

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Geológica
Minera y Metalúrgica



INVESTIGACION DE MINERALES PESADOS DEL RIO MARAÑON

Localidad de Cumba al Pongo de Rentema,
Departamento de Amazonas Región
Nor-Oriental del Marañón

T E S I S

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEOLOGO

DONATO HOYOS JULIAN

Promoción "Fernando Soto Dominguez"
1988 - II

Lima - Peru
1990

INDICE

	Pág.
INTRODUCCION	1
RESUMEN	3
CAPITULO I	
1.- <u>GENERALIDADES</u>	
1.1. Objetivos y alcances del estudio	5
1.2. Ubicación y accesibilidad	6
1.3. Clima y recursos naturales	8
1.4. Trabajos previos.	10
CAPITULO II	
2.- <u>GEOLOGIA REGIONAL</u>	
2.1. Geomorfología	12
2.2. Estratigrafía	15
2.3. Rocas intrusivas y volcánicas	31
2.4. Geología estructural	32
CAPITULO III	
3.- <u>SEDIMENTOLOGIA</u>	
3.3. <u>Estudio de cantos y gravas</u>	35
3.1.1. Granulometría	35
3.1.2. Litología global	37
3.1.3. Espectro litológico	40
3.1.4. Morfometría	40
3.1.5. Disposición de cantos y gravas	50

3.2. <u>Estudio de arenas</u>	51
3.2.1. Granulometría	54
3.2.2. Morfoscopia	57
3.2.3. Mineralogía general	58
CAPITULO IV	
4.- <u>ESTUDIO DE MINERALES PESADOS</u>	61
4.1. Metodología del trabajo.	61
4.2. Resultados e Interpretación	65
4.3. Ocurrencias de minerales pesados en el Perú.	82
<u>CONCLUSIONES</u>	85
<u>RECOMENDACIONES</u>	88
 BIBLIOGRAFIA	 89
 ANEXOS	 92

INDICE DE LAMINAS Y FIGURAS

CAPITULO I

Fig. 1 Mapa de ubicación del Área de estudio.

CAPITULO II

Fig. 2 Geología Regional y Ubicación de las zonas muestreadas.

Fig. 3 Columna Estratigráfica.

CAPITULO III

Fig. 4 a Fig. 21 Histogramas de los índices morfométricos.

a) Índice de desgaste (Id).

b) Índice de aplanamiento (Ia).

c) Índice de disimetría (Idi).

Fig. 22 Curvas acumulativas granulométricas de arenas.

CAPITULO IV

Fig. 23 Diagrama de flujo de la metodología de trabajo para la identificación de minerales pesados.

Fig. 24 Minerales pesados por fracción de tamaño.

Fig. 25 DRX de los minerales pesados, concentrados a 0.6 A

Fig. 26 DRX de los minerales pesados, concentrados a 1.2 A

Fig. 27 DRX de los minerales pesados, concentrados a +1.2 A

Fig. 28 Ocurrencias de minerales pesados en el Perú.

determinar áreas de importancia económicas. Sobresalen los trabajos emprendidos por la FIGMN de la UNI y el INGEMMET.

Como resultados de estos estudios se lograron identificar varias áreas con diferentes minerales pesados entre los que cabe mencionar: magnetita, ilmenita, rutilo, granates, oro, wolframita, apatito, casiterita, monacita, circón, allanita, xenotima, uraninita, columbita y bastnasita.

Es importante hacer notar que las áreas favorables por su contenido de minerales pesados están asociados a depósitos de arenas auríferas lo que hace que los costos iniciales de la concentración de los minerales pesados queden virtualmente cubiertos con las operaciones de extracción del oro.

INTRODUCCION

Los minerales pesados se caracterizan por tener una gravedad específica superior a 2.89 (P.e. del Bromoformo) y son muy estables durante el intemperismo resistiendo muy bien a los procesos de hidrólisis y oxidación, esto es, no reaccionan con el agua ni con el oxígeno, quedando libres por la solubilidad de los minerales que lo acompañan; siendo clasificados y concentrados por los diferentes agentes dinámicos de erosión, llegando a constituir los yacimientos tipo placer.

El estudio de los minerales pesados en el Perú se inició en la década del 60 con el criterio de guías mineralógicas, para obtener información referente a las rocas.

En la década del 70 se realizaron estudios mineralógicos y económicos en playas marinas de Lima, con lo cual se va ingresando a una nueva etapa que es el interés por cuantificar la presencia de los minerales pesados en depósitos detríticos.

En la década del 80 se organizan proyectos de prospección de cobertura nacional, el propósito es

RESUMEN

El presente trabajo publica el resultado de una serie de estudios que se realizaron con la finalidad de identificar los minerales pesados ($P.e. > 2.89$) a lo largo de un tramo del río Marañón, entre las localidades de Cumba al Pongo de Rentema, en el departamento de Amazonas.

La geología regional de la zona, consiste principalmente de rocas metamórficas de edad precámbrica, rocas sedimentarias con edades desde el Paleozoico hasta el Cenozoico y además de intrusivos cuya composición varía de granitos a granodioritas de edades Paleozoicas y Terciarias.

El estudio sedimentológico nos refleja la influencia de los aportes locales; las arenas se las clasifica dentro de la fracción de grano fino y con un buen grado de clasificación.

Se estableció una metodología simple de concentración e identificación de los minerales pesados.

El estudio granulométrico de los minerales pesados

nos indica mayor concentración en los tamaños menores de 0.30 mm. y mayores a 0.074 mm. (mallas -60 y +200) equivalentes a las fracciones de grano fino y muy fino.

Con el separador electromagnético se obtuvieron fracciones paramagnéticas y diamagnéticas. Siendo los minerales Paramagnéticos los más abundantes y concentrados en la fracción de grano fino; los minerales diamagnéticos aumentan su porcentaje relativo hacia la Fracción de grano muy fino.

Los principales minerales pesados que se identificaron son: magnetita, ilmenita, circón, monacita, rutilo, granate, oro, xenotima, allanita, esfena, turmalina, thorita y uraninita.

CAPITULO I

1.- GENERALIDADES

1.1. OBJETIVO Y ALCANCES DEL ESTUDIO

El principal objetivo fue obtener una información cualitativa de los minerales pesados en una área de gran extensión y de ninguna manera de hacer una prospección sistemática o un estudio cuantitativo para determinar el potencial económico de minerales pesados en la zona. Para tal objetivo se hubiera necesitado medios mucho más importantes de lo que se dispuso cuando se inició este proyecto, ya que hubieramos necesitado más personal y mejor equipo para poder realizar perforaciones y pozos profundos como parte de un muestreo sistemático, así como estudios por tierras raras en el laboratorio. Sin embargo los resultados del estudio permite orientar una futura prospección por minerales pesados portadores de tierras raras, ya que se han determinado zonas potencialmente favorables.

Otro objetivo del presente estudio fue el de realizar un trabajo de investigación para así de esta manera optar el título de Ingeniero Geólogo.

1.2. UBICACION Y ACCESIBILIDAD

El área de estudio se encuentra ubicado entre las localidades de Cumba y El Pongo de Rentema las cuales pertenecen a las provincias de Utcubamba y Bagua respectivamente en el departamento de Amazonas. Comprendido entre las siguientes coordenadas geográficas:

Latitud Sur $5^{\circ} 5'$ a $6^{\circ} 15'$ (Paralelos).

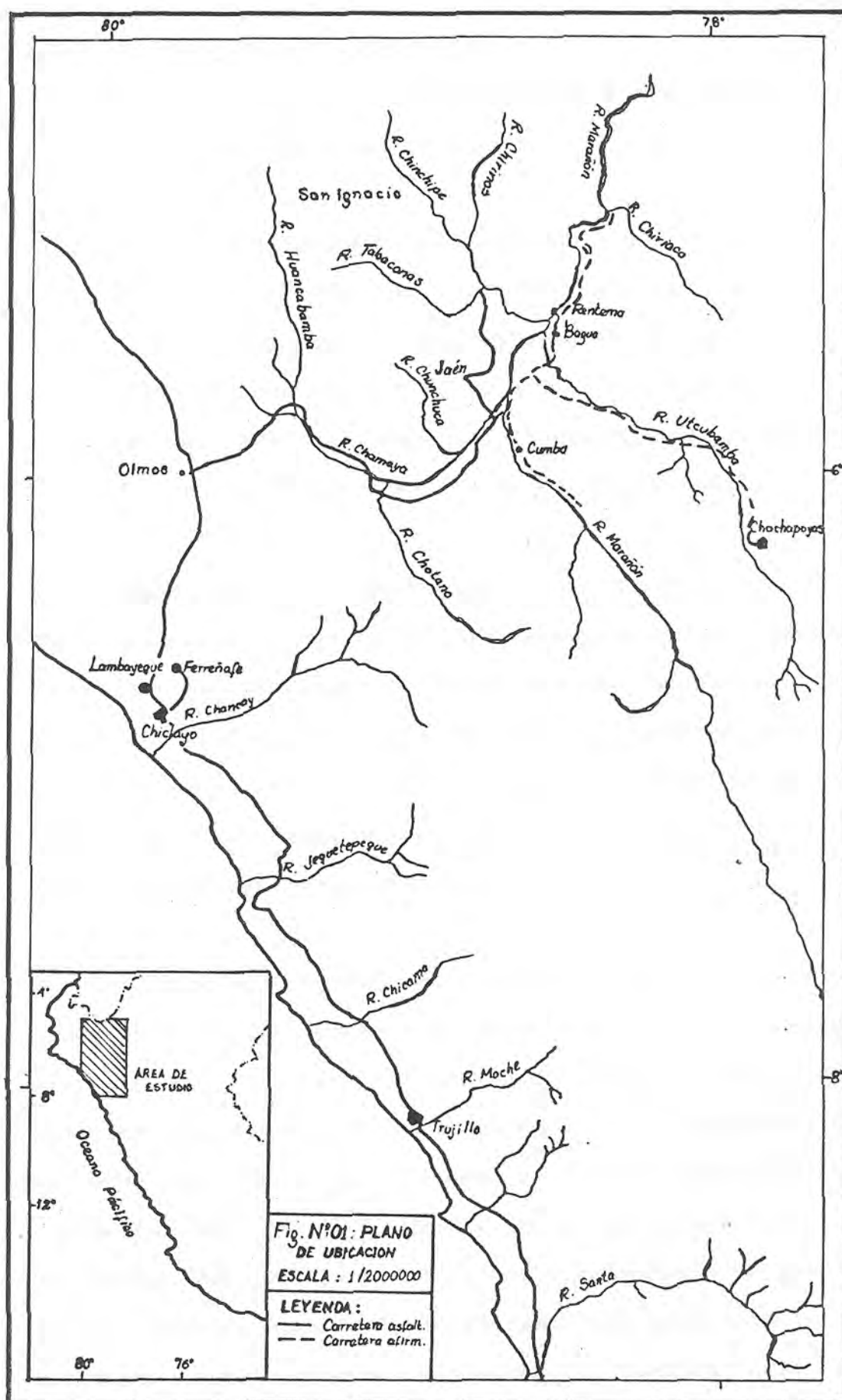
Latitud Oeste $78^{\circ} 15'$ (Meridiano).

Comprendiendo la zona estudiada una longitud aproximada de 70 Km.

El acceso a la zona de estudio se puede realizar por carretera siguiendo la ruta:

- + Lima - Chiclayo, en un tiempo de 12 horas
- + Chiclayo-Corral Quemado (Puente 24 de junio) en un tiempo de 8 horas.
- + Corral Quemado - Cumba, en un tiempo de 3 horas.

También hay acceso por vía aérea mediante la ruta: Lima-Chiclayo-Chachapoyas (Capital del departamento de Amazonas); y de Chachapoyas por carretera afirmada pasando por las localidades de Pedro Ruiz Gallo, Bagua Grande, Corral Quemado y luego a Cumba. Esta forma de acceso nos tomaría aproximadamente 9 horas de viaje.



1.3. CLIMA Y RECURSOS NATURALES

La zona de estudio cuenta con condiciones climáticas variadas en dos zonas bien definidas.

1ra. Zona: Sus altitudes varían de 500 - 800 m.s.n.m y su topografía es mayormente plana; siendo su clima Sub-Tropical y húmedo, la temperatura oscila entre los 25 y 32 C, con una humedad de 70 a 80 % y precipitaciones pluviales de 1000 a 1500 m.m. (Bagua Grande, Cumba, El Parco y la parte de Cajaruro que da al río Utcubamba).

2da. Zona: Tiene altitudes que varían entre los 800 y 2500 m.s.n.m. siendo su topografía bastante accidentada, el clima es templado y húmedo, con una temperatura que varía entre los 15 C y los 25 C, siendo su humedad relativa entre 80 y 90% con precipitaciones de 1000 a 1500 m.m. (La Peca, Copallín, Jamalca, Lonya Grande, Yamón y la parte Este de Cajaruro).

Las precipitaciones se presentan casi a través de todo el año, pero con evidencias de una estación lluviosa más marcada durante los meses de Enero a Mayo y una estación relativamente seca entre Julio y Setiembre. En la zona de Bagua (provincias de Bagua y Utcubamba) se concentra más del 50% de la población departamental alrededor del cultivo del arroz y criandería de ganado vacuno (Ganado Amazonas); en el resto del Departamento la población se encuentra dispersa; y también aquí se

localizan la mayor parte de lo que podría llamarse en Amazonas Industrias: molinos, aserraderos.

En la zona andina se ubican el resto de la población alrededor del cultivo de la papa; hay industrias artesanales de ladrillo, queso, mantequilla, aguas gaseosas, etc.

Amazonas es un Departamento que posee un fuerte potencial en recursos naturales que todavía no son explotados.

Las fuentes de agua están constituidos por los ríos que discurren en el departamento. El régimen de descarga es irregular, distinguiéndose claramente la época de avenidas (con descargas de agua de volúmenes muy significativos) y la de estiaje. Sin embargo a pesar de contar con ríos que recorren todo del Departamento, sus aguas sólo son aprovechadas en algunas zonas: principalmente en Bagua.

Existen aproximadamente 2'900,000 Hás., de tierras de uso agrícola-pecuario, correspondiendo el 65% a las áreas de pastos naturales y el 35% a las tierras cultivables.

Los recursos forestales han sido explotados hasta la fecha inadecuadamente, no hay programas consistentes de reforestación, por tanto se tiene que tener en cuenta los cambios ecológicos que puede traer consigo lo anterior.

Se cuenta con una exorbitante extensión de bosques cubiertos de diversos tipos de madera, que actualmente son explotados a nivel de materia prima.

El sector minero no tiene representatividad a pesar de que en forma empírica se conoce la existencia de recursos mineros entre los cuales tenemos: plata, plomo, cobre, oro, carbón, arcilla (caolín), etc; por lo cual se hace indispensable la realización de estudios para conocer el verdadero potencial número y abrir de esta forma una nueva actividad económica en el Departamento de Amazonas.

1.4. TRABAJOS PREVIOS

Las primeras investigaciones efectuadas en la zona datan de 1802 y fueron llevadas a cabo por Alexander Von Humboldt; posteriormente se llevaron a cabo diferentes estudios geológicos regionales con la finalidad de interpretar la Geología de la región Andina Norte por los siguientes investigadores: Stappenbeck (1929), Steinmann (1930), Willians (1949), Tafur (1950) y Benavides (1956). También cabe destacar el estudio "Geología de las carreteras del Nor Oriente Peruano" llevado a cabo por Humberto Salazar D.

En cuanto a estudios sobre depósitos minerales no se conocen trabajos publicados, aunque se tienen referencias que el INGEMMET viene realizando trabajos en esta área especialmente sobre depósitos auríferos.

CAPITULO II

2.- GEOLOGIA REGIONAL

2.1. GEOMORFOLOGIA

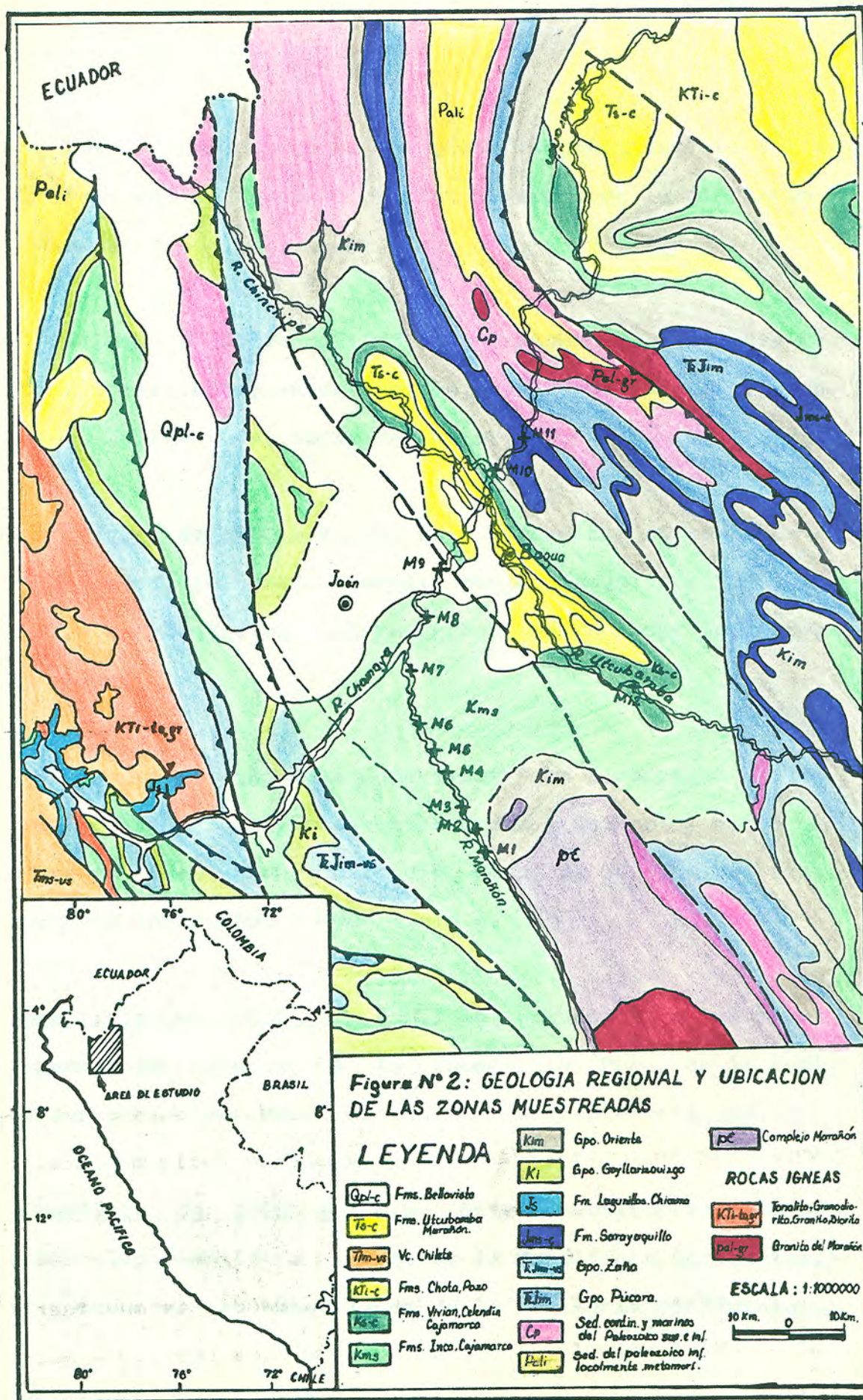
La zona de estudio se encuentra en la vertiente atlántica y comprende mayormente el sector de Selva Alta de los departamentos de Cajamarca y Amazonas. De Oeste a Este se distinguen las siguientes unidades geomorfológicas:

- Cordillera Occidental
- Depresión Interandina del Marañón
- Cordillera Oriental

2.1.2. CORDILLERA OCCIDENTAL

La Cordillera Occidental consiste en un macizo elevado cuya morfología ha sido intensamente modificada por varias etapas de erosión. La parte más alta de la cordillera consiste en una llanura ondulada, ubicada aproximadamente a 4,000 m.s.n.m., mientras que los flancos han sido profundamente disectados por el encañonamiento de los ríos, ocasionando relieves locales hasta de 2,000 m. de desnivel.

Su flanco occidental muestra una pendiente muy fuerte mientras que su flanco oriental tiene una pendiente mucho



más moderada.

Los fenómenos geomorfológicos importantes son: las superficies de erosión y los efectos de la glaciación cuaternaria.

Wilson y Corzano (1970) han reconocido una serie de superficies antiguas de erosión, que tienen una extensión amplia a través del norte del Perú.

Superficie de 3900 m.s.n.m. Esta superficie corresponde a la "Superficie Puna", descrita por Mc Laughlin (1924), en los Andes Centrales y ahora reconocida en todos los Andes Peruanos.

En esta región la Superficie Puna alcanza su máximo desarrollo en la zona sur de Chota y Celendín, donde se presenta como una superficie ondulada de poco relieve, que yace entre 3800 y 4000 m.s.n.m.

Superficie de 3500 m.s.n.m. Se encuentra a un nivel ligeramente inferior a la Superficie Puna, de la cual está separada por declives suaves y bastante tendidos.

Superficie de 2900 m.s.n.m. Esta superficie alcanza un desarrollo amplio a través de la Cordillera Occidental. Se encuentra en ambos lados de la divisoria continental,

y en algunas áreas constituye la divisoria misma. Esta superficie probablemente se correlaciona con la etapa Valle de Erosión encontrada en los valles del Santa y Marañón (Wilson, Reyes y Garayar-1967), y con la etapa Chacra de Mc Laughlin (1924), en los Andes Centrales.

También han sido reconocidas superficies de erosión con altitudes generales de 2000, 1100 y 600 m.s.n.m. las cuales se hallan más desarrolladas al sector occidental del área de estudio.

2.1.2. DEPRESION INTERANDINA DEL MARAÑON

Se denomina así a la franja que separa la Cordillera Occidental de la Oriental y se caracteriza por presentar un relieve moderado donde se desarrollan pampas y colinas de cumbres concordantes, indicando de esta manera restos de una superficie antigua de erosión a una altitud aproximada de 700 m.s.n.m.

Actualmente esta superficie está siendo modificada por la acción erosiva de los ríos Marañón, Chamaya, Chinchipe y Utcubamba.

2.1.3. CORDILLERA ORIENTAL

Esta unidad geomorfológica se caracteriza por tener una orientación NO-SE, con cadenas montañosas más aisladas que la Cordillera Occidental y puede alcanzar altitudes que sobrepasen los 4000 m.s.n.m., presenta los flancos

bastantes disectados, conformando la divisoria entre las cuencas de los ríos Marañón al Oeste y Utcubamba al Este.

2.2. ESTRATIGRAFIA

En el área de estudio afloran rocas de diferente litología y con edades que abarcan desde el Pre-cámbrico hasta el Cuaternario.

La figura 03 muestra en forma generalizada la estratigrafía de la región.

La descripción de cada una de estas unidades se detalla a continuación:

2.2.1. PRE-CAMBRICO

COMPLEJO DEL MARAÑON

Es una serie de rocas metamórficas que afloran extensamente en el lado oriental del Valle del Marañón entre los distritos de Campo Redondo y Ocaili, distribuyéndose también mucho más hacia el sur.

Este complejo consiste principalmente en esquistos micáceos, filitas, pizarras, cuarcitas y meta-arcosas de origen sedimentario, y también de gneises granodioríticos asociados con rocas graníticas que muestran un grado considerable de metamorfismo; todas estas rocas son cortadas por vetas de cuarzo y anfibolitas de dimensiones pequeñas.

Fig N° 03: COLUMNA ESTRATIGRAFICA.

UNIDADES ESTRATIGRAFICAS DE TIEMPO		UNIDADES DE ROCA : ROCAS SEDIMENTARIAS Y SEDIMENTARIO - VOLCANICAS.				POTENCIA
ERA	SISTEMA	SERIE	GRUPO	FORMACION	LITOLOGIA	POTENCIA
CENOZOICO	Cuaternario	HOLOCENO A PLEISTOCENO		Depósitos de superficie	Depósitos aluviales, coluviales, fluviales	
				Fm. Tamborapa MM DISCORDANCIA	Conglomerados semiconsolidados de composición heterogénea	+ 100
	Terciario	SUPERIOR	Gr. Chiriquo	Fm. Bellavista	Areniscas y limolitas con intercalaciones conglomeráticas	600
				Fm. Marañón	Conglomerados en capas mediana y gruesa con ocasionalmente intercalaciones de areniscas	700
				Fm. Utcubamba	Areniscas pardo-grisáceas con algunas intercalaciones de conglomerados y limolitas.	1800
				Fm. Pozo	Areniscas lutáceas blanquecinas y lutitas pardo amarillentas	350
	Cretáceo	INFERIOR	Gr. Oluzco	Fm. Chota MM DISCORDANCIA MM	Areniscas marrón con algunos intercalaciones de limolitas y areniscas guijarrosas.	~ 600
				Fm. Celandín	Lutitas gris verdosas e intercalaciones de margas y algunas copas de calizas.	+ 600
				Fm. Cajamarca	Calizas beige en capas delgadas o gruesas y subordinadas.	340
				Fm. Romerío y Coñor	Margas y lutitas gris verdosas e intercalaciones de calizas.	200
MESOZOICO	Cretáceo	SUPERIOR	Gr. Quilquirañ	Fm. Yumaquay y Mujarrun	Calizas beige con algunas intercalaciones de lutitas y margas	230
			Gr. Pulliteana	Fm. Crisnejas	Calizas beige con intercalaciones de margas	350
			INFERIOR	Fm. Inca	Areniscas calcáreas e intercalación de lutitas y margas	70
				MM DISCORDANCIA MM	Areniscas cuarzosas blanquecinas con estratificación paralela y cruzada. Parte media miembro lutita carbonosa.	600
	Jurásico	INFERIOR	Gr. Caylloriscuzza			
		TRIÁSICO	Gr. Zaña.			
	Permiano	SUPERIOR	Gr. Milu	MM DISCORDANCIA MM	Derrames piroclásticos andesíticos en bancos gruesos e intercalación de areniscas y limolitas volcánicas.	+ 1000
				MM DISCORDANCIA MM	Areniscas marrón rojizo en capas mediana y conglomerados de tipo volcánico hasta el techo	+ 500
PRE-CAMBRIANO			Complejo Marañón		Micasquistos, metaandesitas y filitos negros.	

Las relaciones entre las diferentes unidades no son muy claras pero se observa que hacia la parte central afloran generalmente gneises, esquistos e intrusiones gneisoides con cuerpos irregulares de filitas, pizarras y metaarcosas hacia ambos lados del río Marañón.

La mineralogía frecuente de las rocas gnéisicas consiste en cuarzo, plagioclasas, ortosa, biotita, sericita, cloritas y epidota mientras que en los cuerpos anfibolíticos asociados abunda la hornblenda con accesorios de esfena, apatito y circón. Por lo tanto es posible afirmar que el grado de metamorfismo de estas rocas corresponde a facies anfibolita y granulita, cuyo nivel corresponde a la mesozona profunda y posiblemente catazona. sin embargo la presencia de metasedimentos con un grado de metamorfismo bajo a moderado, evidencian niveles de epizona de facies de esquistos verdes.

Las relaciones de campo muestran que el Grupo Mitu suprayace en discordancia angular marcada, al Complejo Marañón. Sin embargo en el cuadrángulo de Patay, Wilson y Reyes (1964), mencionan la existencia de rocas Ordovicianas que yacen discordantes sobre el complejo metamórfico; por lo cual se deduce que la edad de este último es pre-ordoviciano.

El complejo del Marañón se correlaciona con el Complejo Basal de la Costa del cual se tiene datos

radiométricos Rb-Sr que dan edades precambrianas entre los 2000 y 650 M.A. para gneises y esquistos de la costa sur del Perú.

2.2.2. PALEOZOICO

GRUPO MITU

Son conocidos a partir de los estudios de Mc Laughlin (1924) y Newell et al, (1953); afloran extensamente en todo el país.

Su miembro inferior consiste en areniscas arcóscas de color rojizo y marrón grisáceo, grano fino a medio, con estratificación en capas delgadas y gruesas, en menor proporción se intercalan lutitas, limolitas y conglomerados de color rojizo y abigarrado; algunos afloramientos muestran grietas de desecación y rizaduras (ondulitas).

El miembro superior consiste de andesitas masivas de color gris a gris verdoso y grano fino a afanítico, las andesitas se presentan muy fracturadas e intemperizadas, en relación poco clara con respecto a afloramientos aislados de clásticos rojizos.

El Grupo Mitu descansa en discordancia angular sobre el Complejo del Maraón y sobre el Granito de Balsas. El contacto superior parece ser discordante con calizas del Grupo Pucará.

Por su posición estratigráfica con otros afloramientos de áreas cercanas con los cuales es correlacionable, se asume una edad correspondiente al Permiano Superior, que es la asignada para estos y otros afloramientos similares en los Andes.

2.2.3. TRIASICO-JURASICO

GRUPO ZAGA

Esta secuencia volcánico-sedimentaria fue descrita por Fisher (1956) en el valle de La Leche y los cerros Traposa. En el Flanco Oriental de la Cordillera Occidental fue descrita por Salazar (1964) con el nombre de Grupo Traposa.

Consiste principalmente de rocas volcánicas, tales como tufos andesíticos, aglomerados, estratos de cenizas silicificadas y derrames lávicos que contienen algunas calizas y lutitas interestratificadas.

Estas rocas también se distribuyen en los contrafuertes orientales de la Cordillera Occidental. Está distribuido a través de una faja de terreno que pasa a pocos kilómetros al Oeste de Chamaya, Shumba, Jaén, Tamborapa y el valle del río Chinchipe.

Está compuesta por una potente secuencia de derrames y piroclásticos andesíticos de bancos gruesos, intercalados con areniscas y limolitas volcánicas en

capas de 20 cm. a 1 m. y bancos gruesos de tufos brechoides de color pardo claro.

Estas rocas están subyaciendo discordantemente a la Formación Goyllarisquizga.

Por su posición debajo de la Formación Goyllarisquizga y semejanza litológica con los volcánicos Traposa de Fischer; Salazar (1964) considera que esta serie volcánica probablemente de origen submarino es correlacionable con una parte del Grupo Traposa y a su vez con las calizas del Grupo Pucará más hacia el Este.

2.2.4. CRETACEO

FORMACION GOYLLARISQUIZGA

Toma su nombre de la localidad de Goyllarisquizga y Jatunhuasi en los Andes del Centro del Perú. El nombre de "Formación Goyllarisquizga" fue propuesto por Jenks (1951).

En la región, esta formación se caracteriza por un predominio de areniscas cuarzosas de color blanquecino, ligeramente amarillento, que por intemperismo pasan a pardo y amarillo opaco debido al cemento ferruginoso que contiene. La textura es de grano medio a grueso, sacaroides, algunas capas son aglomerádicas con guijarros pequeños de cuarzo. La estratificación es subparalela en estratos medianos a gruesos; de una dureza y

consolidación moderada y de porosidad y permeabilidad excelentes; en menor escala algunos afloramientos reconocidos presentan en forma subordinada algunos horizontes de limolita, lodolita de color gris blanquecino y amarillento y lutitas pizarrosas con contenido de plantas fósiles mal conservadas, ocasionalmente se encuentran delgados lechos de carbón de mala calidad. Es característico en estas rocas formar escarpas y aristas topográficas longitudinales a los valles. El carácter litológico de estos sedimentos clásticos indica un medio ambiente continental a semicontinental de aguas claras.

Esta formación descansa sobre una discordancia regional; así en el Valle de Lonya Grande que queda al lado oriental del Río Marañón descansa sobre el Complejo del Marañón; en el Pongo de Rentema descansa sobre el Grupo Mitu; en sectores de los ríos Chamaya y Chinchipe sobreyace al Grupo Zaña.

Su edad es Neocomiano alcanzando posiblemente el Aptiano. Es correlacionable en el Oriente peruano con las Areniscas Pongo y la Formación Oriente.

FORMACION INCA

La Formación Inca consiste de algunos metros de decenas de metros de arenisca y lutita con intercalaciones calcáreas, se caracteriza por la

naturaleza ferruginosa de sus sedimentos, lo cual facilita su reconocimiento en el campo.

Yace discordantemente sobre los sedimentos clásticos de la Formación Goyllarisquizga. A pesar del hecho de que ambas unidades son mayormente arenosas, el contacto está bien marcado por contraste entre las cuarcitas blanquecinas de la Formación Goyllarisquizga y los sedimentos ferruginosos de la Formación Inca.

Esta Formación se adelgaza hacia el Geanticlinal del Marañón, en esta zona la Formación Goyllarisquizga está cubierto directamente por rocas del Albiano Medio.

A esta formación se le asigna una edad Albiano Inferior o sea al inicio de la Transgresión Marina del Albiano.

Se le encuentra en los valles de Pucará, Chamaya y en el Pongo de Rentema.

FORMACION CRISNEJAS

En la parte norte del Geanticlinal de Marañón todo el Albiano Medio, está representado por un promedio de 200-300 m. de lutitas calcáreas, areniscas y calizas grises a beige intercaladas, conocido todo como la Formación Crisnejas (Benavides 1956). La formación tiene en general la misma litología de la Formación Chulec, e

incluye la prolongación superior de aquella facies en la parte superior del Albiano Medio, reemplazando a la lutitas bituminosas de la Formación Pariatambo, que se presenta en sus últimos horizontes.

La formación no es muy resistente a la erosión y generalmente se presenta en terrenos bajos.

La Formación Crisnejas está delimitada tanto arriba como abajo por discordancias paralelas. El contacto inferior es una discordancia nítida debajo de la cual yacen las areniscas del Grupo Goyllarisquizga. La discordancia superior separa a esta formación de las calizas más macizas del Grupo Pulluicana.

GRUPO PULLUICANA

El Grupo Pulluicana generalmente consiste en algunos cientos de metros de calizas arcillosas, con nódulos y estratificación ondulada con intercalaciones de arenisca y lutita calcárea y aflora en gran parte del Norte del Perú.

Los colores de intemperismo del grupo varían entre crema y marrón claro. El contacto superior, con las lutitas y margas del Grupo Quilquiñan, es concordante y nítido ya que siendo éstas, bastante blandas contrastan con los sedimentos mucho más calcáreo y duros del Grupo Pulluicana. La edad atribuida a esta formación es Albiano

Superior a Cenomaniano.

Se presenta en el Pongo de Rentema, zona de Chamaya-Cumba-Corral Quemado.

GRUPO QUILQUIÑAN

El Grupo Quilquiñan consiste en lutitas de color marrón a café claro con intercalaciones de calizas nodulares. el grupo tiene un espesor promedio de cerca de 100-200 m.

Como el grupo consiste mayormente de sedimentos blandos sus afloramientos presentan una topografía moderada sobre la cual resaltan los perfiles prominentes que tienen las formaciones resistentes a la erosión que constituyen sus límites inferior y superior.

El contacto inferior está sobre el ultimo banco de caliza nodular o arenisca calcárea del Grupo Pulluicana. El contacto superior es reconocible por la aparición de la primera capa de caliza fina y pura de la Formación Cajamarca.

Se le dató en el intervalo Cenomaniano Tardío-Turoniano Temprano por su contenido de ammonites.

GRUPO OTUZCO

El Grupo otuzco consiste de una unidad inferior calcárea, denominada Formación Cajamarca y de una unidad superior lutácea denominada Formación Celendín (Benavides, 1956).

En el área de estudio se describe una litología similar distribuida en los mismos lugares citados para el Grupo Pulluicana.

En la sección expuesta en el Pongo de Rentema ha sido posible diferenciarlos y en otras áreas ha sido mapeada en forma conjunta.

La Formación Cajamarca consiste de un espesor de 300-400 m. de calizas beige de aspecto nodular, hacia el techo predominan calizas en capas gruesas.

La Formación Celendín consiste de lutinas friables gris oscuro, gris-verde amarillento con algunas intercalaciones de margas y calizas en capas delgadas pardo amarillento.

El Grupo Otuzco yace en forma gradacional y concordante sobre el Grupo Quilquiñan y su contacto superior marca el fin de la facie marina cretácea en posición de discordancia paralela con respecto a la secuencia de capas rojas continentales del Terciario.

Se le asigna la edad del Coniaciano-Maestrichtiano.

2.2.5. TERCIARIO

Extensas áreas de la zona de estudio están cubiertos por miles de metros de espesor de sedimentos clásticos, genéricamente denominados en el oriente peruano como "Capas Rojas" o Grupo Contamana, cuya edad varía del Cretáceo Superior hasta el Pleistoceno.

FORMACION CHOTA

Su nombre proviene de las capas rojas expuestas en la localidad de Chota y descrita por Broggi, 1942.

La litología de esta formación consiste de areniscas marrón rojizo en capas de 30 a 100 cm. con algunas capas delgadas y gruesas, se intercalan algunas capas de limolitas y areniscas conglomerádicas de color marrón rojizo.

Se le encuentra en el flanco Oeste del Sinclinorio Utcubamba-Chinchipe y en la cubeta norte del mismo sinclinorio.

Esta formación representa la base de la sedimentación continental del Terciario y por su posición estratigráfica se le asigna edad del Eoceno.

FORMACION POZO

Su nombre proviene de la correlación con la Formación Pozo descrita por William (1949) en la región de Santiago.

En el área de estudio aflora en el Fongo de Rentema, margen izquierda del río Marañón aguas abajo de Bellavista.

Su litología consiste de areniscas tufáceas de grano fino gris blanquecino, hacia el techo pasa a lutitas frías gris verdoso.

Su contacto inferior es concordante con la Formación Chota.

GRUPO CHIRIACO

Su nombre proviene de la correlación con la secuencia del Grupo Chiriaco descrito por William (1949) en la cuenca inferior del río Chiriaco, donde por su posición estratigráfica se le asignó edad Mioceno - Plioceno. Esta serie está distribuida por los flancos y cubeta del Sinclinal Utcubamba-Chinchipe y se le ha podido separar en tres formaciones:

Formación Utcubamba

Consiste de una potente secuencia de areniscas de grano fino a grueso, de color abigarrado con tonos rojizos, gris blanquecino y pardo amarillento, con intercalaciones de algunos horizontes de limolitas rojizas y gris blanquecino, areniscas conglomerádicas y conglomerados en capas medianas y gruesas de color pardo grisáceo.

Aflora ampliamente en la cuenca inferior de los valles del Utcubamba y Chinchipe y en el valle del Marañón en el sector de Bellavista a Rentema. Su contacto inferior es aparentemente concordante con la Formación Pozo y por su posición estratigráfica se le asigna edad Mioceno Inferior.

Formación Marañón.- La Litología de esta formación consiste de un predominio de rocas conglomerádicas con gravas y cantos redondeados, subredondeados y de composición heterogénea y englobados con algo de cemento limo arenoso. Subordinadamente intercalan capas y lentes delgados y medianos de areniscas de color pardo grisáceo con algunas bandas pardo rojizas.

Su contacto inferior es brusco y bien marcado, con ligeras discordancias sobre la serie clástica de la Formación Utcubamba.

Por su posición estratigráfica se le asigna edad Mioceno Superior.

Formación Bellavista Su litología se caracteriza por un predominio de areniscas, limolitas y arcillitas pardo grisácea, pardo amarillenta y rojizo en capas delgadas a gruesas e intercalan ocasionalmente areniscas guijarrozas y conglomerados de gravas y cantos subredondeados.

Se le ha reconocido en las colinas que separa las laderas del Marañón y el Chinchipe y aguas abajo de Bellavista. Esta formación ocupa la parte central del Sinclinatorio Utubamba-Chinchipe.

Su contacto inferior aparentemente es concordante con la Formación Marañón. Se le asigna edad Plioceno.

2.2.6. CUATERNARIO

FORMACION TAMBORAPA

Esta formación tiene su localidad típica en Tamborapa, sobre el río Tabaconas.

Litológicamente, está conformada por un conglomerado heterogéneo, cuyos cantos sub-redondeados a redondeados están dentro de una matriz limo arenosa y son de naturaleza intrusiva, volcánica, sedimentaria y ocasionalmente metamórfica. Algunos niveles de forma

lenticular de arena gruesa, algo limosa, se encuentra como intercalaciones mostrando una estratificación incipiente.

Su grosor se aprecia en unos 100 a 150 m. y se le observa yaciendo sobre rocas jurásicas y cretáceas, emplazada en una depresión limitada por fallas normales reactivadas. Tentativamente se le asigna edad Plio-Fleistoceno.

DEPOSITOS RECIENTES

Bajo esta denominación se consideran los depósitos fluviales, aluviales y lacustres.

Con el nombre de depósitos fluviales se describe una mezcla de gravas, arenas y arcillas en proceso de deposición por ríos. Ocupan el fondo de los valles y se restringen a fajas alargadas que bordean a los ríos. Los depósitos aluviales tienen un desarrollo notable cuando los ríos principales o tributarios pasan por valles amplios, como los observados en el río Utcubamba desde su ingreso al amplio valle de Bagua; el río Marañón en el área de Cumba y Corral Quemado a Rentema.

En algunos sectores las irregularidades topográficas de las laderas están cubiertas localmente por depósitos coluviales que resultan de la denudación y derrumbamiento de las rocas que afloran en las partes altas.

2.3. ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS Y VOLCANICAS

Se observa que la actividad ignea intrusiva y efusiva del Terciario ha sido muy reducida hacia el Este del río Marañón.

En el río Chamaya (sector del cerro Pistolero) aflora un pequeño cuerpo compuesto de granodiorita relacionado con rocas efusivas e hipabisales de composición dacítica y diabásica. Las areniscas de la Formación Goyllarisquizga han sido metamorfizadas en la zona de contacto mostrándose fracturadas y alteradas por efecto de la intrusión.

En Lonya Grande, aflora un pequeño cuerpo granítico que ha intruido al Complejo del Marañón. Este intrusivo granítico es el mismo que aflora en Balsas a lo largo del río Marañón denominándose "Granito de Balsas" que es de color gris claro o rosado de regular extensión que se prolonga hacia el sureste.

La roca consiste principalmente de plagioclasas, ortosa, cuarzo con accesorios de biotita y hornblenda cloritizada en menor proporción, su textura es granular, de grano medio y esta cortado por cuerpos menores que presentan un mayor porcentaje de ortosa.

El granito corta a las rocas metamórficas del

Complejo del Marañón e infrayace a rocas del Grupo Mitu, no muestra ningún efecto de metamorfismo, por lo que se considera tentativamente como de edad Permiana, previa a la deposición del Grupo Mitu, que podría ser más antiguo. Tiene similitud con otras intrusiones más hacia el SE (Wilson J. y Reyes L. 1964) y con el batolito de San Ramón de la Cordillera del Centro del Perú.

2.4. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

En términos generales, la región de estudio presenta evidencias del ciclo tectónico Hercínico, cuyos efectos se reconocen en rocas del Complejo del Marañón entre Ocallí y Lonya Grande; estas series metamórficas se caracterizan por estructuras con estilo propio, generalmente poco reconocibles debido al clivaje y dinamometamorfismo.

Benavides (1956) y Wilson (1963) consideraron que durante parte del Mesozoico la región andina del Centro y Norte del Perú se dividió en dos unidades paleotectónicas: una faja positiva denominada geanticlinal del Marañón y una zona negativa al Oeste llamada Cuenca Occidental Peruana.

En cuanto a la orogénesis Nevadiana, el área presenta como evidencias la serie de capas rojas de la Formación Sarayaquillo que señala la discordancia de erosión en la base del Grupo Goyllarisquizga.

La orogénesis andina en sus distintas fases es la responsable del estilo estructural que presentan las secuencias del Mesozoico y Cenozoico. Las terrazas en los valles de los ríos demuestran la actividad de los movimientos epirogénicos del Plioceno al Cuaternario Reciente.

Gran parte del drenaje de esta región está condicionada por la orientación de las fallas. Aquí vendría bien mencionar que el río Marañón entre las localidades de Cumba y Ocallí así como más al sur, corre a lo largo de un sistema de estructuras andinas de rumbo NO-SE; dividiendo a su vez a la región en dos provincias geológicas. El lado oriental se caracteriza por la enorme distribución de rocas metamórficas del Complejo del Marañón; en cambio en el lado occidental predominan las rocas Mesozoicas. Se postula que a lo largo del río Marañón pasa una falla longitudinal de tipo inverso relacionada con otras fallas transversales de tipo normal que han delineado el curso de dicho río; ello está puesto en evidencia porque en el lado oriental del río las formaciones cretáceas forman notables escarpas de cientos de metros de altura, relacionadas en algunos lugares junto al lecho del río, con bruscas flexuras de las areniscas de la Formación Goyllarisquizga; en cambio, la franja inmediata al Este del río muestra las rocas

cretáceas con rumbo promedio de $N30^{\circ} W$ y buzamiento de 20° y 30° hacia el SW. El río Marañón en el Sector de Corral Quemado, corre a lo largo de una falla de rumbo NNE-SSO que ha afectado un anticlinal cónico en rocas cretáceas exponiendo a las areniscas del Goyllar en su núcleo por efecto de la falla.

CAPITULO III

3.- SEDIMENTOLOGIA

3.1. ESTUDIO DE CANTOS Y GRAVAS

Siguiendo la metodología de A. Cailleux (muestreo lineal y en lotes de 100 cantos) se llegaron a trabajar seis depósitos en lugares donde había cambios importantes ya sea de rumbo o de aportes locales.

3.1.1. GRANULOMETRIA DE CANTOS Y GRAVAS

Los depósitos del Río Marañón aguas abajo de la localidad de Lonya Grande tiene histogramas granulométricos unimodales y toda la población de cantos está concentrada entre 120-400 mm. que son tamaños grandes por lo que esta granulometría nos reflejaría la gran influencia de los aportes locales, los centilos altos 500-820 mm. confirman la influencia de estos aportes locales. (Cuadro No. 01).

Haciendo una comparación entre la granulometría y el cambio de rumbo general que sufre el río Marañón a partir de Cumba (Ver Fig. 01 y 02) se puede observar que los máximos de los histogramas antes de Cumba se hallan comprendidos entre 160-400 mm pero después de Cumba 120-240 mm., notándose que disminuyen esto se debe

CUADRO No 1

GRANULOMETRIA DE CANTOS Y GRAVAS

Depósito	80	120	160	240	400	1,000	Centilo
M-1 (La Caldera)	0	3	54	40	3		650
M-2 (Mayeta)	0	0	47	50	3		820
M-3 (Tactago)	0	1	26	63	10		600
M-4 (Cumba)	1	20	48	31	0		550
M-8 (Corral Quemado)	4	30	57	9	0		500
M-9 (Zapote)	15	46	35	4	0		320

posiblemente a una deposición brusca de toda la fracción más gruesa y pesada por el cambio de rumbo y porque el valle se hace más ancho a partir de esta zona.

3.1.2. LITOLOGIA GLOBAL

El análisis de la litología global (Cuadro No. 02) nos manifiesta el predominio de las areniscas con porcentajes entre 40 y 51%. Luego se ubican las andesitas con porcentajes de 14-31% y después las calizas con 10-20%, sólo en el depósito M-2 disminuye a 6% debido al aporte local del río Mayeta. Posteriormente los esquistos con porcentajes de 3-14%, en el depósito M-9 los esquistos desaparecen o están en las fracciones más pequeñas debido a la distancia de la fuente de aporte y porque son fáciles de desgastar originando arenas.

Luego se ubican las rocas intrusivas (Gr, Gd, Sn) con 2-7%, sólo en el depósito M-9 sube a 12% debido a que el granito es una roca muy resistente al desgaste; las otras rocas volcánicas (Tv, Ri, Tr, Bv, Da) con 2-3% sólo en el depósito M-2 sube a 12% debido al aporte local del río Mayeta.

Finalmente otros tipos de rocas (Cz, GM, Cg) con porcentajes de 1-10%.

Las areniscas que son mayormente de colores blanquecinos provienen de la Formación Goyllarisquizga del Cretáceo inferior, en el depósito M-2 se hallaron muchos cantos de areniscas y cuarcitas

CUADRO No 2
LITOLOGIA GLOBAL DE CANTOS Y GRAVAS

Depósito	Tipos de rocas en porcentaje															
	Ar	Cz	Cg	An	Tv	Ri	Bv	Tr	Da	Gr	Gd	Di	Sn	Eq	GM	Cl
M-1	51	3	0	14	2	1	0	0	0	1	0	2	1	14	1	10
M-2	40	0	5	31	2	3	5	2	0	1	1	0	0	4	0	6
M-3	46	3	2	25	1	0	0	0	2	5	1	0	0	3	0	12
M-4	48	9	1	15	2	0	0	0	0	2	0	0	5	6	0	12
M-8	47	1	0	24	0	1	0	1	0	3	0	0	0	3	0	20
M-9	50	2	0	26	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	10

Ar = Arenisca Cz = Cuarcita Cg = Conglomerado An = Andesita Tv = Tufo Volcánico Ri = Riolita Bv = Brecha Volcánica Tr = Traquita	Da = Dacita Gr = Granito Gd = Granodiorita Di = Diorita Sn = Sienita Eq = Esquistos GM = Gneis Cl = Caliza
--	--

blanquecinas con restos de carbón; también se encontraron areniscas de colores rojizos las cuales provienen de la erosión de las Capas Rojas del Terciario y del Grupo Mitu.

Las rocas volcánicas que en su mayoría son andesitas provienen principalmente del Grupo Zaña de edad Triasico-Jurasico Inferior y algunos del Volcánico Forculla de edad Terciario inferior a medio.

Las calizas que en su gran mayoría son de color beige resultan de la erosión de las formaciones cretáceas.

Los esquistos derivan de las rocas del Complejo del Marañón de edad Precambriana.

Las rocas intrusivas (Gr, Gd y otros) provienen del Granito de Balsas al que tentativamente se le considera como de edad permiana; también estas rocas pueden provenir de los plutones del llamado sector norte del Batolito de la Costa de edad Cretáceo-Terciario inferior que en este sector consiste de cuerpos grandes de tonalita y granodiorita, con facies dioríticas de extensión limitada, estas rocas fueron transportadas por el río Chamaya.

3.1.3. ESPECTRO LITOLOGICO

El estudio de la variación de litologías en función de sus dimensiones indica que todos los cantos provienen de aportes locales y de corto recorrido y por lo tanto de una sedimentación rápida, esto se ve reflejado en que tiene espectros unimodales y con valores que varían de 120-400 mm. (Cuadro No. 03)

3.1.4. MORFOMETRIA DE CANTOS Y GRAVAS

El estudio morfométrico de los depósitos de cantos se realizó sobre 25 cuarcitas de 30-80 mm., siguiendo la metodología de A. Cailleux.

La comparación de los índices morfométricos de los diferentes depósitos nos indican la continuidad del accionamiento fluvial. Tenemos que la mediana de índices de desgaste en el depósito M-1 es 267 y en los demás depósitos este valor se va incrementando hasta que en el depósito M-9 es de 410. (Cuadro No. 4)

La mediana de índices de aplanamiento en el depósito M-1 es 1.71 y en los depósitos M-2 y M-3 este valor va disminuyendo lo que nos indica que va aumentando la esfericidad de los cantos, pero el depósito M-8 este valor se incrementa a 1.83 esto debe ser a causa de la influencia del aporte del Río Chamaya que ha traído cuarcitas sin haber éstas logrado la uniformización del accionamiento.

CUADRO No

ESPECTROS LITOLÓGICOS DE CANTOS Y GRAVAS

DEPOSITO M-1

ESPECTRO LITOLÓGICO (%)																
0 mm	Ar	Cz	Cg	An	Tv	Ri	Bv	Tr	Da	Gr	Gd	Di	Sn	Eq	Gm	Cl
120 - 160	34	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	33
160 - 240	44	4	0	15	0	2	0	0	0	0	0	0	2	20	2	11
240 - 400	63	2.5	0	15	5	0	0	0	0	0	0	2.5	0	4	0	8
400 - 1000	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0	33	0	0

DEPOSITO M-2[illegible]

DEPOSITO M-3

[illegible]

ESPECTRO LITOLÓGICO (%)

ESPECTRO LITOLÓGICO (2)																
0 mm	Ar	Cz	Cg	Am	Tv	Ri	Bv	Tr	Da	Gr	Gd	Di	Sn	Eq	Gm	Cl
120 - 160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
160 - 240	50	15	0	15	5	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	5
240 - 400	48	8	0	17	0	0	0	0	0	2	0	0	0	8	0	12
400 - 1000	48	7	2.5	13	2.5	0	0	0	0	0	0	0	13	7	0	7

ESPECTRO LITOLÓGICO (%)

[illegible]

ESPECTRO LITOLÓGICO (?)

[illegible]

La disimetría también se observa que disminuye siendo en el depósito M-1 de 639 y en el depósito M-9 de 615 con algunas variaciones debido a la influencia de los aportes locales.

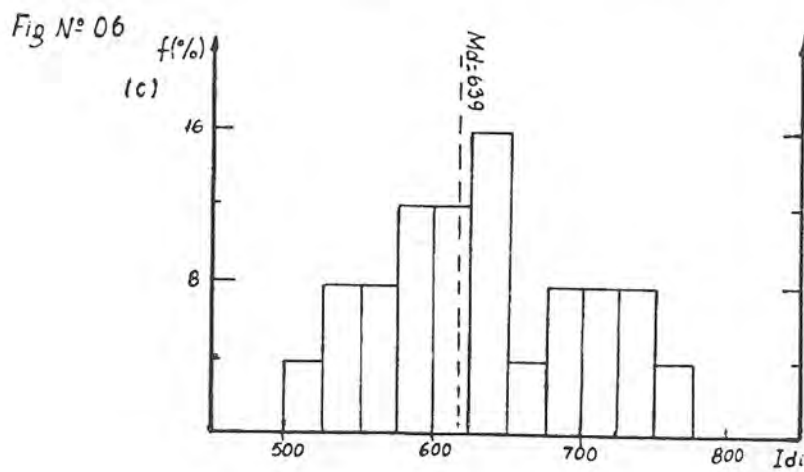
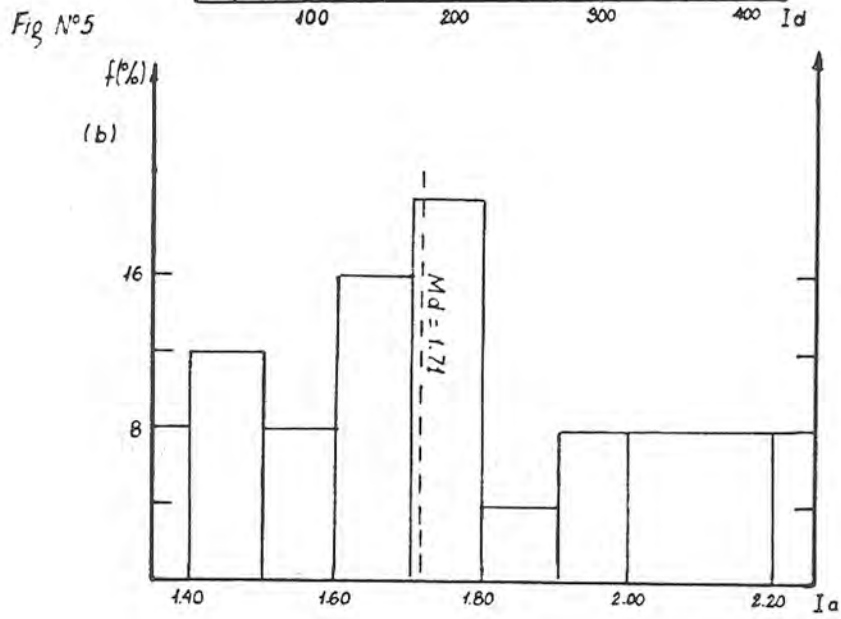
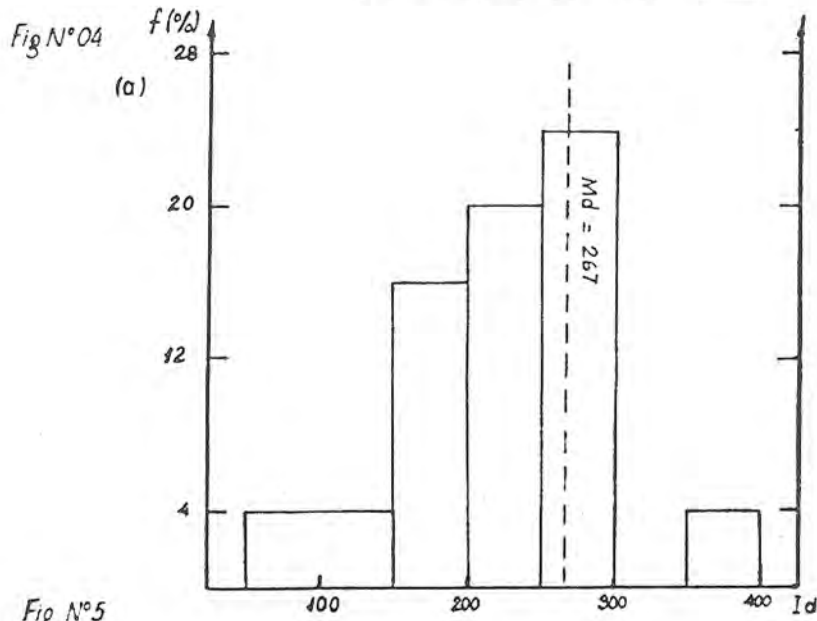
CUADRO No. 4

INDICES MORFOMETRICOS DE LOS DEPOSITOS DE
CANTOS Y GRAVAS

Depósito	Md-Id	Md-Ia	Md-Idi
M-1	267	1.71	639
M-2	348	1.72	632
M-3	313	1.64	603
M-4	318	1.65	617
M-8	381	1.83	623
M-9	410	1.72	615

Histogramas de los Indices Morfométricos

Depósito M-1 (La Caldera)



Depósito M-2 (Mayeta)

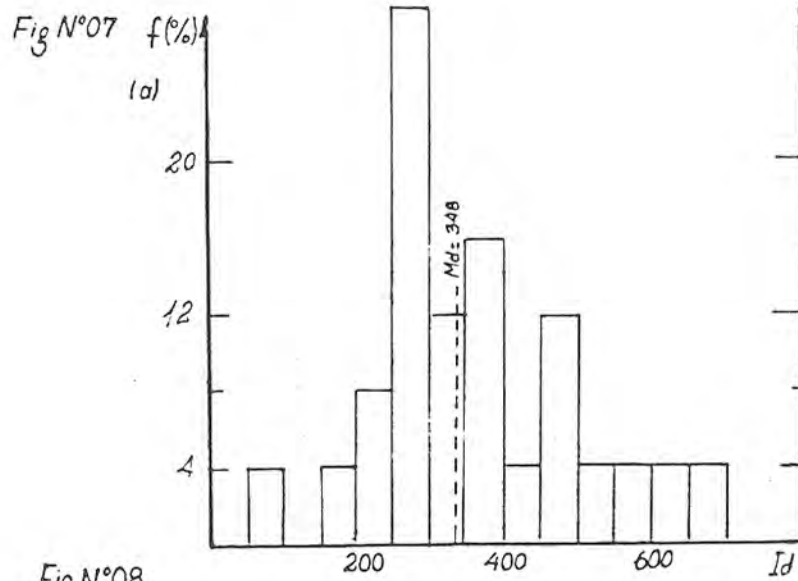


Fig N°08

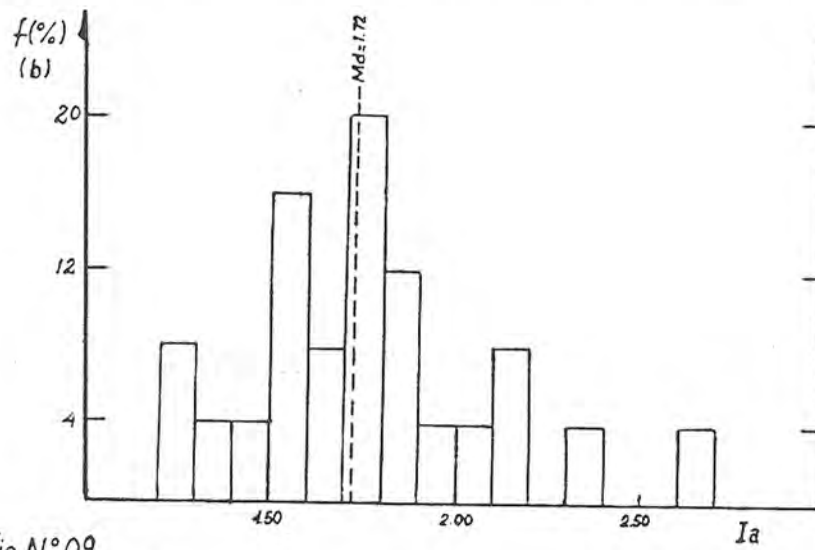
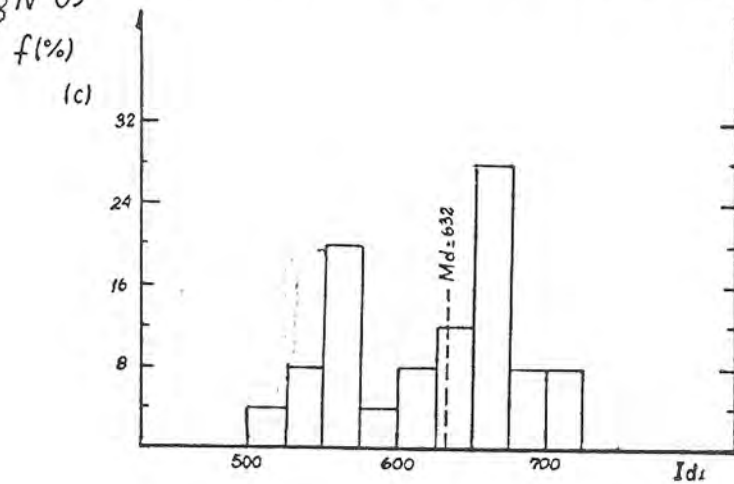


Fig N°09



Depósito M-3 (Tactago)

Fig N°10

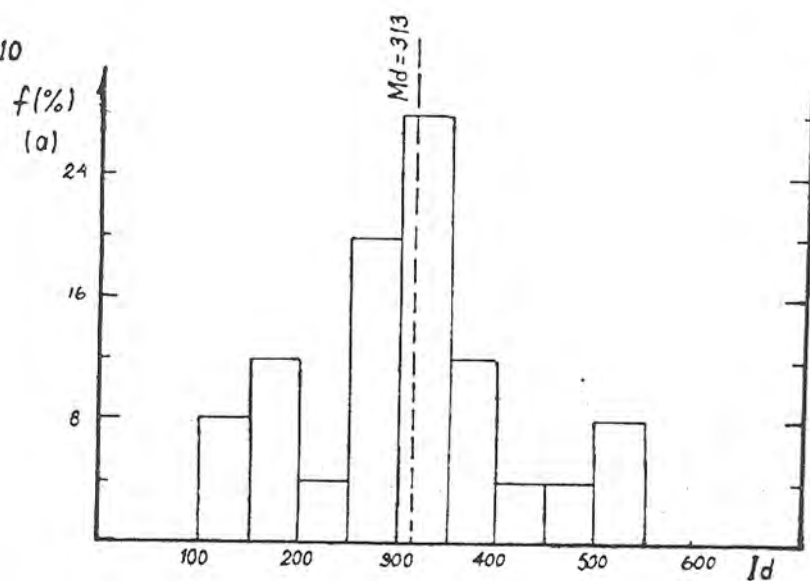


Fig N°11

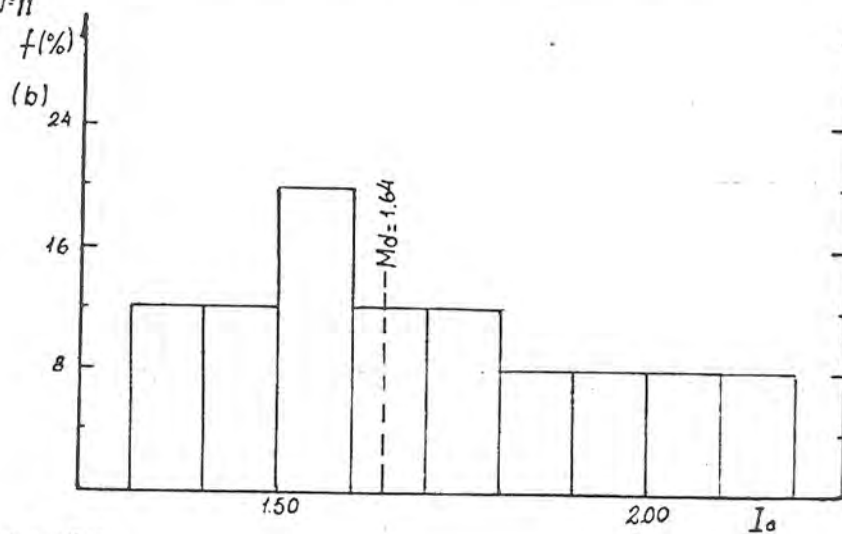
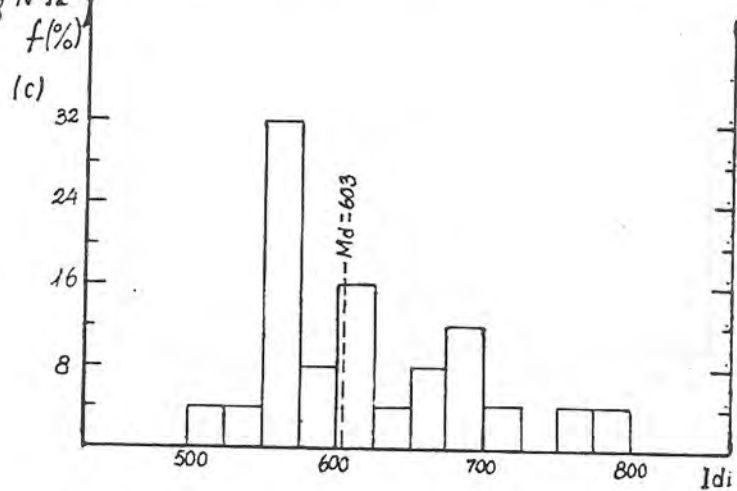
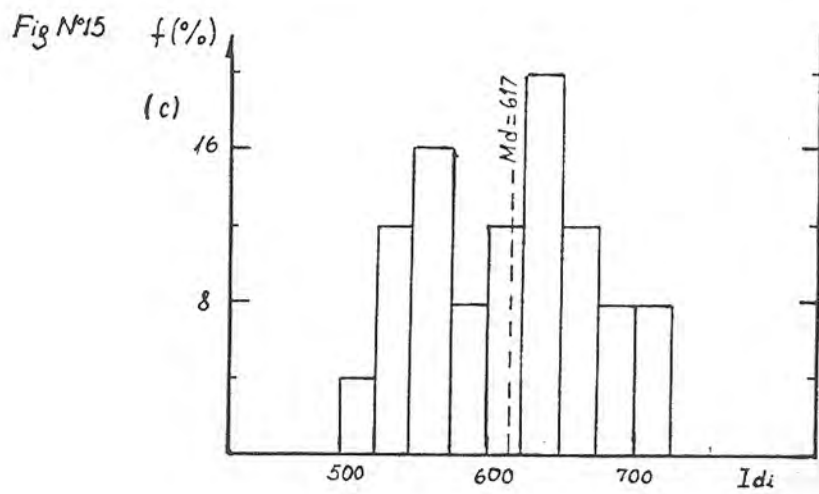
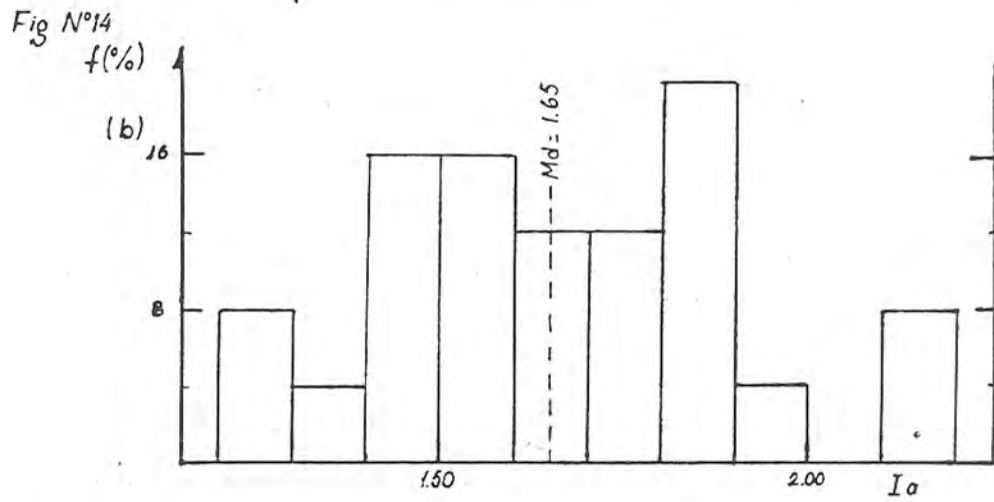
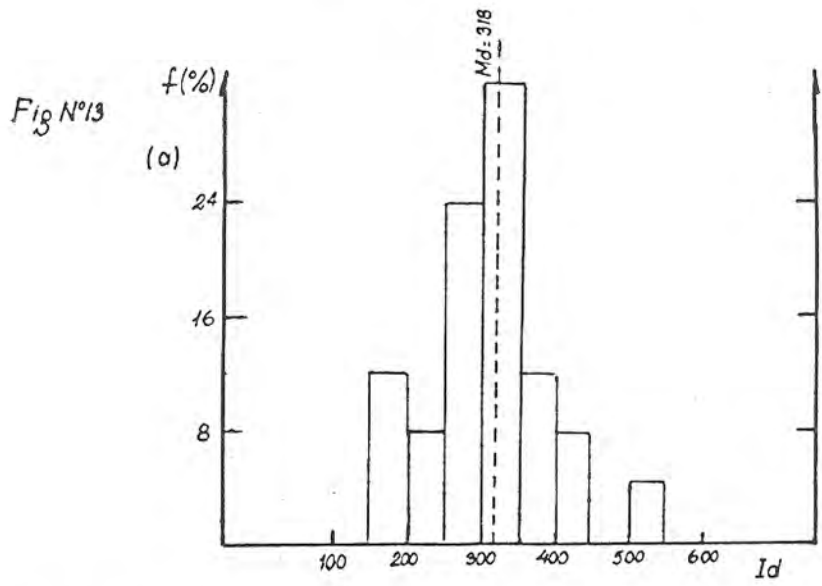


Fig N°12



Depósito M-4 (Cumba)



Depósito M-8 (Corral Quemado)

Fig N°16 $f(\%)$

(a)

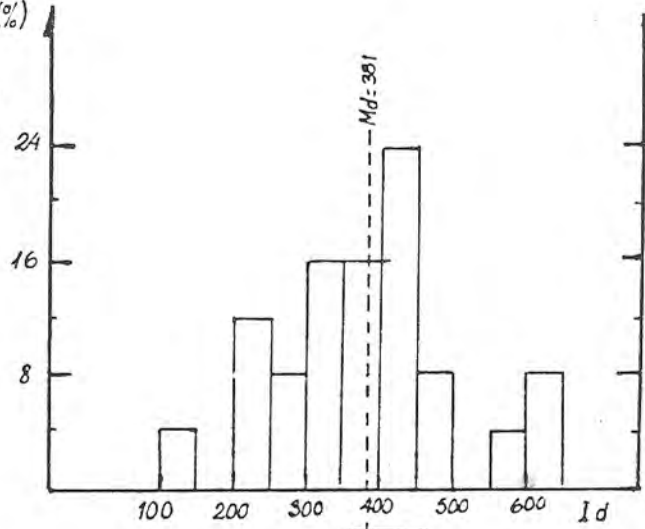


Fig N°17

$f(\%)$

(b)

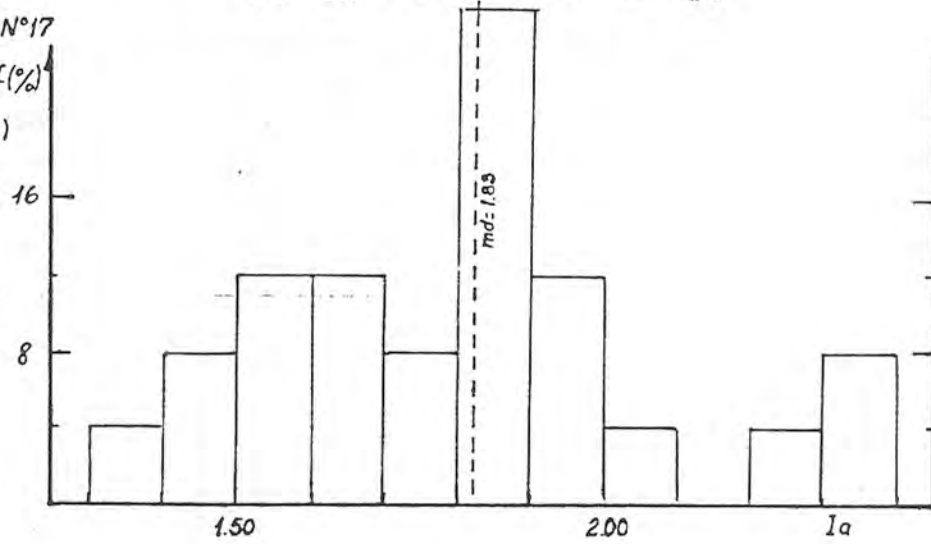
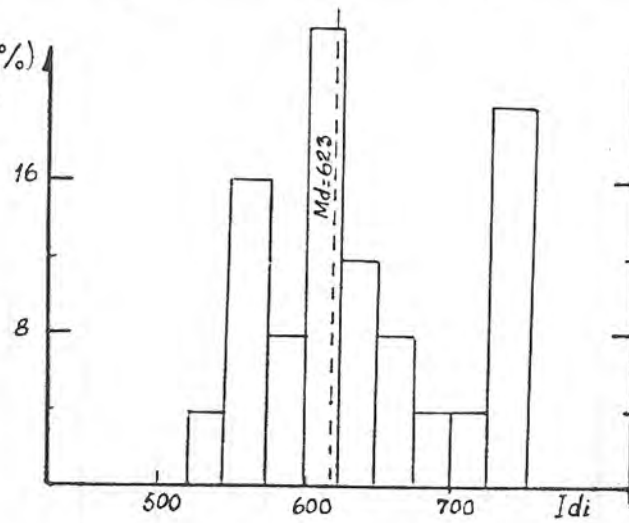


Fig N°18

$f(\%)$

(c)



Depósito M-9 (Zapote)

Fig N° 19

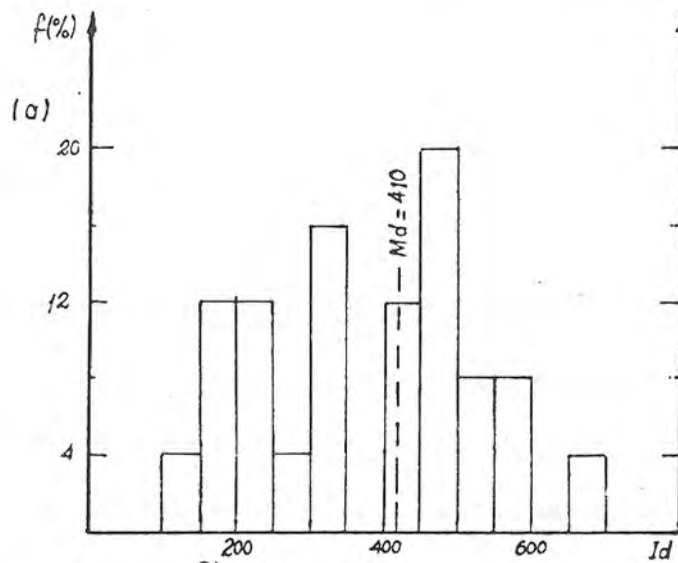


Fig N° 20

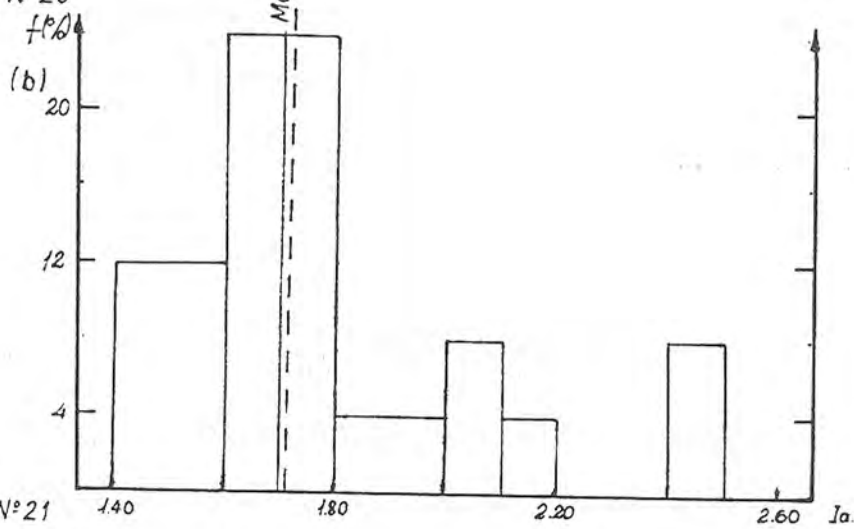
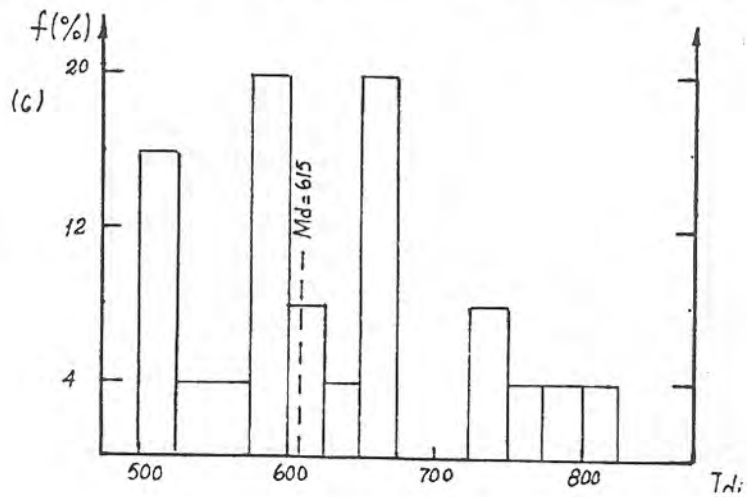


Fig N° 21



El análisis de los histogramas de índices morfométricos (Fig. 4 - 21) de los diferentes depósitos nos evidencian la influencia de los aportes locales ya que la mayoría de histogramas son bimodales y además presentan varios máximos bien marcados y son muy extendidos.

3.1.5. DISPOSICION DE CANTOS Y GRAVAS

Para hacer este estudio al momento del muestreo se tuvo en consideración lo siguiente:

- No se debe estudiar un canto pequeño adyacente a uno más grande y también los esféricos o los que tienden a esféricos o sea que su índice de alargamiento (L/l) debe ser superior a 1.3.
- Se hizo las medidas de los azimuts con una precisión de 5°.

CUADRO No. 5

ORIENTACION DE CANTOS Y GRAVAS

Depósito	Azimut de la línea de muestreo	Azimut prom. de la long. de los cantos	Azimut de la dirección de acarreo.
M-1	110° (N70° W)	30° - 40°	125°
M-2	120° (N60° W)	20° - 30°	115°
M-3	0° (N - S)	80° - 90°	175°
M-4	160° (N20° W)	60° - 80°	158°
M-8	170° (N10° W)	80° - 90°	173°
M-9	140° (N40° E)	110° - 120°	26°

La disposición de los cantos y gravas (Cuadro No. 05)

reflejan como va cambiando de rumbo el Río Marañón; primero este viene discurriendo en forma paralela a la Cordillera de los Andes con dirección general NW, luego inflexiona para comenzar a discurrir en dirección N-S y luego a la altura de Cumba cambia a una dirección NE para irse al llano Amazónico.

Este estudio demuestra como en todo depósito que han sido transportados por el agua los cantos se disponen en forma perpendicular a la dirección de aporte; esto es muy importante en la etapa de exploración de yacimientos tipo placer porque nos señalaría la dirección de aporte y porque agente fue transportado.

3.2. ESTUDIO DE ARENAS

Este estudio se realiza mediante el tamizaje. En esta operación los sucesivos tamices que se utilizan forman una columna cuyas mallas son decrecientes de arriba hacia abajo. La muestra previamente secada en el horno y luego pesada se coloca en el primer tamiz, en la parte alta de la columna, y el tamizaje se efectúa por sacudidas o por rotaciones irregulares, producidas por máquinas especiales. Después de esta operación (promedio 5 minutos) los granos de cada tamiz tienen un diámetro que está comprendido entre el tamaño de las mallas del tamiz inferior y del tamiz inmediatamente superior, o sea que con esta operación la muestra ha sido separada en diferentes fracciones granulométricas.

De los resultados obtenidos por tamizaje se deduce la curva granulométrica, que se puede representar de dos maneras:

i) Curvas Acumulativas.- En las curvas acumulativas, se coloca en ordenadas la masa total de los elementos superiores a la malla considerada (la suma de las fracciones parciales hasta el tamiz considerado), y en las abscisas el diámetro de las mallas (en escala logarítmica). Estas curvas permiten definir:

- La mediana M_d , o diámetro correspondiente al 50% del peso total de la muestra analizada. La mediana permite estimar y comparar la fuerza media de las corrientes de transporte.
- La desviación cuartilar. Los cuartos o cuartiles (fractiles) corresponden a los diámetros de las fracciones que representan el 25% (Q_3) y el 75% (Q_1) de la masa total del sedimento.

La desviación cuartilar geométrica, $Q_g = \sqrt{Q_1/Q_3}$ es un buen criterio del calibrado (Índice de selección o de Trask) del sedimento estudiado y, en cierta medida, indica el modo de depósito. Un sedimento bien calibrado ($Q_g < 2.5$) es el resultado de un aventado y selección completa que se realiza durante un transporte generalmente largo (dunas eólicas e hidráulicas, arenas

de la zona intermareal). Por el contrario, los sedimentos débilmente calibrados ($2.5 < Q_0 < 4$) y mal calibrados ($Q_0 > 4$) son productos poco evolucionados, sometidos a transportes cortos que no han efectuado ninguna selección (corrientes de barro, formaciones glaciales).

- La asimetría, $S_{k,0} = \sqrt{(Q_1 Q_3) / M_0^2}$, es un parámetro que calcula la asimetría de las curvas. En los depósitos evolucionados, que han sido sometidos durante mucho tiempo a corrientes actuando en todas direcciones, las fracciones granulométricas se han seleccionado por igual y la curva es simétrica ($S_{k,0}$ próximo a 1). En los depósitos en vías de evolución, por el contrario, la selección afecta esencialmente a las fracciones finas ($S_{k,0} > 1$) o las de grano grueso ($S_{k,0} < 1$). Esto sucede especialmente en los casos en que la corriente de transporte sólo actúa en una dirección predominante (corrientes fluviales por ejemplo) o durante un retrabajamiento secundario que elimina del sedimento determinados tipos de granos.

ii) Curvas de Frecuencia

En las curvas de frecuencia o curvas de dispersión se coloca en ordenadas el peso de la fracción de muestra contenida en cada tamiz. De esta curva se deduce la moda (tamaño de grano más frecuente) o diámetro del grano más frecuente y se observa la homogeneidad del sedimento. En principio, la distribución normal en una población de

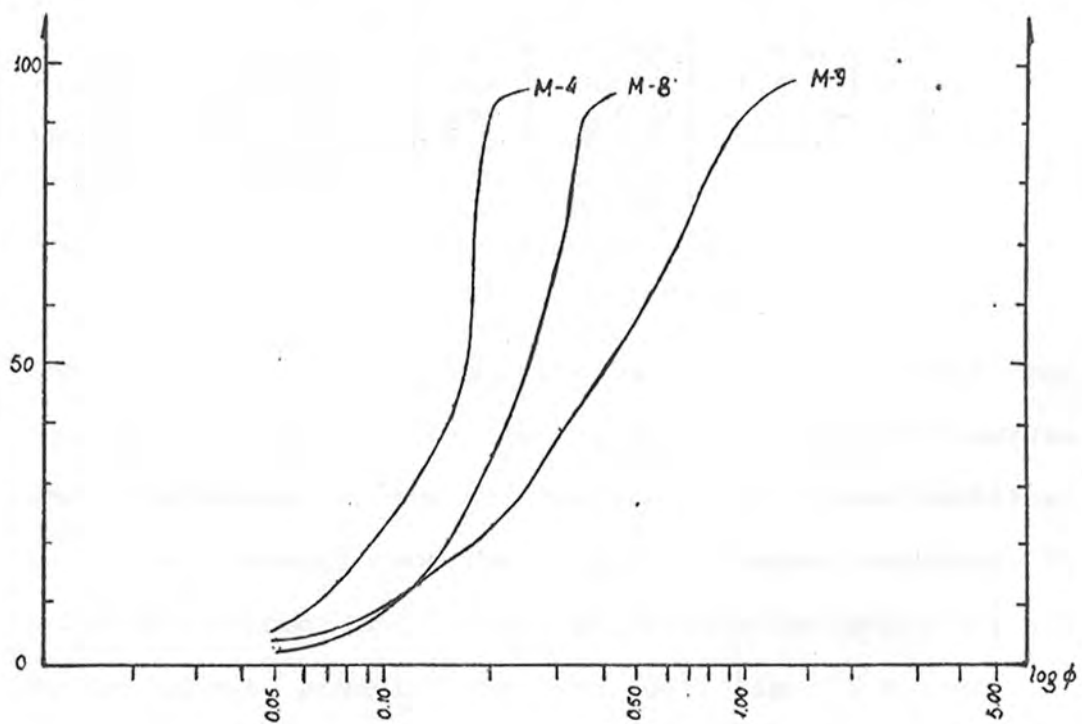
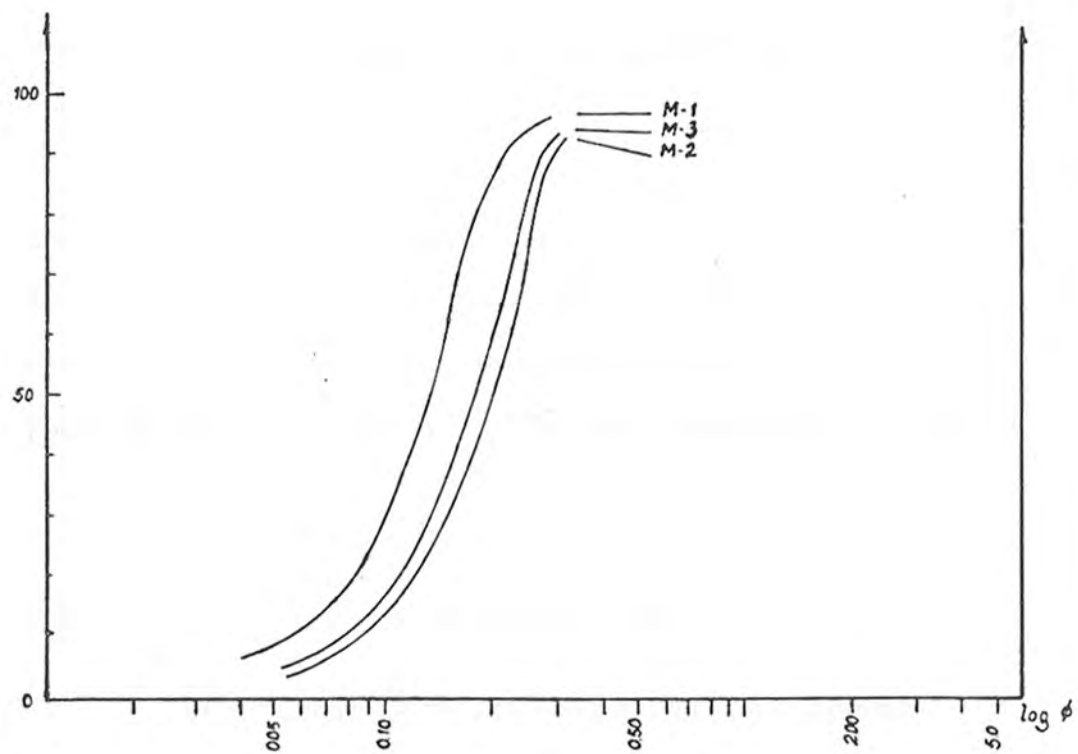
granos de arena es unimodal (curva de Gauss con un solo pico). Una curva plurimodal, con varios picos, indica por consiguiente una mezcla de varias poblaciones, y cada una de ellas viene definida por el valor de la moda correspondiente.

3.2.1. GRANULOMETRIA DE ARENAS

Del análisis granulométrico (Fig. No. 22 y Cuadro No. 06) se puede observar que todas las muestras según la escala granulométrica de Wentworth se clasifica como arenas finas (con medianas que varían de 0.13 - 0.246 mm), con la sola excepción de la muestra M-9 que viene a ser clasificada como arena media (0.41 mm) debido posiblemente a la influencia de los aportes locales y al ensanchamiento del cauce del río Marañón en esta zona.

Es importante señalar como las medianas van variando; la muestra M-1 tiene una mediana de 0.13, en la muestra M-2 este valor debería disminuir pero se observa que se incrementa a 0.20 mm, esto se explicaría debido al aporte del río Mayeta. En la muestra M-3 la mediana disminuye a 0.19 mm lo cual se explica por el desgaste sufrido debido al transporte. En el depósito M-4 la mediana sigue bajando (0.172); pero en el depósito M-8 (Corral Quemado) la mediana se incrementa a 0.246 mm esto se explica por la gran influencia que ejerce el río Chamaya el cual tiene un caudal regular todo el año. La mediana para el depósito M-9 es de 0.41 o sea que sigue incrementándose

Fig. N° 22 Curvas Acumulativas
Granulometricas de arenas



con respecto al depósito M-8 esto se explica debido a que por esta zona desembocan varias quebradas con caudales importantes en épocas de lluvias, tenemos por ejemplo la más importante que es la Quebrada Jaén con un caudal regular.

Los índices de Trask nos indican que la clasificación de los sedimentos ha sido buena ya que la mayoría de sus valores están comprendidos entre 1.383-1.443 con algunas variaciones de 1.505 y 1.829 que indica una clasificación regular.

CUADRO No. 06

PARAMETROS GRANULOMETRICOS DE LAS ARENAS

Muestra	Md	Q1	Q3	Qg	Skg
M-1	0.130	0.183	0.090	1.426	0.987
M-2	0.200	0.260	0.130	1.414	0.919
M-3	0.190	0.250	0.120	1.443	0.912
M-4	0.172	0.240	0.106	1.505	0.927
M-8	0.246	0.310	0.162	1.383	0.829
M-9	0.410	0.720	0.215	1.829	0.959

Analizando los Skg se observa que los valores son cercanos a uno (1.00) lo que nos indica que las curvas son simétricas o sea que las fracciones granulométricas se han seleccionado por igual. Además haciendo la comparación con los tipos de acumulación según Tricart estas curvas acumulativas son del tipo I (curva S de fuerte pendiente, que indica una acumulación libre, o sea

paulatina de acuerdo como el agente dinámico va disminuyendo su fuerza o velocidad).

3.2.2. MORFOSCOPIA DE ARENAS

El estudio morfoscópico de arenas se llevó a cabo en granos de cuarzo siguiendo la metodología de Cailleux sobre seis muestras de diferentes playas del Río Marañón.

Los porcentajes de granos de cuarzo desgastados en la playa La Caldera (M-1) en promedio es superior al 30% y en la playa Mayeta (M-2) este porcentaje disminuye por debajo del 30% lo que ratifica nuestras apreciaciones anteriores de que el Río Mayeta ejerce influencia local con aportes de corto recorrido.

En las muestras M-3 (Tactago) y M-4 (Cumba) estos valores sufren un ligero incremento.

En la playa de Corral Quemado (M-8) los porcentajes de granos de cuarzo desgastados es superior al 60% esto se explica debido a la influencia del Río Chamaya y los porcentajes mayores se concentran en los granos de cuarzo de mayores dimensiones y va disminuyendo hacia los tamaños menores.

En la muestra M-9 (El Zapote) los porcentajes de cuarzos desgastados disminuyen ligeramente hasta un promedio de 50% esto posiblemente a la influencia que

ejerce la quebrada Jaén en épocas de avenidas con granos que han sufrido poco transporte.

El mismo comportamiento se observa con los grados de redondez, el porcentaje de granos de cuarzo angulosos y sub-angulosos en las muestras M-1, M-2, M-3, M-4 varía de 50-60% pero con el mayor porcentaje a partir de M-2 debido al aporte del Río Mayeta.

En las playas de Corral Quemado (M-8) y El Zapote (M-9) estos porcentajes disminuyen drásticamente para situarse en el rango de 35-45% esto se explica por la gran influencia que ejerce el Río Chamaya como ya se indicó anteriormente.

3.2.3. MINERALOGIA GENERAL

Del estudio mineralógico de las arenas llevadas a cabo en seis muestras (Cuadro No. 7), tamizadas mediante 5 mallas se observó que la mineralogía predominante son el cuarzo (44-71%), feldespatos (5-30%), los fragmentos líticos en su mayoría esquistos también cuarcitas, calizas y andesitas (12-27%), y otros minerales en porcentajes menores tales como micas (biotita), magnetita, carbonatos y epidotas.

Los cuarzos aumentan sus porcentajes al disminuir las dimensiones, caso contrario ocurre con los fragmentos líticos y feldespatos que disminuyen sus porcentajes en

CUADRO No. 02

COMPOSICION MINEROLOGICA DE ARENAS

Deposito	Tamiz	CZ	FD	MCS	mt	FRC	CBS
M-1 Caldera	48	-	-	-	-	-	-
	65	52	18	1	2	18	9
	100	53	19	6	-	15	2
	200	61	18	1	1	15	3
M-2 Mayeta	270	70	10	-	-	15	4
	48	44	24	1	-	22	9
	65	58	19	-	-	16	2
	100	66	18	-	-	12	4
M-3 Tachago	200	65	15	1	-	16	3
	270	71	16	-	-	12	1
	48	44	21	3	-	29	3
	65	52	17	1	-	30	1
M-4 Cueba	100	65	13	1	-	20	1
	200	63	15	1	-	29	2
	270	66	5	1	-	25	-
	48	46	30	2	-	19	3
M-8 Corral Quemado	65	61	14	2	-	18	5
	100	59	17	1	-	27	2
	200	62	6	2	1	21	3
	270	73	6	1	-	20	-
M-9 Zapoto	48	59	12	1	-	26	2
	65	54	11	1	-	23	1
	100	59	18	1	1	19	2
	200	57	13	1	1	27	1
M-9 Zapoto	270	71	10	2	-	17	-
	48	45	10	-	-	45	-
	65	47	8	-	1	43	1
	100	52	9	-	1	32	1
M-9 Zapoto	200	50	8	1	1	40	-
	270	50	5	-	-	43	2

CZ: Cuarzo
 FD: Feldespatos
 MCS: Micas
 mt: Magnetita
 FRC: Flegmenfos
 CBS: Carbonatos

los tamaños pequeños; los minerales pesados (magnetita, circón, etc.) aumentan su porcentaje en los tamaños pequeños.

La mineralogía permanece constante en todos los depósitos esto se debe a que los agentes de erosión (ríos) erosionan rocas de la misma composición mineralógica.

CAPITULO IV

4.- ESTUDIO DE MINERALES PESADOS

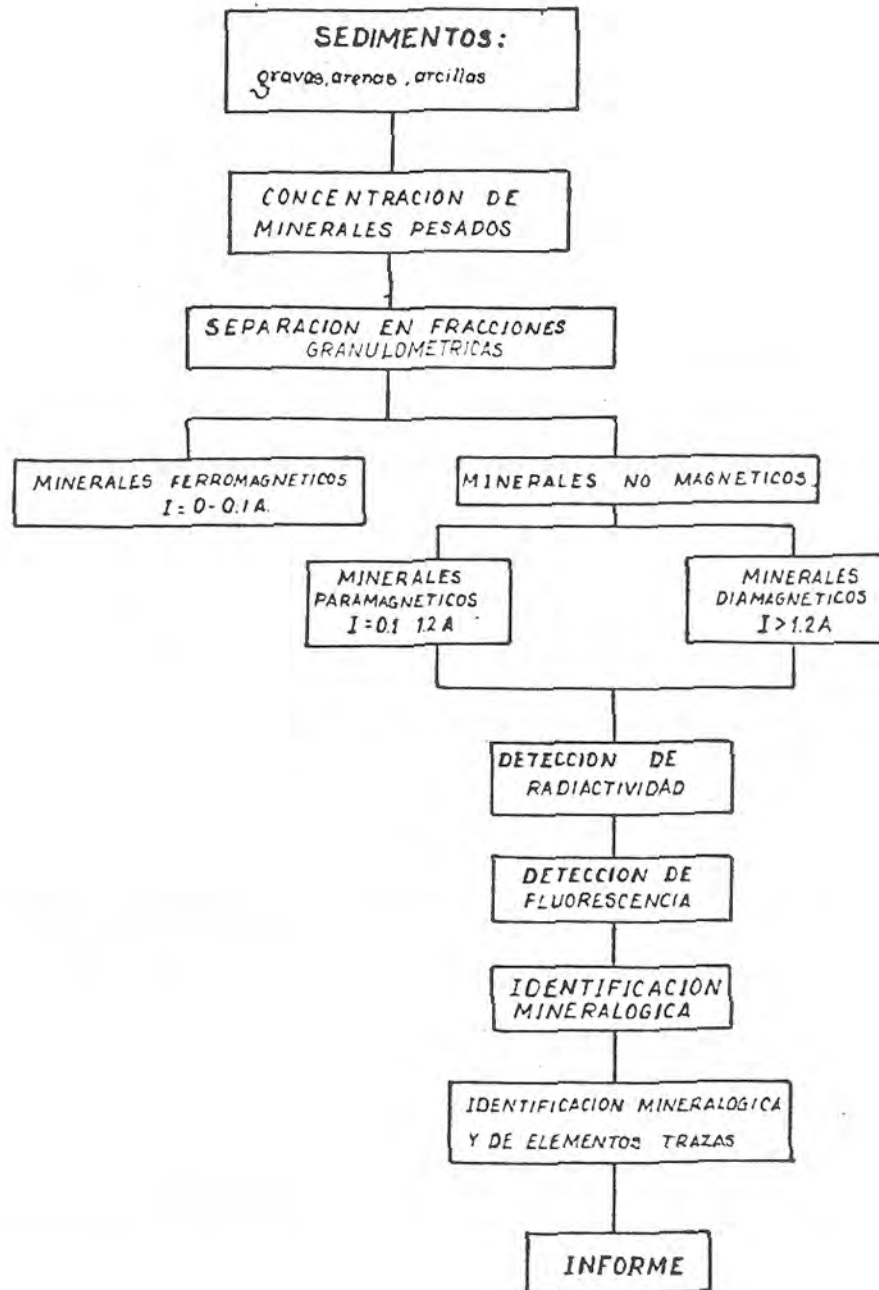
4.1. METODOLOGIA DE TRABAJO

La Metodología que se siguió se puede circunscribir a dos etapas bien definidas: el trabajo de campo y el trabajo de gabinete, tal como se indica en la fig. No. 23. Pero previo a estas dos etapas nos documentamos bibliográficamente todo lo que respecta a la exploración y prospección de yacimientos tipo placer.

4.1.1. TRABAJO DE CAMPO

En esta etapa se tuvo especial cuidado en la extracción de la muestra y su posterior concentración ya que teníamos interés en conocer la ley y granulometría del oro, por lo que seguimos recomendaciones de algunos autores tales como CLIFTON et al (1969) quien aconseja que: "Una muestra es representativa cuando tiene un número mínimo de 20 partículas de oro", y como el oro en estas playas según análisis previos era de una granulometría fina se determinó que bastaría una cantidad inferior a 20 Kg de material para igualar dicho número de partículas.

Fig. N° 23: Diagrama de flujo de la Metodología de trabajo para la identificación de minerales pesados.



Las muestras las obtuvimos realizando pequeños piques y en las paredes de estos se determinaron los canales de muestreo con dimensiones promedio de 50 cm. de alto, 20 cm de ancho y de profundidad. Las muestras eran recogidas en bolsas de plástico para su posterior concentración. La concentración de los minerales pesados se llevó a cabo con una batea o "puko" según como lo llaman los lavadores de oro de la zona. El bateado lo realizamos en la misma zona que se realizó el muestreo aprovechando la abundancia y tranquilidad del agua. Luego los concentrados eran colocados en bolsas de polietileno y rotulados para su posterior estudio en el laboratorio.

En este tipo de concentración según estudios de la ORSTOM-INGEMMET la pérdida de minerales pesados de densidad superior a 3.3 es mínima por lo que es un método confiable y barato.

4.1.2. TRABAJO DE GABINETE

En el gabinete lo primero que llevamos a cabo fue realizar un análisis mecánico por tamizado de los concentrados para así determinar en que fracciones se encuentran los mayores porcentajes de minerales pesados. Luego realizamos la separación de la fracción magnética haciendo uso de un imán de mano y la fracción no magnética lo analizamos haciendo uso de un separador electromagnético FRANTZ ISODYNAMIC L-1. Aquí cabe resaltar la importancia de la separación electromagnética

en la concentración y reconocimiento de los minerales pesados. En general, el separador electromagnético, valiéndose de la propiedad magnética de las sustancias permite concentrar grupos de minerales con igual grado de susceptibilidad magnética. Los minerales atendiendo a su magnetismo, pueden ser:

- Ferromagnéticos, cuando son atraídos por un imán permanente o por un magneto de baja intensidad (1000 gaus) o como el inducido por la corriente de 0.0 a 0.1 amperios.
- Paramagnéticos, minerales atraídos por un campo electromagnético con valores de corrientes crecientes: mayor a 0.1 hasta 1.2 amperios.
- Diamagnéticos, minerales divergentes al campo electromagnético. Los minerales se concentran residualmente a una intensidad de corriente superior a 1.2 amperios.

Posterior a esta separación electromagnética se hizo uso de un centilómetro y de la lámpara fluorescente para determinar la radiactividad y la fluorescencia respectivamente. Luego mediante un microscopio estereoscópico se reconocieron los minerales más comunes y los menos comunes se identificaron mediante la espectrografía de emisión atómica o por rayos X.

4.2. RESULTADOS E INTERPRETACION

En los concentrados (Cuadros No. 08 y 09) el análisis mecánico por tamizado puntualiza que las curvas de frecuencia acumulativa son unimodales (típico de energía fluvial uniforme), con los mayores porcentajes de minerales pesados en los tamaños menores de 0.30 mm y mayores de 0.074 mm, equivalente a los tamices -60 a +200.

La fig. No. 24 representa el porcentaje total de la fracción pesada de cada una de las zonas muestreadas, indicándonos el contenido de minerales pesados en cada fracción por tamaño de grano (medio: M, fino: F, muy fino: MF, limos: L). Estos tamaños corresponden en la escala de Wentworth a 02, 03, 04 y 08 respectivamente. La fracción gruesa (01) no se representó por no contener porcentajes significativos de minerales pesados. Analizando esta figura se puede observar que en todas las muestras el mayor porcentaje de minerales pesados se concentra en la fracción muy fina (MF) y fina (F) con la única excepción de la muestra M-10 (Chinchipe) donde la mayor concentración de minerales pesados están en la fracción fina y media, esto se puede explicar por que esta muestra fue recolectada cerca a la desembocadura de los ríos Utcumbamba y Chinchipe que son importantes afluentes y aportadores de minerales pesados del Río Marañón, con este fin se sacó una muestra en el río Utcubamba M-12 (El Salao) en la cual la mayor

CUADRO No. 08

MUESTREO Y SEPARACION GRAVIMETRICA (Hídrico)

Depósito	Muestra natural W (Kg)	Minerales pesados	
		W(grs)	%
Caldera(M-1)	24	36.73	0.15
Mayeta (M-2)	24	55.01	0.23
Cumba (M-4)	24	30.91	0.13
La Poza(M-5)	24	28.77	0.12
Choros (M-6)	24	63.11	0.26
Sauce (M-7)	12	12.79	0.11
Corral Quemado(M-8)	24	24.17	0.10
Zapote (M-9)	12	10.03	0.08
Chinchipe (M-10)	24	70.43	0.29
Magdalena (M-11)	24	53.70	0.22
El Salao (M-12)	24	52.22	0.22

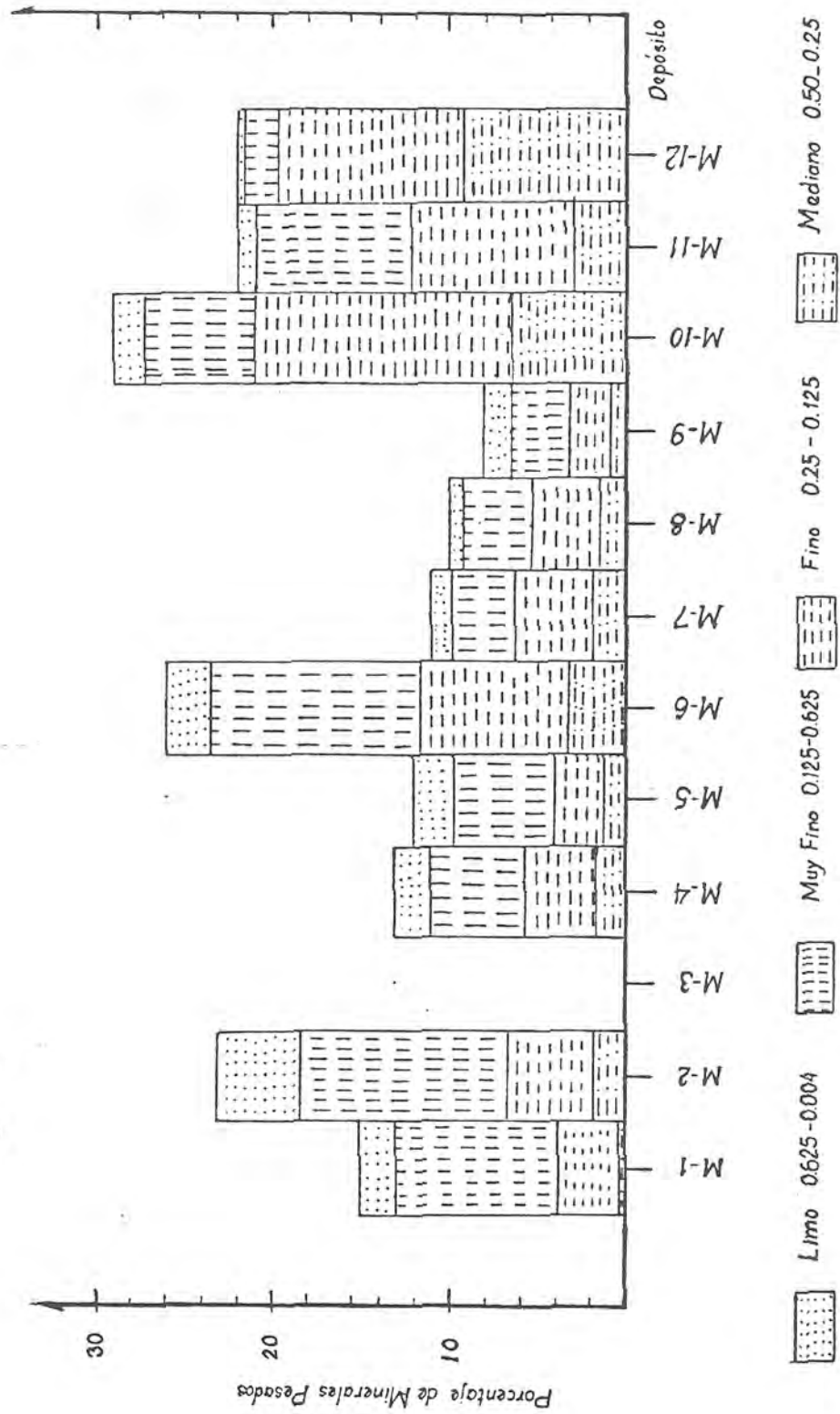
INDICACION Y SEPARACION MAGNETICA SINAN EXPERIMENTOS

Deposito	Tamiz No.	Fracción	Peso Retenido %	Mineral Pesado: <2>	
				Magnético <2>	INO Magnético <2>
M-1 Caldera	40		0.38	0.27	0.11
	60	M	1.31	0.79	0.52
	80		10.69	8.57	4.12
	100	F	15.01	8.71	6.30
	200	NF	60.86	37.39	23.47
M-2 Mayeta	270		7.64	5.84	1.80
	-270	L	4.09	3.54	0.55
	40		3.49	3.34	0.15
	60	M	3.40	2.76	0.64
	80		10.38	7.99	2.39
M-4 Cumbá	100	F	10.33	7.81	2.52
	200	NF	56.08	42.26	13.82
	270		10.35	8.46	1.89
	-270	L	5.97	4.92	1.05
	40		4.01	2.66	1.35
M-5 La Poza	60	M	8.88	6.10	2.78
	80		17.00	11.67	5.33
	100	F	13.59	8.75	4.84
	200	NF	40.25	26.18	14.07
	270		9.28	6.70	2.58
M-6 Choros	-270	L	6.99	5.11	1.88
	40		6.00	4.57	1.43
	60	M	4.63	3.00	1.63
	80		10.29	7.12	3.17
	100	F	13.24	9.09	4.15
M-6 Choros	200	NF	48.31	33.02	15.29
	270		9.86	7.14	2.72
	-270	L	7.66	5.86	1.80
	40		4.09	2.58	1.51
	60	M	7.97	5.10	2.87
M-6 Choros	80		16.73	11.70	5.03
	100	F	15.34	11.20	4.14
	200	NF	47.11	29.59	17.52
	270		5.82	3.81	2.01
	-270	L	2.33	1.44	0.89

TAMIZADO Y SEPARACION MAGNETICA CIMEN PERMANENTE

Depósito	Tamiz No.	Fracción	Peso Retenido %	Mineral Pesado: (%)	
				Magnético (%)	No Magnético (%)
M-7 Sauce	40		5.13	5.08	0.05
	60	M	10.63	9.04	2.59
	80		22.93	18.68	4.25
	100	F	16.86	12.71	4.15
	200	MF	31.38	24.27	7.11
M-8 Corral Quemado	270		7.52	4.41	3.11
	-270	L	5.55	3.01	2.54
	40		2.67	1.57	1.10
	60	M	4.82	3.39	1.43
	80		20.16	15.63	4.53
M-9 Zapote	100	F	19.27	13.56	5.71
	200	MF	45.02	28.72	16.30
	270		5.42	3.21	2.21
	-270	L	2.84	1.53	1.11
	40		4.50	2.90	1.60
M-10 Chinchipe	60	M	6.90	4.36	2.54
	80		16.34	11.98	4.36
	100	F	14.89	10.53	4.36
	200	MF	44.23	30.21	14.02
	270		8.13	4.57	3.56
M-11 Magdalena	-270	L	5.01	2.83	2.18
	40		1.15	0.68	0.47
	60	M	22.01	13.11	8.90
	80		35.26	16.52	18.74
	100	F	15.91	6.77	9.14
M-12 El Salao	200	MF	22.83	9.14	13.69
	270		1.87	0.78	1.09
	-270	L	0.97	0.44	0.53
	40		1.55	1.03	0.52
	60	M	12.10	8.10	4.00
M-11 Magdalena	80		23.68	13.41	10.27
	100	F	17.58	8.36	8.62
	200	MF	39.43	17.84	21.59
	270		3.92	1.92	2.00
	-270	L	1.74	0.92	0.82
M-12 El Salao	40		6.47	5.03	1.44
	60	M	30.80	23.92	6.88
	80		22.96	24.57	8.39
	100	F	14.19	10.42	3.77
	200	MF	14.17	10.06	4.11
	270		1.41	0.77	0.64

Fig. N° 24



concentración de minerales pesados está en la fracción fina (47.15%) y media (37.27%).

La fracción magnética en las muestras analizadas varían en porcentaje desde 20-45% del total de minerales pesados. Siendo la magnetita el principal componente, también se observa ilmenita.

En forma general las magnetitas observadas en todas las muestras presentan características similares: son granos moderadamente redondeados y con un cierto porcentaje de granos angulosos, cristales octaédricos enteros y también rotos.

La separación electromagnética en seco, se realizó en las fracciones más representativas (mallas -60 y +200) que corresponden a la fracción fina y muy fina.

El Cuadro No. 10 reúne la distribución porcentual de los minerales pesados Vs. amperios de separación electromagnética, en el cual podemos apreciar, que los minerales paramagnéticos son, relativamente, abundantes en los tamaños de arenas mayores a 0.15 mm. (malla -60), que corresponden a las arenas finas; en tanto que, los minerales diamagnéticos aumentan su porcentaje de concentración hacia los tamaños de 0.074 mm (malla +200); equivalente a arenas muy finas.

Al realizar la separación electromagnética se pudo observar que la variación del color del concentrado era de negro a colores claros según iba disminuyendo la susceptibilidad magnética, esto es, los ferromagnéticos más oscuros -que- los paramagnéticos y estos a su vez más oscuros que los diamagnéticos.

Veremos más adelante, de acuerdo al estudio mineralógico, que la susceptibilidad magnética de los granos individuales de un mineral puede variar de acuerdo a su variación composicional y a la presencia de inclusiones de diferentes susceptibilidad magnética.

La radiactividad estuvo dentro del rango normal 0-50 cuentas por minuto, que es el valor promedio del gabinete donde se trabajó, con algunas fluctuaciones ligeramente superiores a este promedio en las fracciones de 1.2 y +1.2 amperios debido posiblemente a la presencia de Allanita, xenotima, monacita, apatito o circón que

CUADRO No. 10

SEPARACION ELECTROMAGNETICA, Frantz Isodynamic (15°, 15' 2

Depósito	Tamiz No.	Separación Electromagnética (%)					
		0.1 A	0.6 A	1.2 A	+ 1.2 A		
M-1	-60	5.41	79.28	9.90	5.41		
	+200	14.01	67.45	2.23	16.31		
M-2	-60	5.72	83.19	3.82	7.27		
	+200	6.10	52.07	11.11	30.72		
M-4	-60	11.19	80.60	3.73	4.48		
	+200	8.49	60.75	6.14	24.62		
M-5	-60	6.40	72.28	6.61	14.71		
	+200	7.67	53.25	6.77	32.31		
M-6	-60	5.66	87.28	2.66	4.40		
	+200	8.08	72.06	4.13	15.73		
M-7	-60	7.60	70.96	8.77	12.67		
	+200	8.29	56.87	10.67	24.17		
M-8	-60	9.20	80.02	5.52	5.26		
	+200	11.47	72.16	3.23	13.14		
M-9	-60	7.63	74.43	7.63	10.31		
	+200	8.16	71.94	7.40	12.50		
M-10	-60	12.23	80.00	4.78	2.99		
	+200	9.41	71.49	8.78	10.32		
M-11	-60	11.66	80.12	4.11	4.11		
	+200	8.42	76.45	4.11	11.02		
M-12	-60	5.24	73.65	5.24	15.87		
	+200	5.62	56.18	19.66	18.54		

generalmente presentan Thorio y Uranio como elementos trazas en su estructura; o posiblemente también uraninita. Estas apreciaciones se verificaron al realizar el análisis espectrográfico, en el cual se observó Thorio y Uranio como elementos trazas.

Al realizar el estudio con la lámpara fluorescente se observó que en la fracción diamagnética había algunos granos con fluorescencia de color amarillo, que podría deberse a la presencia del circón con impurezas atómicas de Thorio y Uranio.

La identificación mineralógica promedio de cada una de las fracciones obtenidas por separación electromagnética, utilizando métodos microscópicos y complementados por difracción de rayos X se puede observar en los cuadros No. 11 y figuras del 25-27.

En estos cuadros se puede observar que:

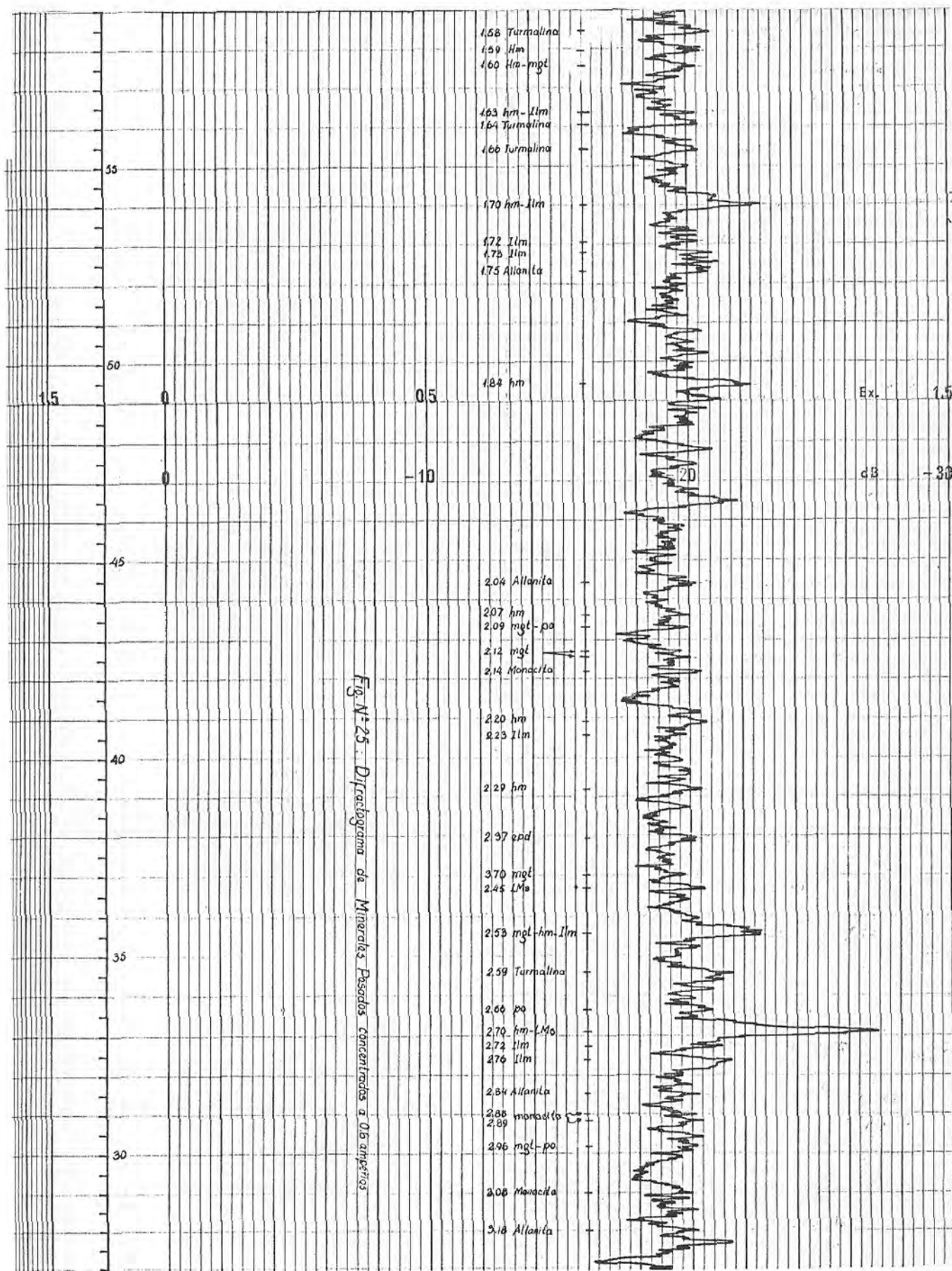
- Los minerales ferromagnéticos están representados por la ilmenita y la magnetita. También se observó cuarzos con inclusiones de magnetita.

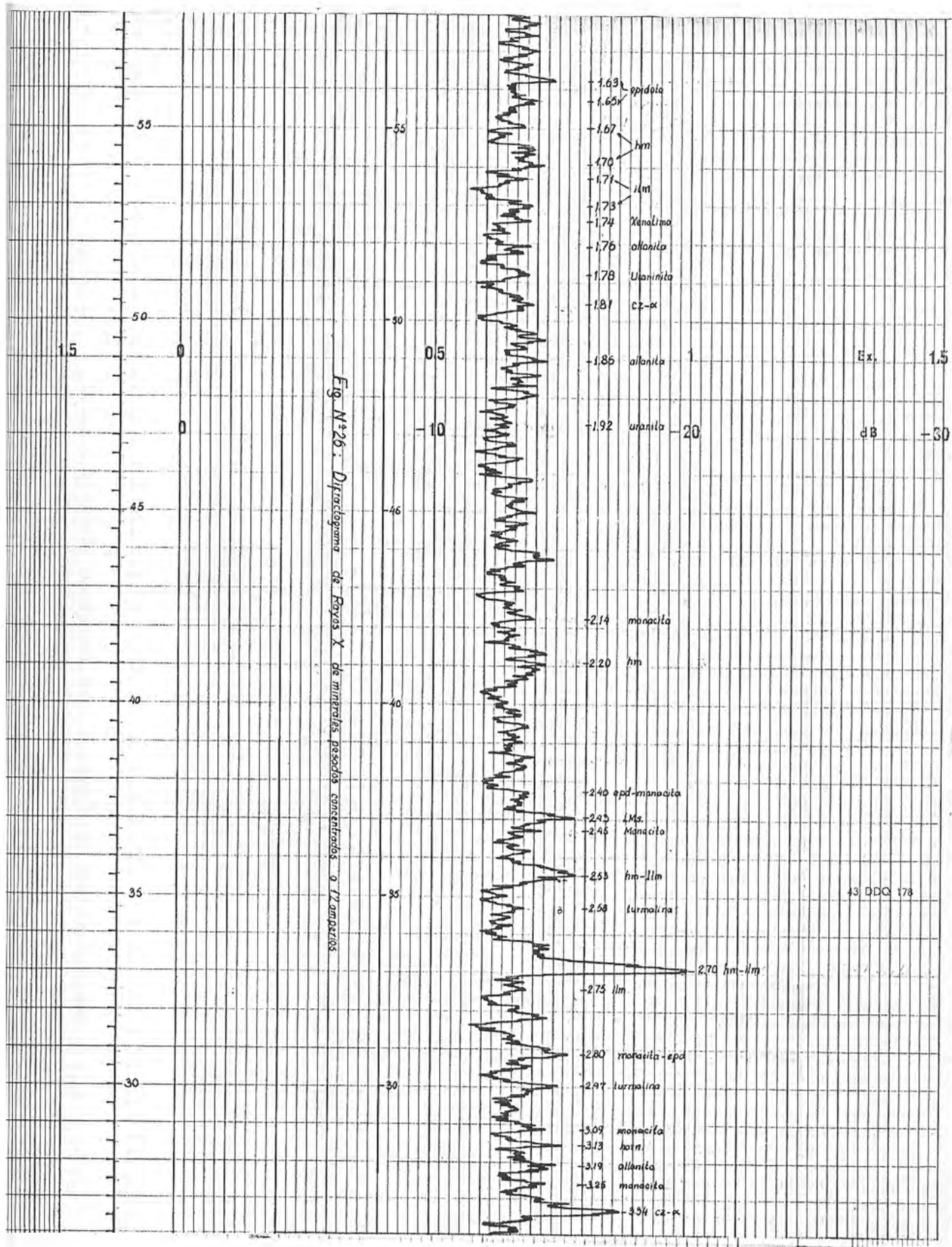
- Los minerales paramagnéticos están representados por la monacita, hematita, ilmenita, martita, epidota, allanita, turmalina, hornblenda, piroxenos, granate; xenotima, thorita, uraninita; también se observó cantidades mínimas de rutilo, apatito y circón los cuales

CUADRO No. 11

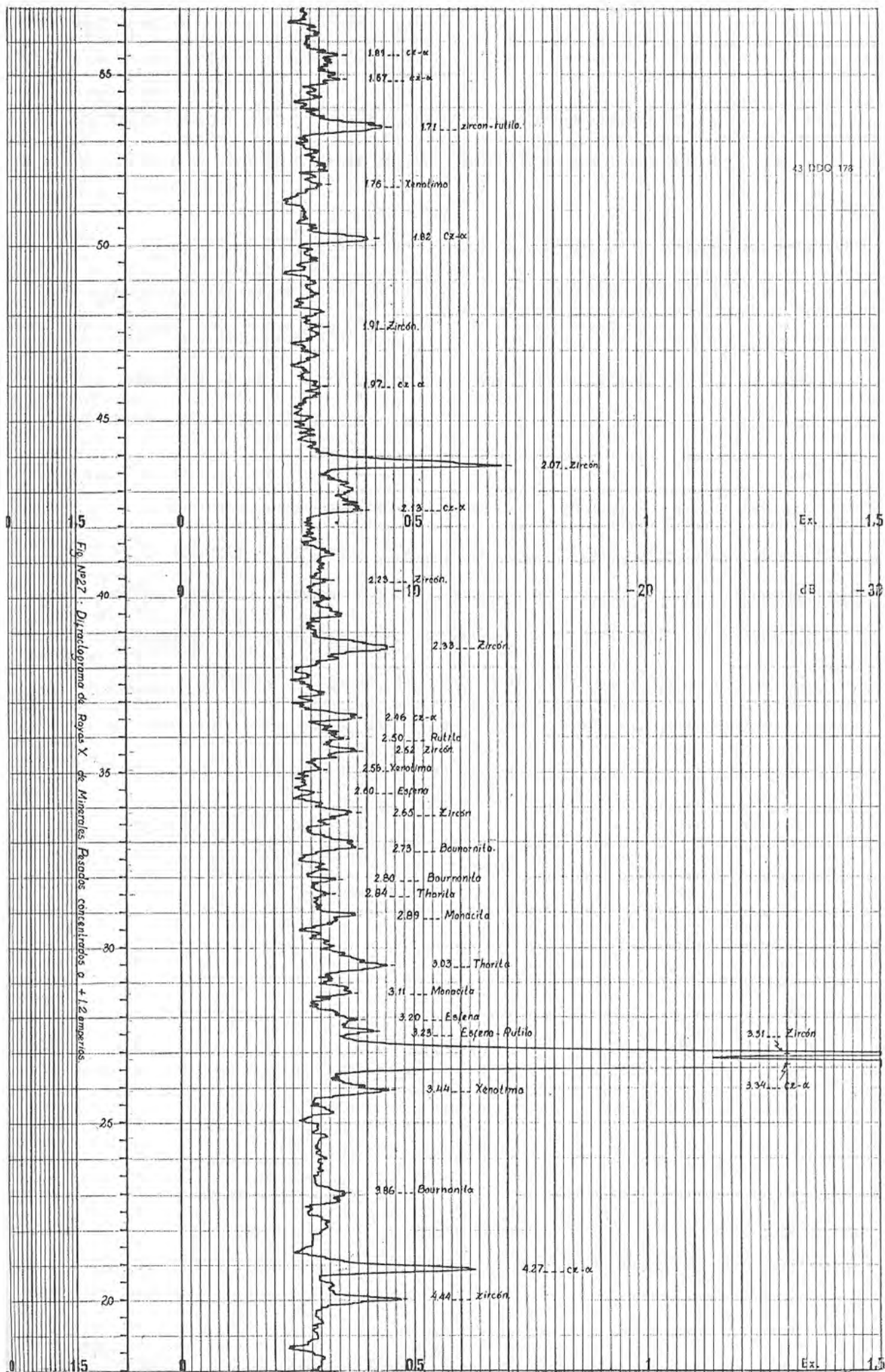
MINERALES PESADOS MAS ABUNDANTES DEL
RIO MARAÑON

Ferromag néticos	Paramagnéticos			Diamag néticos
0.0 A	0.1 A	0.6 A	1.2A	+1.2 A
Magnetita ilmenita	ilmenita magnetita pirrotita	ilmenita hematita martita epidota turmalina anfíboles piroxenos monacita granate allanita	monacita xenotina hematita thorita anfíboles allanita martita turmalina epidota granate piroxenos circón apatito rutilo uraninita	circón oro esfena apatito rutilo pirita monacita casiterita tumalina xenotina thorita





43 DDG 178



presentan inclusiones oscuras posiblemente magnetita o ilmenita por lo cual se comportan como paramagnéticos.

- Los minerales diamagnéticos representados principalmente por circón, oro, rutilo, apatito, esfena, pirita y casiterita, y una cantidad muy pequeña representada por la monacita, turmalina, xenotima, thorita y bournonita.

El análisis semicuantitativo (Cuadro No. 12) nos da información sobre la distribución promedio de los diferentes elementos que constituyen los minerales pesados y también nos ayuda a certificar la presencia en estas arenas negras de elementos tales como el Zr, Th, U y tierras raras (La, Ce, Yb) los cuales tienen gran importancia económica.

CUADRO No. 12

Análisis semi-cuantitativo de los minerales pesados del
Río Marañón

a) Porcentaje de elementos en la fracción electromagnética de 0.6 A

> 10 %	1 - 10%	1 - 0.001 %	< 0.001 %	Probable distribución
Fe				Magnetita, ilmenita, hematita, limonitas
	Ti			
	Si			Ilmenita, Leucóxeno
				Silicatos
		Ca		Epídota, granates, allanita
		Al		Turmalina, Piroxenos allanita
		Mn		Anfiboles, piroxenos, granates, allanita
			V	Limonitas, (V - Fe)
			Mg	Turmalina, piroxenos, anfiboles
			Cu	Oro
			Na	Turmalina, allanita
			Pb	Micas
			Cr	Piroxenos, granates
			Ce-Yb	Monacita, allanita
			Zr	Circon
			Ag-Au	Oro
			Zn	Piroxenos
			La	Monacita, allanita

Elementos mayores : mayores 10%

Elementos menores : 1 - 10%

Elementos trazas : 0.001-1%

Elementos vestigios: menores 0.001%

b) Porcentaje de elementos en la fracción electromagnética de 1.2 A

> 10 %	1 ~ 10%	1 ~ 0.001 %	< 0.001 %	Probable distribución
Fe				Hemanita, limonitas
Si				Silicatos
	Ti			Rutilo, leucoxeno, ilmenita
		Ca		Epídoto, apatito
		Al		Turmalina, granates
		Mg		Turmalina, Piroxenos, anfíboles
		Mn		Apatito, anfíboles
				Oro, Sulfuros
		Cu		Turmalina
		Na		Monacita
		La		Monacita
		Ce		Oro
			Ag	Limonitas (V - Fe)
			V	Sulfuros, uraninita
			Pb	Piroxenos, granates
			Cr	Uraninita, apatito, circon, monacita
			U	Monacita
			Yb	Circon
			Zr	Circon (Sn - Zr)
				Oro
			Sn	
			Au	
			Zn	Piroxenos

c) Porcentaje de elementos en la fracción electromagnética de $\pm 1.2 \text{ \AA}$

> 10 %	1 - 10%	1 - 0.001 %	< 0.001 %	Probable distribución
Si				Circon, cuarzo
Zr				Circon
	Ti			Rutilo, esfena
	Fe			Pirita, limonitas
	Ca			Apatito, esfena (*)
	Al			Turmalina, Corindón, Sillimanita
		U		Apatito, uraninita, circon, monacita,
		Yb		Monacita
		Ag		Oro, sulfuros
		Mg		Turmalina
		Mn		Apatito
		Au		Oro
		Th		Circon, monacita, apatito
			Cu	Oro, Sulfuros
			Na	Turmalina
			Sr	Barita, (*) Sr - Ca
			V	Limonitas V - Fe
			Sn	Casiterina, circon Sn - Zr
			Pb	Barita
			Ba	Barita (*) Ba - Ca
			Cr	Piroxenos, Granates
			La	Monacita

4.3. OCURRENCIAS DE MINERALES PESADOS EN EL PERU

Como resultado de las investigaciones llevados a cabo por Profesionales e instituciones se han determinado diferentes áreas (Fig. No. 28) con minerales pesados valiosos y asociados a depósitos con oro libre, el cual es objeto de explotación.

En las siguientes áreas se ha logrado cuantificar los minerales pesados:

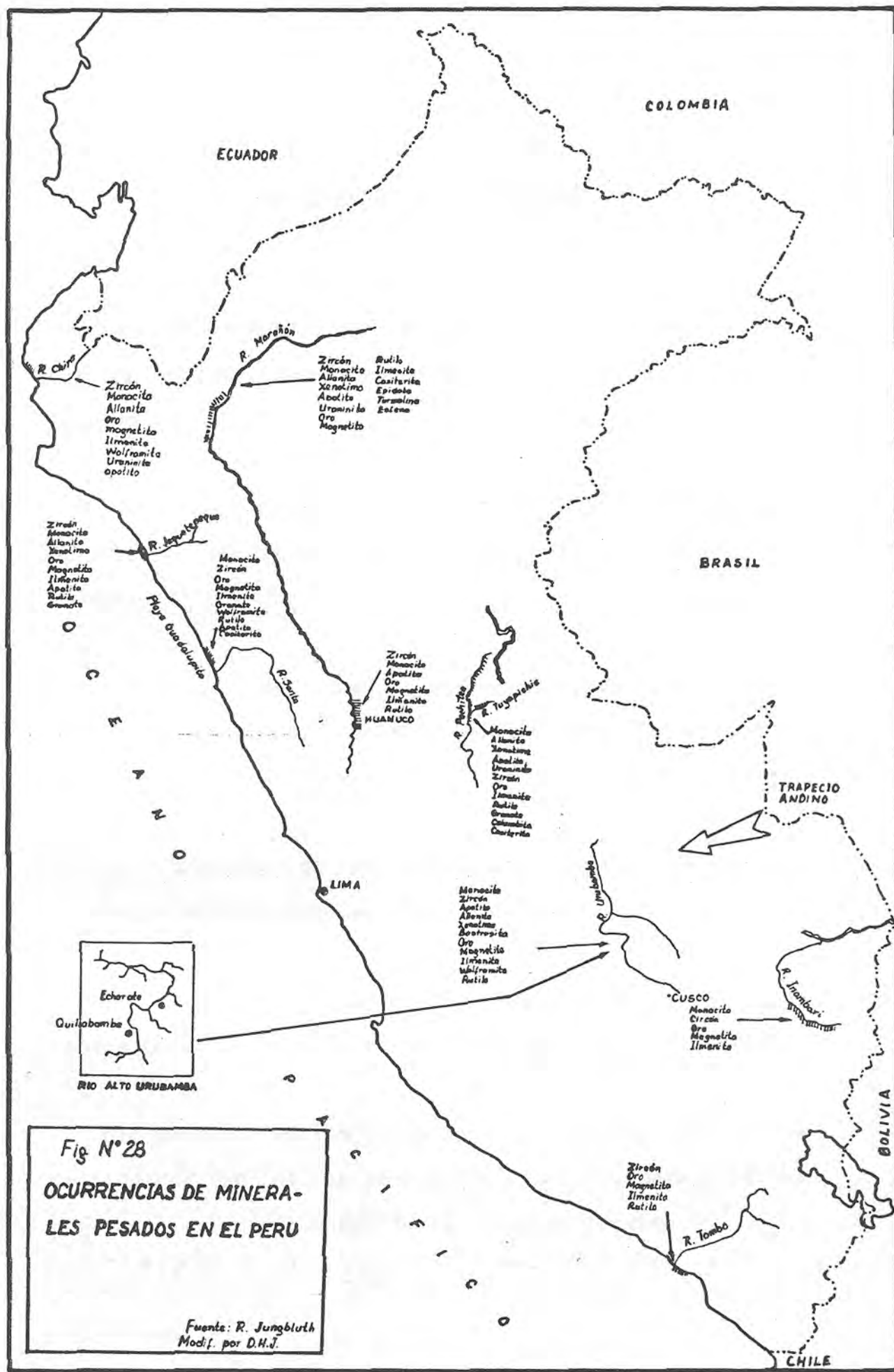
En el Litoral norte, en los relaves de arenas auríferas de las playas Guadalupe y Chira, así como en la playa Jequetepeque, el concentrado de magnetita fluctúa entre 25-45%, ilmenita entre 15-25%, monacita-circón entre 0.5-2.0% y wolframio-rutilo-caserita-apatito menor de 1.0%; distribución que es semejante en Yuyapichis - Pachitea.

En el Litoral Sur, playa Punta Bombón (Arequipa), el concentrado de magnetita alcanza un 40%, ilmenita 7% y circón hasta 1%.

En la zona del Trapecio Andino estos valores aumentan notablemente: Alto Urubamba se tienen concentrados de allanita-xenotima-monacita-bastanasita 9-10% y concentrado de circón 1.5-2.0% y en el Putumayo-Sandia concentrados de monacita 2.7%, el concentrado de circón

alcanza hasta 93% y el concentrado de ilmenita 1.5%.

En las demás áreas sólo se tiene resultados cualitativos, mas no cuantitativos, por lo cual se hace necesario llevar a cabo estudios con la finalidad de cuantificar los minerales pesados en estas áreas.



CONCLUSIONES

- La granulometría de cantos nos indica que en el río Marañón hay mezclas de sedimentos transportados y aportes locales.
- El cambio de rumbo y el ensanchamiento del río Marañón a partir de Cumba influye en la granulometría de cantos.
- Los tipos de rocas predominantes son las areniscas (40-51%), andesitas (14-31%), calizas (10-20%), esquistos (3-14%), rocas intrusivas (2-7%), otros (2-5%).
- La variación de la litología global también nos evidencia que hay mezclas de sedimentos.
- El espectro litológico nos indica que la mayoría de cantos proviene de aportes locales y de corto recorrido.
- El estudio morfométrico de cantos nos indica una continuidad en el accionamiento fluvial, pero a la vez nos refleja la influencia de los aportes locales.

- La disposición de cantos nos refleja el cambio de rumbo del río Marañón y a la vez es una buena herramienta para la exploración de yacimientos tipo placer, ya que señala la dirección de aporte.

- Del análisis granulométrico de arenas se determina que las arenas son de grano fino y han tenido una clasificación buena.

- La morfoscopia de arenas nos refleja que en el río Marañón hay mezclas de sedimentos de largo transporte con sedimentos de aportes locales y de corto recorrido.

- El estudio mineralógico de las arenas señala que predominan los cuarzos, feldespatos y los fragmentos líticos.

- Los cuarzos aumentan su porcentaje al disminuir sus dimensiones, caso contrario ocurre con los feldespatos y los fragmentos líticos.

- Los minerales pesados se concentran en orden de importancia en la fracción de grano muy fino, fracción de grano fino y en la fracción de grano medio.

- La fracción fuertemente magnética (magnetita) varía en porcentaje de 20-45% del total de minerales pesados.

- Los minerales paramagnéticos son, relativamente, abundantes en la fracción de grano fino.
- Los minerales diamagnéticos aumentan su porcentaje de concentración hacia la fracción de grano muy fino.
- Los minerales ferromagnéticos están representados por la magnetita y la ilmenita.
- Los minerales paramagnéticos están representados por la monacita, hematita, ilmenita, martita, epidota, allanita, turmalina, anfíboles, piroxenos, granates, xenotima, thorita y uraninita.
- Los minerales diamagnéticos identificados son el circón, oro, rutilo, apatito, esfena, pirita y casiterita.
- La susceptibilidad magnética de los minerales varía de acuerdo a su variación composicional y a la presencia de inclusiones de diferente susceptibilidad magnética.
- La separación electromagnética es un método muy eficiente que nos permite concentrar y reconocer los diferentes minerales pesados.

BIBLIOGRAFIA

- Aranda, A. y Jungbluth, R. (1985) Concentración minerológica de tierras raras en Placeres auríferos. Dpto de Huánuco-II Simposium nacional de Ingeniería metalúrgica, Lima - Perú.
- Aubouin, J. ; Brousse, R. y Lehman, J (1981) Tratado de Geología Tomo I.
- Cortazar, Pedro F. (1983) Documental del Perú: Amazonas, Tomo IV.
- Dana, E. y Ford, W. (1985) Tratado de Minerología C.E.C.S.A. México.
- Flinter, B.H. (1959) The magnetic separation of some alluvial minerals in Malaya. The American Mineralogist - Vol 44, july-august, Page. 738-751.
- Guerra Turin, F. (1983) Evaluación Geológica del prospecto Titan: Determinación de los minerales pesados monacita, circón en la región aurífera del Putumayo. Dsto de Sandia, Dpto Puno. Tesis UNI Lima.
- Ingemmet - Orstom (1980) Estudio del Oro detrítico: Técnicas de muestreo utilizadas. Informe final: anexo a la segunda parte.
- Jungbluth, R (1977) Investigación y Geoquímica de los circones del Litoral del Santa. Dptos de Ancash y La Libertad. Tesis UNI Lima.

- Lázares, C. y Philbrook, W Mineralogical study of
Peruvian black sand.
Carnegie Mellon University.
Pittsburgh Pennsylvania USA.
- Martín, A y Ostuna, J.
(1982) Estudio sedimentológico y de
minerales pesados de la
playa La Ventanilla, Oaxaca,
México. Revista Geomimet,
III Epoca, nov - dic, No.
120.
- Martín Barajas, A. (1987) Distribución de minerales
pesados en placeres de playa
en una porción del litoral
de los estados Guerrero y
Oaxaca. Revista Geomimet -
XIV Epoca, marzo-abril, No.
146. México.
- Mendoza, A. y Djeda, M.J.
(1989) Exploración Geoquímica de
minerales pesados - Caso
playa Punta de Bombón Dpto
de Arequipa. Seminario de
investigación de minerales
pesados estratégicos del
Perú UNI. Lima.
- Salazar Díaz, H. (1973) Geología de sistema Vial del
Nor-Oriente. Bol.
Geodinámica Ingeniería
Geológica No. 1.
- Teves, N. y Jungbluth, R. (1978) Geología Litoral en
las Bahías de Coishco y
Santa - IV Congreso Peruano
de Geología
- Verastegui Torres, D. (1978) Estudio Geológico y
Geotécnico preliminar del
Proyecto de la Central
Hidroeléctrica de Rentema.
Tesis UNMSM, Lima.

- Vidalón Gálvez, José (1980) Separación eléctrica y magnética de minerales. Seminario de métodos de concentración de minerales. AIMP. Lima - Perú.
- Wilson, J. (1984) Geología de los Cuadrangulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepen. bol. No. 38. Serie A. - Carta Geológica Nacional INGEMMET.

RECOMENDACIONES

- Llevar a cabo un estudio más al detalle desde las zonas de La Caldera hasta Choros ya que estas zonas presentan terrazas con un buen potencial en minerales pesados.
- Realizar estudios cuantitativos por tierras raras debido a la gran importancia económica de las mismas.
- Dentro de la metodología de trabajo en el gabinete se puede realizar la separación electroestática combinada con la separación, electromagnética, lo cual nos permitiría separar minerales pesados en: conductores, no conductores, magnéticos y no magnéticos; lo que nos facilitaría el reconocimiento mineralógico.