

553.43  
CAL



DEPTO. DE MINAS Y PETRÓLEOS

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
MINAS Y PETRÓLEO

**Departamento de Ingeniería de Geología  
Minas y Petróleos**

**Geología y Petrografía del Depósito de  
Cobre - Molibdeno de Chaucha**

**TESIS DE GRADO**

**Previa la obtención del Título de  
INGENIERO GEOLOGO - MINERO**



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

PRESENTADA POR:

**JORGE W. CALLE G.**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**1.972**



DPTO. GEOLOGIA  
MINAS Y PETRÓLEOS

LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS,  
EL PATRIMONIO INTELECTUAL DE  
ESTA TESIS DE GRADO PERTENECE  
A LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

FRANCISCO Y TITULO DE PRESIDENTE DE  
DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

JORGE W. CALLE G.  
JORGE W. CALLE G.

Guayaquil, Mayo de 1972

Guayaquil, Mayo de 1972

AUTOR

LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS,  
IDEAS Y DOCTRINAS EXPUESTAS EN ES-  
TA TESIS CORRESPONDE EXCLUSIVAMEN-  
TE AL AUTOR.

NO OFENDE

(ARTICULO SEXTO DEL REGLAMENTO DE  
EXAMENES Y TITULOS PROFESIONALES  
DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DEL LITORAL.



DPTO. GEOLOGIA  
MINAS Y PETROLEOS

JORGE W. CALLE G.



DPTO. GEOLOGIA  
MINAS Y PETROLEOS

Guayaquil, Mayo de 1.972

A LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

A LA DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES Y ENSEÑANZA

MIS RINDIMIENTOS AGRADECIMIENTOS PARA  
EL ING. ROGERIO ADARTE DEL ARCO, DE  
REGION DE TESIS, POR SU ORIENTA-  
CIÓN EN EL DESARROLLO DE LA PRE-  
SENTE MEMORIA.

**AUTOR**

**DIRECTOR DE TESIS**

**PROFESOR**

**PROFESOR**

*Jorge Guillermo Alvarado*

AL ING. GUILLERMO ALVARADO -  
QUIEN DEVIDO A SU SANTA PERSE-  
VERANCIA Y EN GENERAL A TODAS  
AQUELLAS PERSONAS DE LA DIRE-  
CCION GENERAL DE GEOLOGIA Y MI-  
NERAS QUE DE UNA U OTRA MANERA  
HAN COOPERADO EN LA REALIZA-  
CION DEL PRESENTE TRABAJO.

PARA EL PERSONAL DEL DEPARTAMEN-  
TO DE INVESTIGACIONES DE GEOLOGIA, MI-  
NERAS Y PETROLOGIA DE LA ESCUELA SU-  
PERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

JORGE W. CALLE G.

Quayucil, Mayo 10 1972.

A LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

A LA DIRECCION GENERAL DE GEOLOGIA Y MINAS

MIS SINCEROS AGRADECIMIENTOS PARA EL ING. EUGENIO NUÑEZ DEL ARCO, DIRECTOR DE TESIS, POR SU ORIENTACION EN EL DESARROLLO DE LA PRESENTE MEMORIA.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

AL ING. GUILLERMO ALVARADO - QUIEN REVISO LA PARTE PETROGRAFICA Y EN GENERAL A TODAS AQUELLAS PERSONAS DE LA DIRECCION GENERAL DE GEOLOGIA Y MINAS QUE DE UNA U OTRA MANERA HAN COOPERADO EN LA REALIZACION DEL PRESENTE TRABAJO.

BIBLIOTECA

PARA EL PERSONAL DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

JORGE W. CALLE G.

Guayaquil, Mayo de 1972

TESIS DE GRADUACIÓN

**A MIS PADRES:**

RESUMEN  
**SR. LUIS CALLE T. y**  
**SRA. LUISA GARCIA G.**

1.1 Características de los ríos de la zona de estudio 15  
1.2 Los ríos de la zona de estudio 16  
1.2.1 Ríos de la zona de estudio 16  
1.2.2 Exploración Geográfica 17  
1.3 Mapa de la zona 18

**A MI ESPOSA**

**LEONOR DEL CARMEN**

**A MIS HIJOS:**

**NASTENKA LEONOR**

**JORGE EVELIO**

**KATIUSKA PAOLA**

II. BASES DE DISEÑO  
2.1 Descripción 21  
2.1.1 Descripción 21  
2.1.2 Descripción de la zona de estudio 22  
2.1.3 Clima y vegetación 23  
2.1.4 Población y actividades 24  
2.2 Descripción 25  
2.3 Geología 26

**JORGE W. CALLE G.**

**Guayaquil, Mayo de 1972**

III. GEOLOGÍA 27  
3.1 Geología Regional 27  
3.1.1 Estratigrafía 27  
3.1.2 Tectónica 28  
3.1.3 Magmatismo 29  
3.1.4 Hidrogeología 29  
3.2 Geología Local 30  
3.2.1 Estructuras tectónicas 30  
3.2.2 Estructuras vulcánicas 31  
3.2.3 Estructuras de fractura/tercetas 31  
3.2.4 Estructuras de arco y fallas 32  
3.2.5 Estructuras lineales 33  
3.3 Estructuras 34  
3.4 Estructuras 35

"GEOLOGIA Y PETROGRAFIA DEL DEPOSITO DE  
COBRE - MOLIBDENO DE CHAUCHA"

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
I RESUMEN	1
II INTRODUCCION	2-20
2.1 Características de los Depósitos de Pórfido de Cobre	3
2.2 Investigaciones previas	14
2.2.1 Exploración Geoquímica	14
2.2.2 Exploración Geofísica	17
2.3 Método de trabajo	19
III RASGOS GENERALES	21-24
3.1 Geografía	21
3.1.1 Ubicación	21
3.1.2 Vías de comunicación	21
3.1.3 Clima y vegetación	22
3.1.4 Población y Actividad Humana	22
3.2 Hidrografía	22
3.3 Geomorfología	23
IV GEOLOGIA	25-39
4.1 Geología Regional	25
4.1.1 Estratigrafía	25
4.1.2 Tectónica	26
4.1.3 Magmatismo	27
4.1.4 Mineralización	27
4.2 Geología Local	28
4.2.1 Rocas metamórfica	28
4.2.2 Rocas volcánicas	30
4.2.3 Cuarzo-Diorita/tonalita	31
4.2.4 Pórfido Cuarzo - Feldespato	32
4.2.5 Terrazas fluviales	34
4.3 Estructuras	34
4.4 Edad	36

BIBLIOTECA



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

	Pág.
<b>V PETROGRAFIA</b>	<b>40-59</b>
5.1 Descripción macroscópica	40
5.2 Características microscópicas	48
<b>VI MINERALIZACION</b>	<b>60-64</b>
6.1 Pirita	61
6.2 Calcopirita	61
6.3 Molibdenita	61
6.4 Covelina	62
6.5 Calcocina	62
6.6 Malaquita	62
6.7 Calcantita	62
6.8 Magnetita	63
6.9 Hematita	63
6.10 Ocre de Molibdeno	63
6.11 Oxidos de hierro	63
6.12 Elementos trazas	64
<b>VII ALTERACION HIDROTHERMAL</b>	<b>65-67</b>
7.1 Argillitización	65
7.2 Propilitización	66
7.3 Alteración potásica	66
7.4 Alteración cuarzo-sericítica (Silicificación)	67
<b>VIII CONCLUSIONES</b>	<b>68-69</b>
<b>IX RECOMENDACIONES</b>	<b>69</b>
<b>X REFERENCIAS</b>	<b>70-71</b>
<b>APENDICE I</b>	<b>72-73</b>
Conocimiento del Subsuelo en base a Perforaciones (Enriquecimiento se- cundario).	



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

## LISTA DE CUADROS

		Pág.
CUADRO N° 1	Contenido de elementos en trazas de determinados tipos de roca.	14
CUADRO N° 2	Relaciones estratigráficas de los tipos de rocas observadas en el área de Chaucha.	29
CUADRO N° 3	Cuadro Comparativo de las edades aparentes de diferentes depósitos porfíricos de cobre.	37
CUADRO N° 4	Determinación de edad mediante K:Ar de los intrusivos de Chaucha y Macará.	39

## LISTA DE MAPAS

MAPA N° 1	Mapa de ubicación, escala aproximada 1:1.000.000 (14)
MAPA N° 2	Resumen de anomalías, escala aproximada 1:20.000 (14)
MAPA N° 3	Reconocimiento magnético, escala aproximada 1:10.000 (1)
MAPA N° 4	Mapa Geológico del área de Chaucha, escala aproximada 1:15.000
MAPA N° 5	Zonas de alteración y Areas Mineralizadas, escala aproximada 1:30.000
MAPA N° 6	Cortes estructurales, escala horizontal aproximada 1:15.000, escala vertical 1:20.000

## APENDICE I

MAPA I	Mapa de ubicación de las perforaciones, escala 1:10.000	Texto
MAPA II	Perfiles del Subsuelo, escalas horizontal y vertical 1:5.000	Texto





El depósito de cobre porfirico de Chaucha, es el primero de este tipo descubierto en el país, localizado en el flanco occidental de la Cordillera Occidental, a una altura aproximada de 1.500 m.s.n.m. Constituye el depósito porfirico de cobre más joven de que se tenga cuenta en América, con una edad de 10 millones de años que corresponde al Plioceno (Terciario Superior).

Rocas metamórficas de edad Paleozoica ? y volcánicas de edad Cretácica son cortadas por el intrusivo de proporciones batolíticas cuarzo-diorita/tonalita, el que a su vez es cortado por cuerpos de pórfido cuarzo-feldespático de composición dacítica. El emplazamiento de este batolito ha sido clasificado como pasivo, y relacionado al cruce de fallas regionales N-S y NE-SW.

Dos áreas principales de mayor mineralización: Naranjos - Santa Martha; Ñag-Gur-Gur, han sido determinadas por observaciones geológicas, en las cuales se han obtenido los mayores valores de Cu, Mo.

La ocurrencia mineral de tipo primario es: calcopirita, pirita, molibdenita y magnetita; asociada a la paragénesis secundaria: covelina, calcocina, malaquita, sulfatos de cobre y óxidos de hierro. Calcopirita y molibdenita son los minerales de potencial económico y ocurren en finas impregnaciones y rellenando finas fracturas; asociados al pórfido cuarzo-feldespático y a la tonalita.

La alteración hidrotermal está representada por: argillitización, propilitización, cloritización y silicificación-sericitización y afectan principalmente a las dos áreas arriba mencionadas y están íntimamente relacionadas con la mineralización: Cu se relaciona con la silicificación, cloritización y sericitización; Mo con silicificación-sericitización.

... de la ...  
... de la ...

... de la ...  
... de la ...  
... de la ...  
... de la ...

**CAPITULO II**

**INTRODUCCION**

... de la ...  
... de la ...

ESTADO  
ESPOL



Chaucha constituye el primer depósito porfírico de cobre del país, fue descubierto por métodos geoquímicos en Junio de 1.968 por personal del entonces Servicio Nacional de Geología y Minería, en programa del área-operación N° 5, del Proyecto Minero de Naciones Unidas el que llevó a cabo estudios geoquímicos, geofísicos y geológicos; los que fueron suspendidos en Diciembre de 1.969, debido a que el Gobierno Nacional entró en negociaciones con la Compañía Japonesa Overseas Mineral Resources Development Co. Ltda., la misma que hasta los actuales momentos es dueña de la concesión.

El presente trabajo fue efectuado en los meses de septiembre a diciembre de 1.969, en el que el autor era contraparte nacional ante el Proyecto Minero.

El propósito es resumir las investigaciones que se efectúan en lo que a geología se refiere en la prospección de esta clase de depósitos. En 2.1 se dan las principales características generales de los mismos y se puede decir que la mayoría de los depósitos conocidos cumplen con varios de ellos. El depósito Chaucha reúne casi todas estas características y es por esta razón que ha sido determinado como un "depósito porfírico" (porphyry copper).



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

BIBLIOTECA



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

## 2.1.- CARACTERISTICAS DE LOS DEPOSITOS DE PORFIDO DE COBRE (11, 15).

La definición del término "pórfido de cobre" o "de pósito de cobre diseminado", ha cambiado en los últimos 40 años de una explicación geológica a la de una de ingeniería de minas. Parson (1.933) advirtió que una definición concisa para todos los depósitos "porfiricos" era imposible; pero ha establecido características comunes a todos y dijo que cualquier depósito para ser llamado porfirico ("porphyry") debe reunir las siguientes condiciones.

a) El depósito posee una forma y una magnitud tales, que puede ser explotado ventajosamente por un método a gran escala y bajo costo por tonelada, ya sea mediante laboreo subterráneo o a cielo abierto.

b) La mineralización de cobre se halla tan uniformemente distribuida en los grandes bloques o secciones del depósito, que resulta más económica la explotación masiva que la de métodos selectivos aplicados a minas de vetas o mantos.

c) Una intrusión de pórfido, u otra roca ígnea relacionada ha jugado una parte vital en la génesis del yacimiento, aún cuando el pórfido puede no constituir la mayor parte del depósito.

d) El proceso geológico conocido como "enriquecimiento secundario" se ha producido y ha concentrado el cobre. El resultado es una zona de roca lixiviada cubriendo la parte principal del yacimiento, el que se presenta típicamente enriquecido con calcocina.

e) La zona de enriquecimiento secundario se presenta tí-

picamente, cubriendo una zona de mena primaria y enriquecida (denominada "pretore" por los geólogos).

H. A. Schmitt (1.966), en su definición, tiene en cuenta básicamente consideraciones de ingeniería de minas y define el término "pórfido de cobre" como: "por el uso generalizado y el consentimiento, este término se refiere a un tipo de depósito de cobre masivo, de baja ley y sin tener en cuenta su génesis o el tipo de roca alojante, siempre que dicho depósito tenga reservas mayores de 5.000.000 de toneladas de mineral de menos de 2% de cobre".

Bateman ha anotado características similares de los depósitos porfiricos de cobre. Ellos pueden ser resumidos como siguen:

- 1.- Bajo grado.
- 2.- Métodos de minería a gran escala y poco costo.
- 3.- Asociado a intrusiones Stocklike de monzonita porfirica.
- 4.- Reemplazamiento diseminado en porfiritas o intruído en esquistos.
- 5.- Forma de manto con dimensión horizontal más grande que vertical.
- 6.- Sericitización intensa y en algunos lugares silicificación.

Todos los pórfidos de cobre se han producido en los orógenos del Mesozoico y Terciario, con excepción del de Palabora, Sudáfrica. Esto incluye la Faja Circumpacífica y los cobres porfiricos relacionados en Chile, Perú, Puerto Rico, sudoeste de los Estados Unidos, Canadá, Filipinas y las Islas Salomón. Fuera de esta faja, los yacimientos de pórfidos de cobre conocidos pertenecen a los orógenos Denfrico y Helénico. Estos aparecen probable-

mente en Turquía, en el cercano Oriente y un depósito - actualmente bajo exploración, en el Irán, podrían pertenecer a este tipo.

Antes de comenzar con una descripción más detallada de los pórfidos de cobre y sus características, daremos algunas definiciones de términos relacionados con los principales procesos de alteración, oxidación y lixiviación y enriquecimiento secundario.

La alteración hidrotermal en las rocas está generalmente asociada con todos los depósitos minerales epitermales, y en especial con los pórfidos de cobre. Este proceso es tan común que se lo aplica ampliamente como una guía en la exploración mineral. El término "alteración" define una transformación mineralógica de los minerales que componen las rocas, en particular los silicatos ferromagnesianos y las plagioclasas. Esto es provocado por la introducción de soluciones químicas de composición básica y/o ácida, principalmente compuesta de  $H_2O$ ,  $H_2S$ ,  $CO_2$ ,  $K_2O$ ,  $Na_2O$  y  $SiO_2$ .

La alteración precede y acompaña a la mineralización, aunque en muchos casos se produce aislada no siendo seguida, por una mineralización metalífera. Ambos procesos son paralelos y tienen su origen común en soluciones residuales de un cuerpo magmático en enfriamiento.

Aunque las características de la alteración varían de un depósito a otro, tienen mucho de común. Kerts (1.963) intentó establecer un tipo o patrón genético de alteración, el que se describe en orden cronológico, a continuación.

a) Etapa de transformación, que se halla caracterizada

generalmente por cloritización y epidotización. Los silicatos no son completamente separados en sus componentes químicos, pero los minerales preexistentes son transformados en otros por pequeñas adiciones y subtracciones. Normalmente, este tipo de alteración es fácilmente visible en el campo, debido al color verde predominante y presente en el borde exterior de la zona de alteración.

- b) Etapa de reorganización, que representa la destrucción de los minerales que forman las rocas con la formación de otros nuevos, pero de acuerdo a Kents, sin una mayor introducción de nuevos elementos. A esta etapa pertenecen típicamente, la sericitización y alunitización, las que causan un blanqueamiento de las rocas. Esta zona está junto al halo formado por la epidotización-cloritización precedentes.
- c) Etapa de reemplazo, que muestra una introducción de sílice, que reemplaza a minerales preexistentes, y es usualmente denominada silicificación. Esta fase se superpone con la zona sericitizada;
- d) Etapa magmática póstuma, que se halla caracterizada por la inyección de fluidos magmáticos póstumos, altamente síliceos, en las rocas alteradas. En general, se forma tapones (plug) afaníticos de cuarzo.

Como se ha indicado anteriormente, estas forman distintas zonas de alteración, las que pueden tener la forma de anillos concéntricos. Algunas de estas fases, sin embargo, pueden estar incompletas o ausentes. Las etapas descritas, indican a varias oleadas independientes de soluciones como causantes de las distintas fases de alteración, en lugar de una sola ola o avance a partir de un foco central y formado por diferenciación, los sucesivos anillos.

Además de la clasificación genética de Kents, tenemos el sistema establecido por Greasey (1.966) enfatizando las características de las diferentes etapas de alteración. Basándose en sus principales constituyentes mineralógicos Greasey establece una diferenciación en alteración propilítica, argillítica y potásica.

La alteración propilítica aparece en los bordes externos de las áreas alteradas, donde es claramente visible debido a su coloración verdosa. Es el equivalente de la etapa de transformación de Kents, y es causada principalmente por soluciones básicas que producen la asociación clorita-epidota-calcita, pudiendo contener asimismo talco, algo de caolinita y pirita. Todos estos minerales secundarios son producto de alteración de minerales máficos y plagioclasas cálcicas debido a la introducción  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ , etc.

La alteración argillítica está caracterizada por la formación de minerales de arcilla asociada a la lixiviación de calcio. Esto sugiere un tipo de alteración ácida con temperaturas máximas de  $400-500^{\circ}C$  (máxima temperatura a la que establece la caolinita). La asociación mineralógica típica es caolinita montmorillonita-illita, con algo de sericita y pirita. Los minerales preexistentes en la roca afectada han sido plagioclasas. Esta facie se corresponde con la Etapa de reorganización de Kents.

La alteración más fuerte es la del tipo potásico representada por la paragénesis sericita-biotita-feldespato potásico, debida a la introducción de potasio a temperatura superior a  $480^{\circ}C$ .

Una asociación especial es la paragénesis de cuarzo-sericita, no incluida en los tipos descritos anterior

mente. Representa el resultado de la introducción de potasio, la destrucción de la plagioclasa y la precipitación de la sílice que no entró en los nuevos minerales formados.

De los tipos de alteración precedentes, solamente la argillítica, la potásica y la cuarzo-sericitica están relacionadas con la mineralización económica. Sin embargo, en muchos casos, parece que una mineralización hipogénica de cobre tiende a poseer mayor ley en aquellas partes del depósito afectadas por alteración potásica.

La oxidación y lixiviación son importantes prerequisites para la formación de enriquecimiento secundario. Los sulfuros primarios, especialmente pirita y calcopirita en el caso de los pórfidos de cobre al estar expuestos a las condiciones atmosféricas son oxidados y posteriormente disueltos por aguas de superficie y circulantes cerca de ellas. De esta manera se forman ácido sulfúrico y sulfatos de hierro y cobre. Dependiente de la relación calcopirita-pirita (la proporción óptima calcopirita: pirita para una lixiviación total es 1:2-3) el tipo de clima y la presencia de agentes neutralizantes (iones de carbonato y silicato) el cobre puede ser lixiviado o retenido en la superficie como carbonato, silicato o sulfato, de los cuales el último es solamente estable bajo condiciones de extrema aridez. Mucho del hierro derivado de la destrucción química de la pirita y la calcopirita, queda en el afloramiento lixiviado, formando los distintos tipos de "limonita".

El enriquecimiento secundario se debe a la migración (hacia abajo y lateral) de sulfato cúprico en soluciones de ácido sulfúrico y que conduce a la precipitación de compuestos de cobre, tales como calcocina y en

menor extensión covelina. Ambos minerales poseen un mayor contenido de cobre que la calcopirita y representa un notable enriquecimiento. La cementación tiene lugar en un ambiente de reducción, en presencia de sulfuros primarios y ausencia de oxígeno por soluciones circulares. Generalmente, estos sulfuros secundarios reemplazan primeramente a la calcopirita y luego a la pirita. El reemplazo puede variar desde una completa transformación a la formación de pequeñas películas en la superficie de los sulfuros. El enriquecimiento se produce en el nivel freático existente o cerca de él.

La oxidación, sin embargo, no conduce necesariamente al enriquecimiento, pero es prerequisite para su formación. Los principales factores que controlan la oxidación y el enriquecimiento secundario son cambios del nivel freático, velocidad en la erosión, clima, tiempo, litología y deformación estructural.

El más importante de todos estos factores parece ser el nivel freático en relación con el levantamiento y velocidad de la erosión. Las condiciones óptimas para la formación de un potente horizonte de enriquecimiento son una moderada velocidad de erosión subsecuentemente acompañada de graduales descensos del nivel freático. El caso adverso estaría dado por un descenso rápido del nivel freático, provocaría la oxidación y destrucción de la zona de enriquecimiento existente, pero si todavía hay presente una cantidad suficiente de pirita y calcopirita para formar ácido sulfúrico, comenzará un nuevo proceso de lixiviación. Sin embargo, si el primer enriquecimiento fue completo, es decir, sin dejar sulfuros primarios, solamente tendrá lugar una oxidación con la formación de cuprita, tenorita, y posiblemente cobre nativo y carbonatos. Otra posibilidad es la de una elevación del nivel freático provocada por una sedimenta-

ción posterior a la oxidación, una espesa cubierta glacial, etc. En este caso una zona de oxidación "sumergida" puede presentarse lejos y por debajo del actual nivel freático.

#### IDEAS GENERALES DE LAS CARACTERISTICAS GEOLOGICAS.-

La presencia de los depósitos de pórfidos de cobre parece estar relacionada con un cierto número de rasgos geológicos, los que se repiten en muchos distritos mineros. Esto es particularmente claro en la faja americana, la que comprende la parte sudoccidental de los Estados Unidos, los depósitos sudamericanos en Chile y Perú y también los cuerpos recientemente descubiertos de la República Argentina, Panamá, etc. Estos rasgos geológicos comunes son principalmente estructura y actividad ígnea e historia geológica, con especial referencia a los sucesos del fin del Mesozoico. Las condiciones estructurales, estrechamente relacionadas con la actividad magmática parecen tener en todos los distritos de pórfido de cobre conocidos un estilo tectónico de bloques fallados. Este consiste en un complejo sistema de fallas que forman diferentes bloques, los que pueden estar volcados. En América del Sur se presenta un estilo similar en la parte meridional (Chile y Argentina) donde se produce un pronunciado sistema de fosas tectónicas (graben).

Es probable que estas estructuras de profundas raíces permitan la intrusión de cuerpos ígneos, los que muestran mayormente una composición de intermedia a ácida. Sus texturas son porfiríticas en general, aún cuando aparecen también texturas graníticas. La textura porfirítica de las rocas ígneas productivas sugieren que el nivel de intrusión fue superficial, es decir, 2,000 m, y que estas rocas bien podrían ser más subvolcánicas que

plutónicas. Las coladas de lava mineralizadas singénéticamente, como se conocen en Chile, pueden representar la fase efusiva de un pórfido cuprífero.

Estratigráficamente, las rocas intruídas y mineralizadas varían en edad desde el Precámbrico hasta el Mesozoico, pudiendo pertenecer a cualquier tipo litológico. Sin embargo, a escala regional, parece existir la evidencia de que la actividad magmática del Mesozoico (intrusiva y extrusiva), especialmente la edad Cretácica, es la más favorable para los cuerpos de pórfido de cobre. Estas o similares condiciones se han comunicado en informes del Sudoeste de los Estados Unidos y también en Chile, lugares donde la fase volcánica del Jurásico y Cretácico fue de considerable importancia. En otras palabras, la facie eugeosinclinal del geosinclinal Mesozoico parece presentar un ambiente favorable para la formación de depósito de pórfidos de cobre. Esta actividad magmática se produce en las fases finales del desarrollo del geosinclinal, bajo condiciones estables cercanas a la de un cratón. La relación entre la actividad ígnea y la última fase orogénica sugiere su clasificación como la de un magmatismo subsecuente.

Desde el punto de vista geoquímico, tanto la alteración como la mineralización de los depósitos de pórfidos de cobre están caracterizadas principalmente por reacciones que incluyen potasio, sílice, cobre, boro y molibdeno.

El potasio es introducido durante la última etapa de la alteración y se evidencia en la formación de biotita, sericita y ortosa. La sílice ingresa con las soluciones residuales produciendo una difusión de venillas de cuarzo y/o silicificación general.

La introducción del boro en los pórfidos de cobre conocidos es muy común, como se observa en Toquepala, Cananea, Disputada y Cerro Verde, donde se ha formado turmalina y en menor grado dumortierita (Cerro Verde). El cobre se presenta en la mineralización primaria, principalmente como calcopirita, ya sea finamente diseminada o rellenando fracturas. El molibdeno, representado por molibdenita, es típico de muchos depósitos de cobre de los Estados Unidos y suele estar estrechamente relacionado a las venillas de cuarzo y a la silificación. El renio se conoce en los pórfidos de cobre americanos y rusos y se presenta en la estructura mineral de la molibdenita, reemplazando al molibdeno debido al similar radio iónico.

Todas estas características geoquímicas son comunes a los depósitos americanos y algunos de los rusos (Kazakstan, Uzbequistán y Armenia). Por otra parte, también hay un poco de molibdeno-renio presente en los yacimientos de Puerto Rico, Filipinas, Islas Salomón y Mongoliana, lugares donde ésta asociación parece hallarse reemplazada por un mayor contenido de oro.

Son aún muy raras las referencias en la literatura geológica al origen del magma formador de depósito de pórfido de cobre. Teóricamente, estos cuerpos ígneos de composición ácida a intermedia, podrían derivarse de los dos tipos principales de magmas mencionados precedentemente. Sin embargo, la frecuencia de los intrusivos y extrusivos químicamente diferentes (básicos y ácidos) podrían facilitar alguna clave para descubrir sus orígenes.

La petrología moderna distingue dos diferentes magmas:

- a) Un magma juvenil de composición predominantemente básica, con pocas diferenciaciones ácidas, derivado del manto, y
- b) Un magma palingenético de composición predominantemente ácida. Este tipo se presenta en orogénesis, - donde parte de la corteza son fundidas formando un "magma sídico". Este puede ser emplazado en forma de rocas intrusivas o efusivas, especialmente durante la última fase orogénica del desarrollo de un sinclinal.

El ambiente geológico regional de los pórfidos de cobre así como los mismos depósitos, muestran las siguientes características, que pueden señalar un origen a partir de magmas palingenéticos:

- a) Relación genética y especial a una orogenia de carácter ortogeosinclinal.
- b) Uniformidad de radios geológicos y mineralógicos en distintos depósitos de cobre que cubren grandes áreas formando provincias metalogenéticas, y
- c) La posibilidad de relacionar características típicas de los pórfidos de cobre tal como están representados por la alteración hidrotermal y la mineralización a sedimentos argillíticos preexistentes, los que pueden haber sido el material original para la formación de un magma palingenético. El cuadro N° 1 indica el contenido de los siguientes elementos en trazas, en distintas rocas y demuestra que los sedimentos arcillosos son probablemente de significativa importancia en la formación de intrusiones portadoras de cobre y molibdeno del tipo pórfidos de cobre:

**CUADRO N° 1**

**CONTENIDO DE ELEMENTOS EN TRAZAS DE DETERMINADOS TIPOS DE ROCA**

	Mo ppm.	K %	Cu ppm.	S ppm.	B ppm.
Sedimentos de geosinclinal	140	270	192	2.600	93-310
Calizas	-	-	20	1.100	3
Rocas ígneas ácidas	3	26	16	500	0,9-3
Rocas ígneas básicas	2,6	-	149	2.000 3.000	3

Tomado de: "Investigaciones sobre minerales de cobre en las provincias de Mendoza, Neuquén y San Juan; Argentina". p. 61. U.N.D.P. 1,968

**2.2.- INVESTIGACIONES PREVIAS**

**2.2.1 EXPLORACION GEOQUIMICA (14)**

Los métodos de exploración Geoquímica llevados a cabo para el descubrimiento del área, jugaron un papel muy importante definiendo la principal área de interés y las áreas más pequeñas de mayor prioridad.

Se realizó muestreo de sedimentos fluviales,



BIBLIOTECA FICT ESPOL

muestreo de aguas, muestreo de rocas, muestreo de principales afloramientos y muestreo de suelos.

Estos trabajos fueron realizados desde el descubrimiento de las principales anomalías en Julio de 1.968 hasta Marzo de 1.969, y están resumidos en el mapa N° 2.

Fueron tomadas 425 muestras de sedimentos fluviales durante las investigaciones de reconocimiento y detalle cubriendo un área de 300 km<sup>2</sup>. La mayoría de estas muestras fueron analizadas utilizando las técnicas de biquinelina y de Espectrofotometría de absorción Atómica para Cu y la prueba de Thiocianato para Mo. Fue determinado un valor de fondo regional (background) de 40 ppm. para Cu y 5 ppm. para Mo. Valores anómicos altos 1.000ppm. Cu y 50 ppm. Mo, fueron determinados en 2 áreas localizadas, una al este de la confluencia Angas-Naranjos y la otra al Este de la confluencia Angas-Lanto. En la primera área los valores máximos alcanzados son 2.500 ppm. Cu, para el río Naranjos y 1.400 ppm. Cu para el río Angas. En la segunda área se determina 4.500 ppm. Cu como valor máximo.

La anomalía de Mo está representada por valores 50 ppm. Dos muestras de agua tuvieron contenidos de 2.500 y 4.500 ppm. Cu

En el muestreo de rocas se tomó 339 muestras analizándose 319. El contenido de Cu para las muestras tomadas fuera de las áreas mineralizadas, muestra un valor de fondo (background) de 20 ppm. mientras que para las áreas mineralizadas existen valores de 100 - 200 ppm. El más alto contenido de Cu

alcanza 9.000 ppm. = 0,9% en la muestra MK - 115. El valor de fondo (background) para Mo yace debajo de 10 ppm., con un contenido máximo de 2.750 ppm. en la muestra MK-42.

El muestreo de suelos fue realizado en las cuchillas, una entre los ríos Pita - Angas - Naranjos y la otra entre los ríos Naranjos - Angas - Lanto con un total de 132 muestras y 252 muestras en las riveras y laderas, principalmente dentro de las áreas de alta prioridad definidas por los cursos de los ríos Angas, Malacatos, Naranjos y Lanto; totalizando 384 muestras de suelos en el área de Chaucha.

El valor de Cu en suelos varía de 50 a 12.000 ppm. (= 1,2% Cu). El contenido Mo en suelos varía de 5 a 2.400 ppm.

En el muestreo de afloramientos principales un total de 498 muestras fueron tomadas en los lechos de los ríos y caminos, cubriendo un área de 30 km<sup>2</sup>.

El valor de fondo regional (background) es de 20 ppm. Cu para la parte occidental del área investigada. Valores 1.000 ppm. Cu son considerados anómalos, encontrándose valores altos hasta de 10.000 ppm. = 1% Cu en la muestra 1.050 en el río Malacatos. Para el Mo el valor de fondo (background) se ha considerado entre 2-5 ppm. determinándose 50 ppm. como valor anómalo, alcanzándose valores de 1.800 ppm.

En los meses de Septiembre a Diciembre de 1969 se realizó muestreo de afloramientos principa

les y de suelos. Se tomaron 56 muestras de afloramientos en los ríos y laderas, elevando el gran total a 554 muestras. Los valores altos de Cu - Mo - ocurren en las muestras tomadas en el área de contacto entre el pórfido cuarzo-feldespático y las rocas metamórficas por el intruídas y alcanzan hasta 6.000 ppm. Cu = 0,6% Cu y 1.000 ppm. Mo = 0,1% Mo, determinados en la muestra 14734 del lecho del río Lanto.

El muestreo de suelos efectuado fue en el área comprendida por las cuchillas de Naranjos, San Antonio, Santa Martha, Tunas y Gur - Gur. Las líneas fueron trazadas con tendencia N 20 E, con una longitud horizontal acumulada de 30, 25 Km. las distancias entre las líneas es de 200 m. con puntos de muestreo sobre la línea cada 50 m. El número de muestras recogidas y analizadas para Cu - Mo fue 634, cubriendo una área de 3,8 Km<sup>2</sup>. Los valores para las muestras de suelos varían desde 20 ppm. a un máximo de 8.800 ppm. Cu. Para Mo existen valores 50 ppm. consistiendo el valor de fondo (background), con valores de 500 ppm. para las anomalías más fuertes, alcanzando 2.000 ppm. Mo.

## 2.2.2 GEOFISICA (I)

La prospección magnetométrica se la efectuó para ayudar a la interpretación geológica del área (estructuras).

Un total de 500 observaciones, a intervalos de 50 a 300 m. fueron efectuados, cubriendo 90 Km. de línea y 18 Km<sup>2</sup>. de superficie, en una área de 6 Km. en dirección E-W y 3 Km. en dirección N-S, aproximadamente. Las mediciones fueron efectuadas sobre caminos, cuestas y ríos.

Los puntos de observación, como los contornos de interpretación está mostrados en el mapa N° 3.

El valor cero ha sido tomado arbitrariamente en base al valor promedio de una zona disturbada.

La intensidad magnética vertical varía desde 500 a 900 gammas. Los contornos magnéticos muestran dos orientaciones principales de dirección E-W y N-S, los que reflejan dos principales caracteres tectónicos del área de investigación.

Tres anomalías positivas mayores de 500 gammas se distinguen en el área de investigación.

Al oeste del área existe una anomalía que alcanza un máximo de 500 gammas medido en una sola estación. Parece que esta anomalía no tiene ninguna significación.

La anomalía localizada en el área entre los ríos Malacatos y Angas es la más grande. El contorno de + 500 gammas comprende una área de dirección E-W de 1.2 Km por 0,3 Km. de ancho. La máxima intensidad magnética alcanza + 900 gammas y está localizada 400 m. al noroeste de Cachinchina; y mientras que en el extremo occidental de la anomalía en el río Malacatos alcanza un máximo de + 700 gammas esta anomalía parece ser reflejada por una moderada ocurrencia de mineralización de magnetita, en vetillas de hasta 1 cm. de ancho. Coincide con el área de altos valores de  $Cu$  y  $Mo$  en afloramientos.

La tercera anomalía magnética está localiza

da en el área de Gur-Gur, alcanzando una intensidad magnética de + 950 gammas. Esta anomalía es de forma alargada mostrando una tendencia noreste, la cual parece estar relacionada a una característica tectónica. Está localizada sobre rocas metamórficas y parece reflejar un horizonte anfibolítico dentro de la secuencia metamórfica, la que puede estar limitada al este por una falla de tendencia noreste.

La gradiente de la anomalía es más suave hacia el oeste a medida en que los contornos magnéticos se van adaptando a los valores normales correspondientes al metamórfico. Esta gradiente también podría significar una ligera inclinación del plano de falla.

En el sector occidental del área aparece una serie de anomalías positivas de media amplitud (aproximadamente 300 gammas) con tendencia norte-sur estas anomalías son coincidentes con diques dacíticos mapeados en esta área.

Las principales características tectónicas - reflejadas por las disrupciones magnéticas, están indicados en el (mapa N° 3) y tienen un rumbo aproximado N-E, NW y WNW y concuerdan con las estructuras reconocidas en las fotografías aéreas.

### 2.3 METODO DE TRABAJO

El levantamiento geológico del área de Chaucha se efectuó sobre fotografías aéreas de escala aproximada 1:60.000. El mapa resultante fue compilado sobre una restitución fotogramétrica de escala aproximada 1:15.000 en base a fotografías aéreas de la misma escala, a pesar de notable precisión, considerando la ausencia del



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

control sobre el terreno, el mapa presenta distorciones en escala en varios lugares. Las fotografías aéreas utilizadas para el trabajo fueron suministradas por el Instituto Geográfico Militar.

El trabajo de campo se realizó en los meses de Septiembre a Diciembre de 1.969; el estudio petrográfico en Agosto de 1.971.

## CAPITULO II

### ESTUDIOS GENERALES

BIBLIOTECA



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

CAPITULO III

R A S G O S   G E N E R A L E S



INSTITUTO FICTICIO  
ESPAÑOL

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA  
DE CHAUCHA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
DE CONTROL

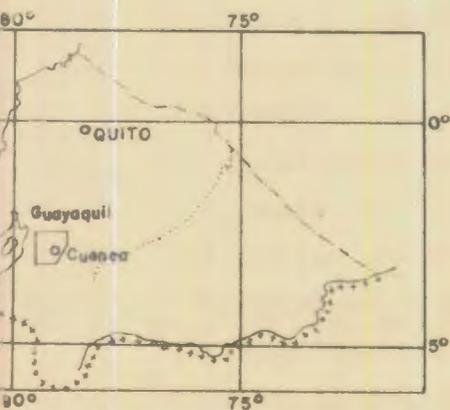
CHAUCHA

UNIVERSIDAD

BOGOTÁ



**BIBLIOTECA FICT.  
ESPOL**

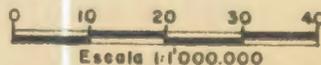


ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DEL LITORAL

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
MINAS Y PETROLEO

**CHAUCHA**

MAPA DE UBICACION



MAPA N°1

Junio 1969

### 3.1 GEOGRAFIA

#### 3.1.1 UBICACION

El depósito de cobre-molibdeno (Cu-Mo), el primero en su tipo descubierto en el país por métodos geoquímicos se encuentra localizado en el Valle del río Angas que constituye uno de los principales sistemas de drenaje de la Cordillera Occidental, en el sur del Ecuador.

El distrito está localizado en la Parroquia Chaucha en el área aledaña a los caseríos San Antonio, San Gabriel y Naranjos, a una altura de unos 1.500 m.s.n.m.

Chaucha pertenece a la provincia del Azuay, a unos 60 Km. de distancia de Cuenca que está situada al Este y de Balao en la costa unos 40 km.

La posición geográfica de Chaucha ha sido determinada en base al Mapa geográfico de la República del Ecuador editado en 1957 por el Instituto Geográfico Militar a escala 1:500.000 y sus coordenadas son:

Latitud Sur  $2^{\circ} 56'$ ; y

Longitud Oeste  $79^{\circ} 25'$

#### 3.1.2 VIAS DE COMUNICACION

El acceso a la zona de Chaucha es factible únicamente por camino de herradura y se lo practica a lomo de mula desde la Hcda. el Recreo, 12 Km al Este de la carretera Troncal Naranjal-Machala en la costa, o desde Soldados, 20 Km. al oeste de Cuenca. En ambos casos el viaje se lo efectúa en 8-10 horas dependiendo de la estación reinante, atravesando por una zona selvática tropical muy fangosa en gran parte del trayecto o sometiéndose al intenso frío y fuertes vientos al atravesar el páramo de Soldados (+ de 4.000 m.s.n.m.) ya sea que se lo practique desde la costa o sierra respectivamente.

### 3.1.3 CLIMA Y VEGETACION

El área de Chaucha goza de un clima muy placentero y seco durante el verano (Julio-Diciembre); mientras que fuertes lluvias ocurren en el resto del año, sin poseerse datos de precipitación anual dado a no existir estación pluviométrica en las cercanías del área.

El área central en general se encuentra desforestada; mientras que la parte nororiental está poblada por maderas entre las que se destaca el Negal.

### 3.1.4 POBLACION Y ACTIVIDAD HUMANA

El área está poblada por unos 400 habitantes asentados en los caceros de San Gabriel, San Antonio, Naranjos y Polo.

La principal actividad es la agricultura, siendo la producción de caña de azúcar la más importante. La ganadería está en sus inicios y dedicada al ganado vacuno y bovino.

### 3.2 HIDROGRAFIA

El área de Chaucha está drenada por una considerable cantidad de agua, atravesada por varios ríos y quebradas.

Los dos principales ríos del área son el Angas y Pita, los que drenan las zonas Norte y Sur respectivamente, los que se unen al pie de la cuchilla de Tunas, tomando el nombre del primero, para luego formar en la planicie costera el río Balao de considerable caudal practicable para la navegación fluvial.

El río Angas cuenta con afluentes de considerable caudal como son los ríos Jérez, Pimo, Lanto y Malacatos y con los ríos Naranjos, Santa Martha y otros de menor caudal.

El río San José es el principal tributario del Pita recibiendo además las aguas de un sinnúmero de quebradas en su largo recorrido.

La descarga del río Angas después de la confluencia con el Pita es considerable, su cauce es de 8 m. de ancho por 0,50 m. de profundidad en verano, teniendo un caudal apreciable que podría ser aprovechado en la producción de energía hidroeléctrica.

Sus tributarios varían de 2-6 m. con profundidades de 0,50 - 0,80 m. En general el agua es clara y la corriente es fuerte.

### 3.3 GEOMORFOLOGIA

En el valle del río Angas han sido determinados y descritos. El prospecto Chaucha está localizado en el Valle del río Angas y sus tributarios, los ríos Pita, San José, Naranjos, Malacatos, Jérez, Lanto y Pimo, cuyos cauces forman un sistema de drenaje dendrítico. Este sistema de drenaje está bien desarrollado y exhibe un cierto control tectónico. Los máximos desniveles entre los cauces e interfluvios oscilan aproximadamente entre los 1.000 m. Los valles característicos de zona de montaña exhiben fuertes gargantas.

Las formas topográficas son el resultado de los siguientes tipos de rocas: intrusivas-perfiricas, volcánicas y metamórficas; las primeras forman colinas con moderadas laderas; que ocupan la parte central del área; mientras que las volcánicas y metamórficas producen for-

man más accidentadas.

Es sobresaliente la morfología determinadas por el dique de composición dacítica emplazado en el batolito tonalítico como puede observarse en las cuchillas -- Santa Martha y Tunas al NE del área; pues forma la divisoria de 2 pequeñas quebradas que corren paralelas al rumbo N-S del dique aflorante en la cuchilla de Tunas.

"En general la morfología presente es considerada como juvenil e indica una rápida, fuerte y reciente actividad erosional de manera especial en el intrusivo tonalítico que es muy friable en su capa meteorizada. Este tipo de actividad erosional crea condiciones ideales para la aplicación de prospección geoquímica de sedimentos fluviales, puesto que el radio de dispersión de los sedimentos por acción de las corrientes fluviales, hace que en el caso de Chaucha la mineralización se detecte hasta 8 km. aguas abajo del área." (14)

En el valle del río Angas han sido determinados 3 diferentes pisos de terrazas, existiendo una diferencia de altura de 320 m. entre la más joven y la más antigua. La presencia de estos pisos de terrazas, pueden indicar un reciente levantamiento, seguido de un rápido y activo proceso de profundización de la red fluvial.

"Del 80 al 90% del área está cubierta por suelo residual, de material de derrumbes y los mejores afloramientos se encuentran en el lecho de los ríos y en las laderas más escarpadas." (14)

#### 4.1 GEOLOGIA REGIONAL

El área de investigación está localizada en el flanco occidental de la Cordillera Occidental comprendiendo la zona geológica del tipo de las unidades andinas. Debido a que se trata de una zona propiamente geológica regional de tipo andino, las referencias más antiguas sobre los mapas geológicos del Ecuador fueron por Walter Bauer, 1950 (1) y por el Instituto Geográfico del Ecuador (2) y de observaciones de campo de algunos autores.

En la zona existen evidencias de sucesos sedimentarios, metamórficos y magmáticos que van probablemente desde el Paleozoico hasta el Cuaternario.

### CAPITULO IV

Durante el estudio geológico regional de las rocas han sufrido la acción del viento de los diferentes sectores de las unidades andinas, graníticas, metamórficas y tectónicas que están registradas en el Mapa Geológico del Ecuador Occidental.



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

Verdad a grandes rasgos la estratigrafía, tectónica, metamorfismo y mineralización de la región.

#### 4.1.1 ESTRATIGRAFIA

Formaciones de rocas sedimentarias, volcánicas y metamórficas están presentes, las que se describen brevemente a continuación:

Rocas metamórficas probablemente de edad Paleozoica que son el resultado de metamorfismo regional, que presenta de sedimentos silíceos afloran en la zona de los cerros (800 m.s.n.m.) en el valle del río Mijang...

#### 4.1 GEOLOGIA REGIONAL

El área de investigación está localizada en el flanco occidental de la Cordillera Occidental, ocupando la parte Eugeosinclinal (10) del geosinclinal Mesozoico Andino. Debido a que se ha hecho muy poca prospección geológica regional de esta zona, las referencias han sido tomadas de los mapas geológicos del Ecuador editados por Walter Sauer, 1950 (10) y por el Instituto Francés del Petróleo 1.970 (3) y de observaciones de campo de ciertos autores.

En la zona afloran unidades de rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas que van probablemente desde el Paleozoico hasta el Reciente.

Durante el terciario (magmatismo sinorogénico) - las rocas han sufrido la acción del emplazamiento de los diferentes batolitos de composición ácida (granitos, granodioritas y tonalitas) los que están alineados regionalmente de N-S, en el flanco occidental de la Cordillera Occidental.

Veamos a grandes rasgos la estratigrafía, tectónica, magmatismo y mineralización de la región.

##### 4.1.1 ESTRATIGRAFIA

Formaciones de rocas sedimentarias, volcánicas y metamórficas están presentes, las que se describirán brevemente a continuación:

Rocas metamórficas probablemente de edad Paleozoica que son el resultado de metamorfismo regional, posiblemente de sedimentos polícticos afloran en la parte baja (800 m.s.n.m.) en el valle del Río Miguir -

al Norte de Molleturo, las que han sido observadas por E. Muller-Khale; Fred Huss las observó en el corte de la carretera Guayaquil-Cuenca, desde Cochancay hasta Joyapal (180-1.000 m.s.n.m.), en Chilla al sur de Chaucha también fueron observadas por el autor (1.000 m.s.n.m.), en el área de interés han sido determinadas a partir de los 1.600 m.s.n.m. están constituidas por esquistos y gneises. Esta serie se encuentra plegada, con una dirección cuya tendencia es N.N.E.

La secuencia volcánica que coincide con la "Formación Diabasa-Porfirita" (Piñón de la Sierra) de W. Sauer 1.950 (10) de edad Cretácica está en discordancia aflorando suprayacente a las metamórficas. Estas rocas también ocurren en la parte baja de la Cordillera. Esta formación está constituida por rocas de composición básica a media (diabasas y andesitas), las que se encuentran buzantes.

Sedimentos del cuaternario tanto marino (talaño) (3) como continentales (aluvión) constituyen la planicie costera, las que aparentemente parecen estar en contacto de tendencia N-S, con rocas volcánicas cretácicas.

Cubriendo discordantemente a las vulcanitas Cretácicas, de la Formación Piñón (10) en la parte más elevada de la Cordillera Occidental se encuentra un potente manto volcánico en posición horizontal no disturbado, constituido por lavas, brechas y tobas producto del volcanismo reciente (3).

#### 4.1.2 TECTONICA

Un lineamiento muy marcado de tendencia N-S

relacionado a las fallas de dirección regional N-S separa a la Cordillera Occidental de la planicie costera. Las estructuras E-W son reconocibles por los cursos de los ríos Jubones, Angas y Cañar que probablemente controlan a estos.

#### 4.1.3 MAGMATISMO

El magmatismo regional está constituido por complejos intrusivos de dimensiones batolíticas de composición ácida (granito-granodiorita-tonalita), que afloran en el flanco occidental de la Cordillera Occidental.

Las vulcanitas Cretácicas y metamórficas Paleozoicas son intruídas por estos batolitos y cuerpos más pequeños.

#### 4.1.4 MINERALIZACION

Al batolito cuarzo-diorítico se encuentra ligada la mineralización de Cu-Mo, constituyendo una de las principales unidades mineralizadas del área. De allí la importancia de los otros batolitos conocidos en la Cordillera Occidental que podrían estar ligados a otras ocurrencias minerales.

Las vulcanitas, post-intrusivas tienen importancia económica-geológica demostrada por la ocurrencia mineralógica de origen hidrotermal, en lavas dacíticas y riolíticas, constituida por calcopirita, pirita, tetrahedrita y galena, localizadas en el área de Angas (3.600 m.s.n.m.) a unos 15 Km. al E de Chaucha.

## 4.2 GEOLOGIA LOCAL

El área de interés del depósito porfirico de cobre de Chaucha, ha sido limitado a 45 Km<sup>2</sup> de superficie extendiéndose desde la confluencia Angas-Pita en el W hasta la confluencia Angas-Pimo en el E. y desde las cuchillas Santa Martha-San Antonio en el N hasta Quilluro en el S.

El mapeo geológico fue compilado en una restitución aereofotogramétrica a escala 1:15.000, obtenida de una ampliación fotográfica del área. El mapeamiento fue un tanto difícil debido a la cobertura tanto de suelo como de vegetación, los contactos mostrados son considerados como aproximados. Las estructuras en su mayoría fueron identificadas a partir de interpretación fotogeológica.

Se debe anotar que tanto las rocas metamórficas paleozoicas? como las volcánicas cretácicas, son cortadas por el batolito tonalítico, el que a su vez es cortado por 3 cuerpos y 1 dique de pórfido cuarzo-feldespático de composición dacítica

Es notoria la presencia en la cuchilla Naranjos de una brecha con matriz cuarzo-hematítica; en forma elongada en dirección N-S y que en asociación con la característica estructural fotointerpretada sugieren un origen tectónico.

### 4.2.1 ROCAS METAMORFICAS

En el área de investigación se presentan generalmente esquistos cuarzo-micáceos, grafiticos y anfíbolíticos. Rodados de gneis fueron observados en el río Pita, lo que demuestra que este tipo de

## CUADRO N° 2

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS DE LOS TIPOS  
DE ROCAS OBSERVADOS EN EL AREA DE CHAUCHA

EDAD	TIPO DE ROCA	CARACTERISTICAS
Reciente	Secuencia volcánica Lavas, Brechas, tobas	Horizontales
Cuaternario	Terrazas fluviales	Horizontales
Mioceno (tercio rio superior)	Rocas subvolcánicas e intrusivas; pórfi do, cuarzo, feldes- pático y cuarzo-dio- rita-tonalita	Mineralización Cu-Mo. Alteración Hi- drotermal
Cretacéo	Secuencia volcánica lavas y sedimentos pireoclásticos de com- posición intermedia	Inclinadas "For- mación Diabasa- Porfirita" (10)
Paleozoico?	Rocas metamórficas gneises, micaesquis- tos, esquistos gra- fitosos, anfiboliti- cos	Inclinadas (14)

roca está aflorando hacia el S-E. Estas rocas ocu-  
pan el área oriental del prospecto en contacto con -  
las volcánicas cretácicas (Ver mapa N° 4)

Afloramientos del área nos muestran que estas  
rocas se encuentran plegadas, orientadas en una di-  
rección de tendencia NNE con inclinación hacia el E.  
Se ha podido observar micropliegues en el esquisto -

cuarzo-micáceo, con pequeños cristales de turmalina en el área denominada Cachinchina. En esta misma área, Gur-Gur, estas rocas están intensamente silicificadas.

#### DESCRIPCION DE ESPECIMENES REPRESENTATIVOS

El examen microscópico de ciertos especímenes nos indican la presencia de cloritización y sericitización de estas rocas. Rutilo, circón y esfena son los accesorios detectados; piritita y magnetita los minerales opacos presentes. JC-5 es el espécimen representativo del esquisto anfíbolítico, con granos de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas y placas de anfíbol. JC-8, JC-9 y JC-15 son esquistos cuarzo-moscovíticos, constituidos de granos anhedrales de cuarzo y plaquitas de moscovita; JC-19, se trata de un esquisto sericítico, con esquistosidad bien definida compuesta esencialmente de granos de cuarzo intercalados con plaquitas de sericita.

#### 4.2.2 ROCAS VOLCANICAS

La secuencia volcánica de edad preintrusiva coincide con la "Formación Diabasa-Perfirita" de W. Sauer. (10) Estas rocas afloran en Baños Yunga en contacto con el intrusivo cuarzo-diorítico. En el área de interés están en contacto con las rocas metamórficas en la parte oriental.

En general están representadas por rocas de grano fino de color gris-verde, constituidos por tobas y coladas; dacíticas y andesíticas observadas en las últimas en la cuchilla de Naranjos (2.300 m.). Hay presencia de alteración hidrotermal observándose silicificación, piritización, cloritización y e-

pidotización, siendo estos últimos tipos, los característicos de la alteración hidrotermal de la "Formación Diabasa Porfirita", Piñón de la Sierra (10).

#### DESCRIPCION DE ESPECIMENES REPRESENTATIVOS

El examen microscópico del espécimen JC-14 nos determina una andesita alterada de textura porfírica, formada por fenocristales de plagioclasa andesina, labradorita en una matriz microgranular constituida de feldespato y cuarzo. JC-7 es una toba alterada de textura glomeroporfídica.

#### 4.2.3 TONALITA

La cuarzo-diorita/tonalita, excede algo en su ocurrencia, al área de interés antes descrita (aproximadamente 50 Km<sup>2</sup>) extendiéndose desde cerca de Baños Yunga hasta el poblado de Naranjos en Chaucha unos 7 Km. E-W, y en el sentido N-S una longitud igual a la anterior. Está cortando a las rocas metamórficas en el área oriental del prospecto (ver Mapa N° 4). La roca tiene una textura equigranular de grano medio, la que muestra una transición o grano fino, a medida que se acerca al contacto con el pórfido en el poblado de Naranjos y en otro cuerpo presente en la región de San Gabriel al NW del área. En esta roca se destaca la ocurrencia de magnetita diseminada y en vetillas de más o menos 1 cm. de potencia, especialmente en el área de mayor mineralización de Cu-Mo Naranjos - Santa Martha.

#### DESCRIPCION DE ESPECIMENES REPRESENTATIVOS

El examen microscópico de secciones delgadas de especímenes frescos como JC-24 exhibe una textura

hipidiomórfica-granular compuesta de cristales anhedrales de cuarzo, cristales euhedrales y subhedrales de oligoclasas-andesina, cristales pseudoexagonales de hornblenda y biotita subhedral, con circón y apatito como accesorios y como minerales opacos pirita y magnetita.

La alteración está confinada a la cloritización, epidotización, sericitización, silicificación y al desarrollo de magnetita, y de biotita junto con finas vetas de calcita.

El estudio petrográfico del espécimen JC-27 nos indica una fuerte alteración representada por una intensa sericitización que ha reemplazado totalmente a los feldespatos, permaneciendo granos de cuarzo inalterados. Un espécimen (14) tomado dentro del área mineralizada al E de la confluencia del Naranjos con el Angas, es similar a los especímenes JC-25 y 26, de esta misma área, constituyen una variedad microgranular de la tonalita, y su estudio petrográfico nos muestra que los feldespatos están completamente caolinizados, que las biotitas recristalizadas están altamente alteradas, con acumulaciones de clorita y magnetita. Apatito, esfena, rutilo, son los minerales accesorios más comunes.

#### 4.2.4 PORFIDO CUARZO-FELDESPATO

Lo integran varios cuerpos de diferentes dimensiones y formas: uno situado en el área de Ñag-Gur-Gur, (Ver Mapa N° 4) con una extensión de 1,6 x 0,5 Km; está cortando a las rocas metamórficas. Macroscópicamente se presenta con fenocristales de cuarzo en una matriz silícea muy fina. Un segundo cuerpo el más grande 3,0 x 0,9 Km. está localizado

al sur del río Angas y forma la cresta divisoria entre los ríos Pita-Angas, ocupando la parte central del área mapeada, cortando al intrusivo tonalítico y al metamórfico. Se caracteriza por presentar granos grandes de cuarzo y feldespatos y paquetes de biotita de hasta 0,6 cm., en una matriz muy fina de color gris. "Los especímenes alterados están muy blanqueados (argillitización y sericitización); las plagioclasas se encuentran bastante preservadas en cristales euhedrales reconocibles, y de la misma manera los cristales de cuarzo y biotita, lo que provee una característica muy peculiar para el reconocimiento en el campo de este tipo de roca."<sup>(14)</sup> Un tercer cuerpo que parece ser continuación del Lanto-Pimo, de similares características petrográficas, se encuentra en el río Jérez cortando a las metamórficas. Dos cuerpos pequeños se han determinado, uno al E del río San José y el otro cerca a la confluencia Angas-Malacatos. Un dique de 1,6 x 0,15 Km. está emplazado en el área de Santa Martha-Tunas, con granos de cuarzo bien cristalizados y de plagioclasas euhedrales, muestra evidencia de metamorfismo termal.

#### DESCRIPCION DE ESPECIMENES REPRESENTATIVOS

El examen microscópico del espécimen K 242 (14) tomado del cuerpo de Lanto-Pimo, indica un alto grado de alteración hidrotermal. La textura porfirítica está formada por fenocristales de plagioclasas sericitizadas, anfíboles epidotizados y en menor cantidad granos anhedrales de cuarzo con una matriz muy fina altamente alterada haciendo muy difícil la identificación de los minerales. El espécimen JC-12 del área de Tunas muestra textura porfirítica formada por fenocristales de cuarzo, plagiocla



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

sa, andesina y biotita en una matriz muy fina de cuarzo, biotita y posible feldesparos potásico, indicando una leve sericitización y epidotización.

JC-13 es un espécimen del dique con evidencia de metamorfismo termal que afecta la textura porfirítica, indicando una fuerte alteración. La roca está constituida por fenocristales de cuarzo plagioclasa euhedral de zonado inverso, oligoclasa andesina y placas de biotita.

El estudio microscópico de los especímenes de esta roca nos sugiere que podría ser más subvolcánica que plutónica.

#### 4.2.5 TERRAZA FLUVIALES

En el Valle del río Angas han sido determinados tres pisos de terrazas fluviales de edad cuaternaria. Su presencia nos puede indicar un levantamiento reciente del área.

#### 4.3 ESTRUCTURAS

Como ya se mencionó arriba las estructuras en su mayoría fueron identificadas mediante fotointerpretación. Habiéndose confirmado algunas de ellas por prospección magnética en el terreno (1) mientras que otras coinciden con las determinadas por la prospección aeromagnética realizada en el área Sur de la Cordillera (9).

Es muy probable que el reemplazamiento de la Tonalita, está relacionado a la intersección de fallas de carácter regional de tendencia N-S, E-W, NE, SW cumpliéndose esta relación con los intrusivos tanto al S y N de Chaucha. Se debe indicar que la Tonalita parece haber sido controlada en su reemplazamiento por la disposición estructural principalmente de las rocas metamórficas cuya dirección determinante se menciona arriba, esto es NNE.

El lineamiento N-S es claramente reconocible, separa a la Cordillera Occidental de la planicie costera; mientras que la mayor estructura E-W ha sido determinada por aeromagnetometría (9) pocos kilómetros al N de Chaucha claramente reconocible en el mapa (9), constituyendo el curso del río Angas una estructura menor en dicho mapa (9).

Es notoria la presencia de los sistemas de fallas principales cuyas tendencias son N-S y E-W y de las menores NE, NW.

"El curso del río Pita está controlado por la falla NNW en casi todo su recorrido aunque en el área de investigación muestra una pronunciada curva causada por el emplazamiento del pórfido. Esta falla por consiguiente seguramente está relacionada a los movimientos post-batolito-pre-pórfido y esta relación puede ser general para la mayoría de las fallas observadas (14)".

Como resultado de las investigaciones más detalladas efectuadas por la compañía japonesa han sido determinadas "en la Tonalita en el área de Naranjos dos sistemas de fracturas: NO-NNO-SE-SSE y NE-NEE-SO-SOO, las que habrían controlado la intrusión del pórfido cuarífero".

Fracturas muy finas que se cruzan en todo sentido (criss crossing) de intensidad media ocurren especialmente en la Tonalita, y son estas fracturas las que proporcionaron el espacio necesario para la circulación de los fluidos mineralizantes y el emplazamiento de la mineralización.

Los métodos de emplazamiento de las rocas ígneas son clasificados de acuerdo a Stringham; (13) están basados en la forma de los afloramientos, la naturaleza de los contactos y la orientación de las rocas preexistentes.

La intrusión cuarzo-diorita/tonalita es clasificada pasiva, porque tiene evidencias que favorecen unas al emplazamiento activo y otras al permisivo.

Indicaciones de emplazamiento activo son la presencia de pequeños diques de tendencia E-O y NE dentro del metamórfico y volcánico, localizados en el área oriental mapeada.

La posición no disturbada de las rocas intruidas en una evidencia de emplazamiento permisivo.

El pórfido cuarzo-feldespático, muestra un modo de emplazamiento más forzado, indicado por el dique de Santa Martha-Tunas y los pequeños cuerpos que cortan a la tonalita (activo); a diferencia de los dos cuerpos grandes que no perturban a las rocas que con él hacen contacto (permisivo); por consiguiente también se lo puede clasificar como pasivo.

#### 4.4. E D A D

Para la determinación de la edad fueron enviadas dos muestras de tonalita, una la N° 14628 al Institute of Geological Service, de Londres y la otra MK-112 al Department of Geochronology, of the University of Arizona, Tucson.

Los resultados en ambas determinaciones fueron obtenidas mediante la relación K - Ar y han dado valores

(1) Muestra N° 14628

(2) Muestra MK-112

12  $\pm$  6 m.a. (2) para la biotita de la muestra N° 14628; mientras que la edad de la muestra MK-112 es de 9,8  $\pm$  0,3 m.a. Esta edad corresponde al Plioceno (Terciario Superior) y resulta ser muy joven comparado con las edades de los depósitos porfiricos de cobre del Suroeste de los Estados Unidos de América, en donde casi la totalidad de los depósitos conocidos en Arizona (7) es tan íntimamente asociados con rocas Plutónicas de fines del Cretácico y comienzos del Terciario, de la época tectónica Laramídica (7) cuyas edades varían de 72 a 58 m.a.; o como sucede con el depósito Tequepala, (6) Perú en donde se ha determinado una edad de  $\pm$  60 m.a; y para la hornblenda primaria y biotita secundaria de Michiquillay, (6) Perú  $\pm$  48 m.a. y  $\pm$  20 m.a. respectivamente y con el depósito del Cerro Petaquilla, Panamá que tiene una edad de 32  $\pm$  2 m.a. que corresponde al Oligoceno medio (4).

El siguiente cuadro resume los datos antes mencionados Panamá y Michiquillay, Perú.

### CUADRO N° 3

#### CUADRO COMPARATIVO DE LAS EDADES APARENTES DE DIFERENTES DEPOSITOS PORFIRICOS DE COBRE

MUESTRA	LOCALIDAD	EDAD APARENTE (m.a.)
Plutónicas	Arizona, U. S. A.	72 - 58
Biotita	Toquepala, Perú	$\pm$ 60
Hornblenda	Michiquillay, Perú	$\pm$ 48
Biotita (secd)	Michiquillay	$\pm$ 20
Diorita	Cerro Petaquilla	$\pm$ 33
Biotita (1)	Chaucha, Ecuador	$\pm$ 12
Biotita (2)	Chaucha, Ecuador	$\pm$ 10

(1) Muestra N° 14628

(2) Muestra MK-112

Tomado: K: Ar Age of Biotite Granodiorite Associated with Primary Cu-Mo Mineralization at Chaucha Ecuador, Damon Paule.



BIBLIOTECA FICTIVA  
ESPOL

Proyecto Minero de Azuero, Cerro Petaquilla, Panamá. Institute of Geological Service. Londres - Inglaterra 1968.

Potassium - Argon Dates from Toquepala and Michiquillay, Perú. Economic Geology Vol. 63 pg. 30-36. Laughlin A.W. et. al., 1968.

Lateral and Vertical Alteration - Mineralization Zoning in Porphyry Ore Deposits, Economic Geology, Vol. 65 pg. 373-408. Lowell David and Guilbert John M., 1970.

Del cuadro anterior se desprende que la edad del intrusivo de Chaucha determina que sea el depósito porfirico de cobre más joven de que se tenga cuenta, siguiéndole en juventud los depósitos de Cerro Petaquilla, Panamá y Michiquillay, Perú.

La razón de esta edad tan joven determinada en la biotita de la tonalita, parece se debe a que las muestras tomadas para la determinación de edad, estaban muy cerca al intrusivo microcuarzo diorítico, o a la "covertura - volcánica" (8) todavía presente al sur del área de investigación a altas elevaciones.

Por consiguiente "parece plausible que esta intrusión y las extrusiones han recalentado las rocas más viejas arriba de la temperatura de cierre ("Closure Temperature") (12) de las biotitas, que es la temperatura bajo la cual la difusión del argón radioactivo para" (8). Otra razón para la edad joven podría ser el levantamiento de la tonalita. "A una zona de temperatura, la cual era menor que la temperatura de cierre de sus minerales constituyentes" (12).

Un caso análogo sucede en la determinación de la edad de la granodiorita de Macará, Provincia de Loja en donde la biotita y la hornblenda de la misma muestra dan edades diferentes de 48 y 111 m.a. respectivamente.

El autor de dicho trabajo llegó a conclusiones similares a las del presente y dice "la discordante edad aparente indica que la roca es de por lo menos 111 m.a. aproximadamente del cretáceo superior y que ha sufrido una perturbancia durante el Eoceno. Esta perturbancia puede haber sido causada por una intrusión posterior, o un levantamiento tectónico (5). Detalle de la determinación de edad en los dos casos, mediante la relación K: Ar son datos en el cuadro N° 4 a continuación:

## CAPITULO V

## CUADRO N° 4

DETERMINACION DE EDAD MEDIANTE K: Ar DE LOS INTRUSIVOS  
DE CHAUCHA Y MACARA

MUESTRA	LOCALIDAD	EDAD (m.a.)
Biotita (1)	Chaucha, Prov. Azuay	12 ± 0,6
Biotita (2)	Chaucha, Prov. Azuay	9,8 ± 0,3
Biotita (3)	Macará, Prov. Loja	48 ± 2
Hornblenda (3)	Macará, Prov. Loja	111 ± 30

(1) Muestra N° 14628

(2) Muestra NK-112

(3) Muestra KE-425

Tomado: K: Age of Biotite Granodiorite Associated with Primary Cu-Mo Mineralization at Chaucha Ecuador, Damon, Paule.

Brief Interim Report on the Geology of Loja Province, Ecuador. Kennerly S. Brian, 1971.



BIBLIOTECA FOT:  
ESPOL





Fueron tomadas 28 muestras de roca para el análisis petrográfico; realizándose la macroscopía con la ayuda del lente de mano y luego el de mayor importancia el estudio microscópico en las secciones delgadas; las que fueron preparadas en el laboratorio de la Dirección de Geología y Minas.

Para el estudio de láminas delgadas y determinación de ciertos minerales opacos se usaron el microscopio polarizante LEITZ y el microscopio binocular NIKON respectivamente, del laboratorio petrográfico del Proyecto Minero de Naciones Unidas.

La determinación de los feldespatos plagioclasas se efectuó valiéndose del método de Michel-Levy (método de determinación de los ángulos de extinción en las macas de albita cortadas normalmente a 010). Del estudio microscópico se desprende que la roca intrusiva más importante del área, relacionada con la mineralización Cu-Mo diseminado es la tonalita; cuya composición al término medio es la siguiente:

Cuarzo 23%, Plagioclasa 43%, Feldespato Potásico 6%, Anfiboles 5% ; Accesorios 2% y Biotita 21%.

### 5.1 DESCRIPCION MACROSCOPICA

- JC-1. Localización: Río Lanto, afloramiento 1, altura 1.630 m.  
Color: Gris oscuro  
Estructura: Vetillas de cuarzo de  $\pm$  1 cm. de espesor en roca metamórfica, fracturamiento bueno.  
Composición: Intrusivo: Cristales de cuarzo, feldespato plagioclasa y biotita metamórfica: granos de cuarzo y mica.

- Alteración:** Silicificación leve y biotización.
- Mineralización:** Cristales diseminados de piritita, calcopirita y molibdenita relacionada a las vetillas de cuarzo.
- Roca:** Es una muestra de contacto, esquistos micáceos y tonalita.
- JC-2. Localización:** Río Angas, afloramiento 3, altura 1.640 m.
- Color:** Gris amarillento.
- Estructura:** Fracturamiento bueno, 1-3 cm. de ancho.
- Composición:** Cuarzo feldespatos plagioclasas y sericita.
- Alteración:** Silicificación y sericitización intensa.
- Mineralización:** Abundante Molibdenita, ocre de molibdeno ferromolibdenita, piritita y malaquita.
- Roca:** Pórfido-cuarzo-feldespático intensamente alterado.
- JC-3. Localización:** Río Lanto, afloramiento 8, altura 1.705 m.
- Color:** Gris claro.
- Estructura:** Roca de dique, fracturamiento débil.
- Composición:** Cuarzo, feldespatos plagioclasas, biotita.
- Alteración:** Silicificación débil.
- Mineralización:** Piritita diseminada y en vetillas y trazas de malaquita.
- Roca:** Cuarzo-Diorita/tonalita.

- JC-4. **Localización:** Afloramiento 20, altura 1.615m.  
**Color:** Gris blanco.  
**Estructura:** Varios sistemas de diaclasas.  
**Composición:** Fenocristales de cuarzo, mica y feldespatos plagioclasas.  
**Alteración:** Leve sericitización.  
**Mineralización:** Pirita y molibdenita diseminada  
**Roca:** Toba dacítica.
- JC-5. **Localización:** Río Pimo, afloramiento 21, altura 1.615 m.  
**Color:** Gris oscuro.  
**Estructura:** Vetillas perpendiculares a la foliación.  
**Composición:** Cuarzo-anfibol.  
**Alteración:** Silicificación  
**Mineralización:** Cristales diseminados de pirita, calcopirita y malaquita.  
**Roca:** Esquisto anfibolítico.
- JC-6. **Localización:** Río Pimo, afloramiento 22, altura 1.735 m.  
**Color:** Gris.  
**Estructura:** Fuertemente diaclasada, roca de dique.  
**Composición:** Cuarzo, feldespatos plagioclasas biotita y anfibol.  
**Alteración:** No presenta.  
**Mineralización:** No presenta.  
**Roca:** Tonalita.
- JC-7. **Localización:** Río Pimo, a 50 m. al S de afloramiento 22.  
**Color:** Gris oscuro.  
**Estructura:** Diaclasas N 70 W/15  
**Composición:** Fenocristales de cuarzo, y feldespatos-plagioclasas.

- Mineralización: No presenta. / tonalita.
- Roca: Toba alterada.
- JC-11. Localización: Afloramiento 44, altura 1.350 m.
- JC-8. Localización: Camino Gur-Gur - San Antonio, a  
Estructura: afloramiento 26 altura 1.610 m.  
Color: Blanco.  
Estructura: Algo diaclasada.  
Composición: Cuarzo, moscovita.  
Alteración: Intensa silicificación y serici-  
Mineralización: tización.  
Mineralización: No presenta.  
Roca: Esquisto cuarzo-moscovítico.
- JC-12. Localización: Cuchilla Tunas, afloramiento 50
- JC-9. Localización: Río Angas, afloramiento 38, al-  
Color: tura 1.440 m.  
Color: Gris blanco.  
Estructura: Fracturamiento fuerte, fracturas  
rellenadas con vetillas de cuar-  
Alteración: zo.  
Composición: Cuarzo-feldespatos plagioclasa,  
Roca: moscovita.  
Alteración: Silicificación intensa.
- JC-13. Mineralización: Pirita y calcopirita diseminada  
Color: y trazas de molibdenita.  
Estructura: Esquisto-cuarzo-moscovítico.  
Composición: Cuarzo, feldespatos plagioclasas
- JC-10. Localización: Río Jérez, afloramiento 39, al-  
Alteración: tura 1.490 m. y epidotización  
Mineralización: Gris. y calcopirita diseminada  
Color: Gris.  
Estructura: Fracturamiento débil, venillas  
Roca: de pirita.  
Composición: Feldespatos plagioclasas, cuar-  
zo biotita.
- JC-14. Localización: Afloramiento 55.  
Alteración: Silicificación-sericitización.  
Mineralización: Pirita, calcopirita y magnetita  
Composición: reemplazando a máficos y relle-  
nando finas fracturas.

- Roca: Cuarzo Diorita/tonalita.  
Mineralización: Pirita diseminada y jarosita
- JC-11. Localización: Afloramiento 44, altura 1.850 m.  
Color: Gris claro.
- JC-15. Estructura: Diaclasas y fracturamiento débil.  
Composición: Feldespatos plagioclasas, cuarzo, biotita, anfíbol.  
Alteración: No presenta.  
Mineralización: Pirita diseminada  
Roca: Tonalita.  
Mineralización: Esquistos cuarzo-sericitico.
- JC-12. Localización: Cuchilla Tunas, afloramiento 50  
JC-16. Localización: altura 1.350 m.  
Color: Gris blanco.  
Estructura: Fracturamiento débil  
Composición: Cuarzo, feldespatos plagioclasas y biotita matriz fina.  
Alteración: Leve sericitización.  
Mineralización: No presenta.  
Roca: Pórfido cuarzo-feldespático.
- JC-17. Localización: Afloramiento 50
- JC-13. Localización: Afloramiento 51, altura 1.375 m.  
Color: Gris oscuro.  
Estructura: Roca de dique.  
Composición: Cuarzo, feldespatos plagioclasas y biotita.  
Alteración: Cloritización y epidotización  
Mineralización: Pirita y calcopirita diseminada óxidos de hierro.
- JC-18. Localización: Pórfido cuarzo-feldespático.  
51, altura 1.960 m.
- JC-14. Localización: Afloramiento 55.  
Color: Gris oscuro.  
Estructura: Masiva.  
Composición: Roca muy fina, no se distingue cristales.

- Alteración: Cloritización leve.  
 Mineralización: Pirita diseminada y jarosita  
 Roca: Felsita.  
 Roca: Esquistos biotíticos.
- JC-15. Localización: Afloramiento 56.  
 JC-19. Color: Gris.  
 Estructura: Vetillas de cuarzo de 1 cm. de espesor.  
 Composición: Cuarzo, biotita, sericita.  
 Alteración: Sericitización.  
 Mineralización: No presenta.  
 Roca: Esquisto cuarzo-sericítico.
- JC-16. Localización: Cerca al afloramiento 56.  
 Color: Gris oscuro.  
 Estructura: Vetillas finas de cuarzo.  
 JC-21. Composición: Cuarzo, grafito.  
 Alteración: Sericitización-silicificación  
 Mineralización: Esquistos cuarzo-grafíticos.  
 Roca: Esquisto cuarzo-grafítico.
- JC-17. Localización: Afloramiento 60  
 Color: Gris.  
 Estructura: Vetillas de cuarzo.  
 Composición: Cuarzo, feldespatos plagioclasas y biotita.  
 Alteración: Sericitización.  
 Mineralización: Pirita y magnetita, diseminada  
 JC-22. Roca: Tonalita, afloramiento 59, altura 1.940 m.  
 JC-18. Localización: Quebrada Soledad, afloramiento 61, altura 1.960 m.  
 Estructura: Marrón.  
 Color: Marrón.  
 Estructura: Vetillas de cuarzo de 1-3 cm. de espesor esquistosidad N 50  
 Alteración: E/30 E.



BIBLIOTECA FICTICIA  
 ESPOL

- Composición:** Cuarzo-biotita-sericita.
- Alteración:** Cloritización.
- Mineralización:** Pirita diseminada
- Roca:** Esquisto biotítico.
- JC-23. **Localización:** Gallotera, afloramiento 79.
- JC-19. **Localización:** Afloramiento 63.
- Color:** Gris blanco
- Estructura:** Esquistosa.
- Composición:** Cuarzo - sericita.
- Alteración:** Silicificación - sericitización
- Mineralización:** No presenta.
- Roca:** Esquisto cuarzo - sericítico.
- JC-20. **Localización:** Afloramiento 63
- JC-24. **Localización:** Estrechamente similar a JC-19.
- JC-21. **Localización:** Río Pita, afloramiento 64, altura 1.520 m.
- Estructura:** Fracturamiento fuerte, vetillas de cuarzo.
- Color:** Gris claro.
- Estructura:** Fracturamiento fuerte, vetillas de cuarzo.
- Alteración:** Cloritización.
- Composición:** Cuarzo, feldespatos plagioclasas biotita.
- Roca:** Tonalita.
- Alteración:** Cloritización.
- JC-25. **Mineralización:** Pirita, calcopirita, molibdenita malaquita, covelina, jarosita.
- Roca:** Tonalita.
- Estructura:** Fracturamiento fuerte, vetillas
- JC-22. **Localización:** Río Pita, afloramiento 69, altura 1.340 m.
- Composición:** Cuarzo, feldespatos plagioclasas máficos.
- Color:** Gris claro.
- Estructura:** Fracturamiento bueno, vetillas de 1 cm. de espesor.
- Mineralización:** Pirita, calcopirita, molibdenita malaquita, covelina, jarosita.
- Composición:** Cuarzo, feldespatos plagioclasas máficos.
- Alteración:** Destruye máficos.

- JC-26. Mineralización: Pirita y calcopirita localizada en máficos, malaquita.  
Roca: estructura: Tonalita. (tonita)  
Estructura: similar a JC-23.
- JC-23. Localización: Quilloturo, afloramiento 79, altura 2.040 m.  
JC-27. Localización: Afloramiento 82, altura 1.380 m.  
Color: Gris.  
Estructura: Fuertemente diaclasada.  
Composición: Feldespatos plagioclasas, máficos.  
Estructura: estructura fuerte.  
Alteración: No presenta.  
Mineralización: No presenta.  
Roca: composición: Tonalita. sericitización.  
Mineralización: Pirita, calcopirita, malibienita.
- JC-24. Localización: Río Pita, afloramiento 85, altura 1.130 m.  
Color: Gris claro.  
Estructura: Fracturamiento débil.
- JC-28. Composición: Cuarzo, feldespatos plagioclasas máficos. 400 m.  
Alteración: No presenta.  
Mineralización: Algo de pirita. y tonalita.  
Roca: composición: Tonalita. feldespatos plagioclasas, biotita.
- JC-25. Localización: Naranjos, afloramiento 88, altura 1.440 m.  
Mineralización: máficos.  
Color: Blanco.  
Estructura: Fracturamiento fuerte, vetillas de cuarzo.
- 5.2 CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS
- JC-1. Tonalita-Gneiss biotítico  
Composición: Cuarzo, feldespatos plagioclasas máficos muy finos.  
Alteración: Sericitización-silicificación.  
Mineralización: No presenta. de contacto, entre gneiss y tonalita.  
Roca: gneiss biotítico y Microtonalita.

El estudio microscópico revela un metamorfismo de

- JC-26. Localización:** Naranjos, afloramiento 89, altura 1.420 m.
- Estructura:** Falla (milonita)  
Estrechamente similar a JC-25.
- JC-27. Localización:** Río Angas, afloramiento 102, altura 1.380 m.
- Color:** Gris blanco, afloramiento en derribo de color verde-azul.
- Estructura:** Fracturamiento fuerte.
- Composición:** Cuarzo, feldespatos plagioclasas, biotita.
- Alteración:** Silicificación-sericitización.
- Mineralización:** Pirita, calcopirita, molibdenita, covelina, calcocina, malaquita, calcantita, magnetita.
- Roca:** Tonalita.
- JC-28. Localización:** Santa Martha, afloramiento 108, altura 1.400 m.
- Color:** Gris.
- Estructura:** Dique de dacita y tonalita.
- Composición:** Cuarzo, feldespatos plagioclasas, biotita.
- Alteración:** Débil sericitización.
- Mineralización:** Pirita diseminada.
- Roca:** Tonalita

## 5.2 CARACTERISTICAS MICROSCOPICAS

### JC-1. Tonalita-Gneiss biotítico.

La muestra de mano es una roca de contacto, entre el metamórfico y el intrusivo.

El estudio microscópico revela un metamorfismo de

bajo grado, que ha dejado inalterable la zona intrusiva. Las opacas presentes son: pirita y magnetita que se encuentran localizadas en la biotita.

La textura de la zona intrusiva es hipidiomórfica-granular. Los cristales son de grano medio, comprende cuarzo anhedral, feldespato potásico - bandeado, con placas de biotita fina cloritizada. El espécimen está algo sericitizado.

Los fenocristales son de cuarzo anhedral y feldespato. Los minerales accesorios presentes son: apatito, y rutilo esparcidos esporádicamente en la roca.

El área metamórfica presenta una textura esquistosa granular, con cristales de grano más finos que en el intrusivo y comprenden un intercrecimiento de cuarzo, oligoclasa, feldespato y placas de moscovita. En parte la roca está epidotizada. Los minerales accesorios son circón, esfene, rutilo. ita y magnetita están esparcidos en la roca.

En toda la lámina hay minerales opacos: pirita y en menor proporción magnetita.



JC-3. Tonalita alterada. Textura esquistosa de tonalita en la cual los cristales muestran una alteración.

BIBLIOTECA FICTICIA  
ESPOL

La textura de la roca es hipidiomórfica-granular de grano medio, constituida por cristales anhedrales de cuarzo, plagioclasa zonada, oligoclasa andesina y ortoclasa subordinada. Los máficos está representados por placas de biotita, en parte cloritizada y horblenda. Plaquetas de biotita están reemplazando a los anfíboles.

La presencia de óxidos secundario: de hierro y pirita. Se observa cierto grado de alteración por los granos irregulares de epidota y clorita localizados en las plagioclasas, los minerales accesorios son: circón, rutilo y apatito.

Los minerales opacos presentes son: pirita y magnetita que se encuentran localizados en la biotita y anfíbol.

JC-4. Dacita porfírica.

La roca es holocristalina con textura porfirítica. Los fenocristales son de cuarzo anhedral y moscovita alterada al igual que las plagioclasas, las que se encuentran en una mesostásis de grano muy fino constituida por cuarzo, laminillas de feldespatos y plaquitas finas de sericita. La roca muestra intensa sericificación y además carbonatación (calcita) que se observa en las plagioclasas y moscovita.

Los accesorios presentes son: esfena, óxidos de hierro, Pirita y magnetita están esparcidos en la roca.

JC-5. Esquisto cuarzo-anfibolítico.

Es una roca de textura esquistosa de grano medio en la cual los cristales muestran una orientación preferencial.

Los granos son de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y placas de anfíbol. Vetillas de cuarzo de posible origen posterior (hidrotermal) atraviezan perpendiculares a la esquistosidad. La alteración muy incipiente se reduce a la presencia de óxidos secundarios de hierro y pirita secundaria y feldespatos empolvados. Se observa magnetita y en menor proporción pirita.

JC-6. Tonalita alterada.

Estrechamente similar a JC-3, con ausencia de anfiboles. Mineralización no aparente.

JC-7. Toba-volcánica alterada.

Presenta textura glomeroporfídica. Aparece como una roca formada por pedazos de roca más antigua constituida por fenocristales de cuarzo anhedral, plagioclasa muy alterada subhedral, biotita en finos agregados. La matriz está formada por finos granos de cuarzo y feldespatos.

JC-10. La epidotización de las plagioclasas y en menor intensidad la cloritización, son los tipos de alteración presentes. Los minerales accesorios están representados por apatito y circón. Esperádicos cristales de pirita y magnetita son observados.

JC-8. Esquisto cuarzo-moscovítico.

Presenta textura porfiroblástica como resultado de la intensa alteración. Está constituida por porfiroblastos anhedrales de cuarzo normal y anómalo y placas de moscovita encerradas por granos más finos de cuarzo y sericita.

Apatito y esfene son los accesorios presentes. Se detectan pocos cristales, de ortita, que es una variedad cónica de la epidota y de pirita secundaria.

JC-11. La roca presenta intensa alteración: silicificación y sericitización.

JC-9. Esquisto cuarzo-moscovítico

Esta roca tiene textura alotriomórfica-granular, constituida casi en su totalidad por granos anhédrales de cuarzo, en menor proporción plagioclase oligoclase bastante alterada, y por plaquitas de moscovita.

Una fuerte silicificación está presente, acompañada de una alta sericitización y carbonatación (calcita) que afecta principalmente a las plagioclases.

JC-12. Calcita porfirica.

Granos de rutilo y circón son los accesorios detectados; con presencia de pirita esparcida en la roca.

JC-10. Tonalita biotítica alterada.

Presenta textura hipidiomórfica-granular, grano medio, constituida por cristales anhédrales de cuarzo, plagioclase zonada (oligoclase) y placas de biotita alterada, biotita secundaria.

JC-13. La alteración está representada por fuerte cloritización de las biotitas principalmente. Carbonatación (calcita), epidotización y sericitización, afectan a las plagioclases.

Apatito y esfeno son los accesorios presentes. La mineralización está localizada en los máficos comprendida por cristales de pirita y calcopirita, junto a óxidos de hierro secundario.

Fuerte cloritización y epidotización están presentes.

JC-11. Tonalita hornbléndica levemente alterada.

Su textura es hipidiomórfica-granular, grano medio, formada por cuarzo anhedral, plagioclases:

oligoclasa-andesina subhedral. Cristales pseudo hexagonales de hornblenda y en menor proporción - placas de biotita. Una leve sericitización afecta a las plagioclasas, sucediendo en igual forma con la cloritización de los máficos. acción entre la matriz y el fenocristal.

JC-14. Granos irregulares de esfena, apatito y circón - están presentes. Pocos cristales de pirita, magnetita y calcopirita son observados.

JC-12. Dacita porfirica. Textura porfirítica, constituida por fenocristales andesina y labradorita muy alterada, en una matriz microgranular formada de cuarzo y biotita.  
Presenta textura porfirítica, con fenocristales euhedrales de cuarzo, plagioclasa zonada, oligoclasa, andesina, biotita, en una matriz muy fina formada de cuarzo, feldespato y biotita.

Una leve sericitización y epidotización están presentes en la roca. Granos de circón son detectados como accesorios. Magnetita es el único mineral opaco existente.

JC-15. Dacita porfirica alterada. Textura porfirítica, constituida por fenocristales de cuarzo, mescovita y unas pocas plaquitas de biotita.

La roca posee textura porfirítica, constituida por fenocristales subhedrales de plagioclasa de zonado inverso oligoclasa-andesina, cuarzo y placas de biotita se hallan en una pasta de grano muy fino formada de feldespatos, cuarzo y agregados finos de biotita y mescovita. Los minerales opacos presentes.

JC-16. Fuerte cloritización y epidotización están presentes. Granos accesorios de circón y apatito se observan.

Presenta textura granoblástica con incipiente Magnetita, pirita y algo de calcopirita están diseminados.

Un metamorfismo termal de alto grado ha afectado la textura y composición de la roca, demostrando por las aureolas de agregados de biotita y cuarzo alrededor de fenocristales de cuarzo; aureolas provenientes de una posible reacción entre la matriz y el fenocristal.



JC-14. Andesita alterada.

BIBLIOTECA FICT

JC-17.

Textura porfirítica, constituida por fenocristales de plagioclasa andesina y labradorita muy alterada, en una matriz microgranular formada de feldespatos, poco cuarzo, clinozoisita.

ESPOL

Incipiente cloritización y epidotización afectan las plagioclasas.

La pirita es el mineral opaco distribuido por toda la roca.

JC-15. Esquisto cuarzo-moscovítico.

Presenta textura esquistosa, constituida por cuarzo, moscovita y unas pocas plaquitas de biotita. Los cristales se hallan perfectamente alineados. Intensa sericitización de la moscovita, acompañada de una leve cloritización son los tipos de alteración presentes.

JC-18.

Esquisto biotítico.

Magnetita y óxidos de hierro secundario son los minerales opacos presentes.

JC-16.

Roca silicificada cuarzo-moscovítica.

Presenta textura granoblástica con incipiente esquistosidad, de grano fino. Constituida esencialmente igual que la sericitización.

mente de cristales anhedrales de cuarzo y láminas de moscovita, las que se hallan fuertemente afectadas y en parte envueltas por una intensa sericitización. Silicificación está también presente.

Magnetita es el único mineral opaco detectado.

**JC-17. Tonalita alterada.**

Presenta textura hipidiomórfica-granular, grano medio, constituida de cristales anhedrales de cuarzo, plagioclasa subhedrales de andesina y plagioclasas zonadas, feldespato potásico subordenado, placas de biotita y plaquitas de moscovita.

La alteración está representada por sericitización diseminada y en vetillas en las plagioclasas acompañada de una incipiente cloritización de las biotitas especialmente.

Circón, apatito son los accesorios observados. Magnetita, pirita y óxidos de hierro secundarios son los minerales opacos detectados.

**JC-18. Esquisto biotítico.**

Posee textura esquistosa conteniendo granos anhedrales y subhedrales de cuarzo, plagioclasas andesina, feldespato potásico bastante apretados y bien foliados y placas de biotita orientada en la dirección de la foliación.

La cloritización está afectando a las plagioclasas igual que la sericitización.

Circón rutito y esfena son los accesorios presentes. Magnetita es el mineral opaco detectado.

JC-19. Esquisto cuarzo-sericítico.

Esta roca presenta textura esquistosa bien definida, de grano fino, compuesta esencialmente de granos anhedrales de cuarzo, intercalados con plaquitas de sericita.

La sericitización es intensa, incluso afecta en vetillas a los cristales de cuarzo. La silicificación también es intensa y menos intensa la cloritización.

Circón es el mineral accesorio observado. Pirita es el mineral opaco detectado.

JC-20. Esquisto cuarzo-sericítico.

Estrechamente similar a JC-19, con mayor desarrollo de los cristales de cuarzo y presencia de granos amorfos de ortita.

JC-21. Tonalita alterada.

Posee textura hipidiomórfica-granular, constituida de cristales anhedrales de cuarzo, subhedrales de plagioclasas oligoclasa-andesina bastante alteradas, placas de biotita alteradas.

La intensa epidotización afecta a las plagioclasas y la cloritización a las biotitas. La primera se presenta diseminada y en vetillas.

Esfena y apatito son los accesorios determinados.

JC-22. Tonalita.

Estrechamente similar a JC-21, con biotita bien desarrollada en placas subhedrales y anhedrales cloritizadas con apreciable intensidad, una muy leve sericitización está presente. Granos diminutos, de feldespató potásico son observados.

Circón, apatito y esfena son los accesorios determinados. Pirita y magnetita y posible molibdenita se han detectado.



JC-23. Tonalita.

Su textura es hipidiomórfica-granular, grano medio, constituida por cristales subhedrales de plagioclasas zonada; oligoclasa-andesina, placas de biotita y cristales pseudoexagonales de hornblenda y cuarzo anedral.

La cloritización y epidotización afectan los máficos. Circón y esfena están presentes. Magnetita es el mineral opaco localizado en los máficos.

JC-24. Tonalita.

La roca tiene textura hipidiomórfica-granular, grano medio, compuesto de cristales anhedrales de cuarzo, plagioclasas subhedrales de oligoclasa-andesina, biotita subhedral y cristales pseudoexagonales de hornblenda.

Este espécimen es el más representativo e inalterado. Circón y apatito son los accesorios detectados. Magnetita y pirita son los minerales opacos encontrados.

JC-25. Microtonalita metamorfozada.

Este espécimen tiene una textura hipidiomórfica-microgranular. Su grano es fino y está constituido de: granos anhedrales de cuarzo, subhedrales de plagioclasa oligoclasa bastante alterado, laminillas de biotita - feldespatos subordinados

Cloritización de la biotita y plagioclasas, junto a una incipiente sericitización son las alteraciones observadas.

Circón, esfena, rutilo son los accesorios hallados junto a unos diminutos cristales de anfíbol.

La calcopirita es el mineral metálico detectado.

JC-26. Microtonalita Metamorfozada.

Tiene una textura porfirítica - microgranular, está constituida de fenocristales anhedrales de cuarzo, plagioclasa subhedrales muy alteradas, la matriz presenta laminillas de mica biotita en agregados, cuarzo y feldespatos.

Cloritización intensa de la biotita y sericitización en menor grado son las alteraciones observadas.

Apatito, esfena, circón son los accesorios presentes.

JC-27. Tonalita intensamente alterada.

Presenta textura hipidiomórfica-granular, conteniendo cristales anhedrales de cuarzo, placas --

subhedrales de moscovita y laminillas de biotita.

La alteración es muy intensa, representada por una fuerte sericitización que ha reemplazado totalmente a los feldespatos; acompañada de una - no menos intensa silicificación.

Magnetita, pirita, molibdenita y calcopirita son los minerales opacos accesorios.

JC-28. Tonalita - Cuarzo - Biotita.

Este espécimen es típico de una roca de contacto intrusivo-metamórfico. Las texturas son hipidiomórfica-granular y granoblástica, de grano medio a fino, compuesto de granos anhedrales de cuarzo; plagioclasa zonada oligoclasa - andesina, placas de biotita anhedrales. La otra zona es un gran agregado de cuarzo redondeado, plagioclasa zonada y biotita en una matriz muy fina de cuarzo y biotita, muy similar a JC-13.

La cloritización afecta a gran parte de la roca. Los accesorios están representados por circón y apatito.

Pirita-magnetita es la mineralización encontrada.



La mineralización en el área de Chaucha está presente en las rocas metamórficas, volcánicas e intrusivas, siendo en estas últimas en donde se encuentra en mayor cantidad.

La zona de mayor mineralización, fue determinada por observación de campo y por muestreo de suelos y rocas <sup>(14)</sup> y se encuentra localizada en la parte centrooriental del prospecto y está asociada con la cuarzo-diorita/tonalita y con el pórfido cuarcífero; principalmente.

Dos áreas son las de mayor importancia y se los puede denominar como Naranjos-Santa Martha y Ñag-Gur-Gur. En la primera están presentes minerales de cobre y molibdeno, predominando los primeros y están asociados con la tonalita mientras que en la segunda predomina la molibdenita, asociada con el pórfido cuarcífero del Lanto-Pimo. No menos importancia merece el área del río Pita-San José, en su curso superior a partir de la confluencia con el San José, en donde minerales de cobre y molibdeno está expuestos asociados con la tonalita. La mineralización en estas unidades litológicas está presente, como finas impregnaciones así como también rellenando delgadas fracturas de hasta 5 mm. <sup>(14)</sup> de espesor; de manera especial en las zonas afectadas por la alteración hidrotermal. Es notoria la relación de los minerales de cobre y molibdeno con los tipos de alteración presentes; los minerales de cobre se relacionan con silicificación cloritización, sericitización; mientras que las de molibdeno se relacionan con la silicificación-sericitización. La oxidación y lixiviación se encuentra relacionada a la rápida y fuerte erosión mecánica.

Los minerales presentes en el área son: pirita, calcopirita, molibdenita, covelina, calcocina, malaquita, calcantita, magnetita, ocre de molibdeno, óxidos de hierro y ciertos elementos traza. Calcopirita y molibdenita son los minerales primarios de potencial económico determinados.



## 6.1 PIRITA

Es el mineral de mayor ocurrencia tanto en rocas intrusivas, volcánicas y metamórficas. Se presenta diseminado en todas estas rocas y localmente rellenando delgadas fracturas en la Tonalita y Pórfido, reemplazando a los minerales máficos : biotita y hornblenda en finas impregnaciones.

La ocurrencia abundante de este mineral en la zona marginal constituido de rocas volcánicas seguramente se debe a la piritización típica de esta unidad litológica, también observada en otras localidades. Mientras que en el área de interés es un acompañante de la calcopirita.

## 6.2 CALCOPIRITA

Constituye el único mineral primario de cobre de importancia económica y ocurre finamente diseminado y en delgadas vetillas, asociado principalmente con la Tonalita y su mayor ocurrencia ha sido determinada en el área de Naranjos.

## 6.3 MOLIBDENITA

Este mineral se ha convertido en un miembro típico de esta clase de depósitos como lo demuestra su ocurrencia en la mayoría de los depósitos porfirícos de cobre tanto de Chile como de Estados Unidos de América.

Se encuentra en las áreas de mayor concentración de calcopirita, Ángas-Lanto y curso superior del Pita y Jérez relacionado a vetillas de cuarzo y como se menciona arriba en las áreas de alteración cuarzo-sericítica. Se presenta en hojas o escamas y finamente diseminado semejándose a "una nube gris en el cuarzo" (14)

La mayor ocurrencia de este mineral se encuentra relacionada al pórfido de Ñag-Gur-Gur la que parece continuar constituida

yendo un solo cuerpo con el pórfido del río Jérez descubier-  
to en Octubre de 1969.

#### 6.4 COVELINA

Este es un mineral producto del enriquecimiento secundario, el que se observó en unos pocos afloramiento, pero - con las últimas investigaciones hechas por la compañía OVER SEAS, ha sido determinado por las perforaciones en el área de Naranjos.

#### 6.5 CALCOCINA

En igual forma que la covelina, y bornita, ha sido confirmada su presencia en mayor cantidad que la observada en la superficie mediante perforaciones y ocupan la zona de transición entre la zona lixiviada y la de mineralización primaria, de espesor variable, siendo el mineral de cobre secundario de mayor importancia en el área de Naranjos.

#### 6.6 MALAQUITA

Fue observado en varias localidades: Río Angas, Pita, Malacatos y Quebrada San Martha, siendo su ocurrencia en la Tonalita principalmente.

#### 6.7 CALCANTITA

Aunque Chaucha no es una área de extrema aridez, que constituye el medio de estabilidad de este mineral, sin embargo su ocurrencia ha sido determinada en varios lugares, principalmente en la rivera Sur del río Angas en el área de Naranjos, que junto con la malaquita dan una coloración verdosa-azulada al afloramiento. "Parece que el cobre se deriva por lixiviación del área de Naranjos y ha sido depositado por aguas subterráneas las cuales son filtradas en la rivera Sur del río Angas" (14)



## 6.8 MAGNETITA

Este mineral ha sido observado como impregnaciones y en vetillas de hasta 1 cm. de espesor en la Tonalita, especialmente en el área de Naranjos de mayor concentración de cobre comprobándose su fuerte concentración en las muestras tomadas en el túnel exploratorio efectuado por la compañía concesionaria del depósito. Corroborando además la fuerte concentración de este mineral determinado por el reconocimiento magnético terrestre realizado en el área.

## 6.9 HEMATITA

Su presencia fue descubierta en Octubre de 1969 y ocurre constituyendo parte del cemento de la brecha de matriz cuarzo-hematítica localizada en la cuchilla Naranjos.

## 6.10 OCRE DE MOLIBDENO

Este mineral también denominado ferromolibdenita de color amarillo ocurre en el afloramiento 3 en la rivera Sur del río Angas en el área de Ñag-Gur-Gur.

## 6.11 OXIDO DE HIERRO

Las limonitas de hierro está presentes en la zona de oxidación constituidas por los tipos jarosítico y goethítico y son el resultado de la oxidación de sulfuros con mayor contenido de pirita. Como en toda limonita ésta son confirmadas por la parte de sulfuros todavía presentes, como ocurre en la limonita jarosítica en la que aún están presentes las cordilleras cúbicas en donde estuvo alojada la pirita.

## 6.12 ELEMENTOS TRAZAS

Plata - (Ag).- Se han obtenido valores de 4 - 19 p.p.m. = g/t. Oro (Au).- Fueron detectados valores hasta de 0,5 p.p.m. = g/t. Wolfranio (W).- Valores de 4 - 600 p.p.m. han sido determinados, sin conocerse la forma mineralógica en la

NOTA: Para hablar de los diferentes minerales arriba mencionados ha servido de fuente general (14) y las investigaciones realizadas últimamente por la compañía concesionaria del Distrito.

#### ORIGEN DEL DEPOSITO

Las soluciones mineralizantes que formaron el depósito de Chancha indudablemente fueron originadas por el mismo magma del cual provienen los intrusivos del área. El principal control de la mineralización es el estructural - como ya se menciona arriba; tanto los intrusivos, así como el sistema general de fracturas de ajustan a la dirección predominante de las rocas metamórficas, constituyendo estas fracturas la vía de ascenso de los fluidos hidrotermales, es este tipo de control el que determina el carácter epigenético del depósito. Se debe anotar que la intensidad de fracturamiento no es uniforme en los intrusivos mencionados, la Tonalita por su buen fracturamiento ha constituido la roca huesped más favorable para el empañamiento de la mineralización, no así el pórfido dacítico de Tunas que ha sido poco afectado por el fracturamiento y permeable al paso de las soluciones. En lo que se refiere al cuerpo aflorante Ñag-Gur-Gur (pórfido dacítico), posee mineralización de molibdenita principalmente, lo que nos puede indicar que posiblemente hubieron varias avenidas de soluciones mineralizantes debido a que la relación Mo-Cu es diferente a la que ocurre en el área de Naranjos.



En un grado muy aceptado que la alteración hidrotermal del de las rocas que contienen mineral diseminado y las rocas que son ardeas de vetas minerales, sea un fenómeno común de los depósitos epigenéticos.

En los depósitos porfirícos de cobre representa una característica importante y por lo tanto se usará como un indicativo muy útil en la evaluación de un área y en la selección de zonas de alta prioridad.

En 2.1 se hace referencia a los principales tipos de alteración hidrotermal presentes en este clase de depósitos.

En 2.2 se hace referencia a los principales tipos de alteración hidrotermal presentes en este clase de depósitos (Mapa 2.1) y en 2.3 se hace referencia a la intensidad, y en 2.4 se hace referencia a la zonación.

**CAPITULO VII**

**ALTERACION HIDROTHERMAL**

**7.1 ARGILLITIZACION**

Este tipo de alteración ha sido determinado por la presencia de varios afloramientos tanto de la zona de alta, como del pórfido cuarzo, el despático muy calcáreo, los que se han sido observados cerca de la zona de alta, de igual forma se han visto en el área de contacto con el metamórfico en la zona del tepalcates. En el área de contacto de los Narijos la argillitización es intensa manifestada por una fuerte alteración de los feldspatos que han sido transformados en clorita. Otros afloramientos calcáreos fueron determinados en diferentes sitios de la zona.

En un nivel este mineral argilítico ha sido determinado asociado con algo de sericita.

El estudio petrográfico de una muestra tomada



**FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

Es un hecho muy aceptado que la alteración hidrotermal de las rocas que contienen mineral diseminado y las rocas que son paredes de vetas minerales, sea un fenómeno común de los depósitos epignéticos.

En los depósitos porfíricos de cobre representa una característica importante y por lo tanto es usada como un indicativo muy útil en la evaluación de un área y en la selección de zonas de alta prioridad.

En 2.1 se hace referencia a los principales tipos de alteración hidrotermal presentes en esta clase de depósitos.

.En Chaucha estos tipos de alteración están presentes (Mapa N° 5) y afectan con diferente intensidad, y de los cuales se explicará a continuación.

#### 7.1 ARGILLITIZACION

Este tipo de alteración ha sido determinado por la presencia de varios afloramientos tanto de la tonalita, como del pórfido cuarzo feldespático muy caolinizados, los que han sido observados cerca de la casa de Tunas, en igual forma se manifiesta en el área de contacto con el metamórfico en la zona del Tablón. En el área de contacto de los Naranjos la argillitización es intensa manifestada por una fuerte alteración de los feldespatos que han sido transformados en caolín. Otros afloramientos caolinizados fueron determinados en diferentes sitios de la zona.

En general este mineral argillítico se lo ha determinado asociado con algo de sericita.

El estudio petrográfico de una muestra tomada -

dentro del área mineralizada en la ribera Norte del río Angas, ha determinado la completa caolinización de las plagioclasas.

## 7.2 PROPILITIZACION

Está altamente avanzada; la alteración a clorita y epidota lo demuestran, ocurre afectando a los minerales máficos especialmente. Este tipo de alteración está afectando a la zona de alta mineralización Mo-Cu del Lanto-Pimo, formando la aureola externa que envuelve al área de intensa alteración cuarzo-sericítica.

Las plagioclasas permanecen generalmente bastante frescas, aunque están en partes caolinizadas y a veces empolvadas, que puede ser una asociación de minerales: caolinita y montmorillonita; ya que no se ha podido identificar. La biotita está intensamente cloritizada y una pequeña cantidad; de calcita se aloja a lo largo de los clivajes. La epidota es común en forma de finos granos y afecta a las plagioclasas.

## 7.3 ALTERACION POTASICA (Cloritización)

Es el resultado de la adición considerable de biotita secundaria y hierro secundario. Esta ocurre diseminada y en finas vetillas como se ha observado en el afloramiento 1 y en la zona del río Jérez poco más arriba de su confluencia con el Angas, dando a la roca una tonalidad más oscura que el resto del batolito tonalítico. Una fuerte cloritización ocurre especialmente en las biotitas acompañada de sericitización y epidotización de las plagioclasas. Cristales y granos de pirita, calcopirita y óxido de hierro secundario están localizados en la clorita y biotita.

#### 7.4 ALTERACION CUARZO-SERICITICA (Silicificación)

Constituye uno de los más conspicuos<sup>(14)</sup> efectos de alteración bien definido en el campo, la asociación - cuarzo-sericítica y a menudo intensa silicificación y es esta la razón por la que se ha logrado determinar - las áreas principales afectadas por esta alteración, en observaciones de campo.

La principal y más grande ocurrencia está localizada en el área de Naranjos-Angas-Malacatos y la quebrada de Santa Martha, en la cual están incluidos los mayores porcentajes de Cu-Mo. Fuerte sericitización y silicificación han sido observadas en diferentes zonas de esta área. En el río Pita se ha determinado potentes vetas de cuarzo cortando a la tonalita.

"La alteración alrededor de las fracturas mineralizadas es bastante común como se ve en los bordes de las mismas reconocida por su tonalidad blanquesina.

La sericita se encuentra asociada con vetas de cuarzo puro, y es en estas donde ocurre muy a menudo la molibdenita en finas impregnaciones. MK 102" (14)

La sección delgada JC-27, del río Angas, afloramiento 102, presenta una intensa sericitización que reemplaza totalmente a las plagioclasas quedando frescos los cristales de cuarzo, los que pueden ser de origen secundario. (Silicificación) En JC-9 poco más arriba de la confluencia con el Jérez se ha determinado los mismos efectos con menor intensidad.

Una segunda zona de intensa sericitización - silicificación asociada con abundante molibdenita, está presente al este de la confluencia del Lanto con el Angas.

- 1. Las zonas tectónicas presentes en el área de Chusquea han determinado que en las zonas (Cuzco como un depósito por el tipo de rocas metamórficas (oppor) cuyo desarrollo y evolución de las zonas tectónicas se relaciona con un cuerpo de tránsito de propiedades metamórficas de los estratos de las zonas tectónicas (oppor); al cual se le atribuye el carácter de que se relaciona con las zonas tectónicas de la zona de Chusquea.
- 2. Con el fin de determinar la zona de Chusquea para la zona de Chusquea, que corresponde al tipo de (oppor) superior, con el fin de determinar el tipo de (oppor) superior de la zona de Chusquea.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES

- 3. El desarrollo de esta zona de Chusquea es de gran importancia para el desarrollo de la zona de Chusquea, que corresponde al tipo de (oppor) superior, con el fin de determinar el tipo de (oppor) superior de la zona de Chusquea.
- 4. La zona tectónica primaria presenta este tipo de (oppor) superior, con el fin de determinar el tipo de (oppor) superior de la zona de Chusquea, que corresponde al tipo de (oppor) superior, con el fin de determinar el tipo de (oppor) superior de la zona de Chusquea.
- 5. Dos áreas de alta concentración de (oppor) superior, con el fin de determinar el tipo de (oppor) superior de la zona de Chusquea, que corresponde al tipo de (oppor) superior, con el fin de determinar el tipo de (oppor) superior de la zona de Chusquea.
- 6. La mineralización está fuertemente relacionada con la alteración hidrotermal por el tipo de (oppor) superior, con el fin de determinar el tipo de (oppor) superior de la zona de Chusquea, que corresponde al tipo de (oppor) superior, con el fin de determinar el tipo de (oppor) superior de la zona de Chusquea.



BIBLIOTECA FICT.  
**ESPOL**

1. Las características presentes en el área de Chaucha han determinado que sea clasificado como un depósito porfírico de cobre (porphyry copper) cuya asociación mineralógica de interés económico es Cu-Mo relacionada a un cuerpo intrusivo de proporciones batolíticas de composición mesosilícica; cuarzo-diorita/tonalita; el cual es cortado por cuerpos más jóvenes de pórfido cuarzo-feldespático de composición dacítica.
2. Una edad de 10 millones de años ha sido determinada para la tonalita de Chaucha, que corresponde al Plioceno (Terciario Superior) convirtiéndose en el depósito porfírico de cobre más joven en América.
3. El descubrimiento de este depósito es de gran importancia para el conocimiento metalogénico de la Cordillera Occidental que incrementaría las posibilidades de ocurrencia mineral en los demás cuerpos intrusivos localizados en su flanco occidental los que posiblemente sean de edad semejante (Terciario).
4. La mineralización primaria presente está representada por pirita, calcopirita, molibdenita y magnetita. asociada con la paragénesis secundaria: covelina, calcocina, malaquita, sulfato de cobre y limonita de hierro (la calcopirita y molibdenita ocurren como impregnaciones y rellenando fracturas finas).
5. Dos áreas de alta concentración mineral han sido determinadas: Nag-Gur-Gur y Naranjos-Santa Martha cuyas asociaciones características son Mo-Cu y Cu-Mo respectivamente.
6. La mineralización está íntimamente relacionada con la alteración hidrotermal presente: el Cu se relaciona con la silicificación, cloritización y sericitización; el

Mo se relaciona con la silicificación y sericitización.

7. Los tipos de alteración típicos de estos depósitos se cumplen en Chaucha, siendo en la zona de alteración potásica y cuarzo-sericítica donde ocurre la mineralización.
8. Las más altas concentraciones de mineralización de Cu-Mo están asociadas con la cuarzo-diorita/tonalita, mientras que la de Mo-Cu con el pórfido cuarzo-feldespático.
9. La presencia arriba mencionada de W, Ag y Au y posiblemente trazas de otros elementos asociados a la mineralización principal, servirían para el estudio de la dispersión primaria de los elementos al emplazar las soluciones en las rocas huespedes y que sería un criterio preponderante en los futuros trabajos de exploración.
10. El área de Chaucha ha sido afectada por una fuerte y activa erosión, demostrada por los cauces de los ríos que en la actualidad cortan las zonas de mineralización primaria, habiendo removido parte de la mena secundaria (Naranjos), constituyendo el resultado de la erosión más reciente la sobre carga en el área de Naranjos.

Como anteriormente se menciona los trabajos de investigación minera no fueron concluidos, razón por la cual no se logró hacer una evaluación del depósito de Chaucha; pero de las observaciones y resultados obtenidos y apoyándose en las últimas investigaciones de la compañía japonesa aunque restringidamente estudiada dicha información, por razones obvias se puede concluir que:

- A. El depósito de Cu=Mo de Chaucha posee leyes no muy satisfactorias  $Cu < 1\%$  y  $Mo < 0,04\%$ . De todas maneras estas leyes justifican para el Ecuador entrar en la fase de explotación, lo que daría oportunidad de trabajo para muchos ecuatorianos y aliviaría un poco con el problema de la desocupación.
- B. A groso modo se puede hablar de la existencia de un 300 350 millones de dólares en mineral, deduciéndose lo ex puesto en base al literal A.

## CAPITULO IX

### RECOMENDACIONES

1. Continuar la prospección sistemática regional en el flanco occidental de la Cordillera Occidental al N y S de Chaucha preferentemente en los cuerpos intrusivos en ella existentes.
2. Efectuar la investigación de los halos de dispersión primaria para encontrar un patrón que sea aplicable a exploraciones futuras para localizar depósitos cubiertos en otras áreas de la Cordillera Occidental.

1. Ayón Matorra, J. 1969 Rec. Inoculante neogénica, Chuacha  
S. 1. 1 mapa.

2. Deacon, Paula: New Age of Miocene Gravel with  
Associated with Fr. Mary Castle Mi-  
neralization at Chuacha-Ecuador -  
(Miller, Khalil and Deacon) Annual  
Progress Report No. C00489-112 Con-  
tract (11-1) - 689  
To Research Division  
United States Atomic Energy Com-  
mission Correlation and Chronology of  
ore Deposits and Volcanic Rocks.  
(In Atlas Francés du Péroule,  
Map, Geological de la República -  
del Ecuador, Escala 1:1'000,000.

CAPITULO IX

REFERENCIAS

1. Deacon, Paula: Progress Report on the  
Chuacha Mine, Ecuador. - Bureau  
of Mines, Washington, D.C.  
1969.

2. Deacon, Paula: Interim Report on the  
Chuacha Mine, Ecuador. - Bureau  
of Mines, Washington, D.C.  
1970.

3. Deacon, Paula: Chuacha - Argon Dates from  
Tuff and Volcanic Ashes and Nichiquilay, Ecuador.  
Economic Geology Vol. 63, p. 34-36  
1968.

4. Deacon, Paula and Lateral and vertical Alteration -  
Mineralization Sequences in Volcanic  
ore deposits, Economic Geology,  
Vol. 63, p. 373 - 408  
1970.

5. Miller-Khalil, J. 1970 Progress Report on the Geophysical  
Geological and Geochemical Invest-  
igations carried out at the Cu-  
Ho respect Chuacha between July-  
December 1969, 29 p., 6 maps, 18 ap-  
pendix, 1 fig. (p. 10)

1. **Ayón Héctor: 1.969** Reconocimiento magnético, Chaucha  
8 p. 1 mapa.
2. **Damon, Paule:** K:Ar Age of Biotite Granodiorite  
Associated with Primary Cu-Mo Mi-  
neralization at Chaucha-Ecuador -  
(Müller Khale and Damon) Annual  
Progress Report Nº 000689-130 Con-  
tract (11-1) - 689  
To Research Division  
United States Atomic Energy Comi-  
sion Correlation and Chronology of  
Ore Deposits and volcanic Rocks.
3. **I.F.P.: 1969** (Institut Francais du Petrole),  
Mapa Geological de la República -  
del Ecuador, Escala 1:1'000.000.
4. **Institute of Geolo- gical Services: Lon-  
dres-Inglaterra 1968** Proyecto Minero de Azuero, Cerro  
Petaquilla, Panamá.
5. **Kennerly S. Brian: 1971.** Brief Interin Report on the Geolo-  
gy of Loja Province, Ecuador, Ma-  
pa Geológico 1:250.000.
6. **Laughlin, A.W. Damon P.E. and Watson, B.N** Potassium - Argon Dates from To-  
quepala and Michiquillay, Perú:  
1968. Economic Geology Vol. 63, p.30-36
7. **Lowell, David S. and Guilbert John M.:** Lateral and vertical Alteration -  
Mineralization Zoning in Porphyry  
1970. Ore deposits, Economic Geology,  
Vol. 65, p. 373 - 408
8. **Müller-Khale, E. 1970** Progress Report on the Geophysical  
Geological and Geochemical Inves-  
tigations carried out at the Cu-  
Mo Prospect Chaucha between July-  
December 1969, 29 p. 6 maps, 2 ap-  
pendix, 1 Fig. (p. 17)

9. S.A.P.A. (Societe Anonyme de Prospection Aeroportée) 1964 - 1965 Levantamiento Aereogeofísico: St.-Maurdes Fossés, 42 p., 1 Mapa.
10. Sauer, Walter 1965 Geología del Ecuador Mapa Geológico del Ecuador Escala 1:1.500.000
11. Schwarts, George M. 1966 The Nature of Primary and Secondary Mineralization in Porphyry Copper Deposits, in Titley, S. R. and Hicks C.L. Editors, Geology of the Porphyry Copper Deposits - Southwestern North America p. 41 - 50
12. Smelling, N.S. 1969 Comunicación escrita a E. Müller-Khale.
13. Stringhan, B.: 1966 Igneous rock types and host rocks associated with porphyry copper deposits, in Titley, S.R. and Hicks, C.L. editors, Geology of the Porphyry Copper Deposits, Southwestern North America: Tucson, p. 35 - 40
14. U.N.D.P. 1969 (United Nations Development Program) Ad Hoc Report Nº 1: Copper Molibdenum - Mineralization, Chaucha: unpublished report 24 p. 8 maps, 1 appendix, p. (4-8) 3, 17-23
15. U.N.D.P. 1968 Investigaciones sobre minerales de cobre en las provincias de Mendoza, Neuquén y San Juan - Argentina p. 46 - 62.

A P E N D I C E I



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

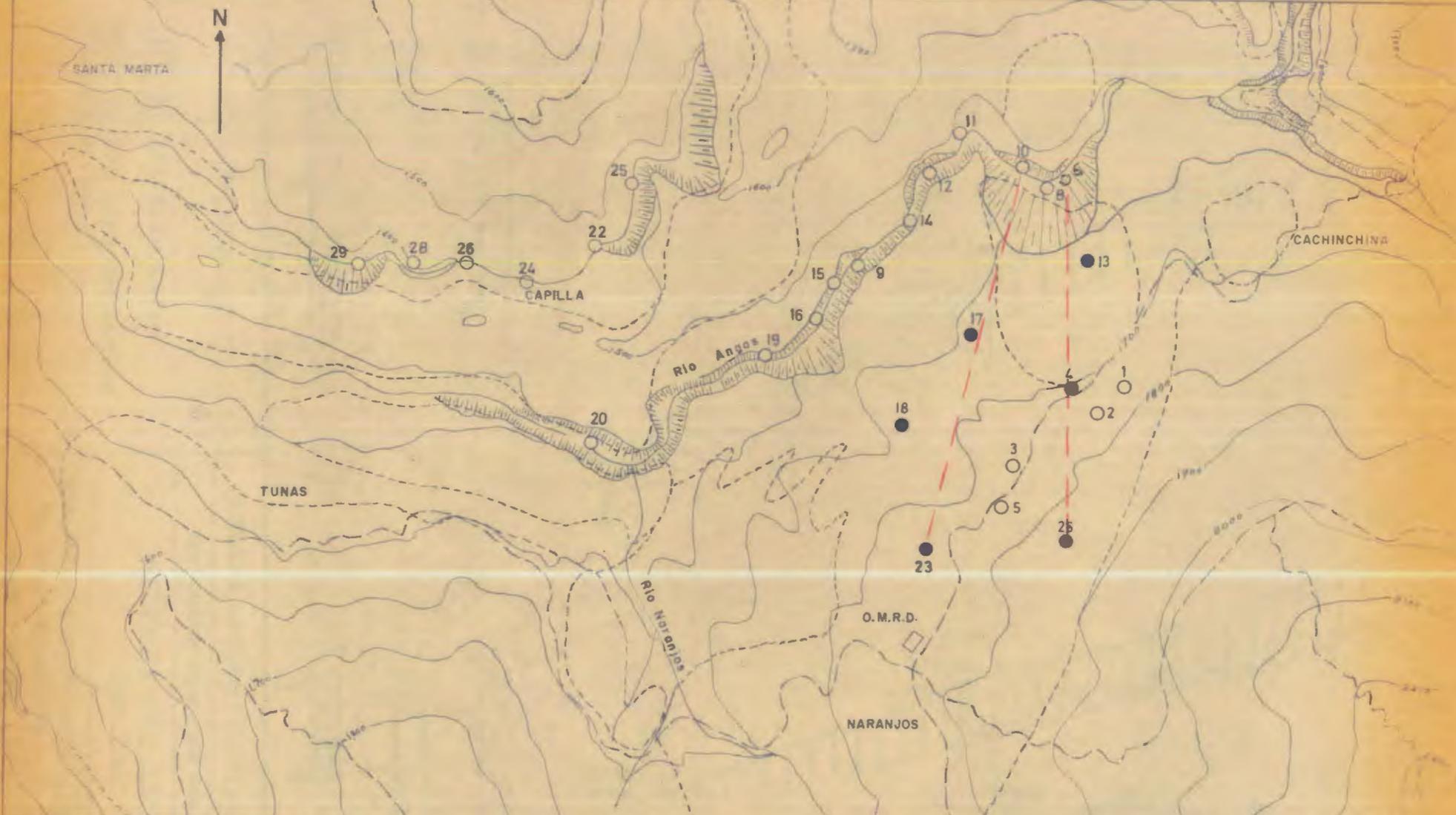
## CONOCIMIENTO DEL SUBSUELO EN BASE A PERFORACIONES

## (Enriquecimiento secundario)

En base a las últimas investigaciones realizadas por la Overseas Mineral Resources Development Co. Ltda., concesionaria del Distrito Chaucha, cuyos documentos reposan en la Dirección General de Geología y Minas, se ha logrado obtener información acerca de la zona investigada en una forma restringida, por razones arriba mencionadas.

Durante la investigación de Geología de superficie no se encontraron evidencias de una zona de enriquecimiento secundario a no ser que unos pocos afloramientos con cristales disseminados de calcocina y covelina. En la actualidad y gracias al estudio de los log de las perforaciones realizadas por la citada compañía en el área de mayor prioridad Naranjos Malacatos, han logrado determinar la existencia de una zona de débil enriquecimiento secundario compuesta de calcocina, borrita y covelina.

Para mostrar la zona de enriquecimiento secundario se trazaron 2 perfiles del subsuelo valiéndose de las perforaciones 26 T - 4T - 6W y 23T - 17T - 10W, respectivamente los que se muestran en el mapa, apéndice I. En base a ellos se concluye que existe una capa uniforme (7-8 m. de espesor) de meteorización (sobrecarga) paralela al perfil topográfico del terreno. Debajo de esta capa está la zona de lixiviación de espesor variable, con mayor espesor hacia el sur del área de mayor elevación. Subyacente a esta zona y en ocasiones combinada con ella está la zona de enriquecimiento secundario de espesor variable, alcanzando la profundidad de 86,31 m. en el pozo 17T. Para continuar en profundidad con la zona de mineralización primaria demostradas por las perforaciones efectuadas en el lecho del río Angas que ya corta dicha zona. Hay que indicar que los espesores arriba indicados varían ya que en el área se han efectuado perforaciones de mayor alcance.



**LEYENDA**

- Perforacion con Winkie
- Perforacion con Tass-Tone

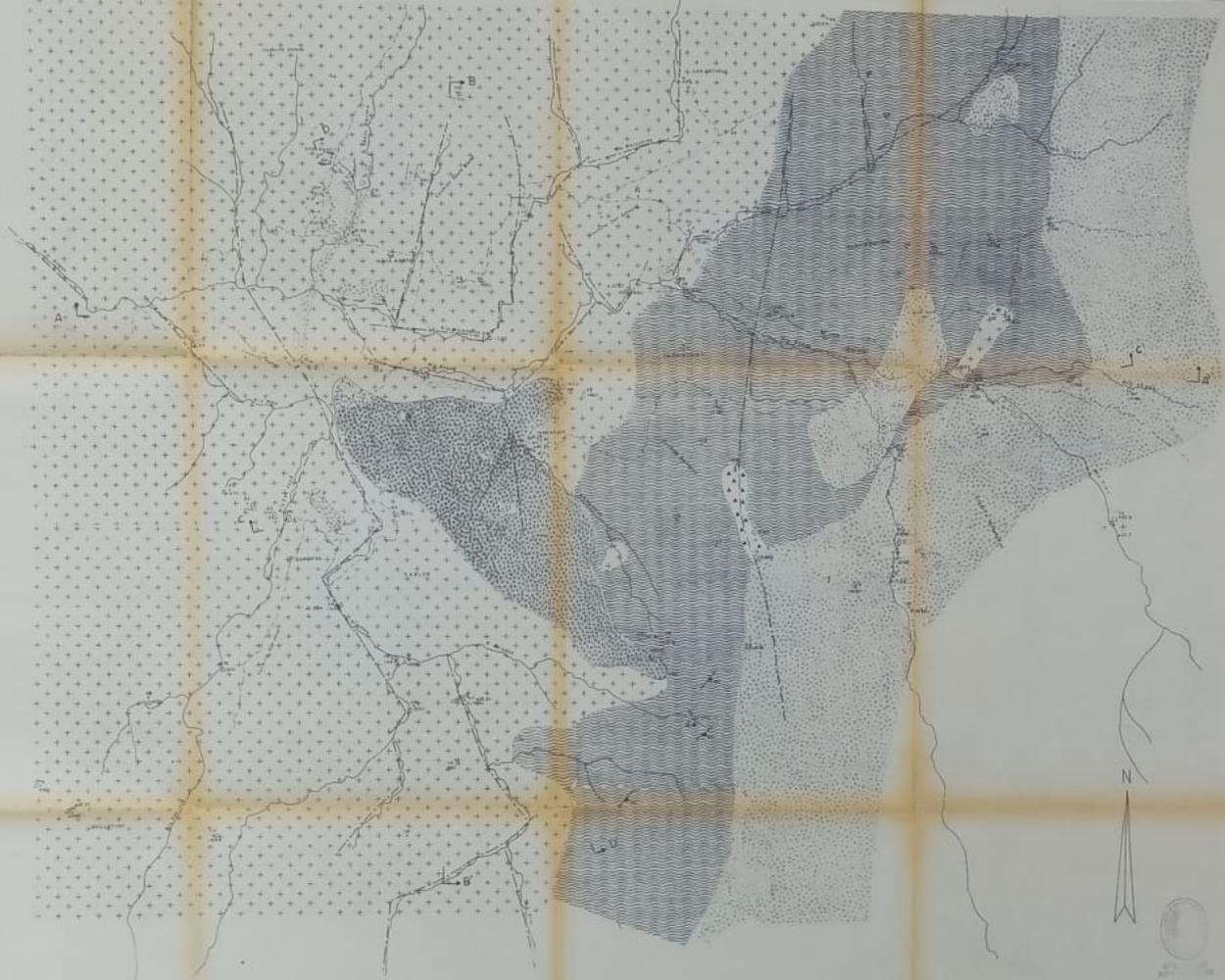
**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA MINAS Y PETROLEOS

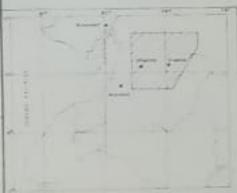
**MAPA DE UBICACION DE LAS PERFORACIONES CHAUCHA**

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO

COMPILADO POR: O.M.R.D.



MAPA DE UBICACION



LEYENDA

	Terreno Escarpado		Carretera		Rio
	Madera con caparosa horizontal		Contorno 1000m		Rio de agua
	Madera sin caparosa horizontal		Rio y agua en topografia plana		Rio de agua
	Madera con caparosa vertical		Arroyo con vegetacion por encima del rio		Rio de agua
	Madera sin caparosa vertical		Arroyo con vegetacion por debajo del rio		Rio de agua
	Colinas		Madera vertical		Rio de agua
	Montañas		Rio de agua		Rio de agua

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA MINAS Y PETRÓLEOS

MAPA GEOLOGICO DEL AREA DE CHAUCHA

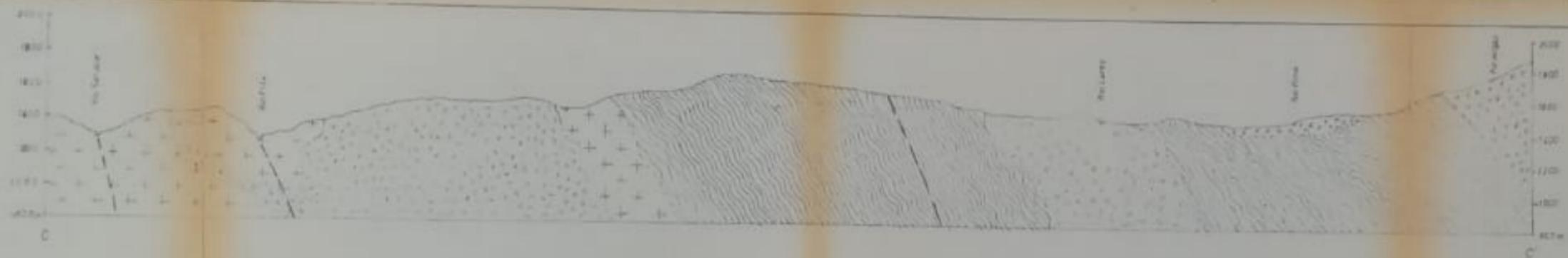
TRABAJO PREPARADO POR LA ESTACION DEL TERCER DE INGENIEROS GEOLOGOS M. MORA

CONTRALDO PAUL

TRABAJA EN CALLE

BOGOTÁ, 1952





- LEYENDA
-  HORIZONTALITA
  -  PORFIRICO CUARZO - PEGMATITO
  -  TONALITA
  -  VULCANICAS
  -  METAMORFICAS



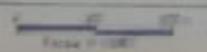
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
DEPARTAMENTO DE MINERÍA, HIERRO Y PETRÓLEOS

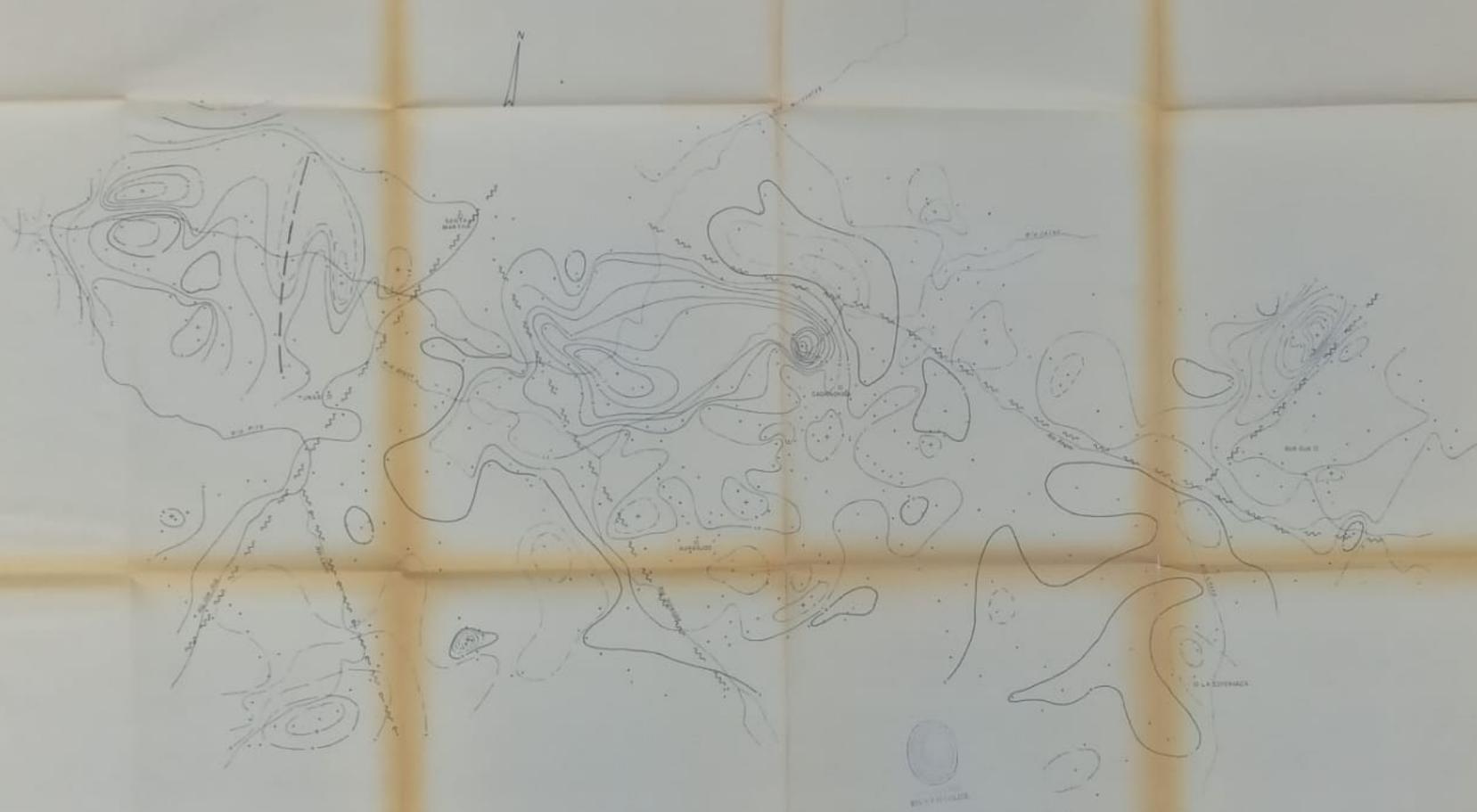
CORTES ESTRUCTURALES

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO GEOLOGO-MINERO

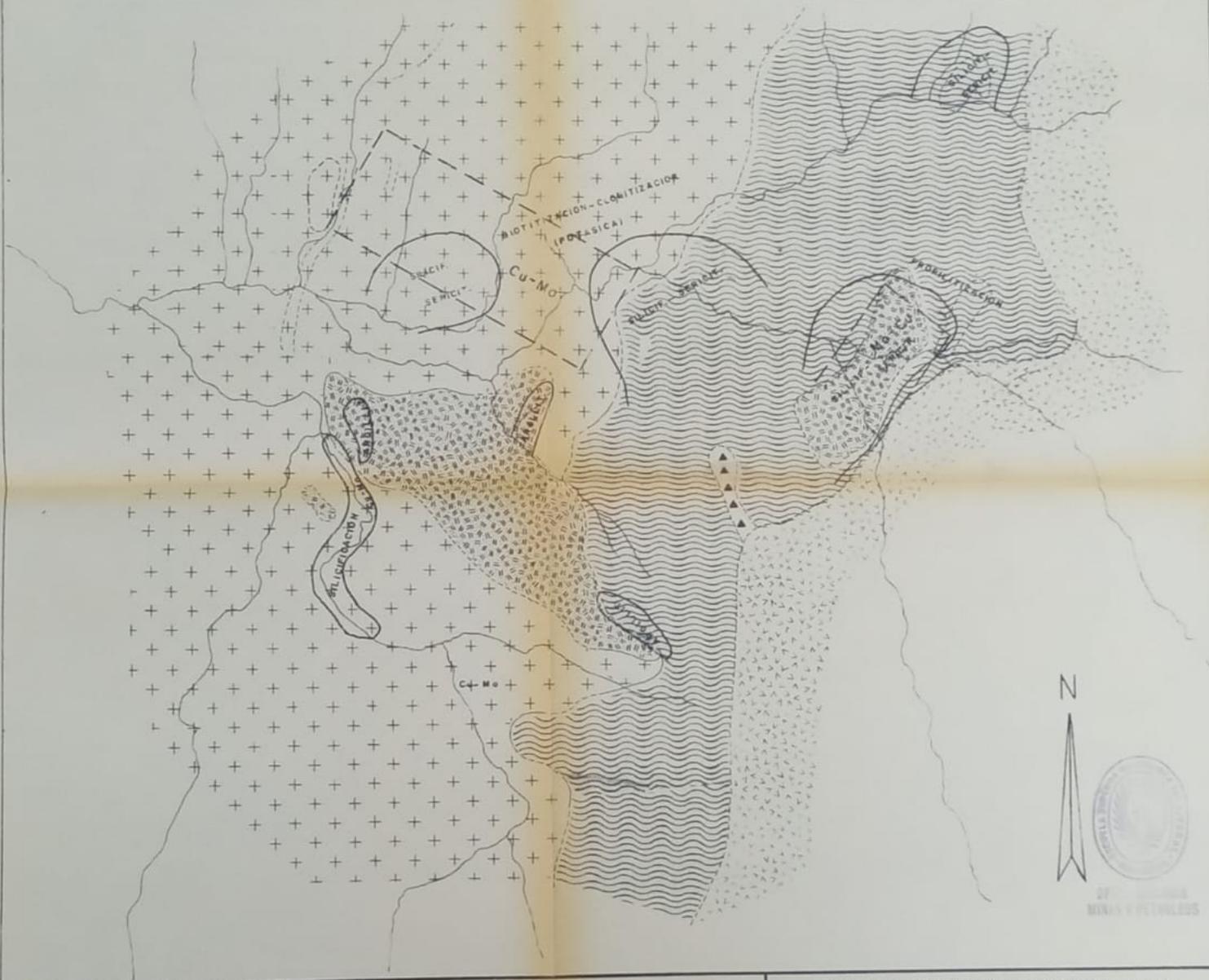
ELABORADO POR: Jorge H. Gallo

MAPA Nº 11

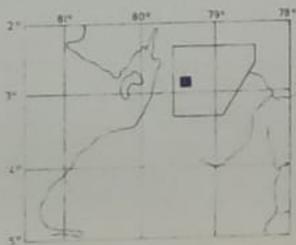




		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
		DEPARTAMENTO DE BOGOTÁ MUNICIPIO DE PETRÓLEO
RECONOCIMIENTO MAGNÉTICO <b>CHAUCHA</b>		TÍTULO PRELIMINAR DEL TÍTULO DE INGENIERO GEOLÓGICO
N. 4730	ESCALA 1:50,000	BOGOTÁ, D. C.



LOCALIZACION



LEYENDA

-  BRECHA
-  PÓRFIDO CUARZO FELDESPATICO
-  CUARZO-DIORITA/TONALITA
-  VOLCANICAS
-  METAMORFICAS
-  AREA MINERALIZADA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA MINAS Y PETROLEOS

ZONAS DE ALTERACION Y  
AREAS MINERALIZADAS  
CHAUCHA

TESIS DE GRADO PREVIA A LA  
OBTENCION DEL TITULO DE  
INGENIERO GEOLOGO MINERO

COMPILADO POR Jorge Colla C

MAPA Nº 5

0 200 400 600 800  
Escala 1:30 000

