622.1
FIA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL - GUAYAQUIL - 1958

DPTO. GEOLOGIA
MINAS Y PETROLEOS

TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCION

DEL TITULO DE

INGENIERO EN GEOLOGIA Y MINAS

BIBLIOTECA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL - GUAYAQUIL - 1958

FACULTAD GEOLOGIA
MINAS Y PETROLEO

PROSPECCION GEOLOGICA Y GEOQUIMICA EN LA SECCION NORTE DEL AREA CHUQUIRAHUAS (25.000 Has.) PROVINCIA DE COTOPAXI

Director de Tesis

ING. FERNANDO REPETTO L.

A u t o r

VICENTE S. FIALLOS F.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL - GUAYAQUIL - 1969

DPTO. GEOLOGIA
MINAS Y PETROLEOS

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCION

DEL TITULO DE

INGENIERO EN GEOLOGIA Y MINAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS

OPTO. GEOLOGIA
MINAS Y PETROLEOS

Vicente S. Fiallos

Guayaquil, Noviembre de 1977

OPTO. GEOLOGIA
MINAS Y PETROLEOS

EL PATRIMONIO INTELECTUAL DE LA TESIS DE GRADO CORRESPONDERA A LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
GUAYAQUIL
DPTO. GEOLOGIA
MINAS Y PETROLEOS

La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en la presente tesis - corresponden exclusivamente al autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
ESPOL
BIBLIOTECA FIEC
ESPOL

A mi querida madre,

que con su sacrificio abnegado forjó mi

espíritu y encaminó mi vida.

DPTO. GEOLOGIA
MINAS Y PETROLEOS

A mi estimado primo (Eulises Fiallos),

que me brindo su apoyo.

A mi esposa e hijos.

Dedico éste presente trabajo.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
1959
GUAYAQUIL
DPTO. GEOLOGIA
MINAS Y PETROLEOS

Quiero dejar constancia de agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica del Litoral por haberme brindado la oportunidad de seguir una carrera profesional.

Agradezco a los directivos de la compañía "Geominex S.A" que facilitaron la información necesaria para la elaboración del presente trabajo; como también hago extensivo mis gradecimientos a todo el personal de Ingenieros y demás técnicos que laboran en la mencionada compañía que de una forma u otra aportaron con sus valiosos conocimientos.

"PROSPECCION GEOLOGICA Y GEOQUIMICA EN LA SECCION NORTE DEL AREA CHUQUIRAHUAS (25.000 Has.) PROVINCIA DE COTOPAXI"

CONTENIDO

I. INTRODUCCION

1.1. Antecedentes

1.2. Localización

1.3. Fisiografía

1.4. Geología Regional

1.4.1. Litología

1.4.2. Estructura

1.4.3. Mineralización

II. INVESTIGACION GEOQUIMICA

2.1. Generalidades

2.1.1. Importancia de la Geoquímica

2.1.2. Métodos de investigación

2.1.3. Método utilizado

2.2. Trabajo realizado en el levantamiento Geoquímico

2.3. Análisis Químico

2.3.1. Preparación de muestras

2.3.2. Método analítico

2.4. Tratamiento estadístico

2.4.1. Generalidades

2.4.2. Interpretación de datos obtenidos

2.4.3. Tablas de contenido para cada elemento en ppm.

2.4.4. Determinación de rangos anomálicos

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL - GUAYAQUIL - 1959

DPTO. GEOLOGIA MINAS Y PETROLEOS

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL - ESPOL

BIBLIOTECA FICT ESPOL

III. CONCLUSIONES

3.1. Resumen de trabajo

3.2. Anomalías encontradas

IV. RECOMENDACIONES

V. ANEXOS

5.1. Ilustraciones y fotografías

5.2. Mapas

5.2.1. Mapa de ubicación del área

5.2.2. Mapa geológico del área

5.2.3. Mapa geoquímico

5.2.3.1. Mapa de localización de muestras.

5.2.3.2. Mapa de contenido metálico.

5.2.3.3. Mapa de anomalías geoquímicas.

VI. REFERENCIAS

PROSPECCION GEOLOGICA Y GEOQUIMICA EN LA SECCION NORTE DEL AREA "CHUQUIRAHUAS" (25.000 Has.)

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL - GUAYAQUIL - 1959
DPTO. GEOLOGIA
MINAS Y PETROLEOS

I INTRODUCCION

1-1 Antecedentes

Los únicos trabajos realizados en el Area Chuquirahuas de los que se tiene conocimiento son los efectuados por la compañía canadiense "Duncan Derry, Ltda.", durante los años 1965 a 1967. La mencionada compañía efectuó investigaciones Geológicas y Geoquímicas en la concesión "Macuchi-La Plata" otorgada a Obras Civiles y Mecanizadas S.A. (OCYMSA) con el objeto de localizar otros depósitos relacionados con los ya descubiertos por la South American Development Company (SADCO). La concesión otorgada a OCYMSA revertió al estado en el año de 1968 por falta de inversión.

El 22 de Mayo de 1975 el Gobierno del Ecuador por intermedio del Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos adjudicó al Ing. - Bruno Verner Vihonen mediante contrato el Area Chuquirahuas para realizar trabajos de prospección minera. El Area tiene forma rectangular, siendo las coordenadas de los vértices las siguientes:

VERTICES	LONGITUD	LATITUD
Vértice A	79° 09' 36.7" Oeste	01° 00' 00" Sur
Vértice B	79° 03' 46.9" Oeste	01° 00' 00" Sur
Vértice C	79° 03' 46.9" Oeste	01° 20' 00" Sur
Vértice D	79° 09' 36.7" Oeste	01° 20' 00" Sur

superficie de 500.24 Kms^2 (50.024 has.) (ver mapa 1), de las cuales se ha tomado 25.000 Has. en la zona Norte de la concesión para la elaboración del presente trabajo.

La compañía "Geología, Minas y Exploración S.A." (GEOMINEX S.A.) como subcontratista del Ing. Bruno Verner Vihonen, tomó a cargo los trabajos de prospección, habiendo sido iniciados el mes de Junio de 1975 y continuados hasta Diciembre del mismo año, tiempo en el cual se acumuló la información de campo y laboratorio para la preparación del presente trabajo.

1-2 Localización

El Area Chuquirahuas, a la cual se refiere el presente trabajo se encuentra ubicada en la parte central de la República del Ecuador cubriendo parte de las provincias de Cotopaxi y Bolívar. A falta de hojas topográficas de la zona, fue necesario realizar la restitución planimétrica de los sistemas de drenaje en base a fotografías aéreas, obteniendose cuatro cartas hidrográficas a escala 1:25.000, a estas hojas la compañía GEOMINEX S.A. las denominó: Chuquirahuas Norte, Ramón Campaña, Sinde y Silagato. En este trabajo se utilizaron unicamente las dos primeras hojas, que corresponden a la parte Norte.

Las fotografías aéreas que cubren el área de las hojas Chuquirahuas - Norte y Ramón Campaña que son estudiadas en esta tesis, corresponden a las líneas de vuelo L-30 y L-31 y sus números respectivamente son: 5.197, 5.196, 5.195, 5.194 y 5.627, 5.626, 5.625, 5.624, 5.623; tomadas en Junio de 1963 con escala que varía entre 1:45.000 y 1:60.000.

efectuó utilizando el camino de herradura que une las poblaciones de Macuchi-Choasilli-Ramón Campaña y El Corazón; con un recorrido de 30 Kms. aproximadamente. Macuchi y El Corazón son accesibles por vía carrozable tanto desde la ciudad de Latacunga, como desde Quevedo.

1-3 Fisiografía

La elevación del área considerada en este estudio varía de 3.000 a 600 metros sobre el nivel del mar (bajando de O a E) y se puede dividir en dos zonas de diferente morfología con incidencia fundamental en la accesibilidad a los sitios de muestreo. Una corresponde a los sistemas de drenaje de los ríos Chuquirahuas y Pinta que se caracteriza por pendientes abruptas y corrientes de agua con innumerables saltos o cascadas. La otra zona corresponde a la cuenca del Río Yanayacu que con pendiente mucho más suave facilita el reconocimiento y muestreo de la misma.

En general los drenajes que se aprecian en los mapas 2 y 3 muestran dos patrones principales. El primero de tendencia general S - N y el segundo, el que recibe las aguas del anterior es de tendencia E-O. Se puede concretar que existen dos cuencas hidrográficas principales las mismas que aportan sus aguas al río Babahoyo, la del río Chuquirahuas que en su curso medio recibe el nombre de Calope y la del río Angamarca.

En resumen se dirá que la topografía de la zona estudiada es irregular como todos los terrenos de la vertiente O. de la Cordillera Occidental de los Andes, y su morfología se puede conside

como se observa en toda la zona, especialmente en la parte donde aflora el intrusivo del Río Yanayacu. Indicando además que en el actual modelado de la región han influenciado principalmente los tipos de rocas aflorantes.

El área en general goza de un clima subtropical húmedo con dos estaciones bien marcadas, el verano (estación seca) que comprende de Junio a Diciembre, mientras que el invierno (estación lluviosa) corresponde de Enero a Mayo, con precipitación promedia de 800 milímetros (ver cuadro pluviométrico de la estación de El Corazón).

La vegetación es exhuberante y está íntimamente ligada con el clima de la región constituyendo otra de las dificultades para el acceso.

En general la actividad humana se reduce a dos campos fundamentales, la agricultura y la ganadería, confinadas a las zonas aledañas de los centros poblados, siendo la caña de azúcar el principal producto agrícola y el ganado vacuno el de mayor desarrollo.

1-4 Geología Regional

El área de investigación (según W. Sawer) se encuentra dentro del Eugeosinclinal Mesozoico Andino y casi integramente en ella están aflorando rocas volcánicas que varían de intermedias a máficas las que son intruidas por pequeños cuerpos de rocas de composición Mesosilícicas. Los piroclastos también están constituyendo una unidad importante en el área.

REPUBLICA DEL ECUADOR
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA
SECCION DE HIDROMETEOROLOGIA

VALORES MENSUALES DE LLUVIA

ESTACION DE EL CORAZON LONGITUD: 79°04'W LATITUD: 01°08'S ELEVACION 1 500 mts

FORM Nº 331-METEO

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	
1.963									97,0	18,7	20,8	97,2	
1.964	364,1	369,3	310,1	408,1	69,0	37,6	10,3	28,2	35,2	53,3	75,4	129,9	1.890,5
1.965	458,2	350,3	409,9	565,3	359,0	101,3	25,8	10,9	46,4	57,2	35,3	242,1	2.661,7
1.966	172,9	473,9	355,2	261,4	311,4	54,3	0,0	8,5	61,1	133,2	52,7	160,4	2.045,0
1.967	414,4	459,8	206,1	402,3	182,7	67,0	0,0	1,7	23,1	31,4	10,9	139,1	1.938,5
1.968	439,7	383,6	343,3	411,1	55,4	27,0	26,2	10,3	30,5	87,4	45,2	179,5	2.039,2
1.969	392,1	274,0	542,6	624,2	248,3	231,6	10,5	50,2	47,2	41,2	47,9	253,8	2.763,6
.9670	503,3	444,2	306,8	632,4	364,1	98,2	26,8	20,9	0,3	13,9	82,4	126,1	2.619,4
1.971	353.3	391.2	790.4	578.8	150.0	87.6	24.3	5.8	75.7	28.3	44.4	96.6	2.626.4
1.972	479.7	655.2	607.4	416.0	225.1	316.9	51.1	91.9	63.6	80.9	227.5	224.3	3437.6
1.973	675.4	1.252.2	1544.2	1.418.0	515.1	121.7	35.2	8.0	46.0	25.6	89.1	555.4	6.278.5
1974	934.7	1561.3	1648.4	1065.3	992.0	160.[illegible]	121.8	50.8	285.4	265.8	495.7	2041.[illegible]	9622.8
1.975	2.891.9	3.449.3	2.613.5	1.676.3	624.6	354.9					69.2		
1.976		977.2	1.799.8	1.318.3	1.281.2	60.6	46.4	45.7					

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL ESPOL
BIBLIOTECA FIC
ESPOL

"Formación Piñón" de la Sierra, las mismas que en su mayoría son de composición andesítica (del Jurásico Superior - Cretácico Inferior). Durante el Terciario (magmatismo sin-orogénico) las rocas volcánicas sufrieron la acción del emplazamiento de pequeños cuerpos intrusivos que en su mayoría están representados por granodiorita y diorita los mismos que tienen un alineamiento general N - NE y emplazados a altitudes comprendidas entre 1.500 y 1.900 metros sobre el nivel del mar (ver mapa 2 y 3).

1-4-1 Litología

Las rocas aflorantes son volcánicas: lavas y piroclastos andesíticos, y los intrusivos que van probablemente desde el Jurásico hasta el reciente.

A continuación haremos una breve descripción litológica de cada una de estas unidades.

Rocas Volcánicas

Las rocas volcánicas que corresponden a la "Formación Piñón", están representadas por andesitas de color verdoso y de grano medio a grueso, es importante mencionar la presencia de estas rocas localmente en las siguientes zonas:

En la zona del Río Chuquirahuas y quebradas aledañas estas rocas son de composición andesítica, con fenocristales de feldespato distribuidos en una matriz gris verdosa; en general el color de la roca es -- verde.

ción, de grano muy fino, de color gris-azulado y cruzadas por una gran cantidad de vetillas de cuarzo, las mismas que juegan un papel importante en la alteración observadas en estas rocas, fundamentalmente en los afloramientos localizados en los tributarios orientales, en donde la silicificación es el principal tipo de alteración.

En la zona del río Yanayacu las rocas volcánicas son andesítas de grano fino, de color gris obscuro, en donde la calcita esta presente en finas vetillas esporádicas y presentan seudo estratificación.

Rocas Intrusivas

Las rocas intrusivas ocupan el segundo lugar en cuanto a superficie aflorante se refiere y concretamente se tratan de cinco cuerpos pequeños de diferente composición.

El intrusivo aledaño al Río Chuquirahuas, se trata de una dioritacuarcífera de grano medio a grueso, de color gris claro, y de textura granular compuesta de cristales de feldespato o plagioclasa, anfíbol, biotita y cuarzo en menor cantidad.

El intrusivo del Río Yanayacu es una granodiorita de grano grueso de color claro y constituida por cuarzo, feldespato y biotita.

Los del Río La Pinta son dos pequeños cuerpos de diorita de grano medio a fino, de color gris obscuro, constituido por feldespato y minerales máficos abundantes tales como biotita y anfíbol, cuarzo en me-

El cuerpo intrusivo más importante en relación a su extensión es el que ocurre en la zona del Río Angamarca al E de la población de El Corazón y se trata de una granodiorita semejante a la del Río La Pinta.

Los intrusivos que afloran en la parte Norte de la concesión, hoja Chuquirahuas Norte, presentan mineralización de Cobre-Molibdeno ya sea como relleno de pequeñas fracturas y diseminación en la masa rocosa, Acompañando a los sulfuros de Cobre se encuentra Molibdenita en los cuerpos de Chuquirahuas y Yanayacu, generalmente asociada con vetillas de cuarzo.

Los intrusivos localizados en la hoja Ramón Campaña contienen como sulfuro metálico principal la pirita, y en menor cantidad Calcopirita.

Rocas Piroclásticas

Los piroclástos son los de menor extensión, de composición andesítica y están constituyendo aglomerados cuyos fragmentos mayores son de unos 30 cms. de diámetro; ocurren solamente en el curso medio -- del Río Chuquirahuas y Quebrada Lorena.

1-4-2 Estructura

Los intrusivos dioríticos estan distribuidos perifericamente al gran batolito granodiorítico que está emplazado entre Angamarca y El Corazón.

la mineralización, es necesario dividir el área en tres zonas anomálicas detectadas y ellas son: Chuquirahuas Norte, Yanayacu y Pinta.

En la zona Chuquirahuas Norte, las fracturas y vetillas de cuarzo en la roca intrusiva aparecen preferentemente dirigidas SE-NO con buzamientos entre 40° y 80° NE.

En la zona de Yanayacu el intrusivo se muestra muy fracturado y - de sus diferentes sistemas de diaclasas el más importante parece ser el que tiene rumbo NNO-SSE cuyos planos están buzando entre θ 60° y 90° NE.

En la zona de la Pinta tanto las rocas volcánicas y el intrusivo aflorante, muestran un intenso fracturamiento por varios sistemas de diaclasas, las principales están orientadas preferentemente en dirección E-O y NO-SE.

En conclusión diremos que particularmente las áreas anomálicas presentan un fracturamiento, en general relacionado vagamente con las direcciones de emplazamiento de los stocks.

1-4-3 Mineralización

Las indicaciones de mineralización de Cobre se han encontrado en las áreas que corresponden a las hojas Chuquirahuas Norte y Ramón Campaña.

La pirita es el sulfuro metálico más difundido tanto en las rocas volcánicas como en las intrusivas, ya sea en forma diseminada o rellenan-

Desde el punto de vista económico unicamente se han detectado mineralización de Cu - Mo las mismas que se encuentran en los cuerpos - intrusivos de la parte N del área, rellenando fracturas conjuntamente con cuarzo. Es importante anotar que estas mineralizaciones se reflejan preferentemente en los resultados de la investigación Geoquímica como se puede ver en los mapas respectivos y en lo que se - refiere a las anomalías de Chuquirahuas Norte, Yanayacu y La Pinta.

Los minerales de Cobre son principalmente Calcopirita, Bornita y en menor proporción Covelina y Calcocina, que se encuentran principalmente en las rocas intrusivas, la Molibdenita ocurre en forma más - localizada pero siempre relacionada con la mineralización de Cobre.

El proceso de lixiviación, dado las condiciones climáticas de esta región, es muy intenso y así es como la limonita "indígena" se ha formado como resto de los sulfuros antes mencionados y que en áreas como la de las hojas Chuquirahuas Norte y Ramón Campaña, pueden ser una guía para futuras investigaciones.

III INVESTIGACION GEOQUIMICA

2-1 Generalidades

En nuevas condiciones de presión y temperatura, los minerales preexistentes van a sufrir un proceso de descomposición principalmente por acción del agua y aire dando otros minerales que son estables a las nuevas condiciones ambientales, (presión, temperatura y humedad) como es el caso de la limonita proveniente de la oxidación de la pirita que forma sombreros de hierro "In-situ" o de compuestos - que se disuelven y sufren disociación iónica en el agua, que los -- transporta hasta que las condiciones químicas del ambiente por donde atraviesan, varian y ocasionan la precipitación, finalizando así la migración del elemento.

Los afloramientos de cuerpos mineralizados pueden sufrir erosión mecánica y migrar junto con otros materiales clásticos según el patrón que imponga el agente de transporte (agua, viento, hielo, gravedad, etc.).

En la búsqueda de minerales se han desarrollado varias técnicas de - prospección Geoquímica que son aplicadas según los procesos que hayan intervenido en el desplazamiento y fijación del mineral buscado.

Muchos conceptos se han vertido sobre Geoquímica, V.M. Goldsmidt da - conceptos amplios, que son resumidos por B. Mason, que dice "La Geoquímica trata de determinar la abundancia relativa y absoluta de los elementos de la tierra y estudia la distribución y migración de los elementos en las diversas partes de ella con el objeto de descrubrir los prin

De acuerdo a la definición anterior se puede concluir que la prospección Geoquímica es la que se encarga de estudiar la presencia anomálica de elementos en los diferentes materiales de la corteza terrestre con la finalidad de localizar acumulaciones minerales que pudieran tener interés económico.

2-1-1 Importancia de la Geoquímica

El incremento de la demanda de materia prima, debido logicamente al mayor consumo, el agotamiento que sufren día a día las reservas actuales y a que los depósitos "aflorantes" han sido encontrados casi en su totalidad. Esto ha ocasionado que las nuevas técnicas de investigación minera estén dirigidas a la búsqueda en profundidad siendo por este motivo también más costosos. Las técnicas geoquímicas - para investigaciones profundas indudablemente tienen ventaja en este aspecto económico sobre la Geofísica, perforación,y túneles que podrían aplicar con estos mismos fines aunque el uso de estas sea necesario, se lo haría posteriormente como un complemento a la prospección Geoquímica lo que aseguraría el éxito con mucho menor riesgo.

Términos utilizados en Geoquímica

Anomalía Geoquímica

Se conoce con este nombre a concentraciones anormales de elementos o grupos de elementos en los diferentes materiales que pueden muestrearse, las que reflejarían acumulaciones de minerales o indican la existencia cercana de las mismas.

Valor de fondo

elementos que se pueden determinar en un material estéril.

Umbral anomálico

Se conoce con este término al límite superior de fluctuación del valor de fondo. Todo valor que se encuentre arriba del umbral anomálico se considerará como anomálico.

2-1-2 Métodos de investigación Geoquímica

Se puede mencionar los siguientes:

1.- Prospección con suelos
2.- Prospección con rocas
3.- Prospección con sedimentos fluviales
4.- Prospección con agua
5.- Prospección con vegetales
6.- Prospección con gases

Cada uno de estos métodos se basa en la recolección de muestras siguiendo un determinado plan de trabajo.

Se hace una ligera descripción de cada uno de ellos, para luego con la comparación analítica justificar la selección del más conveniente para nuestras condiciones, que fué prospección con sedimentos fluviales.

Prospección con suelos (pedogeoquímica)

El muestreo de suelos es una importante técnica de prospección Geo-

cas que pueden estar relacionadas con acumulación de minerales de interés económico. El clima, agua tanto superficial como subterránea y la meteorización juegan un papel importante en la formación de suelos y en la migración de los elementos.

Los suelos pueden ser transportados y residuales. Suelos residuales son los formados por meteorización "In-situ" de las rocas mientras que suelos transportados son los que han sido removidos de su lugar de origen por diversos agentes de transporte, dando origen a varios tipos de suelos de acuerdo al agente que intervino en el -- transporte.

1.- Suelo coluvial, depositado por gravedad
2.- Suelo fluvial, depositado por los ríos
3.- Suelo glaciar, depositado por los glaciares
4.- Suelo eólico, depositado por el viento.

El muestreo geoquímico de suelos es importante considerar los horizontes que se forman en el desarrollo normal de estos y que se denominan como A, B y C, a su vez estos se pueden subdividir en sub-horizontes como sería A_{oo}, A_1, B_2;

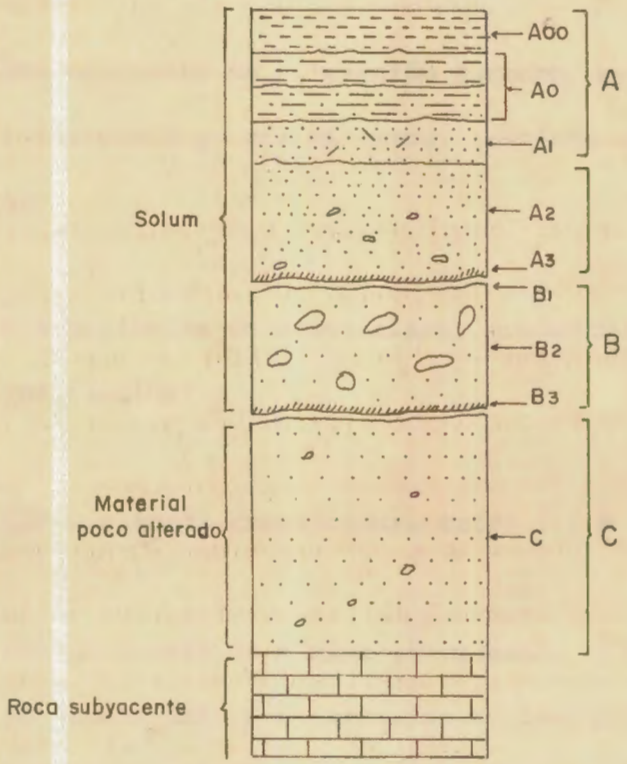
El horizonte A o zona de máxima eluviación se encuentra en la parte superior del perfil del suelo.

El horizonte B o zona de máxima iluviación está situado a continuación debajo del horizonte A, es en general la zona de máxima acumulación de materiales procedentes del horizonte A, tales como óxido de hierro y aluminio.

del perfil que se ha desarrollado por procesos formadores de suelos y es la zona de máxima lixiviación.

El horizonte C está constituido de material primitivo que esta notablemente menos meteorizado y que se ubica inmediatamente sobre la - roca subyacente o lecho rocoso.

PERFIL DE SUELO



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

A_{oo} .- Este sub-horizonte está formado de restos orgánicos relativamente nuevos (no descompuestos) abundan en las zonas forestales en determinadas épocas del año.

A_o .- Sub-horizonte orgánico, parcial o totalmente humificado (humus) puede ser grumoso, fibroso o granular, en la parte superior se produce la descomposición de la materia - orgánica y en la inferior es marcadamente húmico.

A_1 .- Sub-horizonte de coloración obscura, con una cantidad relativamente grande de humos, mezclada con la capa inorgánica.

A_2 .- Sub-horizonte de color claro, producto de máximo lavado (eluviación)

A_3, B_1 .- Sub=horizonte transicional entre A y B

B_2 .- Sub=horizonte de máxima acumulación (iluviación) constituída especialmente de arcillas silicatadas y compuestos de aluminio y hierro, de color café a naranja.

B_3 .- Sub-horizonte de transición, puede o no estar presente.

C .- Horizonte constituído de material poco meteorizado.

Estre las ventajas que ofrece esta técnica están:

1.- Facilidad en la preparación y análisis de las muestras.

dual.

3.- Mejor interpretación de los valores de los análisis de las muestras de suelos y residuales especialmente.

4.- Generalmente su aplicación complementa a la prospección geoquímica de sedimentos fluviales cuando se ha detectado una anomalía y no al depósito mineral.

Desventajas:

1.- El método es más costoso respecto al de sedimentos fluviales por Ejemplo.

2.- Su aplicabilidad es limitada, es dependiente de la geomorfología de la zona de trabajo.

3.- La presencia de suelos residuales es común, lo cual dificulta la toma de muestras y complica la interpretación de los valores de los análisis.

Prospección con rocas (Litogeoquímica)

Los halos de dispersión primaria en los afloramientos de roca proveen un importante objetivo en Prospección Geoquímica, por que ellos están directamente relacionados a acumulaciones de minerales que pueden tener interés económico.

Ventajas

das directamente cuando se realiza el Levantamiento Geológico.

2.- Las muestras no se encuentran sujetas a contaminación y son fáciles de transportarlas.

3.- Los valores pueden estar directamente relacionados con el depósito mineral lo cual serviría para entender el origen de dicho depósito.

BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Desventajas

1.- En áreas de escasos afloramientos, esta técnica no se puede aplicar satisfactoriamente.

2.- Las muestras de roca tienen que ser molidas y pulverizadas lo cual afecta los resultados

3.- En zona grande de litología variada se obtienen diferentes valores de fondo que afectarían a la interpretación.final.

Prospección con sedimentos fluviales

Los sedimentos fluviales pueden contener cantidades anomálicas en las partículas originados por erosión mecánica de depósitos minerales cercanos o de los compuestos precipitados quimicamente en los sedimentos después de haber sido disueltos desde un depósito u otra fuente.

La muestra de sedimento fluvial en un sistema de drenaje puede tomarse en las áreas fongosas de las fuentes (donde está vertiendo el agua), -

sido utilizado con gran éxito en muchas partes del mundo pero no se puede esperarse que sea aplicable con igual resultado en todos los lugares. Ya que existen drenajes en áreas mineralizadas que no presentan anomalías, mientras otras pueden contener anomalías resultantes de la lixiviación de suelos derivados de destrucción mecánica que no pueden ser rastreados.

Ventajas

1.- Los sedimentos fluviales pueden proveer muestras que son más representativas que otras técnicas por que estos son acumulados durante un tiempo relativamente largo.

2.- Las muestras de sedimentos fluviales son fáciles de tomarlas.

3.- Son de fácil tratamiento y análisis.

Desventajas

1.- Los sedimentos son facilmente contaminados, excepto en lugares despoblados.

2.- Las anomalías en sedimentos fluviales pueden variar a través de períodos de tiempo, por que el contenido metálico total o parcial puede ser llevado por solución o transporte de los granos de sedimentos.

3.- La interpretación de los análisis de los sedimentos fluviales no pueden dar anomalías en áreas donde la acumulación de mineral se

4.- En zona de pendientes abruptas, en los drenajes hay escasez de sedimentos fluviales.

Prospección con Agua (Hidrogeoquímica)

La Investigación Geoquímica que se realiza en aguas naturales tanto superficiales como subterráneas es la que se conoce con el nombre de Hidrogeoquímica.

El principio en que se basa es que el agua al circular por los poros, fracturas o correr sobre la superficie de las rocas van arrastrando elementos de la mineralización.

Algunos de los elementos más móviles en aguas naturales son en orden: Molibdeno, Uranio, Zinc y Cobre. Los metales son llevados en solución como iones de acuerdo a las condiciones de pH y Eh.

Por medio de esta técnica se trata de determinar los cationes metálicos que se encuentran presentes en las aguas sean estas subterráneas o superficiales.

Las muestras para ser analizadas deben ser aproximadamente de un litro o ser concentradas por algún método hasta 200 mililitros

El agua que entra en los pantanos llega a estancarse y se enriquece en metales. La técnica puede ser complicada por la presencia de materia orgánica para lo cual hay que hacer un ensayo previo.

Ventajas

2.- El muestreo con agua es más homogeneo que cualquier otro método.

3.- En las muestras de agua se pueden detectar los elementos trazas en sitios alejados de su lugar de origen con mayor amplitud a otras técnicas.

Desventajas

1.- Las muestras de agua son difíciles de transportarlas hasta el Laboratorio por que pueden producirse precipitación.

2.- El contenido metálico de un depósito mineral puede ser diluído - por el agua cuando se producen fuertes lluvias o hay deshielos lo que hace que el muestreo sea inconveniente.

Prospección con vegetales (Geobotánica y Biogeoquímica)

Esta técnica se basa en el estudio con plantas y que comprende a la Geobotánica y Biogeoquímica que se detalla a continuación.

Geobotánica

Se basa en la observación visual de las plantas como guía para la - prospección de acumulación de minerales.

Por muchos años observadores han notado que ciertas plantas se desarrollan en determinados terrenos, en otros tipos de suelos dichas - plantas se atrofian, no crecen o cambian de color,,lo cual muestran la cercanía o el alejamiento de alguna acumulación de mineral. Ta-

confundirse con elementos indicadores o guías.

Se tiene así entonces que las plantas indicadoras constituyen un buen auxilio en la prospección minera. Largas listas de plantas indicadoras para elementos específicos han sido confeccionadas - por varios autores.

Ventajas

1.- Con esta técnica se puede hacer visualmente la interpretación, observando las características de las plantas en el campo.

2.- Por que las raices de las plantas pueden absorver cantidades - anomálicas de un elemento, lo cual dará cambios peculiares a determinado grupo de plantas.

Desventajas

1.- Por que hay que tener un amplio conocimiento sobre Botánica y saber interpretar el comportamiento y características de las plantas.

2.- Cuando las observaciones se realiza en plantas que se han desarrollado en lugares donde el agua y los suelos son contaminados por desechos de viejos trabajos mineros, lo cual causará concentraciones más altas de las que se podría esperar en dichas aguas o suelos.

Biogeoquímica

tos en las cenizas de las plantas. Las plantas que crecen en una - zona de alta concentración de elementos de matales pesados asimilan por intercambio de iones desde el suelo hasta la planta.

Ventajas

1.- En zona de vegetación exhuberante el método descrito se puede aplicar con mayor facilidad.

2.- En áreas donde existen vegetación con raices profundas pueden reflejar la mineralización de la roca subyacente.

Desventajas

1.- Hay que quemar la planta a baja temperatura para que ciertos elementos no se desprendan en forma gaseosa.

2.- Por que cierto grupo de plantas no pueden asimilar el o los elementos buscados.

3.- En zonas de escasa vegetación la técnica no se puede aplicar satisfactoriamente.

Prospección con gases

Son de más reciente utilización y está en desarrollo, aunque ciertos tipos ya estan siendo usados en forma extensiva como el de los halos de Mercurio. La prospección de gases ayudan a localizar depósitos profundos. A través de la detección de los halos de gases como el -

derable distancia de las fuentes de mineralización.

Se puede distinguir dos categorías en prospección de gases la primera es la atmogeoquímica o (atmosférica) y la segunda da Gas-suelo.

La primera toma muestra de la atmósfera para la detección de los elementos y la segunda capta los vapores que desprenden las rocas como el Helio, Radón, Mercurio, etc.

La mayorías de los elementos pueden penetrar en la atmósfera por medio de tres fuentes que son:

1.- A través de la oxidación de los minerales.

2.- Por descomposición radioactiva

3.- Por actividad ígnea, ejemplo Hidrógeno y Helio.

Ventajas

1.- El método es rápido y se lo realiza directamente en el campo.

2.- En depósitos relacionados con rocas volcánicas presenta cierta ventaja en la aplicación del método.

Desventajas

1.- Los valores obtenidos en esta clase de muestreo son difíciles de rpetirlos debido a factores como temperatura, viento, etc.

2.- Se necesita personal altamente capacitado para obtener un óp-

El gráfico que a continuación se presenta muestra el ambiente natural estudiado en prospección Geoquímica.

Gráfico

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
1959
GUAYAQUIL
DPTO. GEOLOGIA
MINAS Y PETROLEOS

FACULTAD SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
ESPOL
BIBLIOTECA FICT
ESPOL

AMBIENTE NATURAL ESTUDIADO EN PROSPECCION GEOQUIMICA

2-1-3 Método utilizado

Se consideró el muestreo regional de sedimentos fluviales como el método más apropiado tomando en cuenta las condiciones ambientales del área así como, su extensa red hidrográfica, topográfica, vegetación exhuberante y clima subtropical húmedo.

Por experiencias obtenidas en otras zonas de características geográficas similares como son la zona del Toachi en la provincia del Cotopaxi y el área de Ciano y Tahuín en las provincias de Loja y el Oro respectivamente, los resultados de los análisis de sedimentos fluviales fueron aceptables para la interpretación estadística correspondiente.

Economicamente el método empleado en el área objeto de este trabajo, aventaja a otros por el poco tiempo requerido en la toma de muestras, la facilidad de recolección y transporte así como la sencillez de la preparación para el análisis químico (secado y tamizado)

En la recolección de sedimentos fluviales se prefirió la fracción que pasa la malla 80, que contiene material fino como arcillas y limos en los cuales el mineral buscado puede estar presente por medio de la absorción en las arcillas o formando parte de los clastos. La malla 80 ha sido seleccionada como la más conveniente para estos tipos de trabajos después de una serie de investigacinnes llevadas a cabo en diversos países tales como Candá, Estado Unidos, Inglaterra.

Los sedimentos fluviales pueden ser "activos" y "antiguos". Los sedimentos "activos" son los que están en el canal actual de la corriente del agua y sedimentos "antiguos" son los que están formando las --

Para nuestro caso se tomaron sedimentos "activos"

2-2 Trabajos realizados en el levantamiento Geoquímico

Las labores de campo estuvieron dirigidas a la recolección de una manera sistemática, de sedimentos activos de las quebradas, antes de cada unión y al mismo tiempo las observaciones geológicas para determinar indicios de mineralización en los afloramientos de roca y obtener la información litológica respectiva.

La Calcopirita ($CuFeS_2$) es el mineral primario de cobre que en presencia de oxígeno del aire se oxida

$$CuFeS_2 + 4\,O_2 \text{ --------- } FeSO_4 + CuSO_4$$

BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Dando sulfato de cobre y sulfato de hierro que no son estables y entran en solución. Una parte de sulfato de cobre desciende y reacciona con los sulfuros no descompuestos para dar cobre nativo y sulfuros ricos en cobre tales como la calcocina (Cu_2S), covelina (CuS).

$$5CuSO_4 + CuFeS_2 + 4H_2O \text{ ----- } 8Cu_2S + FeSO_4 + H_2SO_4$$

$$CuSO_4 + CuFeS_2 \text{ ----- } 2CuS + FeSO_4$$

Otra parte del sulfato de cobre migra lateralmente en solución desde la zona de meteorización para depositar sulfatos y carbonatos de cobre debido a cambios del pH en el ambiente por donde atraviezan las soluciones.

2-3 Análisis Químico

Las muestras de sedimentos fluviales referidas en el presente trabajo corresponden al área "Chuquirahuas" las mismas que han sido - preparadas y analizadas ordenadamente.

Como primer paso los sedimentos fluviales, fueron sometidos a secado mediante energía solar en platos de evaporación, se evitó exceder de 30°C. con el fin de que no se desprenda los elementos volátiles como arsénico, mercurio, etc., en el caso del azufre la temperatura máxima permitida sería 50°C.

El paso siguiente es el tamizado, se efectuó usando tamices de nylon del número de malla preestablecido, el objeto es obtener de la muestra la fracción óptima requerida para el análisis químico, esta es cuarteada, una parte se utiliza para el análisis y el resto se - guarda para casos de compeobación.

El pesaje, es el siguiente paso que se realizó utilizando para ello una balanza analítica de precisión; pesando un gramo de la muestra que inmediatamente se sometió a la digestión con agua regia. El - procedimiento se acelera calentando y llevando la solución casi hasta la sequedad, se agrega luego una pequeña cantidad de ácido clorhídrico concentrado, se evapora a pequeño volúmen y luego se diluye con agua desionizada para disolver los cloruros; este procedimiento se usa en determinación de cobre, plomo, zinc y cobalto, cuando éstos minerales se encuentran en forma de sulfuros, sulfatos, o carbonatos. Luego la muestra es filtrada y llevada a un volúmen determinado homogenizando perfectamente.

2-3-2 Método analítico

Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

Método de Espectrometría de Absorción Atómica

Como la tendencia en Geología gira alrededor de la cuantificación de la investigación e interpretación de datos, se han perfeccionado técnicas que faciliten los análisis requeridos y que son de especial interés en el estudio del contenido de trazas de elementos y su distribución.

El incremento en el uso de la Absorción Atómica para la determinación de trazas de elementos en suelos, rocas, sedimentos fluviales, aguas, etc. es muy notoria. Durante los últimos cinco años la Absorción Atómica se ha convertido en una técnica muy útil para la determinación de más de 65 elementos.

El método de Absorción Atómica es considerado óptimo para su aplicación en análisis de sedimentos, tomando en cuenta el número de elementos capaz de ser determinados, la simplicidad de la operación, su rápidez, sensibilidad y bajo costo.

El principio básico de la Absorción Atómica puede ser descrito el inverso del principio de los métodos de emisión para la determinación de los elementos metálicos. En la Absorción Atómica tiene lugar un proceso opuesto, el elemento de interés en la muestra es únicamente disociado de sus enlaces químicos, Este es capaz de absorver radiación de cierta longitud de onda; en decir, las mismas que serían emitidas si el elemento - fuera puesto en movimiento. La luz emitida en parte será absorvida por la muestra y proviene generalmente de una lámpara catódica, ésta es una fuente llena de neón y argón a baja presión, lo cual tiene un cátodo --

longitud de onda del elemento deseado, junto con la longitud de onda del gas utilizado. Luego pasa a través de la llama, (en donde el elemento se disocia) después da onda de resonancia es asimilada por un monocromador o filtro y más adelante inside en el fotodetector.

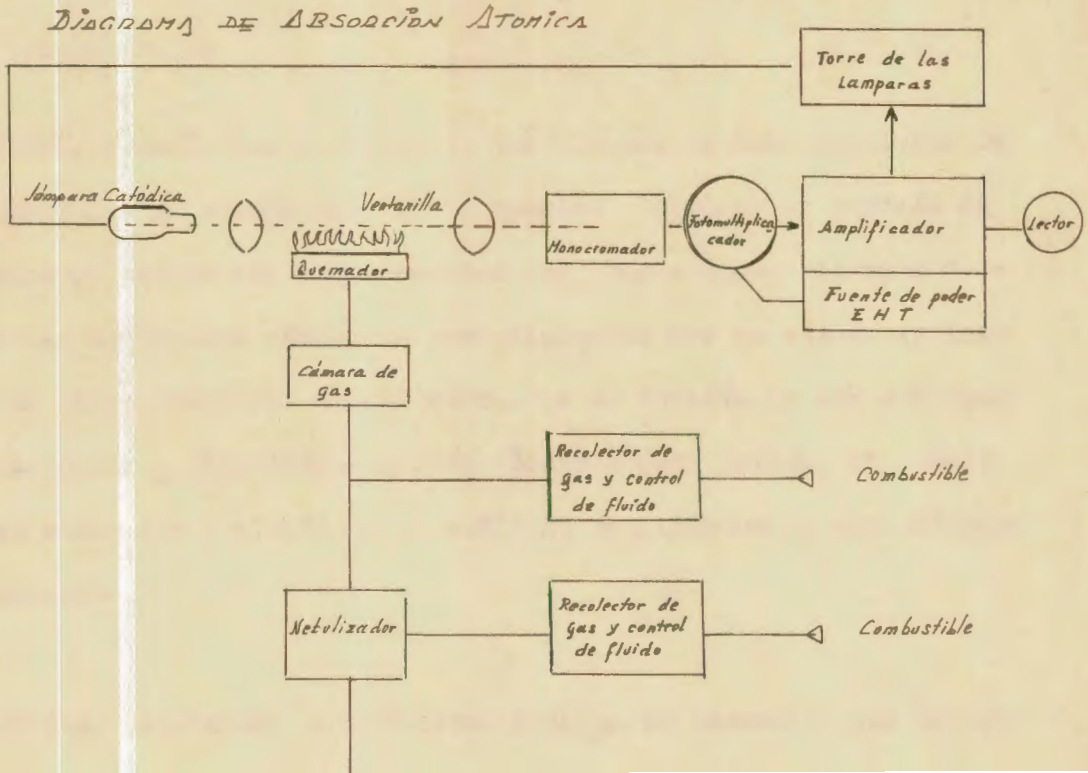
En resumen el instrumento de Espectrofotometría de Absorción Atómica consiste básicamente de:

1.- Un manantial de energía, el cual emite una "curva espectral" del elemento a ser determinado.

2.- Un método que produce vapor atómico de la muestra a ser analizada.

3.- Un detector, amplificador y elector del sistema.

BIBLIOTECA FICT
ESPOL



Con la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica se ha disminuido enormemente el tiempo requerido para realizar muchas determinaciones y ha simplificado los trabajos en el Laboratorio.

El equipo utilizado en la determinación de cobre, plomo, zinc en el presente estudio fué el instrumento VARIAN TECHTRON, modelo 1280.

Se emplearon patrones para el calibrado del instrumento antes de efectuar las lecturas de las muestras; también se utilizaron para comprobar la variación del instrumento después de cada 10 lecturas y si había variación se procedía a realizar el ajuste necesario y continuar de esta manera con la lectura. Con esto se concluye una vez más que el método de Absorción Atómica es una técnica comparativa que sirve para determinar la concentración de elementos metálicos.

2-4 Tratamiento Estadístico

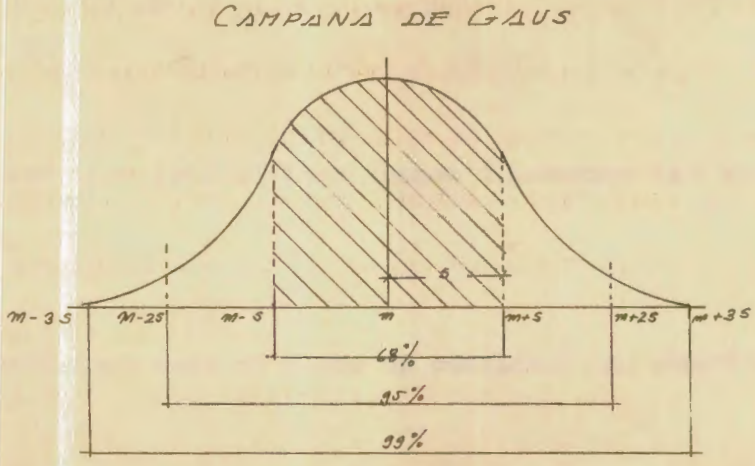
2-4-1 Generalidades

El análisis estadístico de datos es una técnica de interpretación de resultados con un manejo más fácil, preciso y seguro, la mayoría de los datos no pueden ser interpretados por simple examen directo de - ahí el uso de algunos métodos o procedimientos que se vienen aplicando en el campo práctico, considerando que el interés de los geólogos es desarrollar y simplificar dichas técnicas para aplicar el problema real antes que profundizar en análisis complicados de matemáticas y computación.

Para obtener resultados estadísticos exactos es necesario que los da-

bución.

Generalmente los valores Geoquímicos de cobre siguen una distribución log-normal, lo que quiere decir que los logarítmos de los valores están distribuídos siguiendo una curva log-normal o la ley - de Gauss. Graficamente la distribución normal se representa por la curva en forma de campana. (ver gráfico #1).



En este gráfico

M = mediana

S = desviación estandar

Esto quiere decir que el área comprendida entre la curva y

(m - s) y (m + s) equivale al 68% del área total

(m - 2s) y (m + 2s) equivale al 95% del área total

2-3-2 Interpretación de los datos obtenidos

Los datos geoquímicos se representan por expresiones numéricas (ppm) que se denominan genericamente "observaciones".

Para nuestro caso se dispone de 480 observaciones (ver pedido de laboratorio o labs.) de donde se descartaron los valores muy altos por considerarlos como erráticos.

Valores erráticos para el cobre fueron 12 muestras que oscilan entre 544 y 312 ppm.

Valores erráticos para el Zinc fueron 4 muestras que varían entre 180 y 312 ppm.

Valores erráticos para el plomo se consideró una muestra de 60 ppm.

Se tomó estos valores como erráticos por que son resultados aislados que pertenecen a zonas conocidas en donde afloran rocas mineralizadas del tipo porfirítico.

Como la cantidad de observaciones es grande, se hace imposible que una persona pueda abarcar el marco leyendo la lista individual de datos, para que esta tome cuerpo con algún sentido es necesario clasificar, agrupar,y promediar; para esto se usa la distribución de frecuencias que permite la organización de las observaciones y para graficar un cuadro de esta distribución se dibuja histogramas de frecuencia -- que permite la organización de las observaciones y para graficar un - cuadro de esta distribución se dibuja histogramas y curvas de distribución en varias escalas. Luego de organizar y sumarizar los datos -

información en términos matemáticos que pueden ser manejados. Estas expresiones principalmente tratandose de distribuciones normales son las siguientes: media (medida de la tendencia central), varianza - (medida de la dispersión de una distribución), desviación estandar - (la raíz cuadrada de la varianza) y coeficiente de variación (la razón de la desviación estandar a la media); estas expresiones son las de más uso en tratamiento Geológico.

El objeto principal en exploración Geoquímica es el descubrimiento de patrones químicos anormales o sea anomalías Geoquímicas que estén relacionadas con áreas mineralizadas y esto implica que un grupo de valores varíen de aquellos considerados como valor de fondo dentro de - un mismo ambiente geológico. Buen número de técnicas se han desarrollado para obtener día a día más eficiencia y rapidez en la interpretación. Para establecer el valor de fondo se asume que éste es la -- concentración normal contenida en cualquier material de la corteza terrestre, carente de acumulación mineral, así por ejemplo, si la distribución de un elemento o grupo de elementos "indicadores" es bien definida, la presencia de una acumulación no visible puede ser revelada por valores altos de elemento o elementos referidos. De acuerdo a Levinson (1974) es usual tomar el valor de la media en la distribución de datos como el valor de fondo y el umbral anomálico como la media más dos desviaciones estandar. Cualquier resultado arriba de éste valor será considerado anomálico.

BIBLIOTECA FICT ESPOL

Para el cálculo de la media se usa la fórmula

$$\bar{x} = \frac{fi.\ xi}{n}$$

donde

$\bar{x}$ = media

Fi = clase de frecuencia

xi = punto medio del intervalo de clases

n = número de observaciones

Para el cálculo de la desviación estandar se usan diferentes fórmulas, según los datos estén agrupados o no; para datos agrupados que es nuestro caso la fórmula es:

$$s = \frac{fi\ (xi - \bar{x})^2}{n - 1}$$

A.A. Levinson propone agrupar las observaciones (valor de los labs.), desde el más bajo hasta el más alto (ver tablas 1,2 y 3). Posteriormente los datos se agrupan en números de clases, para lo qual se utiliza la fórmula

$$k = 10 \log n$$

k = número de intervalos y

n = número de observaciones

Con el valor de k se procede a determinar la amplitud del intervalo o de clase, lo cual se lo realiza con la fórmula

$$J = \frac{V}{k}$$

J = amplitud del intervalo

Los resultados aplicando este criterio se resumen a continuación.

De las 480 observaciones, 12 fueron considerados como erráticos para cobre, 4 para Zinc y 1 para plomo, quedando el siguiente número de observaciones para cada uno de los elementos.

Cu = 468 observaciones

Pb = 479 observaciones

Zn = 476 observaciones

Aplicando la fórmula anterior tenemos

Para Cu

$$k = 10 \log 468 = 27$$

Para Pb

$$k = 10 \log 479 = 27$$

Para Zn

$$k = 10 \log 476 = 27$$

Intervalos de clase para Cu

$$J = \frac{V}{k} = \frac{450}{27} = 17$$

Intervalo de clase para Pb

$$J = \frac{V}{k} = \frac{37}{27} = 1.4$$

Intervalo de clase para Zn

$$J = \frac{V}{k} = \frac{170}{27} = 6.3$$

Con los resultados de los valores obtenidos procedemos a confeccionar las tablas 4, 5 y 6 las cuales servirán para elaborar los histogramas correspondientes.

Graficando la frecuencia contra los valores en ppm se obtiene la -- ley de la distribución que sigue la mineralización. (ver gráficos 0, 3 y 4).

En cambio los gráficos 5, 6 y 7 construídos graficando a la curva acumulativa de frecuencia contra los valores en ppm, sirven para determinar tentativamente la media y el umbral anomálico, lo cual se realiza levantando una perpendicular a la ordenada 50 y 95 que corta la curva acumulativa de frecuencia en el percentil obteniendose las siguientes valores.

BIBLIOTECA FICT
ESPOL

	Cu	Pb	Zn
media	38	6.8	58
umbral	220	17.0	113

Siguiendo el método de datos agrupados propuesto por A.A. Levinson se determina matemáticamente los valores de la media y el umbral, para lo cual se confecciona las tablas 7, 8 y 9 obteniendose los resultados siguientes

	Cu	Pb	Zn
media	70	8	66
varianza	5.086	32	518
desviación estandar	71	6	23

anomálico.

	Cu	Pb	Zn
$\bar{x}$	< 70	< 8	< 66
$(\bar{x} + s)$	71 - 141	9 - 14	67 - 90
$(\bar{x} + 2s)$	142 - 212	15 - 20	91 - 112
Umbral	----------	----------	----------
$(\bar{x} + 3s)$	213 - 283	21 - 26	113 - 135
$(\bar{x} + 4s)$	284 - 354	27 - 32	136 - 150
$(\bar{x} + 5s)$	> 354	> 32	> 150

Aplicando la curva de distribución acumulativa de probabilidad, descrita por C. Lepeltier quien propone trabajar con 9 a 19 intervalos de clases y pudiendo variar el número de puntos necesarios para la construcción de la recta entre 10 y 20.

La amplitud de clase está representada por la fórmula

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

log inte. = logarítmo de los intervalos de clases

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

n = número de observaciones

El intervalo de clase para Cu será

$$R = \frac{450 \text{ ppm}}{11 \text{ ppm}} = 41$$

$$\log \text{int.} = \frac{1.61}{14} = 0.115$$

0.1.se selecciona como el mejor intervalo logarítmico por que se a justa a la mayor parte de la distribución.

Límite de clase (log)	0.07	0.17	0.27	0.37	0.47	0.57
Límite de clase (ppm)	1.17	1.48	1.86	2.34	2.45	3.72

Con estos valores procedemos a calcular la tabla 10, en donde se determina la frecuencia acumulativa absoluta y frecuencia acumulativa porcentual.

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 determinará el valor de fondo y el umbral.

El valor de fondo y el umbral se determinan por la intersección 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

1.- por exceso de valores altos

2.- por mezcla de dos poblaciones

3.- por exceso de valores bajos

Para la distribución del cobre tenemos que la recta muestra un quiebre en el percentil 48%. Esto se debe por que la distribución tiene un exceso de valores altos; en estos casos la rama principal se extiende con una recta de puntos y en ella se hará la lectura correspondiente; dando un valor de fondo de 48 ppm y un umbral de 110 ppm.

Las líneas de frecuencia acumulativa del plomo y zinc, también muestran un quiebre y estos casos suceden cuando hay un exceso de valores bajos; los valores bajos no van a interferir en la interpretación lo cual se hace las lecturas en la rama principal, de la forma usual.

De los gráficos 8, 9 y 10 obtenemos los siguientes valores:

Valor de fondo	Cu	=	48 ppm
Valor de fondo	Pb	=	8 ppm
Valor de fondo	Zn	=	76 ppm
Umbral anomálico	Cu	=	110 ppm
Umbral anomálico	Pb	=	30 ppm
Umbral anomálico	Zn	=	170 ppm

Debido a la gran cantidad de datos colectados en cada hoja, para dar mayor rapidez al análisis se utilizó también la calculadora Texas -- Instrument SR-51 que tiene programada de la siguiente manera:

desviación estandar $s = \frac{(xi - \bar{x})^2}{n - 1}$

En donde hemos puesto toda nuestra información y obteniendose los siguientes resultados:

	X	s^2	s
Cu	70	5090	71
Pb	8	34	6
Zn	68	1376	37

BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Según Tenant y Wite (1959) una distribución log-normal simple, da una línea recta sobre papel probabilidad logarítmo. Sin embargo en prospección Geoquímica, las distribuciones trazadas en su mayor parte son curvas signoidales que señalan la presencia de dos poblaciones que se trasladan o se superponen; éstas dos poblaciones están constituidas - por valores normales y valores anomálicos que en diferente proporción están constituyendo la curva simple o empírica como llama Bolviken -- (1971).

Una distribución bimodal en Geoquímica estaría entonces compuesta por dos distribuciones monomodales, el valor de fondo y la anomalía, que consideradas como distribución estadística generan dos líneas rectas cuando se las gráfica en papel log-probabilidad. Con estos antecedentes, definimos valor de fondo como la distribución a la cual pertenecen la mayoría de las observaciones realizadas y anomalía sería cualquier otra distribución diferente a la normal o valor de fondo; con - este concepto se establece la importancia del umbral anomálico, que sería el campo donde ocurre el traslape o superposición de la distri

El umbral anomálico se ha venido estableciendo de varias meneras. Una muy usada es estimando la media y la desviación estandar arbitrariamente, señalando el umbral como el valor constituido por la media más dos desviaciones estandar (Hawkes and Webb 1962, Lep peltier 1969), en ciertas circunstancias esto es apreciable pero hay que recordar que no hay ninguna razón para que definitivamente los valores sobre el 2.5% de los datos considerados anomálicos sin considerar que la población A y B se superponen en una distribución signoidal y que por tanto éstas expresiones $\bar{x}$ y s estimadas desde un todo no tienen validez matemátiaa y son simples números - que en el campo práctico inducen a que rapidamente se estime el umbral como solo un exámen visual del histograma.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL ESPOL

Un método muy accequible propone A.J. Sinclair (1974) para seleccionar el umbral anomálico usando papel probabilidad; este método permite visualizar con más amplitud el campo de valores anomálices minimizando los valores normales que están confundidos o superpuestos en los anomálicos.

BIBLIOTECA FICT ESPOL

Utilizando el papel log-probabilidad, ubicamos primeramente los valores altos que permiten obtener una curva de distribución acumulativa apta para aplicar éste método que posee, como señala Sinclair, entre otras las siguientes ventajas:

1.- La forma de la densidad de la distribución puede ser examinada.

2.- Los parámetros propios de la distribución normal y log-normal pueden ser estimados con rapidez y seguridad.

3.- Se pueden representar simultáneamente varios grupos de datos

4.- En esta curva se puede realizar la partición de poblaciones bimodales o polimodales en curvas de distribución individuales.

Entre los límites que hay que reconocer se anotan:

1.- Que los datos no podrían tener una distribución normal o log-normal.

2.- Se necesita grupos de un mínimo de 100 valores

3.- Teniendo una amplia dispersión de los datos no es posible trazar el límite de confiabilidad.

Si la distribución de los datos Geoquímicos es bimodal o polimodal el problema de partición de poblaciones monomodales es conocido en estadística y las soluciones involucran métodos matemáticos complejos.

En los métodos descritos por Harden 1949, Bolviken 1971 y Parslow - 1974, no detallan claramente los procedimientos de partición de las distribuciones polimodales y es el de A.J. Sinclair quien nos permite analizar este objetivo; obviamente es el punto o puntos de inflexión en la curva empírica los que señalan las proporciones en que - las poblaciones monomodales intervienen o se traslapan.

Si, como en nuestro caso de la distribución del cobre, el punto de inflexión en esaa curva bimodal cae en una acumulación del 20% (ver gráfico 11), se entiende entonces que en ese punto hay una influencia de un 20% de la población A y 80% de la población B, superpuestos.

el eje de las ordenadas tiene un porcentaje de 1.28% de la totalidad de los datos pero así mismo es una fracción $\frac{-1.28}{20}$ x 100 de - la componente de la curva o sea 6.4%, que al mismo nivel de 468 indicará un punto de la curva correspondiente a la población A (anomálica); este procedimiento se repite en todos los niveles con el objeto de determinar más puntos que permitan trazar la curva monomodal anomálica.

Para la población B se sigue el mismo procedimiento y un chequeo de la validez de las dos poblaciones pueden realizarse combinando ésta curva en proporciones de 20% de A y 80% de B para diferentes niveles y usando la relación.

$$Pm = Fa.Pa + Fb.Pb$$

Pm probabilidad de la curva mixta y Pa y Pb de las poblaciones A y B
Fa es la proporción de la población A y $Fb = 1 - Fa$

Para escoger y catalogar el rango de valores en esta curva sigmoidal, en primer lugar escogemos arbitrariamente 2 umbrales en 99% y 1%, porcentajes acumulados de las poblaciones A y B; estos porcentajes dividen el grupo de datos en tres grupos limitados en los niveles de 47 ppm y 118 ppm. En la siguiente tabla indicamos la construcción de estos - grupos tomando en cuenta que la relación A/B = 20/80.

TABLA 11

	Curva Total		Población A		Población B	
	%	#	%	#	%	#
Grupo I	17	79.56	80	74.88	1	4.68
Grupo II	43	201.24	19	17.78	49	183.46
Grupo III	40	187.20	1	0.94	50	186.26
	100	468.00	100	93.60	100	378.40

Como se puede observar el 17% de la población está en el grupo I sobre el límite de 118 ppm esto es 79 valores de los cuales 75 con la población anomálica y 4 de los valores de fondo, el grupo II intermedio contiene el 43% de la población con un número de 201 valores en los cuales interviene 18 de la población A y 183 de la B y por último el grupo III en el que estan el 40% restante de los datos y en este grupo la totalidad corresponde a la población B. Considerando la arbitrariedad de este método, aún así la división en éstos tres grupos es mucho más práctico que otras. Si la población A y B representan las poblaciones anomálicas y el valor de fondo respectivamente, el primer grupo de datos es considerado prioritario para la investigación detallada futura ya que está compuesta casi exclusivamente de valores anomálicos, el grupo intermedio o segundo puede catalogarse como de baja prioridad en los planes futuros de investigación ya que su chequeo necesita más detenimiento y cuidado para poder diferenciar los de los valores de fondo que también están incluídos y en mayoría.

Recalcando lo anteriormente expuesto se dirá que el método usual de

establecer en nuestro caso, donde muchos valores anomálicos están dentro de la población de valor de fondo. Con este procedimiento de la desviación estandar, o su variación de señalar el umbral en el 2.5 de los datos, se podría desembocar en un rechazo o descuido de 10 a 40% de valores anomálicos cuyo chequeo sistemático puede - llevar al descubrimiento de zonas mineralizadas.

2-4-4 Determinación de rangos anomálicos

Con los métodos matemáticos y gráficos desarrollados y analizados oportunamente se ha logrado la determinación de rangos que han servido para la determinación de anomalías.

Utilizando el sector de la curva con una distribución normal regular y dando un márgen de seguridad obtenemos los umbrales anomálicos y - valor de fondo más reales que se han aplicado en la interpretación - Geoquímica de la zona estudiada y estos son: (ver mapas 6,7,8,9,10 7 11)

	Cu	Pb	Zn
$\bar{x}$	< 60	< 8	< 70
$(\bar{x} + s)$	60 - 120	8 - 14	70 - 100
$(\bar{x} + 2s)$	120 - 160	14 = 20	100 - 135
Umbral	----------	----------	----------
$(\bar{x} + 3s)$	160 - 240	20 - 26	135 - 170
$(\bar{x} + 4s)$	240 - 300	26 - 32	170 - 200
$(\bar{x} + 5s)$	> 300	> 32	> 200

Una vez graficados los valores anomálicos se ha podido delimitar zonas en las que se nota la presencia de algunos valores altos y que es necesario considerarlos para futuros trabajos de investigación - detallada (ver mapas 12 y 13).

III CONCLUSIONES

3-1 Resumen de trabajo

Las técnicas de muestreo, análisis y tratamiento estadístico de datos se ha llevado a cabo siguiendo las normas que están en boga en exploración Geoquímica y han tenido mucho éxito en varias partes del mundo.

BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Durante la operación (6 meses) se ha tomado 480 muestras de sedimentos fluviales en el levantamiento que cubrió una área de 25.000 has. dando una densidad de muestreo de 1.92 muestras por Km^2 que es muy significante para trabajos de prospección, también esto se debe a la existencia de un denso sistema de drenaje que facilita el reconocimiento integral del terreno.

El análisis químico efectuado por Absorción Atómica y para tres elementos se puede considerar aceptable y con buen índice de confiabilidad. Se realizó rechequeo en determinadas muestras que arrojan resultados altos, con lo cual se comprobó la eficacia del método.

Para el tratamiento de datos en el caso del Cu se eliminaron valores que excedieron de las 500 ppm, para el Pb valores mayores que 37 ppm y para el Zn valores superiores a 170 ppm por considerarlos como erráticos por pertenecer a sitios conocidos con cuerpos mineralizados y - también por que se hizo un muestreo más detallado en las mismas zonas mineralizadas, su número influirá en las curvas de distribución.

3-2 Anomalías encontradas

1.- Anomalía Chuquirahuas Norte	Cu y Pb
2.- Anomalía La Pinta	Cu y Pb
3.- Anomalía La Palma	Cu

En estas tres zonas ya se han realizado investigaciones detalladas, encontrando mineralización en asocio con éstas anomalías; programas actuales tienden a profundizar el mejor reconocimiento de ellas.

Los valores Geoquímicos detallados en estas tres zonas se elevan hasta unas 10 veces más sobre el umbral anomálico al contenido de cobre y en 2 a la de plomo.

También están señaladas otras zonas anomálicas que se tomarán en cuenta para una segunda etapa de investigación y son:

4a, 4b, 15 y 18	que son anomalías de Cu
6, 8, 9, 10a, 10b, 11, 12 y 19	Anomalía de Zn
13, 14a y 17	Anomalía de Pb
7 y 16	anomalías de Pb y Zn
14	anomalías de Cu y Pb

En síntesis el área estudiada, por todo lo expuesto es una zona de interés y que promete economicamente.

IV RECOMENDACIONES

Con el trabajo realizado en la parte norte del Area Chuquirahuas, tenemos suficiente información y experiencia para señalar algunas recomendaciones con la finalidad de estudiar posteriormente el área sur que es la etapa siguiente a cubrirse.

El programa subsiguiente en el área de este trabajo debe comenzarse con un incremento en el muestreo de sedimentos fluviales en las zonas anomálicas detectadas y explicar así la causa y origen de estas anomalías.

Se cree conveniente efectuar pruebas colorimétricas de campo para completar el trabajo de análisis de sedimentos por Absorción Atómica, principalmente para metales bases en aguas debido a que en una gran proporción los drenajes pequeños y torrentosos no tienen suficiente cantidad de sedimentos para el muestreo y además considerando la existencia de anomalías de Pb - Zn que son más fáciles de rastrear en el campo.

El tratamiento de datos debe obtimizarse de acuerdo a nuestra exposición con el método de Sinclair para asegurar que no vamos a pasar por alto algunas anomalías significantes.

Con el conocimiento más profundo de tres anomalías de cobre se ha descubierto la presencia de Molibdeno y creemos conveniente realizar un análisis para éste elemento indudablemente ayudará a probar la existencia de mineralización tipo Cu - Mo.

Equipo de Absorción Atómica

VARIAN TECHTRON modelo 1280

BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Toma de Sedimentos Fluviales

Vegetación exhuberante de la zona

Campamento movil de operación Geoquímica

ANALISIS DE LABORATORIO DE LAS MUESTRAS DE SEDIMENTO FLUVIAL

Nº Muestr.	Pb	Cu	Zn	Nº Muestr.	Pb	Cu	Zn	Nº Muestr.	Pb	Cu	Zn	Nº Muestr.	Pb	Cu	Zn
10502	17	127	65	10544	13	148	35	10591	14	30	57	10627	6	44	55
10503	18	92	117	10549	7	109	130	10592	8	32	122	10628	14	76	56
10504	13	119	65	10550	20	94	102	10593	11	46	63	10629	4	49	69
10505	16	121	122	10551	9	72	162	10594	4	52	170	10630	17	48	68
10506	13	81	67	10552	17	79	59	10595	11	48	67	10631	5	65	76
10507	10	64	120	10553	6	54	117	10596	0	26	152	10632	16	36	67
10508	16	210	61	10554	23	56	52	10597	7	25	52	10633	9	71	64
10509	7	226	86	10556	10	214	93	10598	3	30	156	10634	16	92	74
10510	12	269	44	10559	20	218	49	10599	5	23	62	10635	9	57	65
10511	8	242	74	10566	26	104	142	10600	6	30	148	10636	19	68	85
10512	8	348	46	10567	14	63	69	10601	14	65	59	10637	8	162	67
10513	10	282	82	10568	15	44	122	10603	18	44	32	10638	18	76	73
10514	8	544	50	10569	9	53	54	10604	7	24	30	10639	6	31	59
10515	10	261	89	10570	24	58	86	10605	10	42	74	10640	15	60	62
10517	10	391	38	10571	12	52	57	10606	9	46	27	10641	19	224	51
10520	5	253	80	10572	25	52	148	10607	7	38	170	10642	8	179	60
10521	11	234	50	10573	9	25	47	10609	8	43	36	10643	10	410	58
10522	8	80	88	10574	25	54	154	10610	5	24	152	10644	15	84	61
10525	11	287	43	10575	3	36	58	10612	8	77	68	10645	7	32	54
10526	13	89	103	10576	38	34	76	10613	9	26	62	10646	16	32	76
10527	16	154	71	10578	10	17	49	10614	7	44	83	10647	8	30	63
10528	14	50	118	10579	30	38	104	10615	9	101	69	10648	22	63	82
10529	14	138	57	10580	8	51	56	10616	5	44	81	10649	7	32	64
10530	13	176	120	10581	32	18	130	10617	9	63	38	10650	4	19	59
10531	15	85	67	10582	9	29	71	10618	5	77	75	10651	7	18	40
10532	11	90	116	10583	13	26	130	10619	8	84	48	10652	7	34	55
10533	15	173	81	10584	17	24	36	10620	6	51	55	10653	5	27	50
10535	2	60	66	10585	24	32	102	10621	16	93	56	10654	5	24	38
10537	34	152	120	10586	7	34	36	10622	8	60	49	10655	5	27	39

BIBLIOTECA ICT
ESPAÑOL

NºMuestr.	Pb	Cu	Zn
10659	9	44	68
10660	5	23	65
10661	6	15	33
10663	12	26	51
10664	3	33	47
10665	14	32	73
10666	13	32	62
10667	13	34	61
10668	2	21	56
10670	11	43	72
10672	nd	29	34
10674	14	72	70
10675	2	18	53
10676	11	12	63
10677	5	22	46
10678	11	33	59
10679	7	92	53
10680	4	38	280
10681	6	42	100
10682	5	79	83
10683	11	92	72
10685	5	50	93
10686	1	18	47
10687	5	42	84
10688	6	24	53
10689	15	47	76
10690	6	25	65
10691	2	35	83
10692	7	45	79
10693	1	20	114
10694	5	30	76

NºMuestr.	Pb	Cu	Zn
10698	6	29	59
10699	3	21	64
10700-A	11	41	63
10701-A	2	33	93
10702-A	1	23	48
10703-A	7	42	66
10704-A	3	46	65
10705-A	12	44	136
12706-A	4	30	66
12707-A	7	26	47
12708-A	4	180	59
10709-A	9	31	76
10710-A	4	30	70
10711-A	9	28	68
10712-A	4	36	71
10713-A	5	24	54
0710	7	99	89
10701	6	29	44
10702	7	23	66
10703	5	39	49
10704	10	2164	42
10705	15	274	29
10706	8	94	74
10707	5	62	46
10708	6	59	81
10709	5	59	67
10711	6	31	57
10712	4	27	51
10713	6	57	76
10719	7	92	224
10720	7	65	111

NºMuestr	Pb	Cu	Zn
10728	3	29	45
10729	4	31	41
10731	3	22	55
10732	5	22	60
10734	6	27	60
10738	5	79	54
10739	1	46	48
10741	2	27	52
10743	3	35	58
10745	5	35	52
10746	3	34	56
10747	3	41	55
10748	37	26	50
10750	3	46	88
10751	1	30	66
10753	3	38	73
10754	5	50	80
10756	3	43	61
10757	3	48	83
10758	4	77	168
10759	3	129	312
11761	1	46	69
10763	4	34	52
10764	3	46	60
10765	2	47	57
10766	5	34	74
10768	3	45	60
10770	4	38	52
10771	4	41	71
10772	2	33	86

NºMuestr.	Pb	Cu	Zn
10779	2	25	50
10780	4	28	55
10781	3	25	57
10782	9	45	62
10784	10	30	55
10785	11	34	58
10786	14	40	87
10787	9	50	52
10788	13	42	61
10789	9	30	47
10790	8	39	56
10791	6	33	48
10793	6	19	46
10795	9	28	59
10797	6	36	62
10798	9	60	71
11200	8	46	75
11201	6	29	59
11202	8	42	80
11203	7	29	61
11204	6	24	57
11205	6	31	57
11206	5	35	56
11207	6	37	72
11208	8	41	78
11209	3	29	62
11210	4	242	44
11211	3	976	37
11212	3	264	47
11213	2	156	49

NºMuestr	Pb	Cu	Zn	NºMuestr	Pb	Cu	Zn	NºMuestr	Pb	Cu	Zn	NºMuestr	Pb	Cu	Zn
1220	8	26	75	11264-A	5	28	58	11310-A	7	69	83	11354-A	12	45	65
1221	9	24	68	11265-A	6	188	64	11312-A	10	57	77	11355-A	10	27	58
1222	2	37	59	11268-A	5	824	58	11313-A	8	71	88	11356-A	11	32	51
1223	2	24	54	11269-A	8	52	48	11314-A	7	53	74	11357-A	17	117	72
1224	1	25	50	11270-A	4	1	33	11315-A	7	34	66	11358-A	10	46	59
1225	nd	19	50	11271-A	6	29	67	11317-A	nd	33	70	11359-A	11	45	73
1226	7	208	52	11272-A	8	28	6	11318-A	5	21	55	11360-A	13	64	65
1228	5	43	65	11273-A	4	59	38	11319-A	6	35	76	11361-A	12	53	58
1229	5	440	39	11274-A	8	142	42	11320-A	6	51	77	11363-A	14	203	75
1230	3	384	35	11275-A	5	40	43	11321-A	2	19	62	11364-A	10	60	69
1231	2	256	47	11276-A	5	24	58	11323-A	7	34	68	11365-A	14	201	87
1232	2	169	42	11277-A	4	24	42	11324-A	12	76	70	11366-A	12	62	84
1235	1	236	46	11278-A	3	4	29	11325-A	8	24	67	11367-A	11	56	78
1237	1	54	50	11280-A	5	9	35	11326-A	11	36	60	11368-A	15	73	86
1238	1	282	44	11281-A	6	64	61	11328-A	11	66	74	11369-A	12	58	102
1240	1	164	50	11282-A	5	56	58	11329-A	11	67	83	11370-A	60	68	110
1242	11	82	58	11284-A	4	36	39	11330-A	12	37	63	11372-A	5	57	67
1244	9	27	5	11286-A	5	55	69	11331-A	12	74	94	11374-A	4	49	59
1245	6	28	54	11287-A	3	24	56	11332-A	9	28	57	11377-A	6	65	71
1246	8	29	58	11288-A	7	57	7	11333-A	13	48	79	11378-A	5	58	67
1247	4	33	50	11289-A	3	26	62	11334-A	12	40	87	11379-A	1	30	53
1248	5	33	51	11290-A	3	24	65	11335-A	14	54	86	11380	10	61	71
1249	4	25	47	11291-A	6	33	75	11337-A	14	37	81	11381	6	90	35
1250-A	3	35	60	11292-A		64	86	11338-A	15	76	70	11382	9	45	60
251-A	4	30	56	11293-A	1	58	76	11339-A	11	30	61	11383	9	69	85
253-A	2	29	57	11294-A	8	54	84	11340-A	11	27	72	11384	6	23	63
1254-A	2	22	48	11296-A	9	50	63	11341-A	12	37	64	11385	8	131	60
1255-A	2	23	61	11299-A	10	37	81	11343-A	12	79	70	11386	11	60	68
257-A	2	28	56	11301-A	8	32	61	11345-A	12	43	61	11387	10	38	73
1258-A	nd	32	61	11302-A	11	32	57	11346-A	8	63	62	11388	13	35	82
260-A	6	20	59	11304-A	10	50	55	11348-A	1	53	73	11389	5	34	56

NºMuestr	Pb	Cu	Zn
1393	16	92	57
1394	8	68	90
1395	6	48	60
1396	8	52	66
1397	7	44	56
1399	5	49	72
1400	8	73	188
1404	3	87	66
1406	3	48	50
1407	2	27	52
1408	2	41	51
1409	5	102	82
1411	1	33	45
1412	3	42	46
1414	9	29	47
1415	4	84	66
1417	1	82	58
1419	nd	19	56
1420	3	40	46
1422	5	18	23
1424	7	26	45
1425	5	19	36
1427	18	40	61
1428	13	36	59
1429	17	39	61
1431	15	82	51
1432	5	76	47
1433	5	83	50
1435	6	50	61
1436	5	36	114
1437	4	28	111

NºMuestr	Pb	Cu	Zn
11442-A	6	91	104
11442-B	9	23	50
11443	6	128	57
11444	4	71	53
11445	2	143	53
11447	3	75	69
11448	2	240	59
11449	2	26	58
11450	9	74	99
11452	6	77	69

NºMuestr	Pb	Cu	Zn
11214-B	0	40	31
11226-B	0	230	43
11228-B	0	20	54
11230-B	0	450	31
11232-B	0	180	0
11237-B	0	160	0
11238-B	0	330	0
11265-B	0	240	0
11268-B	0	910	4
11269-B	0	40	0

NºMuestr	Pb	Cu	Zn
11281-B	10	50	5

Sedimentos Fluviales-Zona Anomala Nº1 Chuquirahuas

SS-101	17	281	88
SS-102	12	220	88
SS-103	21	161	85
SS-104	12	132	74
SS-105	20	88	82
SS-106	12	77	71
SS-107	19	75	71
SS-108	13	106	69
SS-109	13	100	106
SS-110	12	107	70
SS-111	14	69	85
SS-112	14	52	51
SS-113	13	293	72
SS-114	9	196	48
SS-115	11	334	66
SS-116	11	168	49
SS-117	11	44	61
SS-118	13	1404	51
SS-119	27	1266	71

SS-123	18	1105	57
SS-124	18	1696	58

TABLA Nº 1

CONTENIDO DE Cu EN ppm EN ORDEN ASCENDENTE

11	24	28	33	39	46	54	68	91	196
12	24	28	33	39	46	55	68	92	201
14	24	29	33	40	46	56	69	92	203
15	24	29	33	40	46	56	69	92	208
17	24	29	33	40	46	56	69	92	210
17	24	29	33	40	46	56	71	92	214
17	24	29	34	40	46	57	71	92	218
17	24	29	34	40	47	57	71	93	220
18	24	29	34	40	47	57	72	94	224
18	25	29	34	40	47	57	72	94	226
18	25	29	34	41	47	57	72	99	230
18	25	29	34	41	48	58	73	100	234
19	25	29	34	41	48	58	73	101	236
19	25	29	34	41	48	58	74	102	240
19	25	30	34	41	48	58	74	104	240
19	25	30	34	42	48	58	74	106	242
19	25	30	34	42	48	58	75	106	252
19	25	30	34	42	49	59	75	107	253
19	26	30	35	42	49	59	76	109	256
19	26	30	35	42	49	59	76	117	261
20	26	30	35	42	50	59	76	118	264
20	26	30	35	42	50	60	76	119	269
20	26	30	35	42	50	60	76	121	274
20	26	30	35	42	50	60	77	127	281
21	26	30	35	43	50	60	77	128	282
21	26	30	36	43	50	60	77	129	287
21	26	30	36	43	50	60	77	131	293
21	26	31	36	43	50	60	77	132	330
21	26	31	36	43	50	60	79	138	334
22	26	31	36	43	50	61	79	142	348
22	27	31	36	44	51	62	79	143	384
22	27	31	36	44	51	62	79	148	391
22	27	31	36	44	51	63	80	152	410
22	27	32	37	44	52	63	81	154	424
22	27	32	37	44	52	63	82	154	440
23	27	32	37	44	52	63	82	156	450
23	27	32	37	44	52	64	82	160	544
23	27	32	37	44	52	64	83	161	824
23	27	32	37	44	52	64	84	162	892
23	27	32	37	44	52	64	84	164	910
23	27	32	38	45	53	64	84	168	970
23	28	32	38	45	53	65	85	169	976
24	28	32	38	45	53	65	86	173	1.105
24	28	32	38	45	54	65	87	176	1.266
24	28	33	38	45	54	65	88	179	1.404
24	28	33	38	45	54	66	89	180	1.532
24	28	33	39	46	54	67	90	180	1.696
24	28	33	39	46	54	68	90	188	2.164

TABLA Nº 2

CONTENIDO DE Pb EN ppm EN ORDEN ASCENDENTE

0	2	4	5	6	7	9	10	12	16
0	2	4	5	6	7	9	10	12	16
0	2	4	5	6	7	9	10	12	16
0	2	4	5	6	7	9	11	13	16
0	2	4	5	6	7	9	11	13	16
0	2	4	5	6	7	9	11	13	16
0	2	4	5	6	7	9	11	13	16
0	2	4	5	6	7	9	11	13	16
0	2	4	5	6	7	9	11	13	16
0	2	4	5	6	7	9	11	13	16
0	2	4	5	6	7	9	11	13	16
0	2	4	5	6	7	9	11	13	16
0	2	4	5	6	7	9	11	13	17
0	3	4	5	6	7	9	11	13	17
0	3	4	5	6	7	9	11	13	17
0	3	4	5	6	7	9	11	13	17
0	3	4	5	6	7	9	11	13	17
1	3	4	5	6	7	9	11	13	17
1	3	4	5	6	8	9	11	13	17
1	3	4	5	6	8	9	11	13	17
1	3	4	5	6	8	9	11	13	18
1	3	4	5	6	8	9	11	13	18
1	3	4	5	6	8	9	11	13	18
1	3	4	5	6	8	9	11	14	18
1	3	4	5	6	8	9	11	14	18
1	3	4	5	6	8	9	11	14	18
1	3	4	5	6	8	9	11	14	18
1	3	4	5	6	8	9	11	14	18
1	3	4	5	6	8	9	11	14	19
1	3	4	5	6	8	9	12	14	19
1	3	4	5	6	8	9	12	14	20
1	3	4	5	6	8	10	12	14	20
1	3	4	5	7	8	10	12	14	20
1	3	4	5	7	8	10	12	14	21
1	3	5	5	7	8	10	12	14	22
2	3	5	5	7	8	10	12	14	23
2	3	5	5	7	8	10	12	14	24
2	3	5	5	7	8	10	12	14	24
2	3	5	6	7	8	10	12	14	25
2	3	5	6	7	8	10	12	15	25
2	3	5	6	7	8	10	12	15	26
2	3	5	6	7	8	10	12	15	27
2	3	5	6	7	8	10	12	15	28
2	3	5	6	7	8	10	12	15	30
2	3	5	6	7	8	10	12	15	32
2	3	5	6	7	8	10	12	15	34
2	3	5	6	7	8	10	12	15	37
2	3	5	6	7	8	10	12	16	60

TABLA Nº 3

CONTENIDO DE Zn EN ppm EN ORDEN ASCENDENTE

0	44	50	55	58	62	66	72	80	100
0	44	50	55	58	62	66	72	80	102
0	45	50	55	59	62	67	72	81	102
4	45	50	56	59	62	67	72	81	102
5	45	50	56	59	62	67	72	81	103
12	45	50	56	59	62	67	72	82	104
23	45	51	56	59	62	67	72	82	104
27	46	51	56	59	62	67	72	82	104
29	46	51	56	59	62	67	73	82	106
29	46	51	56	59	62	67	73	83	106
29	46	51	56	59	63	67	73	83	110
30	46	51	56	59	63	67	73	83	111
31	46	51	56	59	63	68	73	83	111
31	46	51	56	59	63	68	73	83	114
32	47	51	56	59	63	68	74	83	114
33	47	51	56	59	63	58	74	84	114
33	47	52	56	59	63	68	74	84	114
34	47	52	57	60	63	68	74	84	116
35	47	52	57	60	63	68	74	85	117
35	47	52	57	60	63	68	74	85	117
35	47	52	57	60	64	69	74	85	118
35	47	52	57	60	64	69	74	85	120
36	47	52	57	60	64	69	74	85	120
36	47	52	57	60	64	69	74	86	120
36	47	52	57	60	65	69	75	86	122
36	48	52	57	60	65	69	75	86	122
36	48	53	57	60	65	69	75	86	122
37	48	53	57	60	65	69	75	86	130
38	48	53	57	61	65	69	75	86	130
38	48	53	57	61	65	69	76	87	130
38	48	53	57	61	65	70	76	87	136
38	48	53	57	61	65	70	76	87	142
38	49	53	57	61	65	70	76	88	146
39	49	54	58	61	65	70	76	88	148
39	49	54	58	61	65	70	76	88	148
40	49	54	58	61	65	70	76	88	148
40	49	54	58	61	65	70	76	88	152
41	49	54	58	61	65	71	76	89	152
42	49	54	58	61	66	71	77	89	154
42	50	54	58	61	66	71	77	89	156
42	50	54	58	61	66	71	78	90	162
42	50	55	58	61	66	71	78	93	168
43	50	55	58	61	66	71	78	93	170
43	50	55	58	61	66	71	79	93	170
43	50	55	58	61	66	71	79	94	188
43	50	55	58	61	66	71	80	87	224
44	50	55	58	61	66	71	80	99	280
44	50	55	58	61	66	71	80	99	312

TABLA Nº 4

DISTRIBUCION DE GRUPO DE VALORES PARA Cu

Clase de Intervalo	Punto Medio	Clase de Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulativa	Frecuencia Acumu Pc. t.
00 — 17	8	8	0.02	8	2
18 — 34	21	154	0 33	162	35
35 — 51	43	111	0.24	273	58
52 — 68	60	65	0 14	338	72
69 — 85	77	40	0.08	378	81
86 — 102	94	20	0.04	398	85
103 — 119	111	8	0.02	406	87
120 — 136	128	6	0.02	412	88
137 — 153	145	5	0.01	417	89
154 — 170	162	9	0.02	426	91
171 — 187	179	5	0.01	431	92
188 — 204	196	4	0.01	435	93
205 — 221	213	5	0.01	440	94
222 — 238	230	5	0.01	445	95
239 — 255	247	5	0.01	450	96
256 — 272	264	4	0.01	454	97
273 — 289	281	4	0.01	458	98
290 — 306	298	1	0.00	459	98
307 — 323	315	0	0.00	459	98
324 — 340	332	2	0.00	461	98
341 — 357	349	1	0.00	462	99
358 — 374	366	0	0.00	463	99
375 — 391	383	2	0.00	464	99
392 — 408	400	1	0.00	465	99
409 — 425	417	1	0.00	466	99
426 — 442	434	1	0.00	467	99
443 — 459	451	1	0.00	468	100

TABLA Nº 5

DISTRIBUCION DE GRUPO DE VALORES PARA Pb

Clase de Intervalo	Punto Medio	Clase de Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulativa	Frecuencia Acumu. Pc. t.
0.0 — 1.4	0.7	35	0.07	35	7
1.5 — 2.8	2.1	61	0.13	96	20
2.9 — 4.2	3.5	34	0.07	130	27
4.3 — 5.6	4.9	52	0.11	182	38
5.7 — 7.9	6.3	76	0.14	258	54
7.1 — 8.4	7.7	31	0.06	289	60
8.5 — 9.8	9.0	50	0.10	339	71
9.9 — 11.2	10.5	26	0.05	365	76
11.3 — 12.6	11.9	22	0.04	387	81
12.7 — 14.0	13.3	36	0.07	423	88
14.1 — 15.4	14.7	8	0.02	431	90
15.5 — 16.8	16.1	21	0.04	452	94
16.9 — 18.2	17.5	8	0.02	460	96
18.3 — 19.6	18.9	2	0.01	462	96
19.7 — 21.0	20.3	4	0.01	466	97
21.1 — 22.4	21.7	1	0.01	467	97
22.5 — 23.8	23.1	3	0.01	470	98
23.9 — 25.2	24.5	2	0.01	472	98
25.3 — 26.6	25.9	1	0.00	473	99
26.7 — 28.0	27.3	2	0.01	475	99
28.1 — 29.4	28.7	0	0.00	475	99
29.5 — 30.8	30.1	1	0.00	476	99
30.9 — 32.2	31.5	1	0.00	477	99
32.3 — 33.6	32.9	0	0.00	477	99
33.7 — 35.0	34.3	1	0.00	478	99
35.1 — 36.4	35.7	0	0.00	478	99
36.3 — 37.8	37.1	1	0.00	479	100

TABLA Nº 6

DISTRIBUCION DE GRUPO DE VALORES PARA Zn

Clase de Intervalo	Punto Medio	Clase de Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulativa	Frecuencia Acumu. Pc t.
0.0 6.3	3.1	5	0.01	5	1
6.4 12.6	9.5	1	0.00	6	1
12.7 18.9	15.8	0	0.00	6	1
19.0 25.2	22.1	1	0.00	7	1
25.3 31.5	28.4	7	0.01	14	3
31.6 37.8	34.7	19	0.04	33	7
37.9 44.1	41.0	17	0.03	50	10
44.2 50.4	47.3	52	0.11	102	21
50.5 56.7	53.6	75	0.16	177	37
56.8 63.0	59.9	83	0.17	260	55
63.1 69.3	66.2	58	0.12	318	67
69.4 75.6	72.5	56	0.12	374	78
75.7 81.9	78.8	19	0.04	393	82
82.0 88.2	85.1	28	0.06	421	88
88.3 94.5	91.4	8	0.02	429	90
94.6 100.8	97.7	4	0.01	433	91
100.9 107.1	104.0	9	0.02	442	93
107.2 113.4	110.3	3	0.01	445	93
113.5 119.7	116.6	11	0.02	456	96
119.8 126.0	122.9	3	0.01	459	96
126.1 132.3	129.2	3	0.01	462	97
132.4 138.6	135.5	1	0.00	463	97
138.7 144.9	141.8	1	0.00	464	97
145.0 151.2	148.1	4	0.01	468	98
151.3 157.5	154.4	4	0.01	472	99
157.6 163.8	160.7	1	0.00	473	99
163.9 170.1	167.0	3	0.01	476	100

TABLA Nº 7

DETERMINACION DE MEDIA, VARIANZA Y DESVIACION STANDAR PARA Cu

INTERVALOS	X_i	F_i	$X_i F_i$	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$F_i (X_i - \bar{X})^2$
0 — 17	9	8	72	- 61	3 721	29 768
18 — 34	26	154	4.004	- 44	1 936	298 144
35 — 51	43	111	4.773	- 27	729	80 919
52 — 68	60	65	3 900	- 10	100	6 500
69 — 85	77	40	3 080	7	49	1 960
86 — 102	94	20	1 880	24	576	11 520
103 — 119	111	8	888	41	1 681	13 448
120 — 136	128	6	768	58	3 364	20 184
137 — 153	145	5	725	75	5 625	28 125
154 — 170	162	9	1 458	92	8 464	76 176
171 — 187	179	5	895	109	11 881	59 405
188 — 204	196	4	784	126	15 876	63 504
205 — 221	213	5	1 065	143	20 449	102 245
222 — 238	230	5	1 150	160	25 600	128 000
239 — 255	247	5	1 235	177	31 329	156 645
256 — 272	264	4	1.056	194	37 636	150 544
273 — 289	281	4	1.124	211	44 521	178 084
290 — 306	298	1	298	228	51 984	51 984
307 — 323	315	0	00	245	60 025	0 00
324 — 340	332	2	664	262	68 644	137 288
341 — 357	349	1	349	279	77 841	77 84
358 — 374	366	0	00	296	87 616	0 000
375 — 391	383	2	766	313	97 969	195 938
392 — 408	400	1	400	330	108 900	108 900
409 — 425	417	1	417	347	120 409	120 409
426 — 442	434	1	424	364	132 496	132 496
443 — 459	451	1	451	381	145 161	145 161
	6 204	468	32.645		1'164 582	2' 375 188

$$\bar{X} = \frac{\sum F_i X_i}{N}$$

$$\bar{X} = \frac{32.645}{468} = 69.75 \approx 70$$

$$S^2 = \frac{\sum F_i (X_i - \bar{X})^2}{(N-1)}$$

$$S^2 = \frac{2' 375 188}{467} = 5 086.05$$

$$S = 71.32 \approx 71$$

TABLA Nº 8

ETERMINACION DE MEDIA, VARIANZA Y DESVIACION STANDAR PARA Pb

INTERVALOS	X_i	F_i	$X_i F_i$	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$F_i (X_i - \bar{X})^2$
0.0 — 1.4	0.7	35	24.5	- 7.3	53.3	1 865,5
1.5 — 2.8	2.1	61	128.1	- 5.9	34.8	2 122,8
2.9 — 4.2	3.5	34	119.0	- 4.5	20.2	686,8
4.3 — 5.6	4.9	52	254.8	- 3.1	9.6	499,2
5.7 — 7.0	6.3	76	478.8	- 1.7	2.9	220,4
7.1 — 8.4	7.7	31	238.7	- 0.3	0.1	003,1
8.2 — 9.8	9.0	50	450.0	1.0	1.0	50,0
9.9 — 11.2	10.5	26	273.0	2.5	6.2	161,2
11.3 — 12.6	11.9	22	261.8	3.9	15.2	334,4
12.7 — 14.0	13.3	36	478.8	5.3	28.1	1 011,6
14.1 — 15.4	14.7	8	117.6	6.7	44.9	359,2
15.5 — 16.8	16.1	21	338.1	8.1	65.6	1 377,5
16.9 — 18.2	17.5	8	140.0	9.5	90.2	721,6
18.3 — 19.6	18.9	2	37.8	10.9	118.8	237,6
19.7 — 21.0	20.3	4	81.2	12.3	151.3	605,2
21.1 — 22.4	21.7	1	21.7	13.7	187.7	187,7
22.5 — 23.8	23.1	3	69.3	15.1	228.0	684,0
23.9 — 25.2	24.5	2	49.0	16.5	272.2	544,4
25.3 — 26.6	26.9	1	26.9	18.1	327.6	327,6
26.7 — 28.0	27.3	2	54.6	19.2	368.6	737,2
28.1 — 29.4	28.7	0	0.0	20.7	428.5	00,0
29.5 — 30.8	30.1	1	30.1	22.1	488.4	488,4
30.9 — 32.2	31.5	1	31.5	23.5	552.2	552,2
32.3 — 33.6	32.9	0	32.9	24.9	620.0	00,0
33.7 — 35.0	34.3	1	34.3	26.3	691.7	691,7
35.1 — 36.1	35.7	0	00.0	27.7	767.3	00,0
36.5 — 37.8	37.1	1	37.1	29.1	846.8	846,8
	511.2	479	3.809,6			15.316,2

$$\bar{X} = \frac{\Sigma F_i X_i}{N} = \frac{3\,810}{479} = 7.95$$

$$S^2 = \frac{\Sigma F_i (X_i - \bar{X})^2}{(N-1)} = \frac{15\,316}{478} = 32.04$$

$$S = 5.66$$

TABLA Nº 9

DETERMINACION DE MEDIA, VARIANZA Y DESVIACION STANDAR PARA Zn

INTERVALOS	X_i	F_i	$X_i F_i$	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$F_i (X_i - \bar{X})^2$
0.0 – 6.3	3.1	5	15.5	– 63.1	3.981,6	19.908
6.4 – 12.6	9.5	1	9.5	– 56.7	3.214,9	10.002
12.7 – 18.9	15.8	0	0	50.4	2.540,2	18.852
19.0 – 25.2	22.1	1	31.1	– 44.1	1.944,8	1.945
25.3 – 31.5	28.4	7	198.8	– 37.8	1.428,8	10.002
31.6 – 27.8	34.7	19	659.3	– 31.5	992,2	8.852
37.9 – 44.1	41.0	17	697.0	– 25.2	635,0	10.795
44.2 – 50.4	47.3	52	2459.6	– 18.9	357,2	8.574
50.5 – 56.7	53.6	75	4020.0	– 12.6	158,8	11.910
56.8 – 63.0	59.9	83	4971.7	– 6.3	39,7	3.295
63.1 – 69.3	66.2	58	3839.6	0.0	0,0	0.000
69.4 – 75.6	72.5	56	4060.0	6.3	39,7	2.223
75.7 – 81.9	78.8	19	1497.2	12.6	158,8	3.017
82.0 – 88.2	85.1	28	2382.8	18.9	357,2	10.002
88.3 – 94.5	91.4	8	831.2	25.2	635,0	5.080
94.6 – 100.8	97.7	4	390.8	31.5	992,2	3.968
100.9 – 107.1	104.0	9	936.0	37.8	1.428,8	12.859
107.2 – 113.4	110.3	3	330.9	44.1	1.944,8	5.834
113.5 – 119.7	116.6	11	1282.6	50.4	2.540,2	27.942
119.8 – 126.0	122.9	3	368.7	56.7	3.214,9	9.645
126.1 – 132.3	129.2	3	387.6	63.1	3.981,6	11.944
132.4 – 138.6	135.5	1	135.5	69.3	4.802,5	4.802
138.7 – 144.9	141.8	1	141.8	75.6	5.715,4	5.715
145.0 – 151.2	148.1	4	592.4	81.9	6.707,6	26.830
151.3 – 157.5	154.4	4	617.6	88.2	7.779,2	31.117
157.6 – 163.8	160.7	1	160.7	94.5	8.930,2	8.930
163.9 – 170.1	167.0	3	501.0	100.8	10.160,6	30.482
	2.297.6	476	31498.4			245.857

$$\bar{X} = \frac{\Sigma F_i X_i}{N} = \frac{31.498}{476} = 66.2$$

$$S^2 = \frac{\Sigma F_i (X_i - \bar{X})^2}{(N-1)} = \frac{245.857}{475} = 517.56$$

$$S = 22.75$$

INTERPRETACION ESTADISTICA DE LOS ANALISIS GEOQUIMICOS

INTERVALO LOGARITMICO DE CLASES 0 1

NUMERO DE MUESTRAS N 480 TABLA Nº10

AREA CHUQUIRAHUAS NORTE

n - NUMERO DE MUESTRAS POR CLASES

n - FRECUENCIA ACUMULATIVA ABSOLUTA DE MUESTRAS SOBRE EL LIMITE DE CLASE INFERIOR

$\%\frac{n}{N}$ - FRECUENCIA ACUMULATIVA EN PORCENTAJE

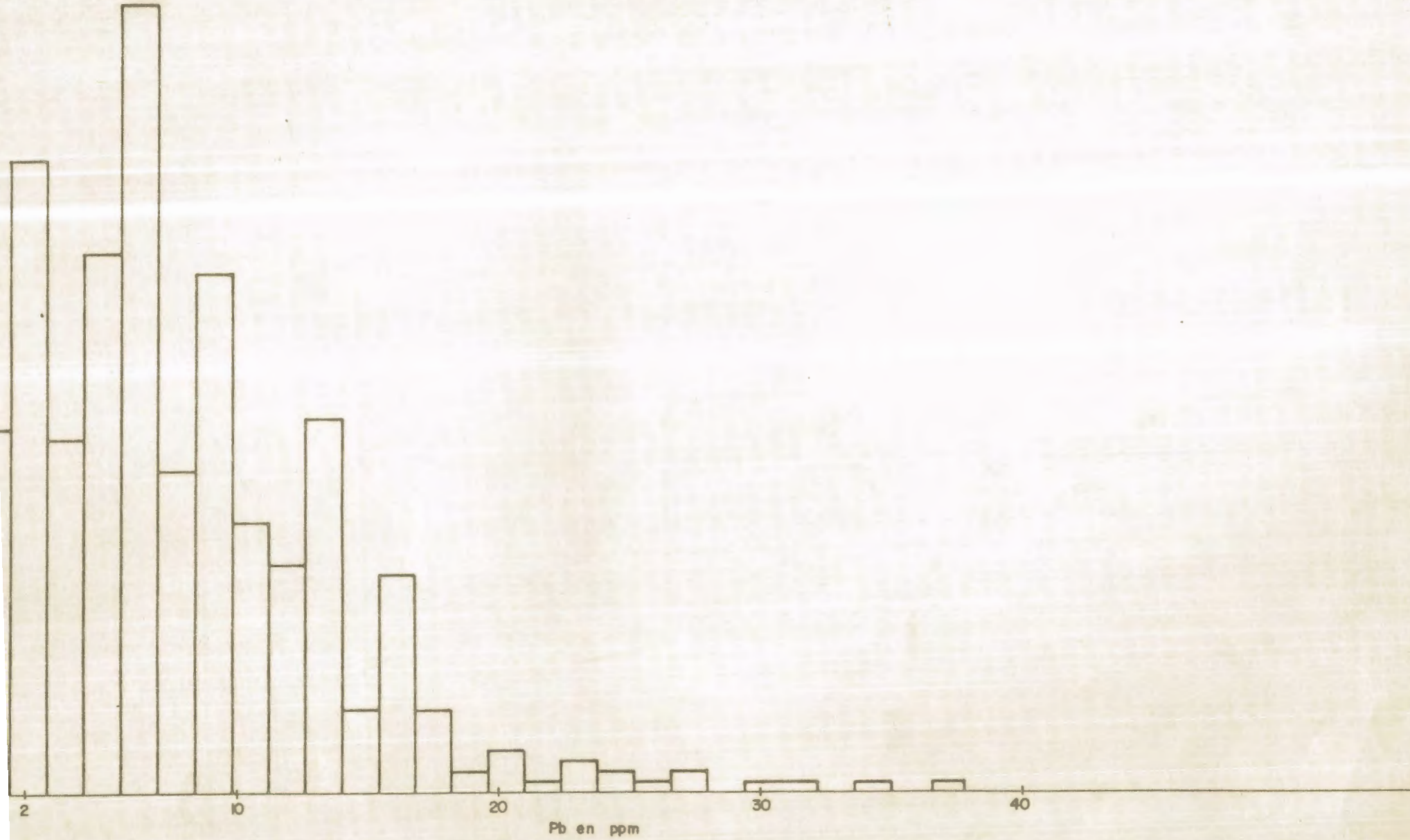
LIMITE DE CLASE PPM	Cu			Zn			Pb		
	n	n	$\%\frac{n}{N}$	n	n	$\%\frac{n}{N}$	n	n	$\%\frac{n}{N}$
0933							17	474	100
1.175							18	462	99 45
1 48							0	444	92 63
1.86							0	444	92 63
2.34							26	444	92 63
2.95							0	418	87 73
3.72							35	418	8773
468							34	383	79 96
5.89							52	349	72 86
741							76	297	62 00
9.33							61	221	46 14
11.7	1	468	100	0	471	100	46	160	33 40
14.8	2	467	99 79	1	471	100	58	114	23 80
18.6	9	465	99 36	0	470	99 79	37	56	11 69
23.4	30	456	97 43	1	470	99 79	8	19	3 97
29.5	68	426	91 02	4	469	99 57	7	11	2 30
37.2	74	358	76 49	17	463	98 73	4	4	0 83
46.8	63	284	58 44	34	448	95 12			
58.9	58	221	45 47	132	414	87 90			
74.1	47	163	33 54	166	282	59 87			
93.3	40	116	24 79	65	116	24 63			
117.5	2	76	16 24	24	48	10 19			
148	12	64	13 67	16	24	5 09			
186	5	52	11 11	8	8	1 70			
234	13	37	7 90						
295	5	24	5 13						
372	3	9	1 92						
468	6	6	1 28						
589									
741									
933									
1175									
1480									

Gráfico Nº2

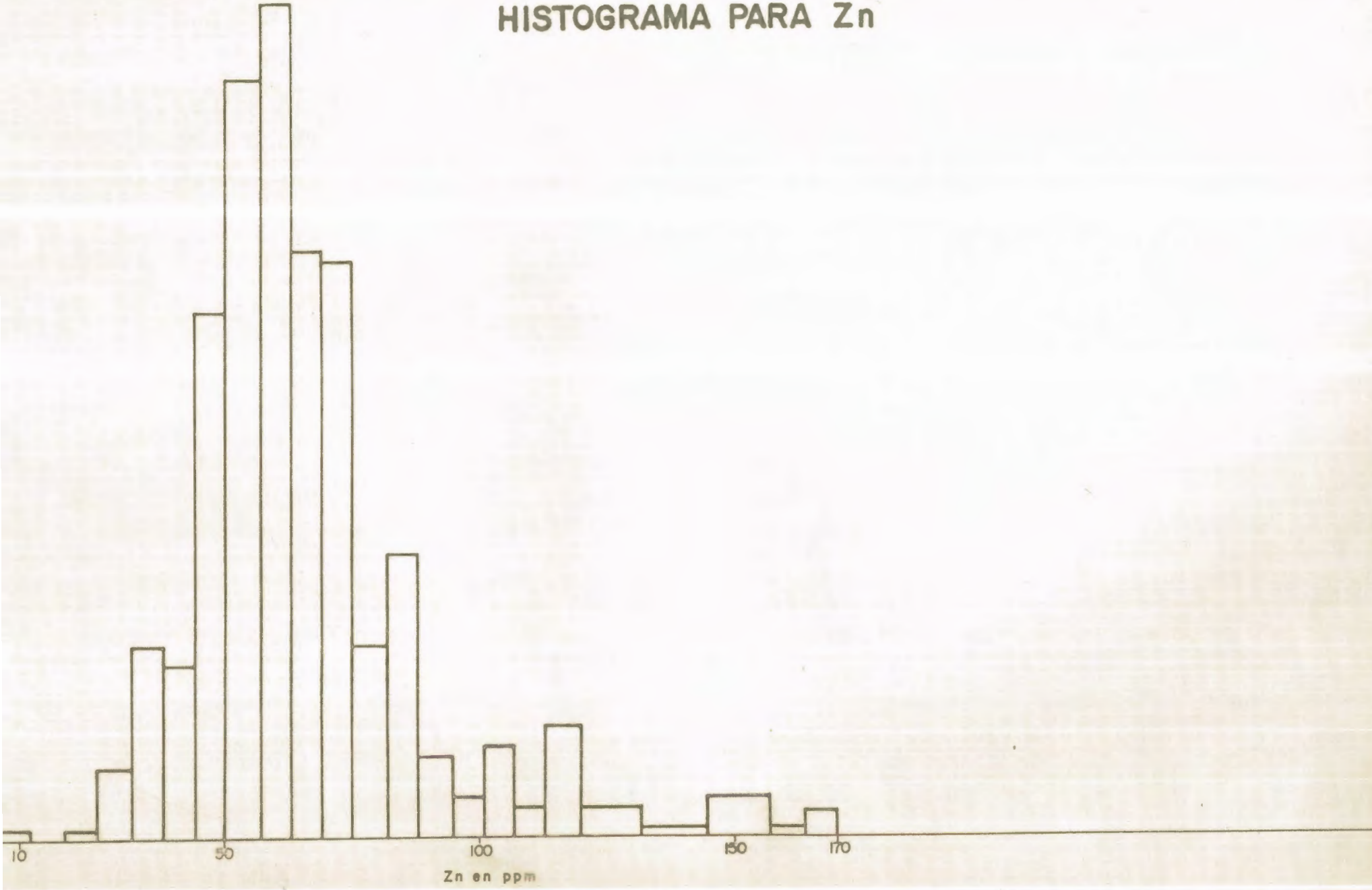
HISTOGRAMA PARA Cu

BIBLIOTECA FICT
ESPOL

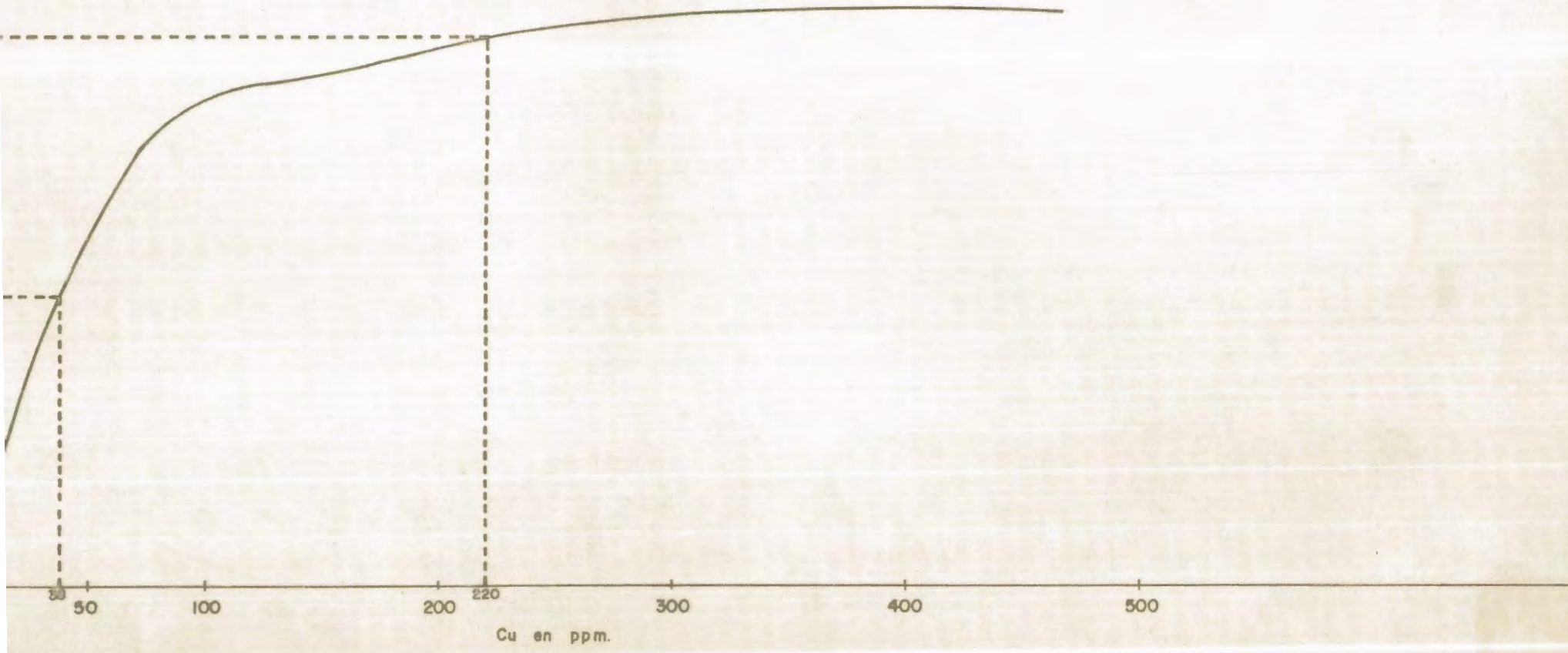
HISTOGRAMA PARA Pb



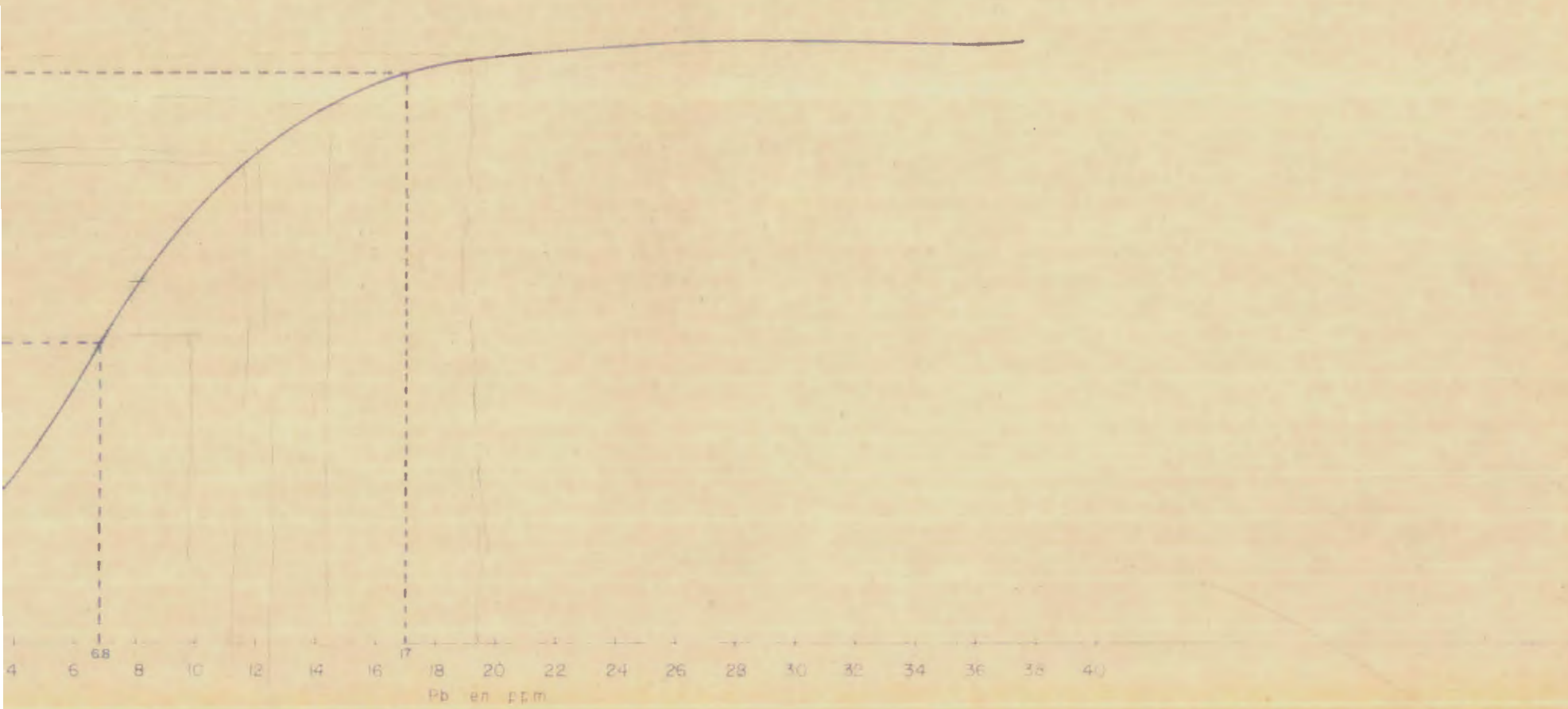
HISTOGRAMA PARA Zn



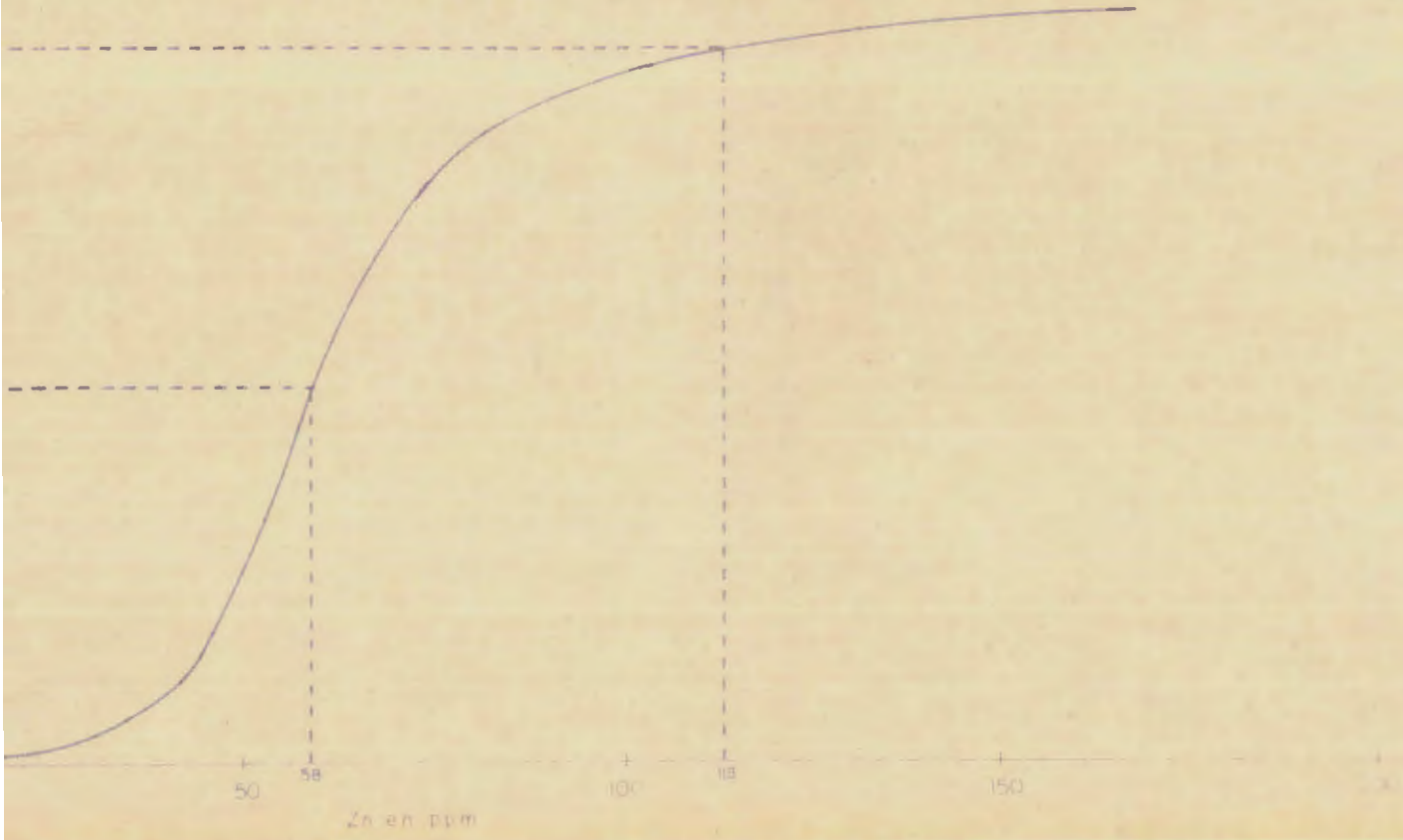
CURVA DE FRECUENCIA ACUMULATIVA PARA Cu



CURVA DE FRECUENCIA ACUMULATIVA PARA Pb

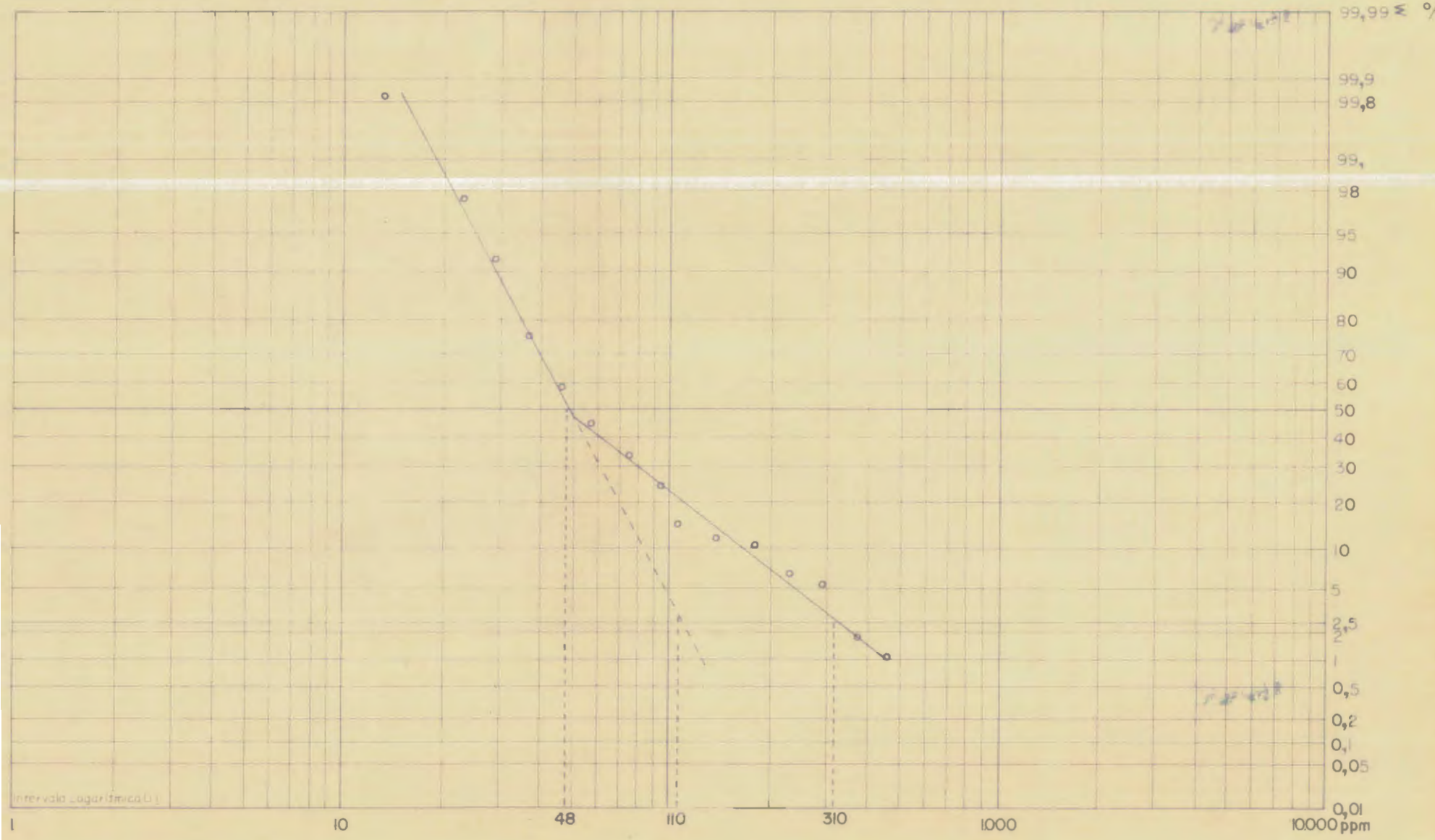


CURVA DE FRECUENCIA ACUMULATIVA PARA Zn

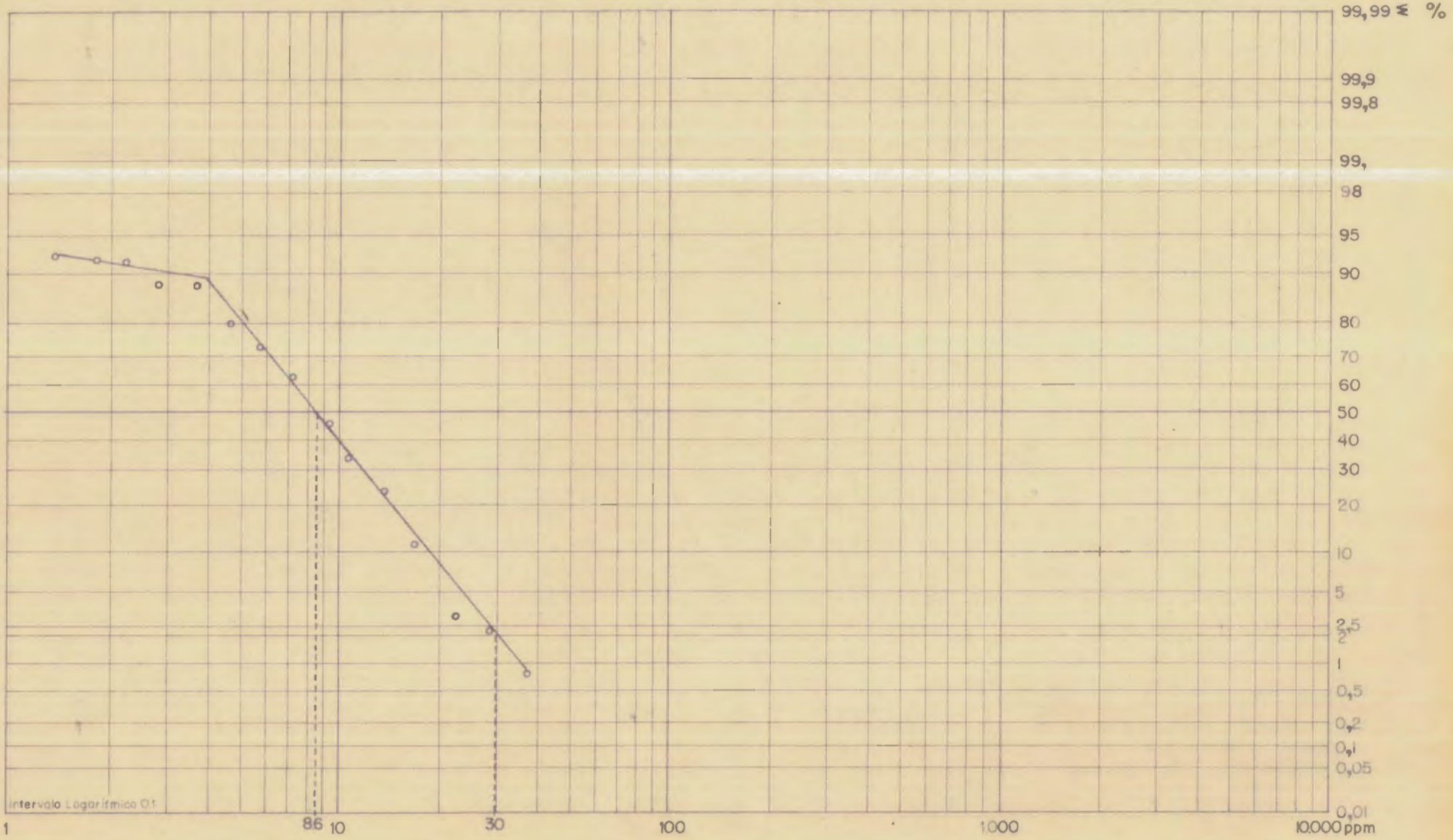


RECONOCIMIENTO GEOQUIMICO

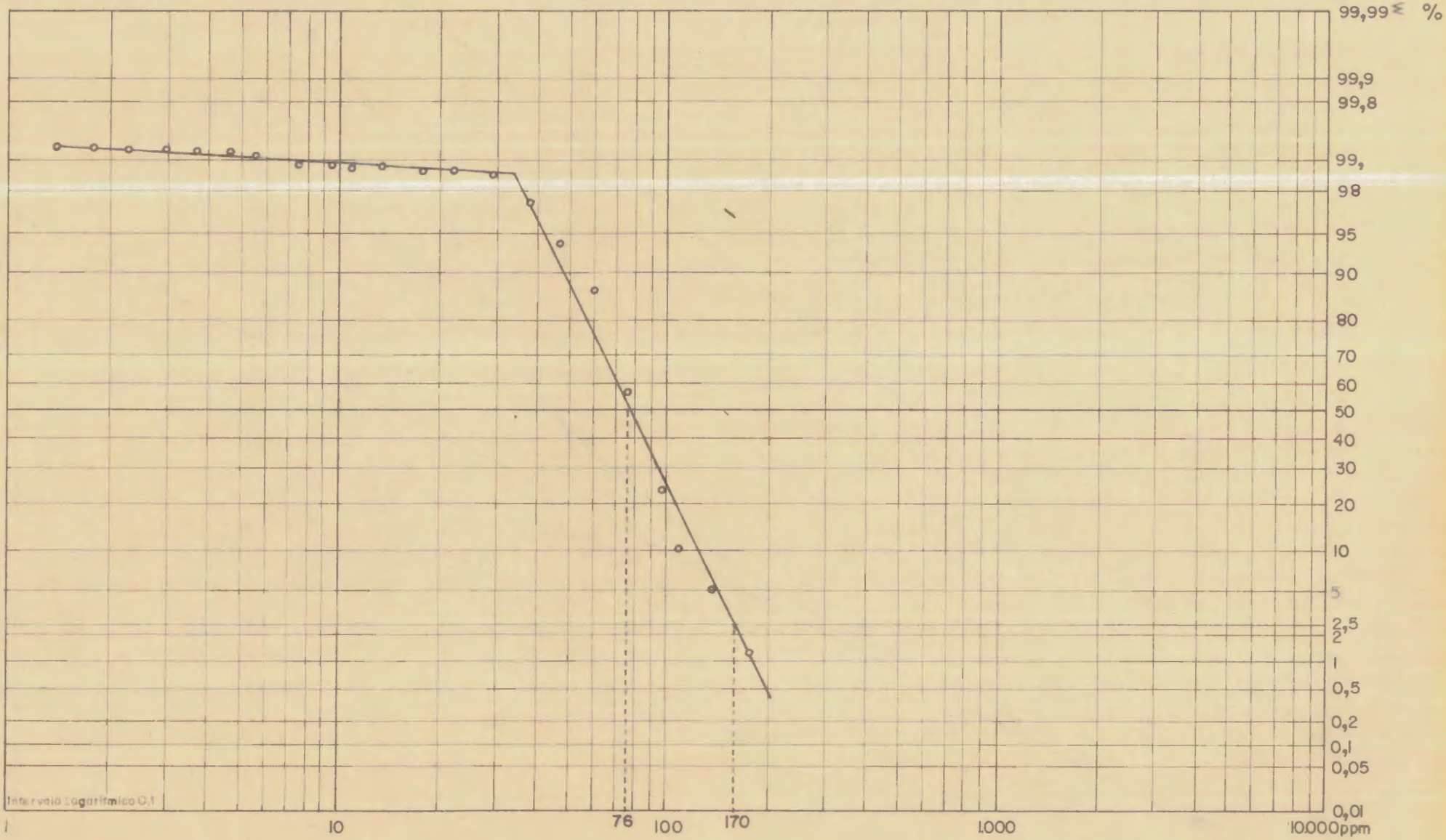
DISTRIBUCION DE FRECUENCIA ACUMULATIVA PARA Cu



RECONOCIMIENTO GEOQUIMICO
DISTRIBUCION DE FRECUENCIA ACUMULATIVA PARA Pb

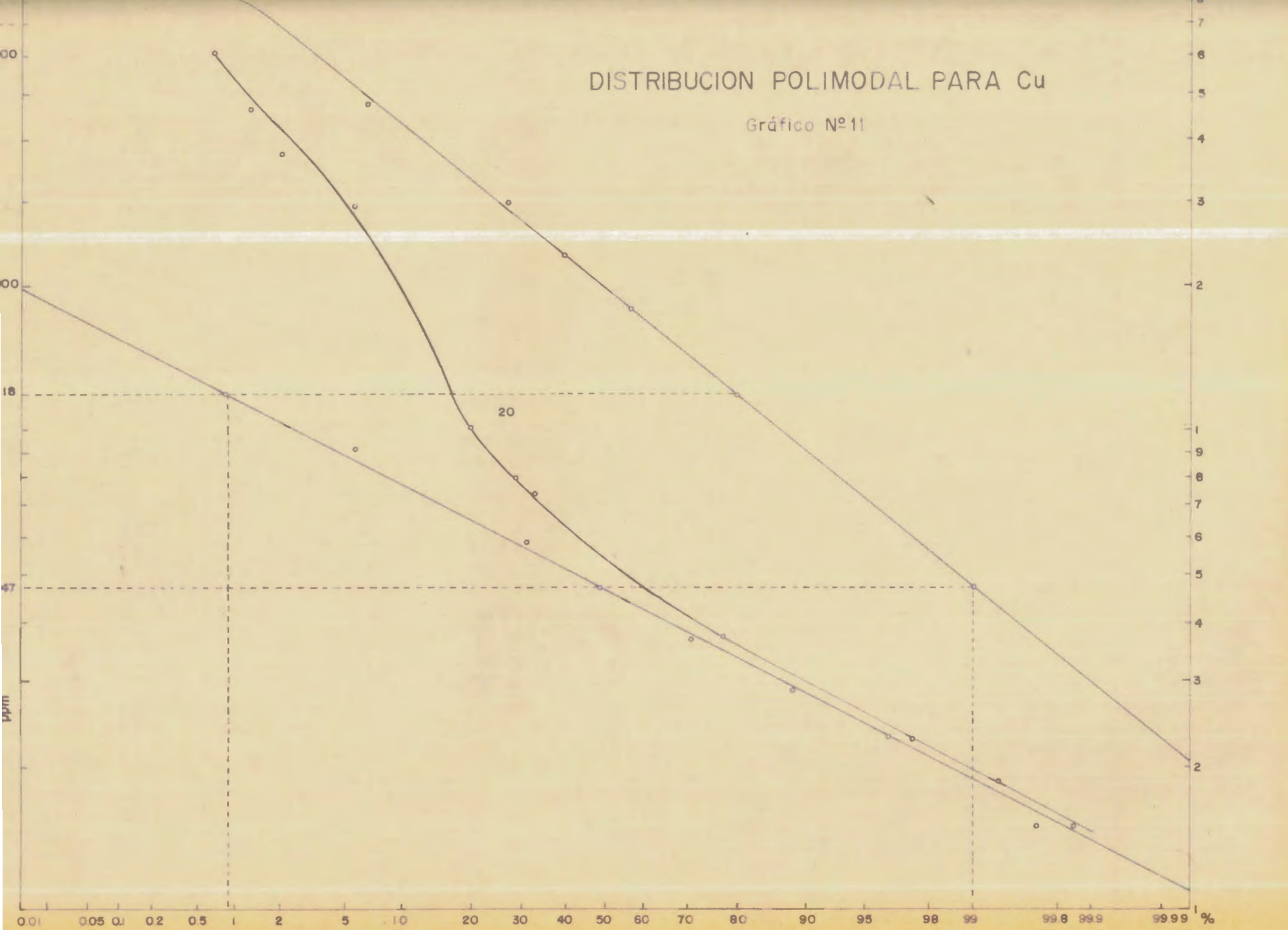


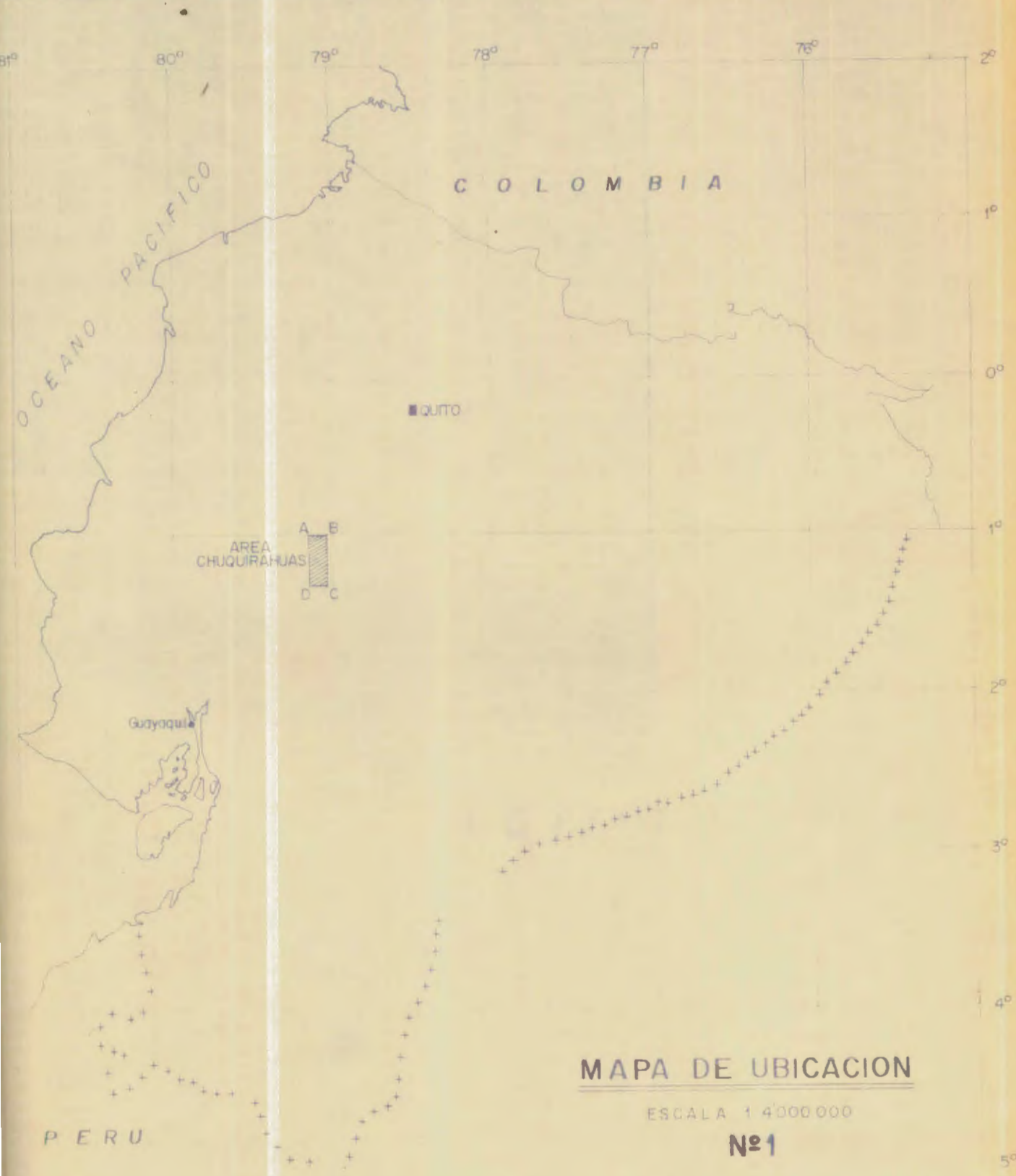
RECONOCIMIENTO GEOQUIMICO
DISTRIBUCION DE FRECUENCIA ACUMULATIVA PARA Zn



DISTRIBUCION POLIMODAL PARA Cu

Gráfico Nº 11





MAPA DE UBICACION

ESCALA 1:4'000.000

Nº1

V REFERENCIAS

1.- Alvarado G. Estudio Geológico Geoquímico de las hojas topográficas de Ciano y Tahuin a escala - 1:50.000
Tesis de grado no publicada. Universidad Central del Ecuador. Quito - Ecuador 1971

2.- Bolviken, B. A statistical approach to the problem of interpretation in Geochemical prospecting. Geochemical Exploration. Vol. Espec. 11, pags. 564 a 567. The Canadian Institute of Ming and Metallurgy. Toronto - Canadá 1971

3.- Buckman, H y Brandy, N. The nature and properties of soil. Macmillan Company. New York 1964.

4.- Coope, A. Geochemical prospecting for porphyry cooper type mineralizacion a review. Journal of - Geochemical Exploration Vol. 2, pags 81 a 102 Elsevier. Scientific Poblishing Company, -- Amsterdan - Holanda 1974.

5.- Didyk, M. La evaluación de reservas por métodos estadísticos, revista mineral del Instituto de Ingenieros de minas de Chile. Vol. XXV, 109, Enero, Febrero, Marzo. Editorial Universal S.A. Santiago de Chile 1970.

Incorporated, New York Junio 1962.

7.- Levinson, A. Introduction to Exploration Geochemistry Applied publisng Ltd. Calgary, Alberta - Canadá 1974.

8.- Lepeltier, C. A Simplied Statistical Treatmen of Geochemical data by Graphical Representation. Economic Geology, Vol 64, pags 538 a 550 U.S.A 1969.

9.- Sawer, W. Geología del Ecuador, Editorial Ministerio de Educación. Quito - Ecuador 1965.

10.- Sinclair, A. Selection of thereshold values in Geochemical data using probability graphs. Journal of -- Geochemical Exploration, Vol 3, pags 129 a 146. Amsterdan - Holanda 1974.

11.- Scott, W. y Hazen, Jr. Statical Analysis of Sample data for Estimating Ore. Reporte of investigations 5835. Dept. of the Interior library. Washington 1961

12.- Parslow, G. Determination of background and threshold in exploration Geochemistry. Journal of Geochemistry Exploration, Vol. 3, pags 319 a 336. Elsevier scientific publishing company, Amsterdan - Holanda 1974.

Ingenieros de minas de Chile, Vol XXV -111, Julio, Agosto, Septiembre. Editorial Universal S.A. 1970.

14.- Clifford, X
Speringe, X
Herlihy, X y
Beggs, X.
Matemáticas básicas tomo I. Serie de matemáticas para la dirección de negocios. Unión tipográfica Editorial Hispano America. Mexico 1972.

15.- Universidad Santiago de Chile
Apuntes de estadística. Universidad de Santiago de Chile.. Chile 1970.

========X========