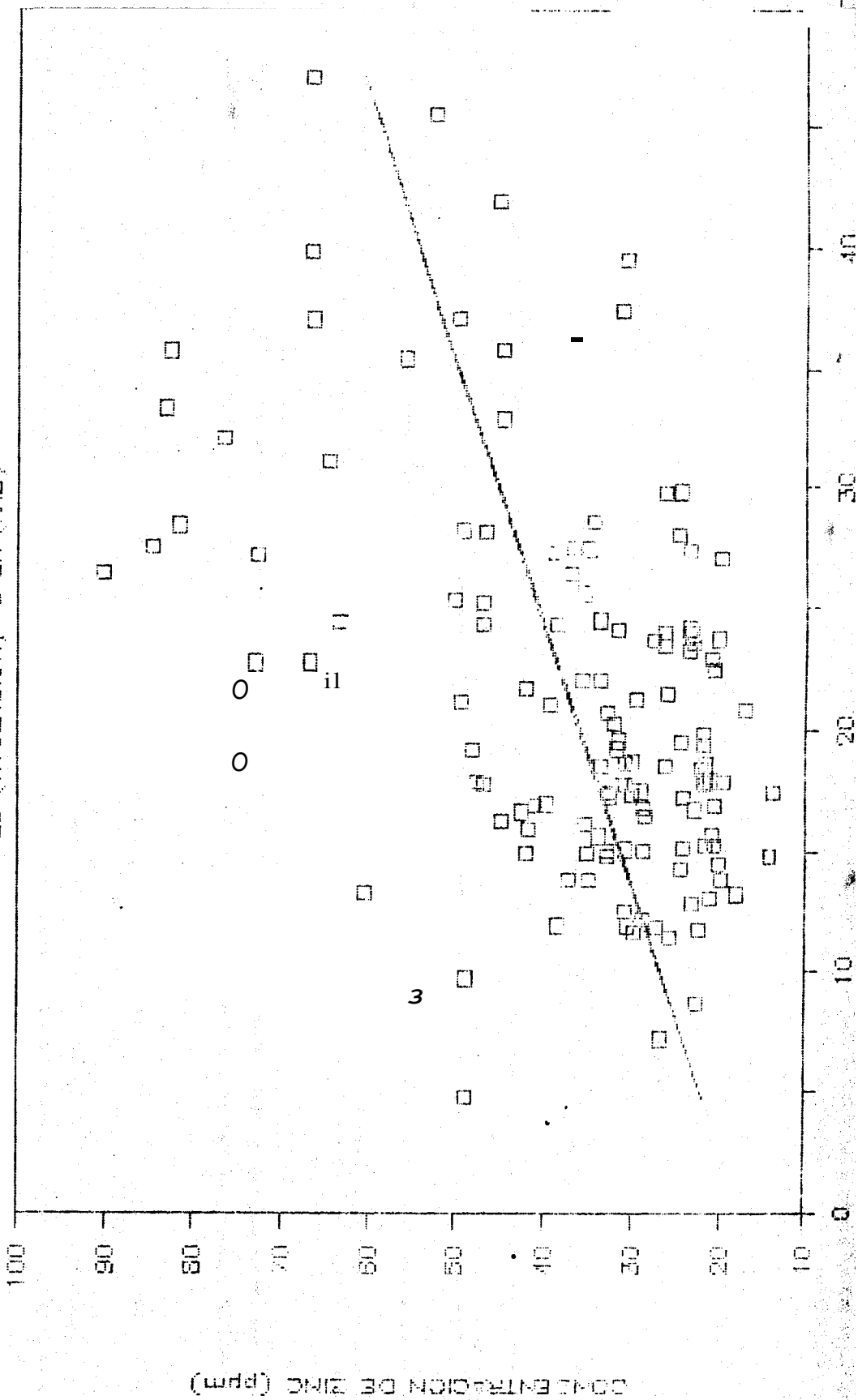


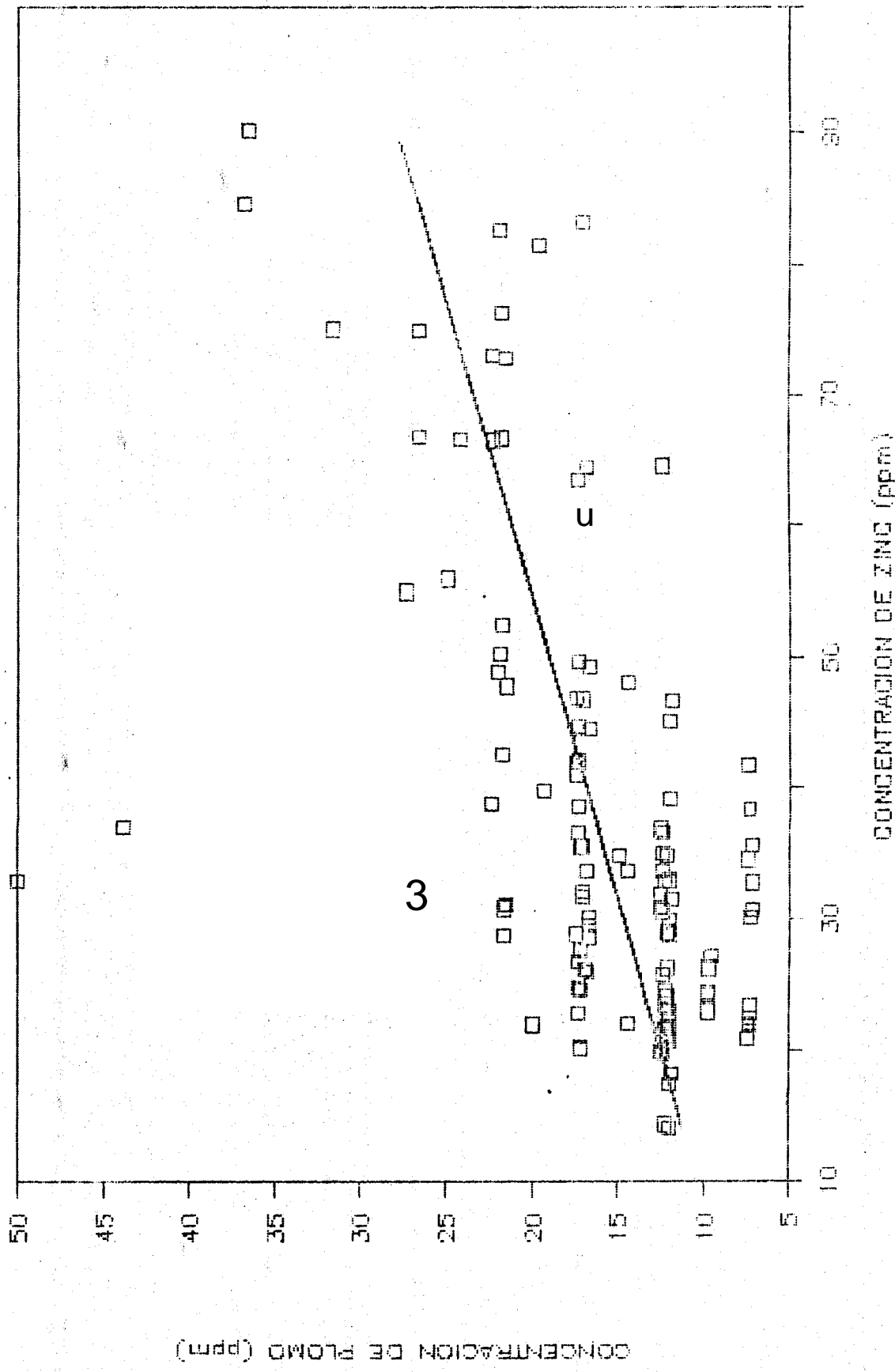
FIG 19. GRAFICO DE CORRELACION

Sb (TITULACION) vs Pb (AAS)



CONCENTRACION DE ANTIMONIO (ppm)

FIG 20. GRAFICO DE CORRELACION



se suman los puntos que caen en el **primero y tercer** cuadrante obteniendo así n_1 , **luego** se suman los puntos del **II y III** cuadrante obteniendo así n_2 .

En el ejemplo tenemos:

1	cuadrante	=	30
11	cuadrante	=	61
111	cuadrante	=	17
IV	cuadrante	=	28

$$n_1 = 30 + 61 = 91$$

$$n_2 = 17 + 28 = 45$$

El coeficiente de correlación se obtiene con la siguiente fórmula:

$$P = \text{Sen} \left[\frac{\pi}{2} \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right) \right]$$

$$P = 0,5$$

Los resultados finales son los siguientes:

	I	III	n_1	II	IV	n_2	P
	---	---	---	---	---	---	---
Sb - Zn	30	61	91	17	28	45	0,5
Sb - Pb	28	54	a2	26	31	57	0,6
Zn - Pb	40	59	99	28	7	35	0,7

3.4. MAPAS DE ISOCONCENTRACIONES.

Los datos de la tabla 6 son ubicados en cada punto de la red de muestreo e interpolados para obtener los mapas de isoconcentraciones para antimonio, zinc y plomo, los cuales se muestran en el Anexo E (fig 1, 2 y 3).

En los mapas de isoconcentración de antimonio, zinc y plomo se ubican las respectivas zonas anómalas marcando las zonas que son mayores al valor umbral. Para esto se utilizó la media aritmética del valor umbral entre los cuatro resultados que se obtuvieron por los diferentes métodos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los datos obtenidos con los métodos analíticos y su tratamiento estadístico se puede concluir:

1. Los resultados de valor umbral obtenidos fueron: 39 ppm para antimonio, 34 ppm para plomo y 71 ppm para zinc. Según (Beuss and Grigorian, 1975) los contenidos normales de estos elementos en una roca de tipo esquisto son: 1,5 ppm para antimonio, 20 ppm para plomo y 95 ppm para zinc. Basados en esto se puede decir que en el área existen valores anómicos de antimonio y plomo, no así para zinc que el valor umbral obtenido es menor que la concentración normal. Sin embargo existen valores altos de zinc con respecto a los obtenidos en el resto de el área.
2. Existen tres localidades con valores anómalos de antimonio y plomo. Estas se distribuyen de la siguiente forma: Dos de antimonio en el centro de la red de muestreo y una en el borde inferior de esta. Una de plomo en la esquina superior derecha y las dos restantes en el borde superior de la red de muestreo (Anexo E).
3. Las dos localidades de valores altos de antimonio que se encuentran en el centro de la red de muestreo presentan una

alineación con el rumbo de las vetas de estibina del área, que es N 20 E. Esto puede indicar que existen un sistema de vetas ocultas, que son causantes de los valores anómicos en el suelo suprayacente.

4. De la tercera localidad no se puede obtener mayor información por encontrarse al borde de la red de muestreo, haciendo falta información al exterior de esta.
5. Las correlaciones entre antimonio y zinc (0,5) y antimonio y plomo (0,3) son bajas. Por lo que se puede decir que no existe correlación entre antimonio y los otros dos elementos analizados.
6. Por otra parte la correlación entre zinc y plomo si es buena y esto se observa también en los mapas de isoconcentración ya que hay una coincidencia de los valores anómicos de plomo y los valores altos de zinc.
7. Con respecto a los análisis de zinc por fotometría espectral como se puede ver en la tabla del anexo A, guardan una relación con los análisis de zinc por absorción atómica. Esta relación es de el doble siendo siempre mayor los resultados obtenidos por absorción atómica.
8. De esto se puede decir que para futuras campañas geoquímicas en las que se requiera de análisis de zinc se

puede utilizar el método por fotometría espectral descrito en este trabajo, ya que es menos costoso y complicado que los análisis por absorción atómica.

Finalmente se recomienda:

1. **Iniciar** una investigación más detallada en los sitios en que se detectaron valores anómicos de antimonio. Así también en los sitios en que coinciden los valores anómicos de **plomo** y los valores altos de zinc.
2. Organizar nuevas campañas más detalladas con el fin de ampliar el ancho y largo de la actual red de muestreo y obtener mayor información de las localidades con valores altos que se encontraron en los extremos.
3. En las nuevas campañas geoquímicas desarrollar nuevas técnicas analíticas para otros elementos con el fin de encontrar uno que tenga buena correlación con antimonio y pueda ser utilizado como elemento guía.

La intención de este trabajo es por otra parte demostrar aunque sea en parte la utilidad e importancia de la geoquímica en la investigación mineral, ya que de las muchas concesiones mineras existentes son pocas las que asignan parte de su inversión a campañas geoquímicas.

A N E X O S

A. TABLA DE RESULTADOS DE ZINC ANALIZADOS CON SQ 115.

MUESTRA NUMERO	Zn (ppm) AAS	Zn (ppm) SQ 115	AA/%
202	73	32	2,3
203	56	30	1,9
204	48	24	2,0
205	47	25	1,9
206	31	20	1,6
207	30	19	1,6
401	67	33	2,0
403	35	21	1,7
406	42	18	2,4
408	33	14	2,3
409	30	25	1,2
410	32	25	1,3
411	31	26	1,3
414	42	16	2,6
603	34	12	2,7
607	29	14	2,0
609	21	14	1,5
610	21	19	1,1
611	24	9	2,6
612	33	25	1,3
617	18	11	1,7

B. ANALISIS PETROGRAFICO DE ROCAS

MUESTRA : 1
TIPO DE MUESTRA : CUARCITA
FORMACION : ESQUISTO CAPIRO

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Roca de color rosado. Se ve gran cantidad de cuarzo (aproximadamente el 75 %) y clorita, que le da a la roca pequeñas manchas de color verde claro. Probablemente el color rosado de la roca se debe a la alteración de feldespatos. La roca presenta manchas de color café debido a la presencia de óxidos de hierro y manganeso. El tamaño de grano es muy fino.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

La matriz es cuarcítica ocupando aproximadamente del 80 % al 90 %. Los feldespatos en un 50 % presentes se encuentran alterados a clorita. Otros minerales como zircón y sericita se encuentran en cantidades pequeñas así también los minerales opacos como hematita.

MUESTRA : 2
TIPO DE MUESTRA : GNEIS
FORMACION : GNEIS SAN ROQUE

DESCRIPCION MACROSCOPICA

La roca es de color café. El tamaño de grano es grueso. Se ve gran cantidad de moscovita y biotita muy desarrolladas. El cuarzo existe en poca cantidad aproximadamente del 20 al 30 %, pero igualmente muy desarrollado. La roca no es muy resistente y se quiebra con facilidad.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

El mineral de mayor importancia es la sericita que se ve en un 40 %. El cuarzo está presente en un 30 %. La biotita se encuentra en un 10 % aproximadamente. Clorita 7 % y epidota 3 %.

MUESTRA : 3
TIPO DE MUESTRA : CUARCITA
FORMACION : ESQUISTO CAPIRO

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Ea una roca de color gris claro. El tamaño del grano es muy fino. Se ven pequeñas vetillas de cuarzo. Fenocristales feldespáticos se encuentran pero en poca cantidad. Manchas de color café obscuro debido a la oxidación de hierro y manganeso. Se observa moscovita y biotita muy pequeñas y en poca cantidad. La roca es muy resistente.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

El 80 % corresponde a cuarzo (con extinción ondulosa). Los feldespatos presentes aproximadamente en un 50 % se encuentran alterados a damourita. El zircón se ve en un 4 % y la sericita en un 8 %.

C. MAPA GEOLOGICO DE LA CONCESION MINERA LOHA LARGA ESCALA
1 : 10000.

D. MAPA DE UBICACION DE LA RED DE MUESTREO GEOQUIMICO

E. MAPAS DE ISOCONCENTRACION



EIBLIOGRAFIA

1. AUCOTT, J. W., Métodos estadísticos sin computar para la exploración geoquímica en los países en vías de desarrollo, INGEOMINAS. A.A., Cali - Colombia., 1983 (sin publicar).
2. BEUS, A.A. AND GRIGORIAN S.V., Geochemical exploration methods for mineral deposits, Applied Publishing Ltd., Wilmete - Illinois - U.S.A., 1977. 247 p.
3. BIBLOGRAF S.A., Atlas Geográfico Universal y de la República del Ecuador, Primera Edición, Barcelona - España, 1982.
4. BRISTOW, C. HOFFSTETTER, Léxique Stratigraphique International, Segunda Edición, Vol V, Fasc 6 a 2, Ecuador, 1977. 295 p.
5. CALVO, F., Estadística Aplicada, Segunda Edición, Ediciones DEUSTO S.A., Bilbao - España, 1978. 97-110 p.
6. FIALLOS, V. S., Prospección Geológica y Geoquímica en la sección norte del área Chuquirahuas provincia del Cotopaxi, Tesis de Grado, FIGMP - ESPOL, Guayaquil - Ecuador, 1977. 37 p.

7. FLETCHER, W.K., Analytical Methods in Geochemical prospecting, Vol 1, ELSEVIER, Amsterdam, 1981, 98 p.
8. JACKSON, M.L., Análisis Químico de suelos, Tercera Edición, OMEGA S.A., Barcelona - España, 1976. 550 p.
9. JANDER - WENDT, Einführung in das anorganisch chemische Praktikum, Funfte Auflage, S. Hirzel Verlag Stuttgart, Alemania, 1958. 230 p.
10. KAHN HERBERT AND THE PERKIN ELMER CORP., Instrumentación para espectrofotometría por absorción atómica U.S.A., 1976. (Manual de uso):
11. KOLLER, B., Métodos analíticos de campo utilizados en la exploración geoquímica, ESPOL, Guayaquil - Ecuador, 1985.
12. KOLLER, B., Seminario de geoquímica y métodos geoquímicos en la exploración de minerales, ESPOL, Guayaquil - Ecuador, 1984.
13. LEPELTIER, C., A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation, Economic Geology, Vol 64, U.S.A., 1969. 538 p.
14. MERCK, Rapid test handbook, E. Merck Frankfurter strasse 250 D-6100 darmstadt 1, Federal Republic of Germany,

1987.

15. MERCK, Spectroquant Manual de Instrucciones de uso Fotómetro SQ 115, E. Merck Frankfurter strasse 250 D-6100 darmstadt postfach 4119, Federal Republic of Germany.

16. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, Apuntes de clases del curso de prospección geoquímica, Departamento de Publicaciones, Guayaquil - Ecuador, 1979. 145 p.