



551.36866  
E32

# Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería de Geología, Minas y Petróleos

## “Sedimentología y Estratigrafía de la formación San Mateo, Provincia de Manabí - Ecuador”

Coordenadas: Long. 80° 35' 41'' - Lat. 01° 26' 16''  
Long. 80° 41' 40'' - Lat. 01° 32' 16''

# TESIS DE GRABO

Previa a la Obtención del Título de:

**INGENIERO GEOLOGO**



PRESENTADA POR

**Hugo Ernesto Egúez Alaba**

GUAYAQUIL - ECUADOR

**1985**





**DEDICATORIA**



A mi esposa  
A mi hija  
A mis padres





ING. DANIEL TAPIA F.  
DECANO DE LA FACULTAD DE ING.  
DE GEOLOGIA, MINAS Y PETKOLEOS

Ing. **Eugenio Nuñez del Arco**  
DIRECTOR DE TESIS

ING. JORGE CALLE G.  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DR. BERNARD LABROUSSE  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



SECA



ESPOL

## DECLARACION EXPRESA

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

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).

HUGO ERNESTO EGUEZ ALAVA



## RESUMEN



La parte de la formación San Mateo aflorante en el flanco E de la cordillera costera y específicamente en el área de estudio, se encuentra constituida por dos unidades litológicas. La unidad, basal, se trata de lutitas tobáceas finas, que pasan gradualmente a constituir la fuerte unidad conglomerática superior progradante sobre la primera.

Los cuerpos conglomeráticos comparten características de "flujos de granos" y "flujos de Detritos", formando un cañón submarino que aporta sus sedimentos en el sentido Azimut  $330^\circ$ , afirmación apoyada en la información obtenida del estudio de paleocorrientes y en el conocimiento del desarrollo de facies de abanico submarino siguiendo dicho sentido de aporte sedimentario, en el área del Cabo San Lorenzo.

La presencia de un sistema de fallas normales que limita al conglomerado en las cercanías de su eje, hace suponer que se trata de la reactivación de fallas axiales que alinearon la sedimentación gruesa confinándola a los ejes de los cañones submarinos en el Talud en épocas del Eoceno Superior.

Por último, una comparación realizada de la Fm. San Mateo

con formaciones olitostromicas? del Eoceno Superior que ocurren al Sur (Península de Santa Elena), en base a la información disponible, nos hace suponer que fueron creadas bajo el mismo modelo de depositación (cuencas de talud de fosa), y manejadas por una condición tectónica afin.

## INDICE DE ABREVIATURAS

Cood	Coordenadas topográficas referidas generalmente a las hojas topográficas Jipijapa, Pedro Pablo Gómez o Cabo San Lorenzo.
D.F.	Flujo de Detritos ; mecanismo de transporte sedimentario masivo.
D.G.G.M.	Dirección General de Geología y Minas del Ecuador.
E;NE;NW;SE;SW, . . . etc.	puntos cardinales indicando orientación
	Flujo fluidificado; mecanismo de transporte sedimentario masivo.
	Formación geológica
G.F.	Flujo de granos; mecanismo de transporte sedimentario masivo.
H.G.	Hoja geológica escala 1:100.000 editada por la Dirección General de Geología y Minas.
H.T.	Hoja topográfica escala 1:50,000 publicada por el I.G.M.
I.G.M.	Instituto Geográfico Militar, del Ecuador.
I.E.P.C.	International Ecuadorean Petroleum Company

R        Río

S.G.F.    (Sediment gravity flows) flujos de sedimentos por gravedad.

T<sub>a,b</sub>; T<sub>b,c,d,e</sub>; T<sub>a,c</sub>, . . . . turbidita de Bouma con respectivos horizontes.

## INDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
RESUMEN	VI
INDICE DE ABREVIATURAS	VIII
INDICE GENERAL	X
INTRODUCCION	12
PRESENTACION DEL AREA	12
FISIOGRAFIA	14
TRABAJOS ANTERIORES	16
OBJETIVOS DEL PRESENTE ESTUDIO	24
CAPITULO 1	
COMPORTAMIENTO DE FLUJOS DE SEDIMENTOS ACCIONADOS POR LA GRAVEDAD (S.G.F.), EN AMBIENTE SUBACUATICO.	26
1.1. Generalidades	26
1.2. Definiciones	27
1.3. Corrientes de turbidez (T.C.)	29
1.4. Flujos fluidificados (F.F.)	32
1.5. Flujos de granos (G.F.)	37
1.6. Flujos de detritos (D.F.)	41
CAPITULO II	
SEDIMENTOLOGIA DE LAS FACIES DEL SAN MATEO	45
2.1. Facies de cañón submarino	45
2.1.2. Aloctonía por deslizamiento	52
2.1.3. Cuerpos de flujos masivo (S.G.F.)	53
2.2. Facies del abanico submarino	62

CAPITULO III	
ESTRATIGRAFIA DE LA FORMACION SAN MATEO	70
3.1. Análisis secuencial	71
3.2. Interpretación de la columna estrati- gráfica	76
3.2.1. Diferenciación de unidades	80
CAPITULO IV	
PALEOGEOGRAFIA	86
4.1. Historia geológica	88
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
ANEXO	95
BIBLIOGRAFIA	109

## INTRODUCCION

### PRESENTACION DEL AREA

#### UBICACION

El lugar estudiado comprende un área de  $121 \text{ Km}^2$  formando un polígono regular de 11 km. por lado en las cercanías de la Parroquia "Julcuy" provincia de Manabí (coordenadas geográficas del extremo NE del polígono: Long.  $80^{\circ}35'41''\text{W}$ , Lat.  $01^{\circ}26'16''\text{S}$ .). Esta localidad se encuentra situada a 50 Km. (en línea recta) al SW de Portoviejo (Fig. 1).

La principal vía de acceso es la carretera que une Portoviejo con Guayaquil y existen 47 km. desde la primera ciudad mencionada hasta el sitio de entrada (San Bembe), seguido por 12 km. de camino no asfaltado (San Bembe - Julcuy). Otras vías de acceso al área son: P.P. Gómez - San Pablo - Julcuy; Puerto López - Agua Blanca - Soledad-Julcuy; Joaz-Mero Seco - Julcuy; todos ellos importantes por que permiten estudiar las relaciones a la base y al tope de la fm. San Mateo.

El estudio de la columna estratigráfica realizado al norte en las inmediaciones de Cabo San Lorenzo, en los acantilados que se encuentran sobre la playa desde Punta Teñidero hasta Liqueque, (coord, 130/864; 111/856 H.T. Cabo San

Lorenzo, Fig. N° 1) posee una dimensión aflorante de 2.500 m. con un espesor aproximado de 81 m. Su principal vía de acceso es la carretera de verano Manta - San Mateo - El Aramo - Pacoche - Liguique.

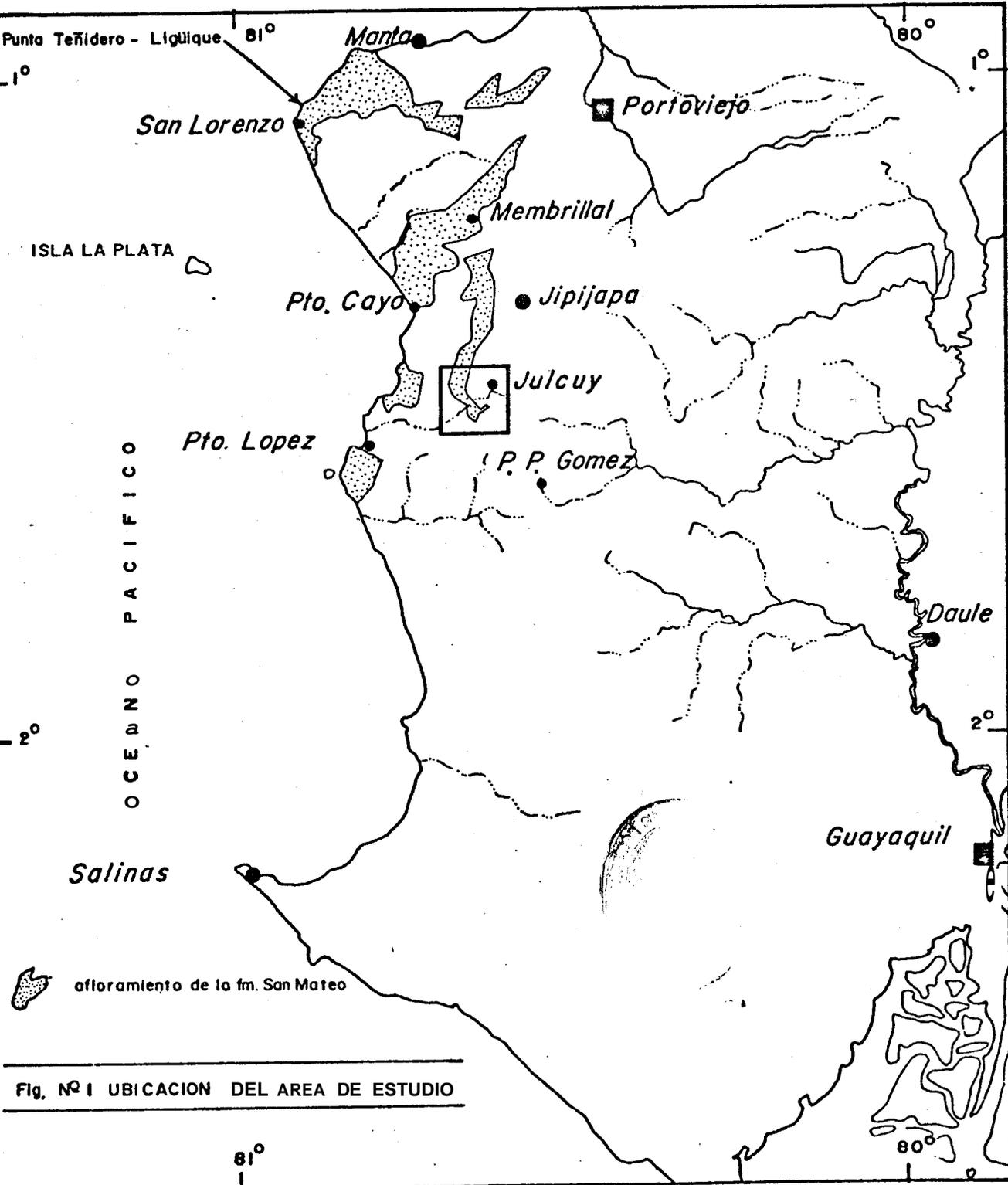


Fig. N° 1 UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO

## FISIOGRAFIA

Las características fisiográficas del área son marcadas por controles estructurales y litológicos distinguiéndose las siguientes.

La parte NE presenta un paisaje de colinas suavemente onduladas con alturas que bordean los 400 m. sobre el nivel del mar, de la fm. Tosagua, caracterizada en fotografías aéreas por su drenaje dendrítico y variación de matices que le proporcionan un aspecto moteado.

La parte central y NW está constituida por mesetas alineadas con alturas de 500 m. sobre el nivel del mar, caracterizada por acantilados verticales formados por el corte de ríos que delinean formas meándricas en su recorrido.

Los extremos S. y S.W. muestran un paisaje abrupto y altamente disectado con cerros de hasta 650 m. de altura, reconocidos en fotografía aérea por sus agudos escarpes que semejan el filo de una cuchilla y por la presencia de una vegetación importante que se desarrolla hacia el Sur.

Datos hidrográficos y climatológicos de la zona.- El principal río de la zona es el río Julcuy que cambia su nom

bre al de Buena Vista aguas abajo. Constituye la principal vertiente de la cuenca hidrográfica del mismo nombre con un área de drenaje de  $271 \text{ Km}^2$ . La longitud de este río es de 52.8 Km. y desemboca en el Pacífico con un caudal disponible de  $1.32 \text{ m}^3/\text{S}$ .

Otros datos registrados del área son los siguientes, (8):

Isotermas medias anuales, período 1971-1974	23°C
Déficit Hídrico, periodo 1960-1974	600 mm
Evaprotranspiración Potencial, período 1962-1974	1250 mm
Precipitación Media Anual, período 1931-1974	500 mm.
Nº de meses secos anuales, período 1964-1973	11

## TRABAJOS ANTERIORES

El primer investigador que estudió la formación San Mateo fue Olsson en el año de 1942. En este trabajo puntualiza la descripción original de la formación de la siguiente forma:

La localidad tipo se encuentra en el pueblo San Mateo ( $5^{\circ}21'39''S$ ,  $98^{\circ}45'00''W$ ), 10 Km.W. de Manta. Los afloramientos están constituidos principalmente por areniscas finas a medias, depositadas en aguas poco profundas con sedimentación irregular, entrecruzada y presencia de vetitas de lignito; la superficie presenta ripple-Marks, marcas de fucoides y rastros de gusanos. Existen interstratificaciones de conglomerados y en el pueblo de San Mateo forman capas relativamente delgadas con carácter guijarroso que hacia el W, se vuelven progresivamente más bastos y potentes, hasta formar 25-35% de la sección total en punta Teñidero (poco al NE del cabo San Lorenzo), sugiriendo la presencia de una tierra Occidental emergida.

Los israelitas: Schulman (N), Flexer (A) y Waksshal, en el año de 1965 (17), concluyen que la formación clástica San Mateo, contrasta fuertemente con la subyacente formación Cerro, donde el régimen de mar abierto de Cerro, es reemplazado por un ambiente entre semi-marino a continental.

La idea de un San Mateo de ambiente somero se extiende a

otros geólogos así, Lomas Feininger, y C. Koger Bristow describen lo siguiente:

"Series de areniscas y lutitas fueron depositadas sobre la costa desde cercanías de Portoviejo hasta la frontera norte con Colombia, en el Eoceno superior. Estas rocas constituyen la inadecuadamente definidas formaciones de San Mateo y Zapallo. En el Sur, la formación San Mateo consiste de hasta 800 m. de areniscas con capas de conglomerados que contienen clastos provenientes de las formaciones Piñon y Cayo. Las areniscas exhiben ripple marks, estratificación cruzada, y localmente contienen lignito, evidencias que indican la depositación en aguas poco profundas.

ESTRATIGRAFIA. Las facies del San Mateo han sido divididas de la siguiente forma:

Conglomerado Bravo.- Esta facie es común en las colinas al Sur de río Bravo, sobre la pendiente Oeste de Cerro Bravo, coordenadas aprox. 316/645 H.T., Membrillal y al Norte de Joaz (Julcuy correspondería también a esta facie).

El Conglomerado Bravo contiene diferentes tipos de roca; es heterogéneo e incluye elementos tanto ígneos como sedimentarios, con los componentes ígneos en mayor

cantidad que los sedimentarios. Los tipos dominantes de clastos de rocas ígneas son diorita, andesita y basalto. Entre los elementos de origen sedimentario, los más frecuentes son fragmentos de chert y calizas silicificadas de la formación Cerro. La matriz es areno-arcillosa o arcillosa. El tamaño de los componentes varían de pequeños cantos a grandes bloques, los cuales son a menudo mayor que 50 cm. Un bloque de 2 m. de diámetro fue encontrado en los márgenes superiores del río Joá.

La grano-clasificación es usualmente mala aunque algunos horizontes consisten ocasionalmente de conglomerado con buena grano-clasificación. Los clastos son generalmente equidimensionales, bien redondeados a sub-redondeados. Algunos horizontes contienen fragmentos angulares. Estos horizontes brechoideos están formados generalmente de caliza silicificada y fragmentos de chert de la formación Cerro. El conglomerado es de color oscuro, café oxidado y el suelo desarrollado sobre él, es café oscuro o chocolate.

La estratificación es incipiente, aunque se encuentran algunos horizontes con buena estratificación.

El Conglomerado Bravo se lo reconoce morfológicamente por sus elevaciones fuertes y groseras, cubiertas por una ve-

vegetación alta y densa, y por sus acantilados ~~por~~ empinados.

Arenisca San Mateo (S.S.).- Esta facie se desarrolla bien en el Norte: Area de San Mateo y Cerro de Hojas.

La Arenisca es polimicta, [roca detrítica constituida de diversos materiales) contiene feldespatos, cuarzo y minerales oscuros, hojas de micas se presentan a veces. Las plagioclasas presentan maclado de albita. La arenisca es usualmente friable. La matriz es comunmente arcillosa o limosa.

La Arenisca San Mateo es de grano medio a grueso, con buena grano-clasificación, y contiene granos angulares y subangulares. Posee un color rojo-ladrillo típico, presenta buena estratificación, y se encuentra interestratificada con finas capas de lutitas.

Lutitas Juron.- Afloran cerca del poblado de Juron sobre la pendiente oeste del Cerro Bravo y en río Joá sobre la pendiente este del mismo Cerro. Se las halla con frecuencia junto al conglomerado Bravo con el cual anternan. El miembro consiste de lutitas cremas-verdosas interestratificadas con limolitas y finas areniscas. Son comunes los óxidos de limonitas, dendritas de manganeso y finas vetas de yeso, material carbonaceo es raro. Ocasionalmente occu

rren finas bandas amarillas calcáreas y finas capas brechoideas de chert, compuestas de fragmentos de la formación Cerro.

La mayoría de las muestras examinadas bajo microscopio, son estériles en cuanto a fósiles, aunque algunas de ellas contienen fragmentos de radiolarios.

Las lutitas Jurón alternan con el Conglomerado Bravo, siendo cada secuencia de pocos metros a decenas de metros de potencia. Al menos en un sitio sobre el río Joá se observa al Conglomerado Bravo descansando en disconformidad angular sobre las lutitas Jurón (17).

Pese a la buena y minuciosa descripción de estas tres facies, los geólogos israelitas fallan al proponer un aparato sedimentario fluvial para la facie de conglomerado; estuarino o deltaico para las lutitas Jurón y posiblemente intertidal para las areniscas San Mateo (S.S.), sin explicar los repetidos enlaces de estos ambientes en la columna estratigráfica. Bajo este esquema no se podría explicar la coexistencia de potentes facies de conglomerados dentro de areniscas tipo San Mateo (S.S.) en el área de Punta Teñidero - Liguique, inquietud que demuestran en su trabajo, al conocer que conglomerados tipo "Bravo" fueron encontrados dentro de



la arenisca San Mateo en el pozo Manta **2**, cerca de Pacoche, área de Cabo San Lorenzo.

TRABAJOS PALEONTOLOGICOS.- De todos los trabajos de paleontología realizados, merece un reconocimiento el realizado por Mills, S.J. **1967 (14)**. Con la finalidad de datar la fm. San Mateo e identificar su ambiente de depositación, Mills diferencia **3** asociaciones de microfauna;

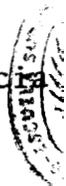
a) Asociación de pequeños foraminíferos

De muestras tomadas en acantilados cercanos a San Mateo y del pozo Manta **Nº 3** (horizonte a 606 m.) y tomando en cuenta solamente los fósiles guías, se encontraron los siguientes: *Hantkenina Alobanensis*, *Hastigerinella Eocenica* y *Stichocassidulina Thalmani* que datan al San Mateo como Eoceno Superior, sin embargo en el mismo pozo Manta **Nº 3** y a una profundidad de **1200** m. se encontró el fósil *Hastigerinella colombiana* que daría una edad Eoceno medio tardío para parte de la formación.

Este tipo de asociación de pequeños foraminíferos ubican el ambiente de formación entre plataforma externa y batial superior.

b) Asociación de Radiolarios

Es común encontrar sedimentos que muestran abundancia



de radiolarios con pocos foraminíferos,

Stainforth (1940) explica este fenómeno debido a la ocurrencia de aguas frías. Una antigua corriente marina, similar a la de Humbolt de jarña a radiolarios y foraminíferos arenaceos como únicos organismos capaces de sobrevivir. Esta explicación hipotética se descartaría si la depositación se realiza en aguas muy profundas o bajo condiciones de turbulencia en aguas menos profundas.

### c) Asociación de grandes foraminíferos

De la misma manera que en la península de Santa Elena, existen horizontes ricos en grandes foraminíferos en la base de la formación San Mateo, con una preservación relativamente pobre debido a su transporte.

Esta asociación de foraminíferos se integra por orbitoides y epidocyclina peruviana, Operculinoides Flaridensis y Amphistegina Sp. que forman el grupo distintivo, a más de otros foraminíferos bentónicos como Quinqueloculina Sp., eponoides? Anconensis, y Cibicides perlúcidus. Ostracodos, fragmentos de conchas y espinas de equinodermos sugierieron un ambiente de depositación somera.

Con estas evidencias Mills concluye que el único medio de

deposición que explica tal distribución de fauna es el turbidítico. Además por el hecho de que esta asociación no presenta evidencia de haber sido transportada grandes distancias, las turbiditas deben ser clasificadas como proximales.

## OBJETIVO DEL PRESENTE ESTUDIO

Este trabajo tiene como finalidad principal el estudio estratigráfico y sedimentológico de la formación terciaria San Mateo, con miras a explicar su génesis y de esta manera aportar al conocimiento evolutivo de las cuencas costeras que ocurren en otras áreas de ambientes similares.

La mayoría de los yacimientos de hidrocarburos que se presentan en la Península de Santa Elena, lo hacen en formaciones terciarias de características parecidas a las que rellenan la Subcuenca Manabí (hasta ahora menos estudiada); por consiguiente es necesario emprender en este tipo de investigación, que a más de tener implicación económica, conlleva a desarrollar criterios científicos sobre la Geodinámica de las márgenes continentales del Occidente de Sudamérica.

## METODOLOGIA

El método empleado en este estudio sedimentológico y estratigráfico, es el conocido como análisis secuencial de Lombard y Delfaud, que consiste en construir una columna estratigráfica detallada, analizando la naturaleza de los elementos sedimentarios, sus dimensiones y secuencias, así como su variación vertical. Esta metodología se presenta en detalle en el

Capítulo 111 de la presente tesis.

Medidas de sentido de corriente se tomaron en aproximadamente 400 clastos imbricados, en depósitos tipo GF y DF. Estratificación cruzada, turboglifos y Tool Marks sirvieron también de elementos para obtener dichos sentidos de corrientes. Con miras a investigar direcciones de paleo pendientes se hicieron medidas en Slumps Subacuáticos. Toda esta información fue llevada a un mapa topográfico - ampliado a la escala 1:25,000 así: como cálculos de posición original de ejes de corrientes se obtuvieron a base de abatimiento de éstos, usando el método de la proyección estereográfica.

## CAPITULO I.



# COMPORTAMIENTOS DE LOS FLUJOS DE SEDIMENTOS ACCIONADOS POR LA GRAVEDAD (S.G.F.) EN AMBIENTE SUB-ACUATICO

### 1.1. GENERALIDADES

Ha sido criterio de muchos geólogos, durante un largo período de tiempo, que antiguos sedimentos de granulometría gruesa estudiadas ahora en el continente, debieron tener una génesis, sinó continental, al menos confinada a áreas de plataforma continental cercanas a la línea de costa; hasta algo mas allá del efecto energético de las olas; existiendo entonces, una selección energética que confina al-sedimento grueso a aguas someras y las partículas finas hacia las más profundas.

La disipación de la energia de las olas en profundidad, **ha** sido probada por experimentos, confirmado por buzos, y predichos en análisis matemáticos.

Es así como después de varios estudios, comenzando con los realizados por los científicos del Barco Oceanográfico Challenger (1.872 - 1.876), se concluyó que los sedimentos finos se restringen a grandes profundidades mientras las arenas y gravas, a áreas de plataforma cer canas a la costa. Además, si las areniscas en cuestión

contienen figuras sedimentarias tales como ripple marks, y vestigios de plantas, la idea de su origen en ambiente somero es sin lugar a dudas reforzada.

Investigaciones modernas sobre geología marina en ambientes profundos, han sido posibles gracias al desarrollo de técnicas oceanográficas, no disponibles 20 o 30 años atrás, que ofrecen la oportunidad de desarrollar un mejor criterio sobre el conocimiento de cuerpos sedimentarios, que en pequeña y gran escala ocurren en estas regiones, investigaciones que han sido estimuladas por la presencia de considerables reservorios de hidrocarburos.

De las nuevas investigaciones como se podrá ver más adelante, se puede concluir que en ambientes profundos no solamente existen sedimentos finos, sino también cuerpos de granulometría gruesa, transportados de los márgenes continentales hacia las cuencas marinas profundas, por mecanismos de transporte "en masa", (18).

## 1.2. DEFINICIONES

Entre los diferentes tipos de transportes sedimentarios que se conocen, definiremos los siguientes:

Flujos de sedimentos por gravedad (S.G.F.).- Se lo defi

ne como un transporte de sedimentos en el cual, el movimiento de éstos paralelo a la capa de base es provocado directamente por acción de la gravedad.

Flujos de fluidos por gravedad (F.G.F.).- Se trata de un transporte de sedimentos, en el que la gravedad ya no actúa predominantemente sobre el sedimento como el antes definido mecanismo, sino directamente sobre un fluido que al moverse transporta partículas de sedimentos.

En un "flujo de fluidos por gravedad" (v.g.; un río o una corriente marina). La gravedad actúa sobre el fluido y éste a su vez, conduce al sedimento paralelo a la capa base; en cambio, en un "flujo de sedimento por gravedad". La gravedad actúa sobre el sedimento, y el movimiento de este mueve al fluido intersticial. La diferenciación entre los dos tipos de flujos es relativa pues existen mecanismos como la suspensión (debido a turbulencia), saltación y tracción, que pueden operar en algunos tipos de S.G.F. y hacerlo también en algunos tipos de F.G.F.

Estudiando el mecanismo que mantiene en suspensión al sedimento en su transporte, se han diferenciado 4 tipos individuales de "flujos de sedimentos por gravedad", estos son: corrientes de turbidez, flujos flui-

dificados, flujos de granos, y flujos de Detritos. (Figura 2).

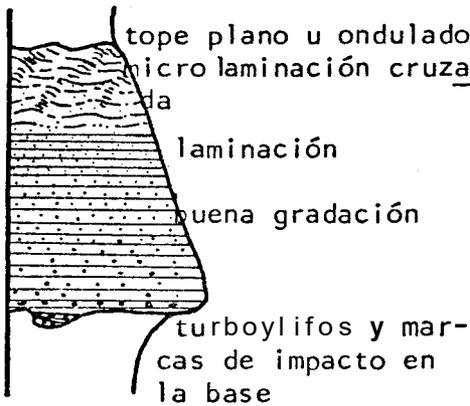
### 1.3. CORRIENTES DE TURBIDEZ

El estudio de corrientes de turbidez se inicia en las observaciones realizadas por Forel en el año de 1.885, referidas a densas corrientes producidas por el río "Rhon" al entrar en el lago Génova. En el año de 1936 Daly observó que las corrientes de turbidez producidas por las olas en la plataforma continental, son agentes erosivos de cañones submarinos. Trabajos geológicos posteriores relacionados con el estudio de sedimentos marinos antiguos, así como experimentos de laboratorio realizados por Ingenieros Hidráulicos a fines de 1.960, llevaron a un claro entendimiento sobre el comportamiento de estas corrientes, y una mejor comprensión de las facies y estructuras producidas por éllas.

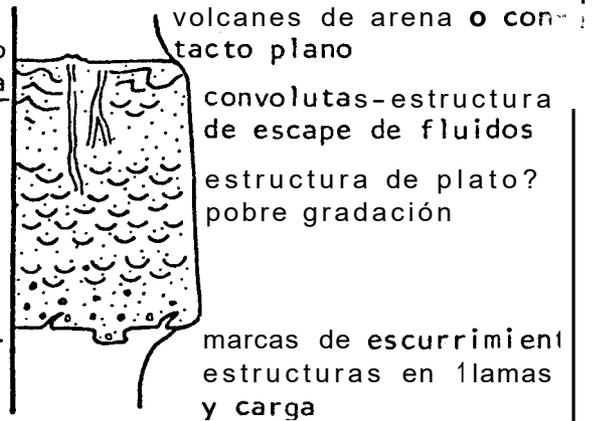
Mecánica del Flujo.- Para provocar una corriente de turbidez se necesita primero que el sedimento entre en suspensión, ya sea motivado, por un río cargado de sedimentos, por corrientes y olas provocadas por tormentas en la plataforma o por deslizamientos sub-acuosos producidos en el talud.

Una vez producida la suspensión se realiza el siguien-

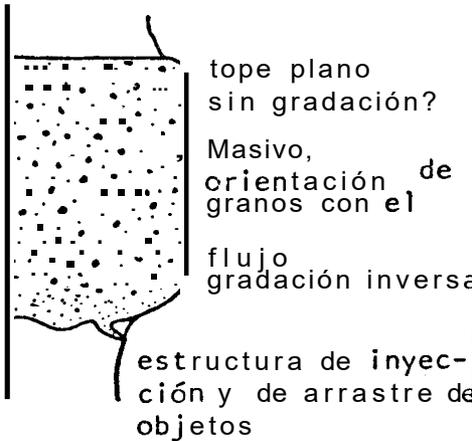
CORRIENTE DE TURBIDEZ



FLUJO FLUIDIFICADO



FLUJO DE GRANOS



FLUJO DE DETRITOS

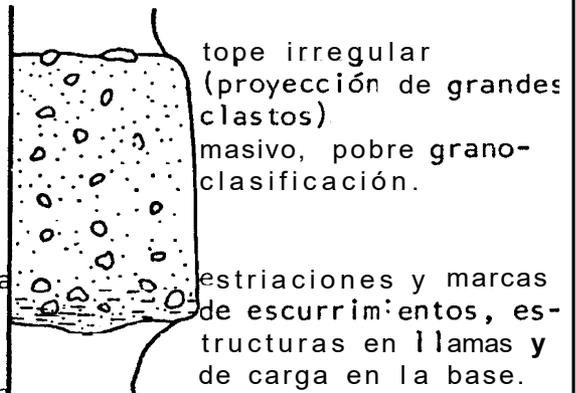
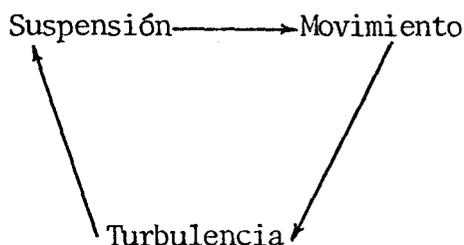


FIG. 2. Texturas y Estructuras efectuadas por un mecanismo de deposición teórico que actúa aisladamente (18). (en la naturaleza los cuerpos sedimentarios presentan combinación de diferentes mecanismos), Stanley 1972.

te ciclo de retroalimentación.



Los granos en suspensión descienden pendiente abajo debido a la acción de la componente tangencial de la gravedad, ocurriendo el transporte. Esta corriente de mayor densidad que el agua, viaja entre aquella y la capa estática del Substrato exponiéndose a fricción en ambas interfases; dicha fricción provoca turbulencia y ésta a su vez mantiene al sedimento en suspensión, repitiéndose el ciclo. Este proceso teórico, estudiado por Bagnold en 1962, no terminaría, a no ser por pérdidas de sedimentos que salen del flujo, volviendo la corriente diluída cada vez más y por la caída de energía potencial al descender y llegar a zonas planas donde la componente tangencial del peso del sedimento se anula.

El comportamiento de este tipo de flujo produce diversas clases de estructuras que pueden ser explicadas por una combinación de erosión producida por la cabeza de la corriente, seguida por una depositación más o menos rá

cida, producida por su cuerpo y cola. Una depositación rápida da lugar a la formación del horizonte no laminado "A" de Bouma, caracterizado por una grano-clasificación (Figura 3); posteriormente una depositación más lenta produce una laminación difusa formando el horizonte "B", y si la depositación es suficientemente lenta, el sedimento es sometido a tracción formándose convolutas, buena laminación y ondulitas de laminación cruzada, (6).

La secuencia de Bouma desde el horizonte "A" hasta el "E" (Figura 3), indica una intensidad de energía decreciente, que disminuye con el régimen turbulento aumentando el flujo por tracción.

#### 1.4. FLUJOS FLUIDIFICADOS (F.F.).

Una carga externa actuando en un sedimento friccional (v.g. arenas) es soportada parcialmente por la suma del esfuerzo resistente producido por los granos en contacto por la presión de agua existente en el sedimento; sucediendo en el tiempo normalmente una transferencia gradual de carga hacia los granos del sedimento (figura 4).

Los parámetros que intervienen en el comportamiento me-

## SECUENCIA DE BOUMA

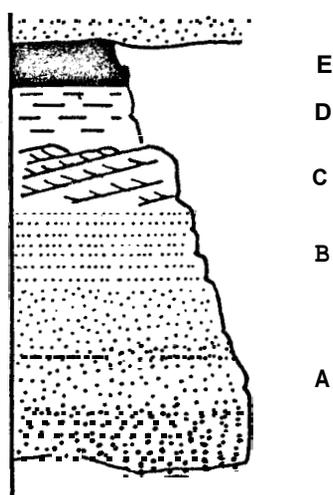


FIG. 3. Secuencia vertical en sedimentos depositados por una corriente de turbidez. Consiste idealmente de 5 divisiones que fueron divididas por Bouma desde la A hasta la E (1962).

La secuencia representa de base a tope, niveles de sedimentos depositados por un flujo progresivamente decreciente en energía (Walker, 1976, Fig. 1, p. 26) (6).

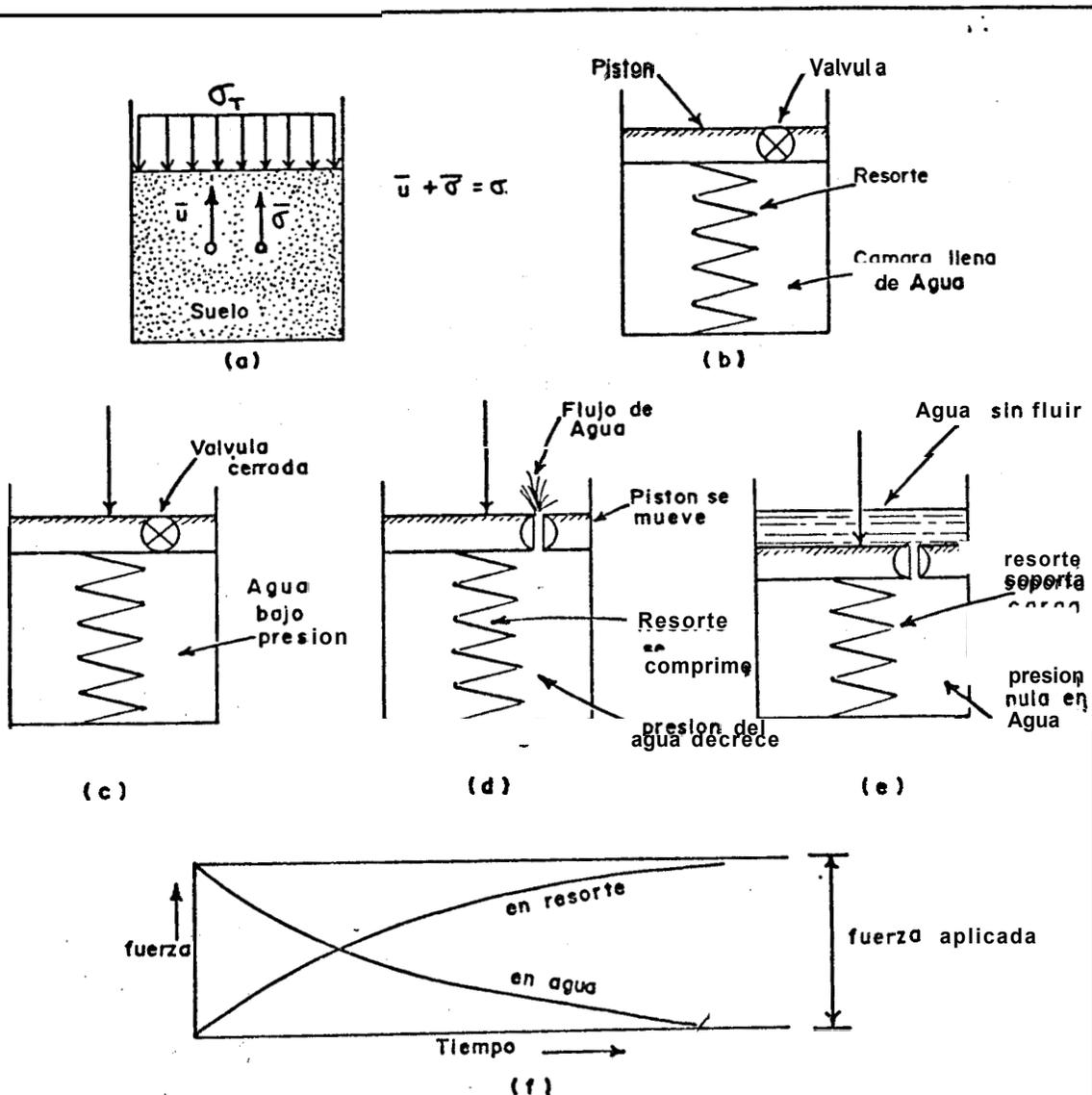


FIG. 4. Analogía hidromecánica que estudia la distribución de cargas con el tiempo en un proceso de consolidación.

(a) esfuerzos actuando en un suelo cargado:  $\sigma_T$ , esfuerzo total;  $u$ , presión de poros;  $\sigma$ , esfuerzo efectivo. (b) analogía; condición inicial. (c) carga aplicada con válvulas cerradas. (d) agua escapa. (e) equilibrio sin flujo. (f) transferencia gradual de carga (Lambe w, 1969) (11).

cánico de los suelos friccionales son: esfuerzo total ( $\sigma_T$ ), el producido por las cargas externas; presión de poros ( $u$ ), el producido por el agua; y esfuerzo efectivo ( $\bar{\sigma}$ ) a la diferencia de los dos, siendo este último el esfuerzo grano-resistente.

Se conoce que en suelos friccionales, el esfuerzo cortante es directamente proporcional al esfuerzo efectivo; por lo tanto, la capacidad del suelo para comportarse como un cuerpo sólido, dependerá del valor de su esfuerzo efectivo. En ciertas circunstancias un sedimento friccional es sometido a condiciones que permiten anular el valor de su esfuerzo efectivo, perdiendo como es obvio su resistencia al corte, y comportándose, en condiciones colapsibles (quick conditions), como un fluido.

De la igualdad expuesta en la figura 4 se puede concluir que el esfuerzo efectivo se reduce a cero, cuando la presión de poros es igual al esfuerzo total ( $\bar{\sigma} = \sigma_T - \bar{u}$ ), y esto puede ser ocasionado en las siguientes situaciones:

1. Un fluido ascendente de tal magnitud que la fuerza del agua iguale al peso total del suelo, manteniendo las partículas en ebullición.

2. Una carga dinámica (shock) sobre ciertos sedimentos sueltos o pobremente empaquetados, que provoca una disminución de volumen en la estructura del suelo, causando que el esfuerzo efectivo se transfiera a la presión de poros.

En el primer caso, si se trata de suelos descargados, se conoce que el valor del gradiente hidráulico crítico, necesario para generar esta condición, debe aproximarse a 1 (11).

Los dos procesos antes mencionados, que permiten a ciertos sedimentos comportarse como fluidos, reciben el nombre general de licuefacción, siendo el primero un caso particular llamado Fluidificación.

Aunque sedimentos fluidificados pueden viajar rápidamente sobre pendientes relativamente débiles ( $3-10^\circ$ ). (18), el Único problema que se presenta para considerarlos como un mecanismo de transporte sedimentario, tiene relación con la rápida disipación del exceso de presión de poros o debido a la pérdida de agua en el sedimento, lo que causa una rápida depositación. Sin embargo, el gran significado de fluidificación se aprecia en su ocurrencia combinada con otros mecanismos de transporte en especial en los flujos de granos G.F.

-

El efecto de fluidificación puede ser sentido después que el flujo deja de actuar y aunque no provoque movimiento del sedimento, el flujo de agua remanente expelido por consolidación, puede movilizar suficientes granos para afectar texturas y estructuras en el sedimento.

Estructuras típicas de licuefacción son sills y diques sin-sedimentarios, estructuras de inyección, estructuras de plato "Dish Structure", tubos de escape de fluidos, etc. (Fig. 2).

#### 1.5. FLUJOS DE GRANOS (G.F.)

El concepto de flujos de granos surgió del trabajo experimental y teórico realizado por R.A. Bagnold (1954). Dichos experimentos consistieron en someter a sedimentos friccionables a esfuerzos cortantes; observándose que cuando dichos esfuerzos superan en magnitud a las fuerzas de fricción interna, las partículas del sedimento comienzan a moverse chocando y rebotando hacia arriba, o deslizándose unas sobre otras. Cuando sucede esto, el volumen inicial del sedimento se incrementa, se rompen los contactos entre partículas y el sedimento pierde sus características de comportamiento sólido, comportándose ahora como un fluido. El fenómeno

no de incremento de volumen bajo estas condiciones recibe el nombre técnico de Dilatación dinámica o efecto Bagnold. (Figura 5).

Bagnold encontró que los G.F. pueden ocurrir en un régimen viscoso, donde la viscosidad del fluido es importante para producir presión dispersiva, o en un régimen inercial, donde la viscosidad es insignificante y la inercia de los granos domina. La relación entre presión dispersiva y esfuerzo cortante, expresada como  $P/T = \tan \phi$  (Fig. 5), posee diferentes valores constantes para ambos regímenes (6). Al ángulo  $\phi$  se lo interpreta como el ángulo dinámico de fricción interna. De la misma forma en que se usa el ángulo estático de fricción interna de arenas (aprox.  $30^\circ$ ) para calcular el ángulo de reposo, el ángulo dinámico de fricción interna puede ser usado para calcular la pendiente necesaria para mantener a G.F. en movimiento. Arenas reales requerirían pendientes entre  $18^\circ$  y  $30^\circ$ ; lógicamente, tales pendientes son raras en una escala regional en el piso oceánico, de tal forma que G.F. puros, probablemente no representan depósitos que hayan tenido un transporte significativo; sin embargo algunos G.F. pueden moverse en pendientes relativamente pequeñas, si la densidad del fluido intersticial es mayor que la del agua pura, ocasionando que el peso efectivo de los granos se

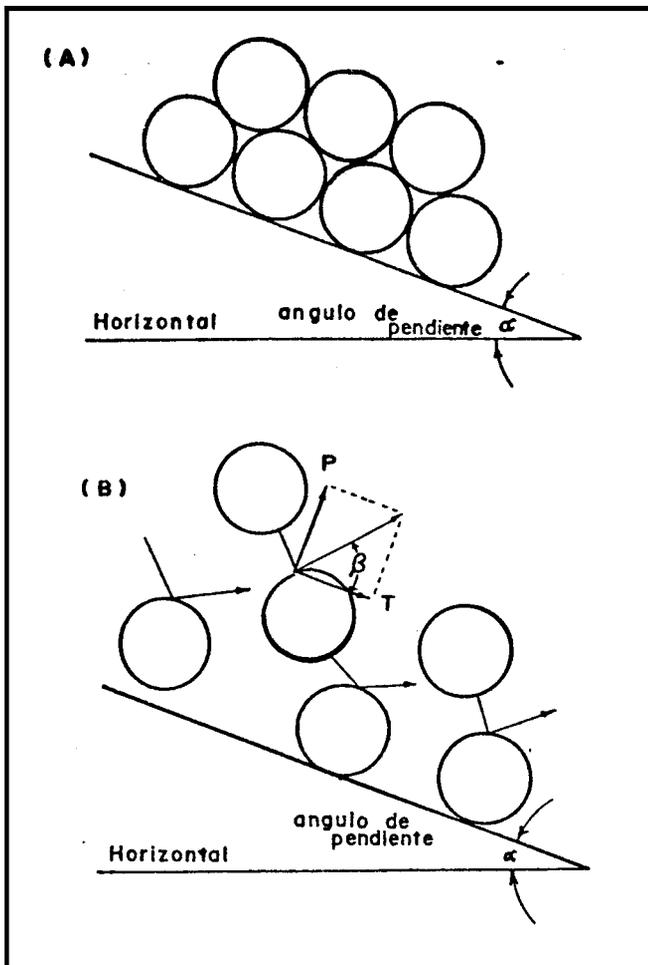


FIG. 5. Comportamiento de partículas esféricas sobre una pendiente.

- A. El grupo se mantiene en equilibrio porque  $gn > gt$
- B. Si se aplica un esfuerzo cortante " $T$ ", actuando paralelamente al plano de la pendiente y hacia abajo las esferas chocan entre ellas y se alejan del plano de la pendiente causando presión dispersiva " $P$ ". Existiendo la siguiente relación  $\frac{P}{T} = \text{Tan } \beta$ ; " $\beta$ " es el ángulo dinámico de fricción interna. (De Bangnold, 1954) (6).

reduzca debido a la flotación, haciendo que la presión dispersiva necesaria para soportar los granos sea menor, indicando además que el peso del sedimento se incrementa, gracias a la densidad del fluido intersticial, que aumenta la fuerza neta pendiente abajo.

Middleton (1970) calculó que si el flujo intersticial es lodo, con una densidad de  $2.0 \text{ g/cm}^3$ , la pendiente necesaria para un G.F. de régimen viscoso es de  $10.5^\circ$  y para un G.F. de flujo inercial es solamente de  $4.5^\circ$ , asumiendo una densidad de grano de  $2.6 \text{ g/cm}^3$  y una concentración sólida de grano de U.55 (18).

Referente a texturas y estructuras en G.F. citaremos a la gradación inversa como figuras características de estos depósitos. Para poder explicar el mecanismo formador de esta figura, Bagnold propone que la presión dispersiva actúa como un clasificador de granos por tamaño, que empuja los clastos más grandes hacia el tope del flujo (el área de esfuerzo cortante menor), y los más pequeños se mueven hacia el fondo, produciendo gradación inversa (17).

Otras características típicas de los G.F. son: contacto superior plano, orientación de clastos paralelos al flujo

jo, estructuras de inyección y de arrastre de objetos cerca de base, depósito generalmente masivo, etc. (Figura 2).

#### 1.6. FLUJO DE UETRITOS (D.F.)

Los flujos de detritos han sido objeto de estudio, en áreas continentales, especialmente en regiones áridas y semiáridas.

Recientes estudios de flujos de detritos de origen subacuático han sido considerados principales transportadores de sedimentos marinos. Sin embargo la interpretación de dichos depósitos se ha basado fundamentalmente en la comparación textural con los depósitos de D.F. de origen continental.

Un D.F. es una mezcla de sólidos granulares (U.g. grava, granos de arena, clastos grandes de roca), arcillas y agua, que fluye de manera pastosa (viscosa) en respuesta a la acción de la gravedad.

Johnson (1965, 1970) desarrolló un modelo reológico que describe el comportamiento de flujo de los D.F. Este modelo basado en el modelo viscoso de Coulomb, tiene la forma:  $T = c + \bar{\sigma} \tan \phi + \mu \dot{\epsilon}$ ,  $T > c + \bar{\sigma} \tan \phi$  (18)

donde  $T$  es el esfuerzo cortante interno (Fig. 6),  $\bar{\sigma}$  el esfuerzo normal interno o esfuerzo efectivo como se analizó en los flujos fluidificados;  $\phi$  el ángulo de fricción interna;  $\mu$  la viscosidad y  $\dot{\epsilon}$  la velocidad de corte (gradiente de velocidad).

La desigualdad a la derecha de la fórmula significa que el flujo ocurre si la tensión de corte " $T$ " excede la resistencia cedente total del fluido, la cual está constituida por una componente de cohesión " $c$ " y de fricción intergranular " $\bar{\sigma} \tan \phi$ ". La igualdad, manifiesta que en un D.F. de movimiento constante, el esfuerzo generador del movimiento es igual a la resistencia ejercida por cohesión " $c$ ", más la fricción  $\bar{\sigma} \tan \phi$ , más la viscosidad  $\mu \dot{\epsilon}$ .

Nótese, que si en la igualdad, la resistencia cedente total es cero, esta ecuación se reduce a la ecuación newtoniana,  $T = \mu \dot{\epsilon}$ , la cual describe el flujo del agua.

Los clastos son mantenidos en suspensión, debido a la resistencia cedente, y por flotación, los clastos más grandes tienen el peso actuando en sentido contrario a estas dos fuerzas y su depositación o permanencia dentro del flujo dependerá del equilibrio entre las citadas fuerzas.

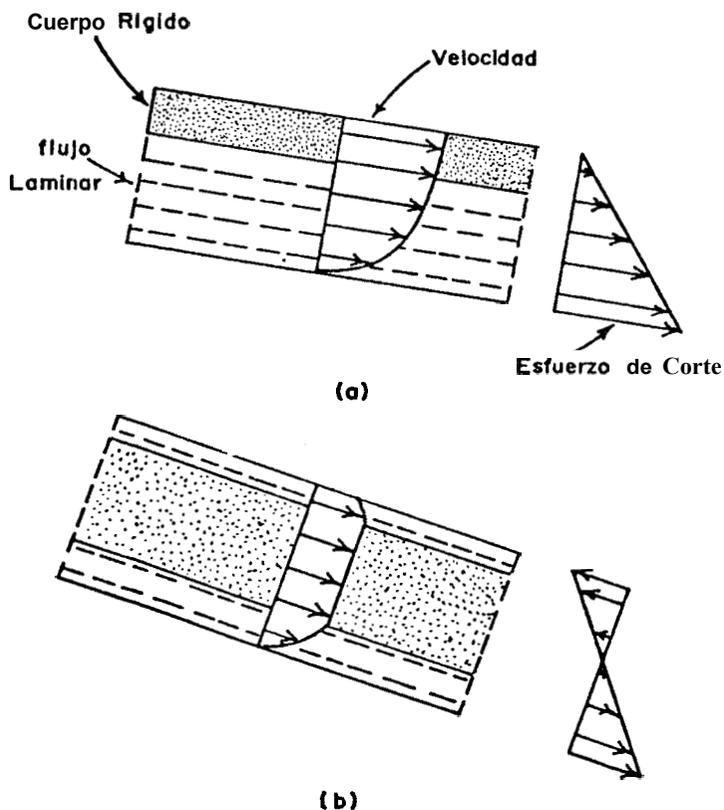


FIG. 6. Perfiles ideales de un flujo de detritos. A la izquierda: perfil de un flujo de detritos, mostrando zonas sin deformación y zonas de flujo. Se muestra también un perfil de velocidades. A la derecha; la distribución del esfuerzo cortante interno.

- (a) Flujo sin esfuerzo cortante al tope (D.F. Subaereo)  
 (b) Flujo con esfuerzo cortante al tope (D.F. Subacuatico)  
 (Stanley 1972) (18).

La capacidad soportante de la matriz [mezcla de agua y arcilla) en un D.F. se la aprecia en la siguiente expresión :

$$D_{\max} = \frac{8.8 c}{g (\rho - \rho_f)} \quad (18)$$

Donde  $D_{\max}$  es el diámetro del mayor clasto suspendido en el fluido "c", la cohesión del fluido,  $g$  la aceleración de la gravedad, " $\rho$ " la densidad de los granos sólidos, y  $\rho_f$  la densidad del fluido. Esta ecuación asume clastos esféricos.

Las características texturales y estructurales de los D.F. clásticos son semejantes al de las tilitas glaciares, mientras que D.F. arenaceos pueden tener texturas similares a otras areniscas, internamente son típicamente masivos con clastos grandes flotando en matriz fina y sin orientación [fig. 2), presencia de gradación inversa y normal, pobre grano-clasificación, estriaciones grandes en la base y topes irregulares que contienen grandes bloques, etc.

## CAPITULO 11

### SEDIMENTOLOGIA DE LAS FACIES DEL SAN MATEO

#### 2.1. FACIES DE CAÑON SUBMARINO

El área aledaña a los acantilados formados por el río Julcuy, quebrada de trapo y estero salado se compone de facies conglomeráticas gruesas de flujos de granos (G.F.) y de Detritos (D.F.) depositados en un cañón submarino, parte de un aparato sedimentario que en la actualidad se presenta destruido. Los depósitos presentan morfología de mesetas alineadas con el rumbo N30W, delineamiento provocado por fallas normales de igual rumbo y con buzamientos hacia el E (Foto 1).

La facie en estudio carece de extensión lateral significativa (Mapa general), y se encuentra limitada al N por fallas de cizallas dextrales con rumbo N-NE, S-SW, y de menor edad que las anteriores a las cuales corta. Hacia el E los conglomerados presentan un salto considerable (100 - 120 m?) producido por la falla normal antes mencionada, donde sobre el compartimento hundido se depositan los sedimentos transgresivos de la formación Tosagua. Hacia el SW en la cercanía del

46

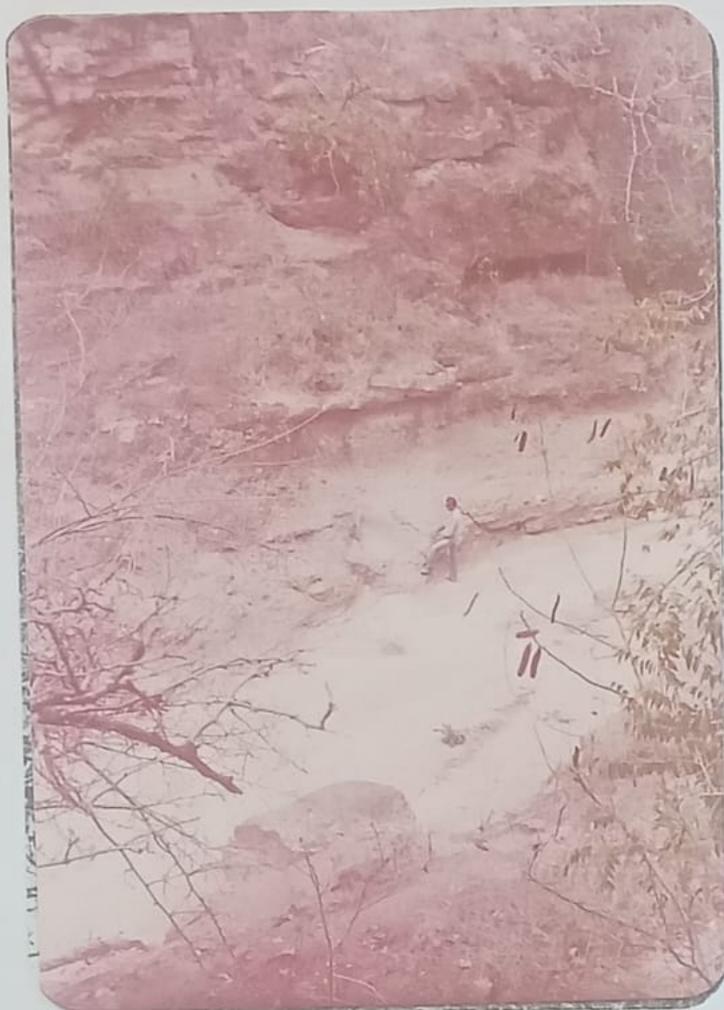


FOTO 1. Vista de la entrada a la parroquia "Julcuy" (vista hacia el SW) teniendo como fondo mesetas de la Fm. San Mateo, que ocurren en el flanco E de la cordillera de la costa, siendo delineados por fallas normales de rumbo N30W.



FOTO 2. Vista general de la encañonada del río Julcuy (corte al centro de la meseta expuesta en Foto 1, coord. 390/366). Nótese la presencia de oquedades esféricas, y planas discontinuas presentes en los acantilados.





FOIO 3. Detalle de la estratificación en los acantilados formados por la quebrada de Trapo. Nótese las secuencias amalgamadas en la base, pobre estratificación, y oquedades planas. También se observa un clasto grande de aglomerado en un flujo de detritos.

(Cood. 392/374 H.T. Jipijapa).



FOIO 4. Cuerpos conglomeráticos lentiformes a un costado del río Julcuy.

Nótese la poca persistencia lateral de los estratos y su grosera estratificación.



Mayor espesor de conglomerados ; abundancia de secuencias erosivas; unidades amalgamadas y fundidas que, imposibilitan la identificación de estratos, y mayor concentración de clastos grandes y canales, como se observa en las fotografías 5 y 6; es notoria la presencia de este eje, ya que alejándose hacia el S.W. en el río Julcuy, o hacia el N en la quebrada de trapo, se observa una leve mejoría en la estratificación y decrecimiento en el tamaño del grano. La cercanía y paralelismo observado sobre el eje del cañon y la falla normal que corta al conglomerado, hace suponer que se trata de una reactivación de falla axial contemporánea con la formación del cañon. Cabe resaltar que fallas axiales han sido observadas generando y conduciendo ejes de cañones submarinos en los taludes continentales de diversas márgenes activas del planeta, (19).

Entre otras de las características típicas del área se encuentra la dirección constante de los indicadores de paleo-corrientes, siendo estos unidireccionales, se observan además estructuras fundidas y amalgamadas cercanas al eje del cañon y depositos en forma de cuña (Fotos 4 y 6). Canales cercanos al eje (Foto 6), incipiente persistencia lateral de los estratos (Foto 4). La secuencia en los acantilados -





FOTO 5. Estructura de licuefacción cerca del eje del cañón del San Mateo (cood. 384/352). Nótese la pérdida de resistencia de las unidades inferiores, denotada por el flujo hacia el centro de la inyección, así como también el aporte clástico desde unidad superior.



FOTO 6. Paleo canal cerca del eje del cañón erosionando unidad basal. cood. (387/555). Nótese la borrosa estratificación.

se presentan mas erosiva en la base de estos, disminuyendo su característica erosiva hacia el tope, existiendo un equilibrio entre erosión y depositación.

Los conglomerados dominan en las secuencias y pueden constituir más del 80% de los depósitos, sin embargo - existen afloramientos de areniscas conglomeráticas lejos de la influencia del eje del cañón, ellas pueden haberse formado por la dilución, de flujos más concentrados, depositándose en las márgenes laterales de los canales. Un afloramiento de arenisca conglomerática con estratificación cruzada de gran dimensión y con progradación hacia el Norte puede ser observada sobre la margen izquierda del río Juicuy (Coord. 378/345). Aunque las condiciones para la conservación de microfósiles son desfavorables debido a la escasez de sedimentos finos en los conglomerados, se observó en la parte superior de estos sedimentos finos calcáreos, constituidos por microfauna consistente en espículas de equinodermos, foraminíferos de tipo aglutinado y radiolarios en mal estado de conservación lo que imposibilitó su identificación; en esta matriz el material clástico es escaso a excepción de pocos granitos de cuarzo detrítico; la particularidad de este depósito radica en la coexistencia de grandes clastos terrigenos, en su mayoría de rocas ígneas, con la matriz fina de caracter hemipelágico de

mucho menor densidad. Es conocido que las etapas en que el cañón experimenta su menor actividad, se caracterizan por la acumulación de sedimentos finos pelágicos y hemipelágico, cuando este régimen es interrumpido por una nueva etapa activa del cañón causada por sucesos tectónicos o estacionales, se producen flujos masivos de sedimentos gruesos provenientes de la boca del cañón o de sus paredes, que se emplazan y retrabajan los sedimentos finos preexistentes, formando el tipo de depósito mencionado.

#### 2.1.2. Aloctonía por deslizamiento

Un solo bloque aloctono de gran dimensión ha sido identificado en el área de estudio. Se trata de un deslizamiento de lutitas silicificadas de fm. Cayo de aproximadamente 1 Km. de largo por 0.5 Km. de ancho, que se observa en el camino entre "Las Peñas" y "Piñas" de Julcuy (coord. aprox. 419/324).

El bloque se encuentra fuertemente diaciasado sobre todo la parte inferior del afloramiento, semejando aparentes planos de estratificación. La base contiene horizontes brechoideos, y una matriz arenacea de la formación San Mateo ro-

dea al cuerpo. Medidas tomadas en pliegues producidos por la deformación actuante en la base del deslizamiento ubican el sentido de este entre los  $70^{\circ}$  y  $110^{\circ}$  de azimut, sugiriendo el desprendimiento de este desde el flanco W del Cañón.

### 2.1.3. Cuerpos de flujo masivo (S.G.F.)

Los cuerpos sedimentarios del Cañón de Julcuy presentan características de flujos de granos (G.F.) y de detritos (D.F.), existiendo en la mayoría de los casos, depósitos que ofrecen características combinadas de ambos tipos de flujos, indicando la presencia de más de un tipo de mecanismo fluido que intervino en la formación del sedimento, siendo el más fuerte o el último en actuar, quien se encargó de imprimir en el sedimento las texturas y estructuras que por su abundancia, ubican al sedimento bajo una clasificación predefinida.

Observaciones realizadas en distintas épocas y por distintos geólogos, coinciden en los comentarios descriptivos realizados sobre la naturaleza de los conglomerados, algunos los denominan

fanglomerados, otros, conglomerados arcillo-  
limosos; todos coinciden en que la mayoría de  
estos sedimentos poseen una matriz con alto  
contenido de limo y arcilla; en efecto, los  
D.F. poseen una matriz altamente viscosa, pro-  
porcionada por la mezcla de arcilla y agua;  
por otra parte, los G.F. presentan 2 variedades  
cuya descripción será proporcionada más  
adelante.

#### FLUJOS :DE DETRITOS (D.F.)

Buenos afloramientos ocurren en las márgenes izquierda y derecha del río Julcuy (Coord. 388/353-383/350), los depósitos son masivos con mala grano-clasificación, los clastos, se acomodan erráticamente flotando en la matriz viscosa que los mantiene en suspensión; son muy frecuentes, clastos intraformacionales deformados y con formas hidrodinámicas (Fotos 7 y 8) que informan sobre el sentido de la deformación local del flujo viscoso, y clastos de areniscas que conservan la estratificación primaria antes de ser desprendidos de su lugar de formación por deslizamientos que se transformaron en D.F. debido al estado de deformación interna en la masa deslizante (Foto 9).

Los D.F. generalmente no erosionan las capas de base,

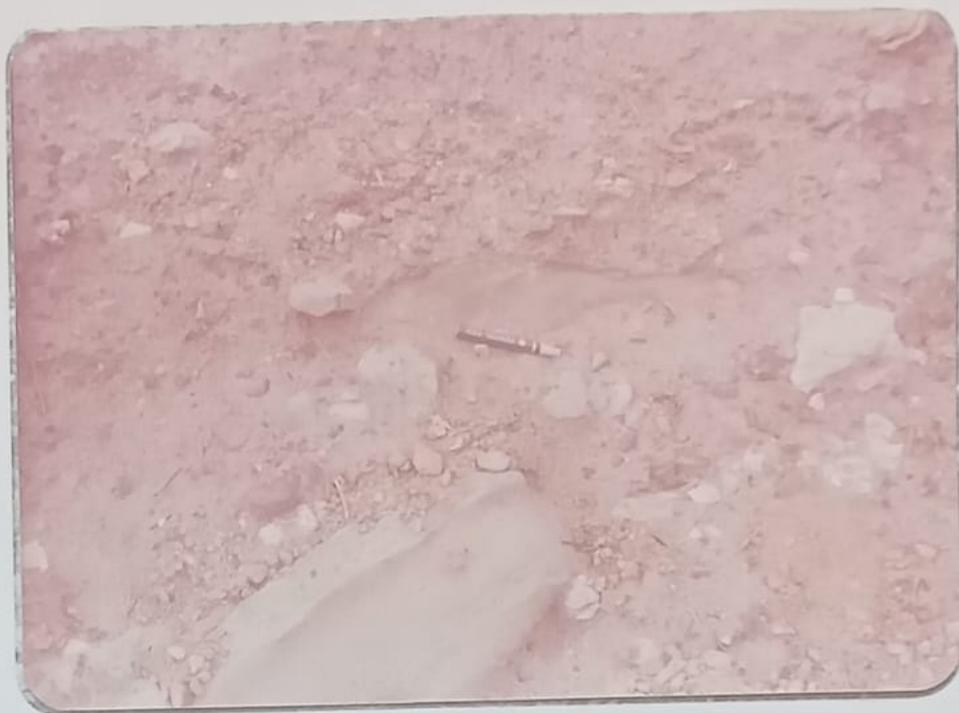


FOTO 7. Flujo de detritos (Debris flow). Matriz viscosa que mantiene a los clastos flotando erráticamente. La unidad posee mala grano-clasificación (Sorting). Obsérvese la presencia de un clasto intraformacional de arenisca con forma hidrodinámica desplazándose en dirección relativamente opuesta al flujo general del cuerpo que es de izquierda a derecha (comprobación de campo).



FOTO 8. Detalle de un flujo de detritos (Debris flow). Nótese el carácter vistoso del flujo representado por clastos grandes flotando en matriz arcillosa. Obsérvese además la falta de gradación normal caracterizada por 2 clastos grandes en la parte superior del flujo. Arenisca intraformacional al extremo superior izquierda de la fotografía.

a menos que bloques rígidos, presentes en la base del flujo, produzcan estriaciones sobre las unidades inferiores ya depositadas; más bien son frecuentes las estructuras de carga. Otra de las características típicas de los D.F. es la capacidad de transportar enormes bloques de rocas, un bloque de aproximadamente 2 m. de diámetro de un aglomerado de la Fm. Piñón se lo observa al tope de un D.F. sobre la margen derecha del río Julcuy [coord. 380/386) mostrándonos como la cohesión producida por la matriz viscosa y el factor de flotación debido de la densidad del fluido no-newtoniano puede transportar pesados bloques en suspensión.

Algunos D.F. muestran gradación inversa, la cual se desarrolla hasta un límite, para luego gradar normalmente; este tipo de estructura puede ser **ex**plícada por la selección que se produce en el grano debido a la acción del esfuerzo cortante, que tiene su mínimo valor en las partes medias del flujo y por lo tanto donde se sitúa la región de menor deformación (revisar Capítulo 1), permitiendo la acumulación de los clastos más grandes en este sector; este tipo de estructura es observada también y con mayor frecuencia en los depósitos de G. F. Los cuerpos observados a los costados del río Julcuy presentan mediana continuidad lateral, y lo

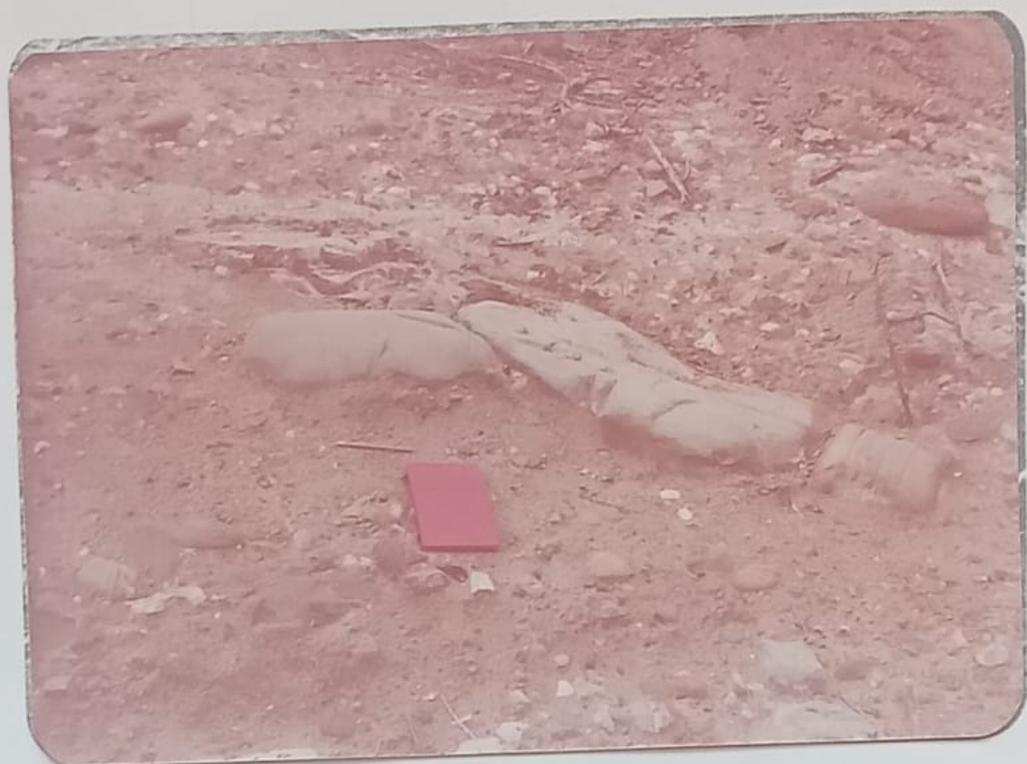


FOTO 9. Flujo de detritos. Presencia de capas litificadas de areniscas en proceso de deformación. Aparecen en la mitad del flujo.



FOTO 10. Flujos de granos de régimen inercial (Coord. 385/353). Nótese el contacto de base de la unidad superior fundido, además la imbricación de los clastos mostrando el eje mayor alineado con la corriente. Sentido de la corriente de izquierda a derecha. Para escala: clasto grande parte media inferior 25 cm.

calmente presentan características que permitan afirmar que la presión dispersiva ha sido el mecanismo formador del flujo produciendo depósitos clasificados como G.F.

#### Flujos de Granos (G.F.)

Otro de los cuerpos sedimentarios del cañón de Julcuy consiste en cuerpos conglomeráticos y arenaceos de flujos de granos. Se han diferenciado 2 tipos de flujo de granos, dependiendo de las texturas y estructuras presentes al estudiar las unidades, así tenemos, los G.F. de régimen inercial (Foto 10) caracterizado por la poca presencia de material arcilloso correspondiente a la matriz; por consiguiente, la viscosidad del fluido es insignificante en producir presión dispersiva, y los G.F. de régimen viscoso (Fotos 11 y 12), donde la viscosidad del fluido juega un papel importante en producir presión dispersiva (Ref. Capítulo 1).

Se puede observar en los márgenes del R. Julcuy G.F. viscosos asociados con los flujos de detritos descritos previamente; ellos presentan una importante extensión lateral, poseen el contacto superior plano y bien definido; estas unidades se presentan sin gra



FOTO 11. Flujo de granos (Grain flow) de regimen viscoso. Nótese en la fotografía que la interacción grano a grano es in-significante; sin embargo el eje "A" de los clastos se alinea con la corriente, mostrando algunos imbricación, además de laminación difusa; conservando de ésta manera las características de un G.F.

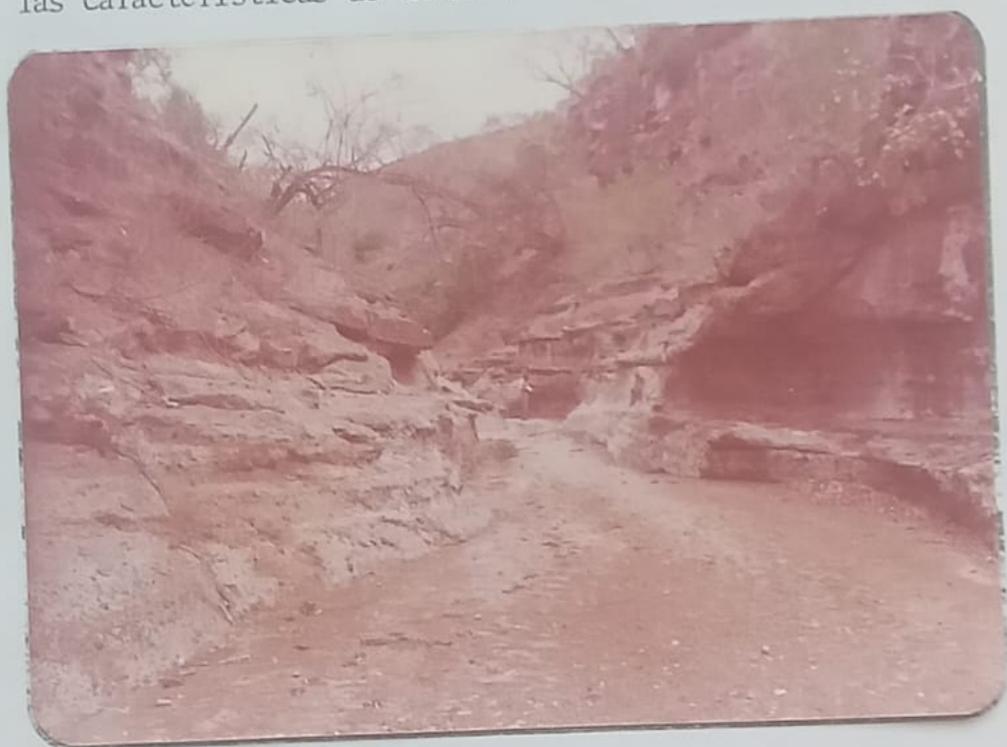


FOTO 12. Secuencias de flujos de granos presentes en la quebrada de Trapo (coord. 390/373). Obsérvese la mejoría de estratificación con bancos de menor tamaño; presencia de laminaciones difusas debido a las orientaciones paralelas de los clastos.

dación (masivos), con grandes clastos de lutitas o rocas ígneas en cualquier nivel, alinéandose con el flujo y sobresaliendo del afloramiento. Los G.F. inerciales pueden observarse en las cercanías del eje del cañón mezclados con G.F. viscosos.

La característica dominante de los G.F. consiste en la gradación inversa vertical y lateral, característica frecuente en los de régimen inercial. La imbricación de clastos es el mejor y uno de los pocos indicadores de paleocorrientes unidireccionales, en los G.F. el eje "A" de los clastos se alinea con la corriente y el plano de aplastamiento de estos buza aguas arriba. Pseudonódulos producidos por combinación de esfuerzos de corte y presión dispersiva se producen en los G.F. como el observado en R. Julcuy (Cood. 3831347).

El límite entre las secuencias de los G.F., la mayoría de las veces no se presenta con claridad, debido principalmente a la fusión y amalgamación de las unidades; es por eso que especial cuidado debe guardarse en la identificación y separación de unidades. Las siguientes particularidades fueron estudiadas - en los contactos y se recomiendan para posteriores trabajos:

### Contactos deposicionales

La unidad de base termina con una banda de clastos aislados y alineados con el flujo (cobble log deposits) algunos presentan imbricación, subsecuente y perteneciente a una unidad de transición depositada durante períodos inactivos del cañón, se observa una banda de sedimentos finos de aspecto viscoso formada por lutitas arenaceas a veces silicificadas, sin o con gravas que se alinean con el flujo, laminación difusa y figuras de cargas; esta banda no posee espesor constante (prom. 20 cm.) pudiendo desaparecer lateralmente. Sobreyaciendo a esta capa bruscamente se desarrolla la parte clástica de la unidad dispuesta paralelamente a las antes descritas. El horizonte conglomerado comienza generalmente con gradación inversa, hasta aproximadamente el centro del flujo donde se concentran los mayores clastos para luego gradar normalmente hasta el límite de la nueva secuencia.

### Contactos de erosión

Son irregulares presentando oquedades y amalgamando unidades.

## 2.2. FACIES DE ABANICO SUBMARINO

Estas facies ocurren fuera del área de Julcuy y están representadas por la columna estratigráfica "Punta Teñidero-Liguique" cercana al Cabo San Lorenzo.

Los sedimentos en esta área consisten en su mayoría en secuencias de turbiditas creadas a partir de sedimentos transportados por un sinnúmero de canales distributarios, (Fotos 13 y 14), cuyos sedimentos se emplazan discordantemente con aquellos depositados por efectos de avenidas fuera de los límites de los canales (overbank deposits).

Los cuerpos de los canales son conglomeráticos constituidos de clastos que en su mayoría son de rocas ígneas, de similar origen que aquellos encontrados en el área de Julcuy. Los D.F., G.F. y Slumps están circunscritos a estos canales o a sus proximidades, mezclados con secuencias  $T_{a,b}$  de Bouma mientras que fuera de los límites del canal predominan las secuencias  $T_{c,d,e}$  y  $T_{d,e}$ ; ésta repartición tiene una explicación sencilla y consiste en una clasificación energética de los depósitos; así, el área de mayor energía se confina a los canales, dejando como depósitos cuerpos clásticos gruesos (un bloque



FOTO 13. Canal distributivo del abanico de la formación San Mateo desarrollado en Punta Teñidero. Nótese el enterramiento del canal efectuado por areniscas finas al tope.



FOTO 14. Falla normal de aprox. 35 m. de Salto, cortando dos niveles de canales conglomeráticos, estratificados entre capas de areniscas turbidíticas. (Corte Punta Teñidero-Liguique).

de andesita porfirítica, de 4 m. de largo por 1.20 m. de ancho fue encontrado en un D.F. depositado en un canal). En cuanto a las turbiditas, también poseen una gradación energética desde horizontes Ta,b en las cercanías del canal hasta horizontes Td,e en lugares fuera de la influencia directa del canal - (Figura 7).

El eje del abanico tiene una orientación media NW-SE y su localización se encuentra entre Punta Teñidero y Liguique donde ocurren las mayores concentraciones de clastos grandes que forman entre el 25 y 30% de los depósitos en esta área, disminuyendo progresivamente el tamaño del grano al alejarse de la influencia de este eje hacia el Sur (Santa Rosa, Foto 18) y hacia el NE [Cabo San Mateo, Foto 19) de tal forma que la sugerencia propuesta por OLSSON sobre una tierra occidental emergida como explicación a la mayor cantidad de clastos en Punta Teñidero al W, gradando progresivamente hacia el E (Cabo San Mateo), (3), queda dilucidada bajo este esquema.

Resumiendo las características encontradas en el área tenemos; depósitos de canales y S.G.F. proximales; estructuras en Slumps (Foto 15); presencia frecuente de cuerpos lentiformes, interestratificación de sedimen-

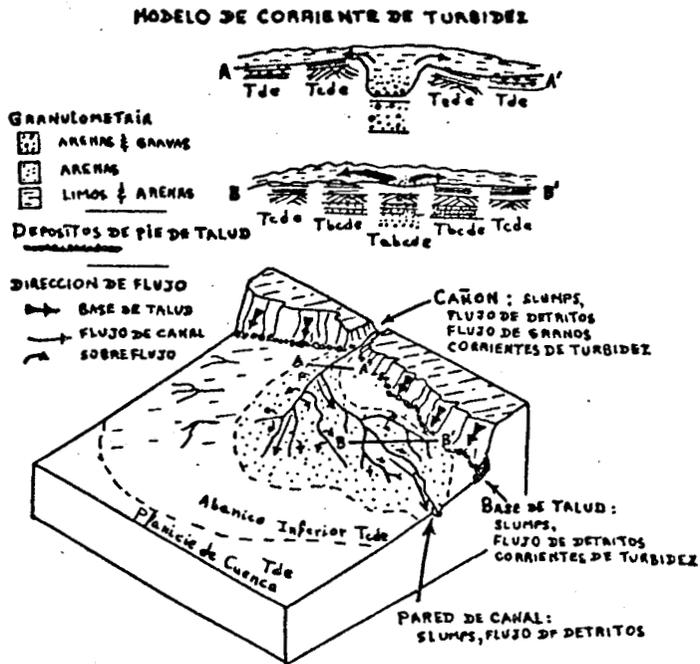
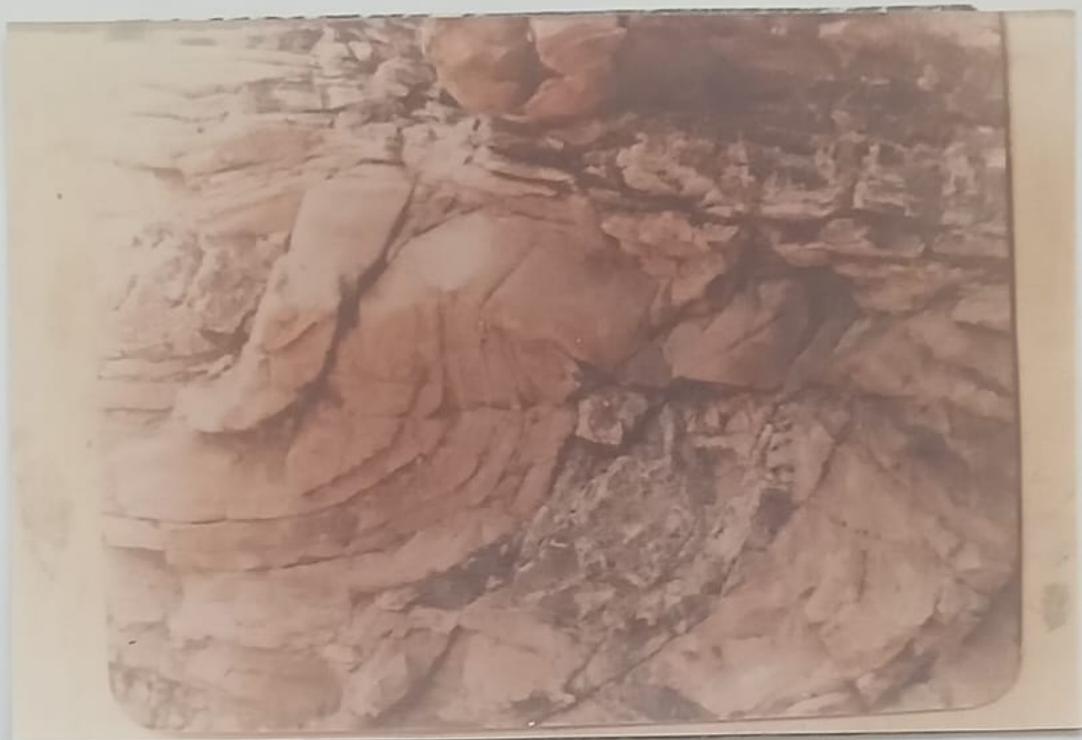


FIGURA 7. Modelo típico de un abanico submarino ilustrando distribución gradacional y estructuras sedimentarias en depósitos detríticos gruesos generado por un flujo turbidítico. La secuencia (T<sub>1</sub>de, ...) se refieren a las estructuras sedimentarias de Bouma.

De Nelson y Kulm, (1973). (18).



FOTU 15. Estructura de deslizamiento (Slump Structure), afectando a estratos de areniscas en los acantilados de Liguique.

Nótese que la deformación afecta a las areniscas gruesas en la base, ocurriendo una depositación normal al tope. El sentido del deslizamiento es de derecha a izquierda y perpendicular al eje del lápiz.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL



FOTO 18. Vista de la sedimentación de la fm. San Mateo en las cercanías de Santa Rosa (coord. 125/769 H.G. Montecristi). Los depósitos de canales desaparecen y aumentan la sedimentación de granulometría fina.



FOTO 19. Vista de la sedimentación de la fm. San Mateo en cabo San Mateo. El patrón de sedimentación consistente en una red de canales distributarios desaparece, mejora la estratificación y disminuye el tamaño del grano.

tos finos hemipelágicos en turbiditas, flora y fauna retrabajada (14), ocurrencia de los mayores espesores de la formación (800 m. en pozos perforados por la I.E.P.C.) (3), sedimentos bioturbados (Foto 16), presencia de figuras sedimentarias como turboglifos, marcas en Herraduras (crecent marks), lignito abundante interestratificado con lutitas y areniscas, "posible en ambientes profundos" (1); y estratos masivos que presentan estructuras de escape de fluidos (Foto 17), (cood. 125/769H.G. Montecristi) .



FOTO 16. Techo de una arenisca de la fm. San Mateo presentando agujeros producidos por gusanos, en las cercanías de Liguiche.  
El material de relleno de las oquedades consiste en granos detríticos arenaceos mezclados con material orgánico carbonaceo.



FOTO 17. Estructura de escape de fluídos en una arenisca fina bituminosa. Al tope de la secuencia se aprecian estructuras en llama (flames structures) y chimeneas por donde se produce el escape de fluído. (Coord. 125/769 H.G. Montecristi).

## CAPITULO III

### ESTRATIGRAFIA DE LA FORMACION SAN MATEO

Existen 3 tipos de unidades para el trabajo estratigráfico, las cuales han sido definidas en la guía internacional para clasificación estratigráfica publicada en 1972 por la "Subcomisión internacional sobre clasificación estratigráfica" (6). Dichas unidades son puntualizadas como: litoestratigráficas, bioestratigráficas y cronoestratigráficas.

Una unidad litoestratigráfica se define como un cuerpo de roca estratificada principalmente sedimentaria que se agrupa por presentar ciertas características litológicas predominantes; es un cuerpo tri-dimensional que presenta unidad vertical y lateral:

Al contrario, una unidad bioestratigráfica, se agrupa por el contenido fósil, o sus características paleontológicas, al margen de su litología o cualquier otra característica física presente.

La unidad cronoestratigráfica se define, como un cuerpo de estratos rocosos, unificado por representar las rocas formadas durante un intervalo específico del tiempo geológico-

co.

En este trabajo se estudia principalmente las unidades litoestratigráficas. Siendo un complemento, el material bibliográfico que sobre bioestratigrafía y cronoestratigrafía pudo consultarse.

### 3.1.1 ANALISIS SECUENCIAL

A continuación ilustramos parcialmente el método usado en la construcción de las columnas litológicas del presente trabajo.

#### Análisis Litológico

##### a) Algunas definiciones

- Secuencia litológica (ciclotema): Secuencia natural de al menos 2 términos litológicos separados únicamente por un límite de estratificación. (arenisca gruesa/arenisca media/arenisca fina).
- Secuencia fundamental: Se repite persistentemente dentro de una serie.
- Serie: repetición de secuencias
- Serie rítmica: repetición regular de secuencias.
- Serie aritmica: Sucesión desordenada de términos



que no constitúyen una continuación norma.1.

- Serie pararitmica: intermedia entre serie rítmica y serie aritmica.
- Serie ciclica: continuación regular de ciclos.
- Serie virtual general 6 fundamental: continuación de litofacies que se suceden de arriba abajo desde sedimentos detríticos groseros hasta evaporitas.

6 arena fina	12 evaporita
5 arena medía	12 caliza fina
4 arena gruesa	10 calcilutita
3 conglomerado fino	9 lutita calcarea
2 conglomerado medio	8 lutita arcillosa
1 conglomerado grueso	7 limo

- Serie virtual local: porción de la serie virtual general.
- Serie natural: continuación real de términos observados en un corte de campo (ej. en una cantera).
- Orden de dimensión de secuencias
  - microsecuencias (A. Lombard).- Igual a secuencias unidades . ej. Varves (cada uno de ellos)
  - macrosecuencias.- igual a "banco", separado por diastemas.

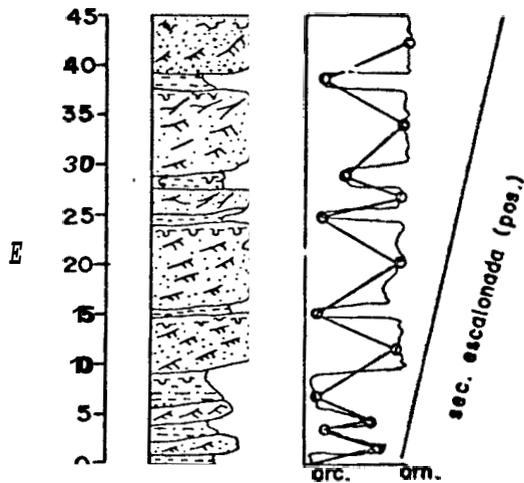


- megasecuencias.- ej. el triásico, (es la más característica).

b) Análisis de la serie natural (figura 8)

En abcicas: clases de litofacies, en orden creciente de granulometría.

En ordenadas: se representan las litofacies a la escala escogida del corte, o a razón de 1/2 cm. por banco.

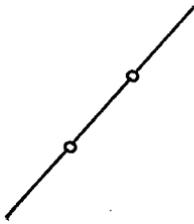


( Fig. 8 )

Utilidad: explica el caracter secuencial rítmico o cíclico de las series sedimentarias, permite reconstruir las facies sucesivas (evolución en el tiempo) de un punto de una cuenca; permite reconstruir la paleogeografía de una cuenca en una época dada; permite trazar la historia paleogeográfica de un área sedimentaria.

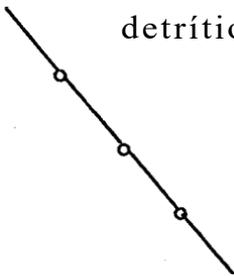
c) Diversos tipos de secuencias

- Secuencia positiva: ejemplo; pasaje de dolomitas o calcareos, pasaje de calcareos a argilitas, pasaje de argilitas a gravas.



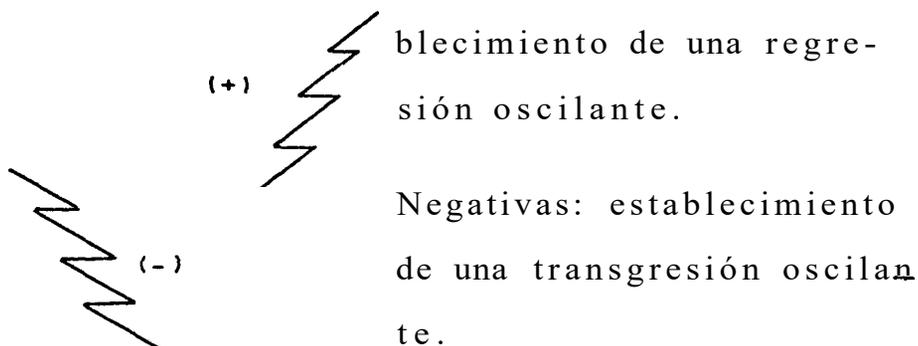
Corresponde al cierre de la cuenca, regresión, fondo en vía de levantamiento,

- Secuencia negativa: ejemplo pasaje de sedimentos detríticos a calcáreos. Transgresión sobre los bordes de la cuenca,



fondo en vía de hundimiento, instalación de un régimen marino.

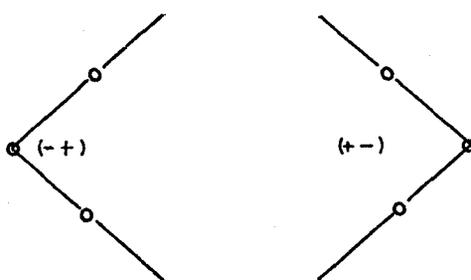
- Secuencias escalonadas: marcadas por "Hardground" y diastemas; positivas: esta-



- Ritmos binarios: oscilan entre 2 polos.



- Bi-secuencias: indican un cambio general del sentido de la sedimentación, debido a incidencias tectónicas, climáticas a la escala de la cuenca (ciclos sedimentarios).



- Grandes secuencias y grandes bisecuencias: Se extienden a través de mucho tiempo y comprenden al menos a un piso, ej: Triásico (secuencia); ciclo sedimentario (bisecuencia).
- Serie Sin-secuencias: Series monotonas o con una sucesión desordenada de términos.

### 3.2. INTERPRETACION DE LA COLUMNA ESTRATIGRAFICA

El objetivo de realizar una columna estratigráfica en el área de Cabo San Lorenzo fue el comparar, las diferencias de facies observadas entre ésta zona y la región de Julcuy y ubicarlas por sus características, en sus respectivos ambientes de depositación.

La secuencia estratigráfica de Julcuy presenta las siguientes características (Fig. 9).

Una unidad basal compuesta predominantemente por bancos gruesos de lutitas tobáceas cremas, alternando en el tope de la secuencia, con bancos de G.F. compuestos de areniscas de matriz gruesa brechoidea y tobacea, aglutinando clastos de chert, lutitas de la formación Cayo y rocas igneas. También se observan esporádicamente lutitas verdes friables centimétricas, intercaladas en los bancos de areniscas.

El espesor de los bancos de arenisca, así como su granulometría aumenta en tamaño hacia el tope de la primera unidad [basal). Esta gradación es ininterrumpida y termina con el desarrollo de las facies conglomeráticas del cañon (2da. unidad litológica), formando el conjunto (1<sup>o</sup>- y 2<sup>o</sup> unidad) una bise-

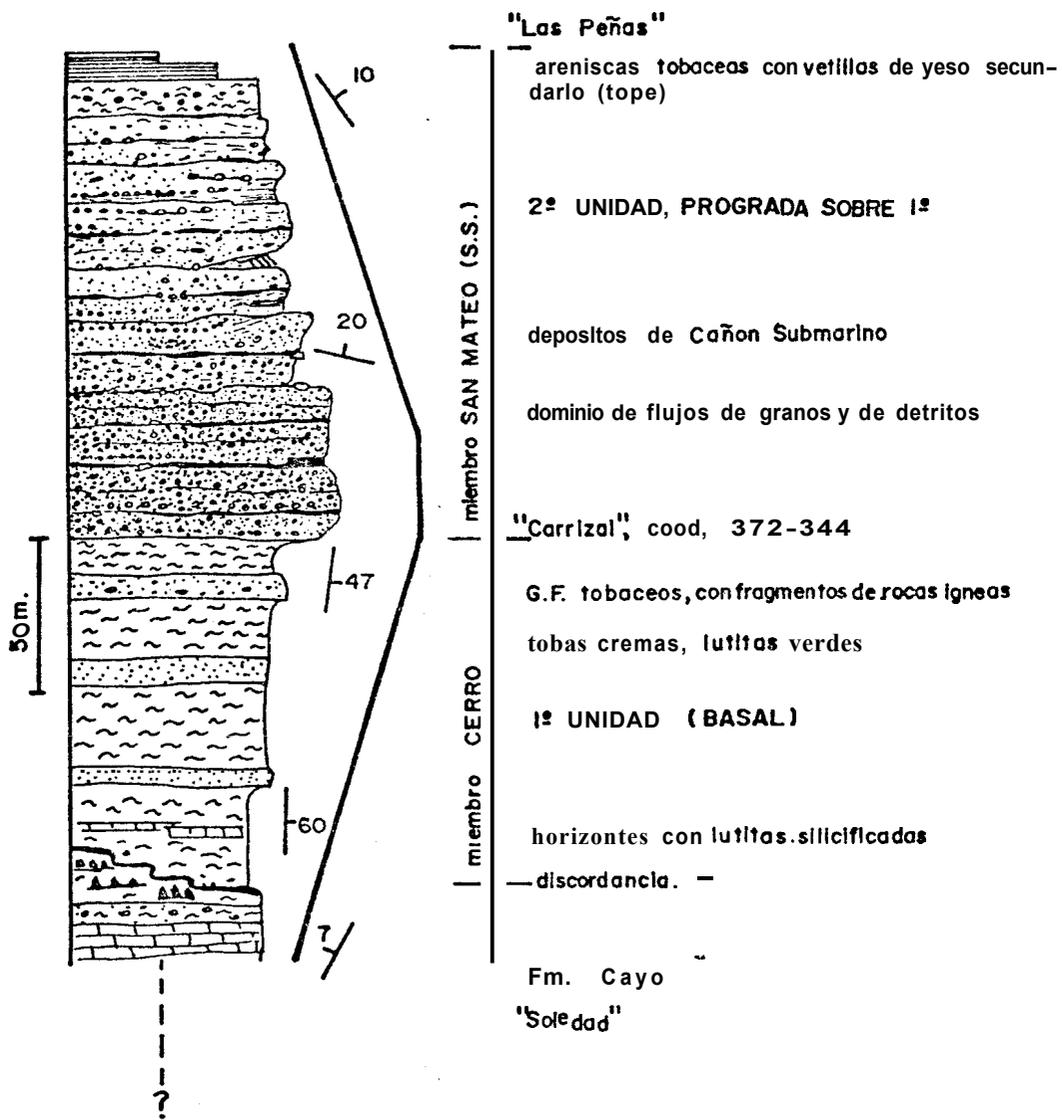


fig. 2 esquema de la secuencia estratigráfica de la fm. San Mateo desarrollada desde "Soledad" hasta "Las Peñas" (siguiendo el río Julcuy)

cuencia (+ -).

La 2da. unidad (San Mateo S.S.), consiste de cuerpos conglomeráticos, mezcla de G.F. y de D.F. principalmente viscosos (arcillosos) con clastos que en su mayoría son de rocas ígneas. La secuencia es estrato decreciente, terminando con depósitos débiles de areniscas tobáceas con presencia de vetillas de yeso secundario explotado artesanalmente por moradores del sector "Carrizal". Los cuerpos sedimentarios de esta unidad, presentan indicadores de paleocorrientes unidireccionales, con su sentido de aporte en los azimuts 330" y 360".

La columna estratigráfica Punta Teñidero. Liguique, previamente descrita en el Capítulo 11 literal 2.2, nos demuestra que se trata de sedimentos de un abanico interno (proximal) depositado al pie de una cuenca de talud existente en esa época (figura 7).

De acuerdo a trabajos litológicos y paleontológicos de área de la formación San Mateo situadas fuera de la zona de estudio se encuentra que esta presenta características de depositación de ambiente marino profundo. En ningún momento se observó criterios que indique una sedimentación de ambiente somero como la mayoría de autores propone. Entre las princi-

pales regiones visitadas **describiremos** las siguientes:  

 BIBLIOTECA

Membrillal; localizada entre cabo San Lorenzo y Julcuy (**Fig.1**). En un corte hecho en el río Sancán (cood. 384/668) se observan bancos de 30 centímetros de flujos de detritos, en los que predominan fragmentos angulares de lutitas tobácea brechoide. **Sobre**puesta a estos bancos se presentan areniscas **turbidíticas** centimétricas con estructuras Tbc de Bouma, de color café y con vestigios de lignito. Fauna de foraminíferos consistentes en rotálidos, bilingínicos, globigerinas, y espinas de equinodermos **fueron** encontrados en el horizonte "**Tc**" de la muestra HE-35 (Edison Navarrete-comunicación verbal), todos éstos se presentan gastados, sugiriendo un transporte considerable.

Machalilla también **es** un área importante en el estudio de la formación San Mateo, sobre la playa se observan afloramientos de facies turbidíticas mostrando secuencias Tbc, y algunos bancos de flujos fluidificados mostrando chimeneas de escapes de fluidos así como desarrollo de "estructura de plato" (dish structures). En esta área también se puede observar el desarrollo de un supra-abanico, sobre una



unidad constituída por lutitas finas (cood. 265/404 H.T. Machalilla).

En Puerto López (Referirse a tesis de grado del Sr. E. Navarrete) cercano a "Punta Mirador", se observa el desarrollo de facies conglomeráticas sobre sedimentos finos [cood. 203/276 H.T. Pto. López].

Dado que en la secuencia de la segunda unidad ocurren depósitos de flujos de granos conociendo además que dichos depósitos necesitan pendientes mayores de  $4^\circ$  (pendiente promedio de taludes continentales) para formarse, y después de analizar el capítulo 11 literal 2.1. concluimos [Tabla 1), que los depósitos de Julcuy corresponden a sedimentos depositados en la parte media? de un talud continental dentro de una cuenca de talud cuyo eje tenía una orientación localizada entre los Azimuts - **330"** y **360"** dirección principal de aporte sedimentario corroborado por las facies de abanico submarino desarrolladas al norte en el área de Cabo San Lorenzo donde se presentan los mayores espesores - probados de la formación.

### 3.2.1. Diferenciación de Unidades

Los primeros reconocimientos realizados en la zona basal del conglomerado parecían confir-

TIPO DE AMBIENTE	espesor de deposición	continuidad lateral	de estratos de estratos cuneliformes	canales y fluxoturbiditas	stumps grandes deslizam.	turbiditas proximales	turbiditas distales	pseudonudos	direcciones de corrientes constantes	marcas de arrastre	tool marks	sedimentos hemipelógicos finos	cumplimiento de fajas	abundancia de esqueletos y fauna retra-bajada.	bioturbación	oríon. del substrato
PLATAFORMA EXTERNA	○	▽	○	○	▽				○	▽						
ROTURA DE PENDIENTE																
PENDIENTE SUP.-MED.	○	○	○	○	○											
TALUD INF. Y BASE	○	▽	○	○	▽											
PISO DE CUENCA																

▽ CARACTERÍSTICAS DE C. SAN LORENZO

○ CARACTERÍSTICAS DE JULCUY

TABLA I. Asociación litológica y criterios para distinguir ambientes submarinos de márgenes continentales externos. (Stanley y Unrug) (1972). (18).

mar a primera vista la presencia de la formación Cayo como base de la formación San Mateo tal como se presentaba en el mapa geológico (E: 1:100.000) publicado por la DGGM "Jipijapa", estudios detallados en el contacto permitieron observar que éste era transicional y no tectónico o discordante, por lo que se dedujo que la unidad litológica de base no podía ser Cayo no obstante de poseer una litología similar a la de esta formación.

En la columna estratigráfica de Manabí existe la formación Cerro, equivalente del Eoceno medio a las formaciones Punta Blanca que aflora en el norte (Jama), y Zapallo área de Esmeraldas, todas ellas equivalentes tanto en litofacies como en edad,

La secuencia de Cerro según Williams, 1947, consiste en margas tobáceas cremas al tope, lutitas silíceas grises y cherts con radiolarios al centro y areniscas y microbrechas obscuras en la base. Las dos litologías superiores son encontrados en el área entre Carrizal y Soledad, ocurriendo un contacto discordante de esta formación sobre la fm. Cayo cerca a Soledad.

El principal problema surgido en el reconocimiento de esta formación ha sido la confusión con la litología Cayo, también su tope ha sido mapeado en San Mateo.

En el lexico estratigráfico observamos una descripción de "SHULMAN" quien afirma que el techo de esta formación se halla expuesto con claridad en el río Joaz, 3-4 Km. N. de Joaz al W de Jipijapa y su base se encuentra expuesta 3-4 km. SW de la Pila, sucede que dichas localidades se encuentran cartografiadas como fm. San Mateo en los mapas de la DGGM (Jipijapa 1974 y Montecristi 1970).

Debido a estas y otras confusiones Canfield (1966, p. 47) propone que el nombre Cerro sea abandonado como formación hasta que posteriores trabajos de campo muestren si Cerro es parte de Cayo San Mateo, San Eduardo o todas.

En 1967 en el trabajo presentado por Mills sobre formación San Mateo, donde realiza la reinterpretación de la fauna hallada en el pozo Manta N° 3 cita haber hallado el fósil "Hastigerinella Colombiana Petters" a una profundidad de 4.000 pies (aprox. 1200 m), este fósil es datador del Eoceno medio par

te superior, Mills concluye que parte de la formación San Mateo podría pertenecer a esta época. Por otra parte la columna estratigráfica del pozo Manta N<sup>o</sup> 3 presentada en el Mapa geológico de la DGGM coloca la base de la formación San Mateo a los 800 m. presentado el intervalo de los 800 a los 1400 m., como formación Cerro entre San Mateo y Cayo.

La litología hallada en el nivel del fósil consistía de lutitas verdes y pardas descritas como difícilmente distinguibles de la formación Cayo, también en el pozo Manta N<sup>o</sup> 4 se halló la misma unidad entre las mismas formaciones entre los 723 y 980 m.

La presencia de una unidad consistente en lutitas finas tobáceas en la base de la fm. San Mateo cuando esta no está en contacto directo y discordante sobre la Cayo es una realidad, nosotros la hemos observado cerca de Pto. López en "Punta Mirador" y en la secuencia expuesta de base a tope en el corte Platanales-Salango siguiendo el río Salango. Esta formación de similar litología a la fm. Cayo, conteniendo una fauna Eoceno medio parte superior, puede alcanzar el Eoceno Superior, confirmado por los radiolarios y Nanoplancton según KEHRER y VAN DEE KAADEN, 1979; E. Navarrete (1985) encontró fauna de radiolarios datadores del Eoceno Superior en

la unidad basal de Pto. López.



Estudios de campo y perfiles sísmicos realizados por CEPE-Quito, indican que esta formación es una unidad litoestratigráfica importante en la subcuenca Manabí y en sus similares del Norte (Jama, Esmeraldas) pudiendo alcanzar los 1.000 m. de espesor, (16).

Por las razones anotadas y apoyándonos en la secuencia de transición encontrada en "Carrizal" concluimos que la Cerro es la unidad Basal de la formación San Mateo; se espera que posteriores criterios de correlación unifiquen bajo un solo nombre las mismas unidades litoestratigráficas existentes al Sur [Guayas) y al norte (Esmeraldas) a fin de simplificar la columna estratigráfica de la costa Ecuatoriana.



## CAPITULO IV

### PALEOGEOGRAFIA

Los cuerpos de la formación San Mateo afloran a lo largo de la cordillera costera desde el Cabo San Mateo en el norte, hasta Ayampe en el Sur. En la costa de la provincia del Guayas similares depósitos toman diferentes nombres; en reconocimiento de campo hemos observado depósitos similares en el área de Olon (coord. 354/988 H.G. Manglaralto); mapeados como formación "Dos Mangas". Posiblemente los depósitos de "Seca" y de arenisca "Punta Ancón" sean correlacionables con las unidades de la formación San Mateo.

El rasgo dominante de esta formación es su forma de emplazamiento, que se caracteriza por estar controlada por fallas. Hemos observado que fallas de Azimut  $330^{\circ}$  o  $315^{\circ}$  presentan paralelismo con los canales o cañones que forman las cuencas de talud (Julcuy, Pto. López); a su vez, fallas de Azimut  $020^{\circ}$ , sirven de límite entre 2 niveles de cuencas de talud de fosa (v.g. Julcuy-Machalilla).

En la región del levantamiento de Santa Elena la formación Azucar se emplaza aparentemente ligada a la falla de la Cruz de igual orientación ( $330^{\circ}$ ), y sus Paleocorrientes tendrían similar sentido (15). De la misma manera muchos

cuerpos alineados del llamado Cayo de Santa Elena, se orientan con el mencionado rumbo así como la cordillera Chongón-Colonche que mantiene un sentido aproximado ( $315^\circ$ ). Es notorio que los cuerpos del llamado complejo olitostromico de Santa Elena, además de seguir similar orientación y edad de emplazamiento (teoría de Azad) se encuentran truncados bruscamente por fallas  $0.20'' \cdot 0.30''$ . (v.g. la parte norte de falla la cruz); en el lexico stratigráfico se menciona que el olitostromo Azucar es un lente; sobrepasa los 2.365 m. en el pozo A.E.O.L. N° 792 del campo Ancón; al N de Ancón desaparece bruscamente.

Aunque depósitos de la formación Azucar en los afloramientos de Playas han sido identificados como Paleocenicoc (15), los defensores de la teoría alitostromica afirman una edad de emplazamiento del complejo, ubicada en el Eoceno Superior. Los resultados de este trabajo presentan afinidad con otros, realizados anteriormente en el área de Santa Elena, en lo que respecta a los siguientes argumentos:

1. Similar dirección de emplazamiento, regido por una tectónica de rumbo N.NW-S.SE.
2. Igual edad de emplazamiento.
3. Similares ambientes de depositación (cuenca de talud).

Como complemento a estas 3 afirmaciones podemos resaltar la ausencia de afloramientos del Paleoceno en las provincias de Manabí y Esmeraldas, estando éstos circunscritos a la C. Progreso y Santa Elena, La cordillera de Chongón-Cdlonche actuaría como una barrera estructural - separando dos dominios sedimentarios: Al sur (cuenca Santa Elena), y al norte (Cuenca Manabí). La paleogeografía se sintetiza en el esquema de la fig. 10.

#### 4.1. HISTORIA GEOLOGICA

El Ecuador se encuentra situado en una margen activa con un sistema de subducción que debió haber sido un proceso activo desde el Jurásico tardío cuando el continente se separó de Africa moviéndose hacia el oeste.

La costa ecuatoriana presenta regiones sedimentarias de secuencia cretácico-reciente, formando en la actualidad una cordillera costera que separa de la fosa a 3 cuencas de ante-arco ubicadas al W del área frontal de la cordillera de los andes y que son partes superficiales de un prisma acrecional que se eleva mas de 500 m.s.n.m.

El sistema, Cordillera costera-subcuenca Manabí, ha

sido menos estudiado geológicamente, es por eso que el proponer la columna estratigráfica completa, con su respectiva evolución, en base a los estudios existentes y a la "Correlación" con unidades de otras cuencas dentro de un margen confiable de certeza, es todavía prematuro, sobre todo si se trata del estudio de formaciones anteriores al Eoceno, donde trabajos paleogeográficos en detalle son todavía escasos y complicados debido a la tectónica existente.

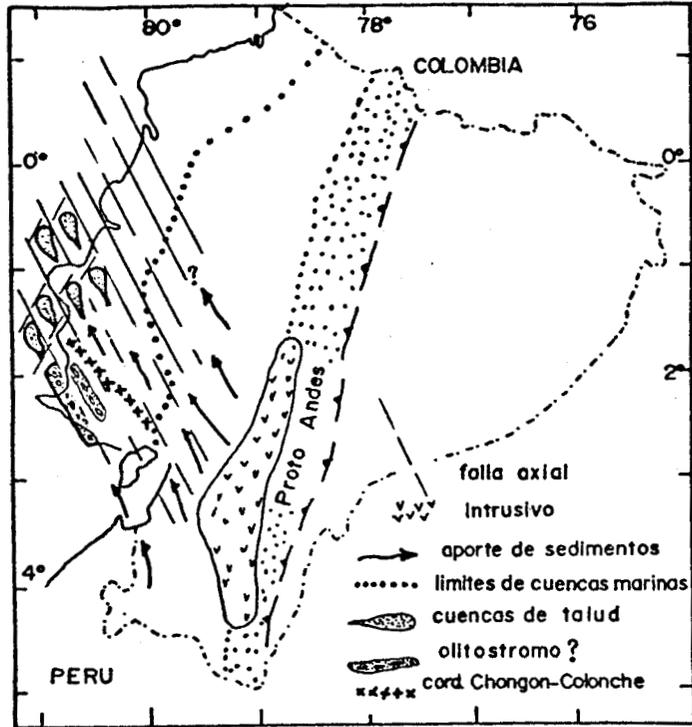
La columna estratigráfica de Manabí, desde el cretáceo superior hasta el Eoceno superior, sufre aparentemente dos interrupciones de consideración, denotadas en ella por la presencia de hiatos estratigráficos, y se desarrolla de la siguiente forma:

Al término del paleoceno inferior y comienzo del eoceno inferior (Paleoceno superior) se produce la primera interrupción ocasionada posiblemente por el emplazamiento de la paleoplaca oceánica con una paleodorsal asísmica que produce una obducción. (Cobrecorrimiento de corteza oceánica Piñón + Cayo sobre el continente), (16). Este episodio tectónico se conoce como fase Laramídica. Posteriormente al Eoceno inferior se produce una fase de distensión que permite una depositación marina localizada, sedimentos

del subsuelo posiblemente de esta época son interpretados de los trabajos de sísmica de vibroseis y dinamita realizados en Manabí, por CEPE, entre las poblaciones de Quinindé y Flavio Alfaro (Fm. Mongoya?) que descansan discordantes sobre la Fm. Cayo (16).

Las cuencas se siguen profundizando para formar los depósitos del Eoceno medio de ambiente Batial (Fm. San Eduardo) aflorantes en la actualidad en la parte de la cordillera costera; y por depósitos del Eoceno medio tardío de la fm. Cerro de ambiente abisal (Fm. Punta Blanca al norte de Manabí), constituyendo ésta la unidad basal de la Fm. San Mateo. Durante la etapa terminal de la depositación de cerro la secuencia gradualmente se invierte y la cuenca pierde profundidad en razón al levantamiento del talud (orogenia del Eoceno terminal), provocando una progradación de elementos clásticos gruesos depositados en depresiones tectónicas formados en el talud Continental, llamadas por Lonsdale - "Cuencas de talud de fosa" (13), ocurriendo así una etapa regresiva que termina con la emersión general de la costa, representada por el hiato sedimentario oligoceno inferior y medio, para continuar con la transgresión del oligoceno superior- mioceno representada por los depósitos de la fm. Tosagua. En la actualidad los sedimentos depositados al Eoceno superior en las llamadas

cuencas de talud de fosa forman parte **del prisma de sedimentos** acrecionados al continente por efectos de la subducción de la placa oceánica, permaneciendo expuestos subaereamente tanto en la cordillera costera, lugar de máxima curvatura del prisma (13); como en la estrecha - plataforma continental del Ecuador.



( fig. 10-a )

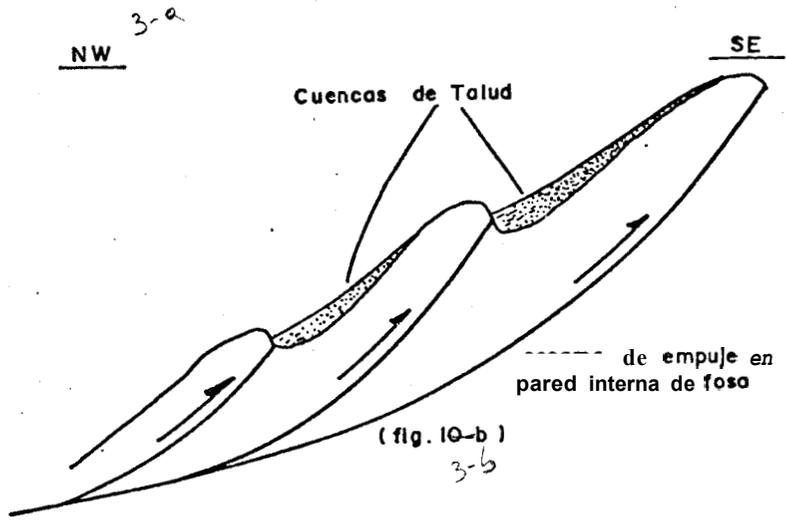


FIGURA 10. (10a).- Esquema propuesto para la depositación sedimentaria del Eoceno superior, en Manabí-Guayas .

(10b).- Mecanismo hipotético propuesto para la formación de las cuencas de talud.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las siguientes conclusiones finalizan el presente trabajo:

1. La depositación discordante de la formación San Mateo sobre la formación Cayo, en el área de estudio, comienza con el desarrollo de su miembro Basal "Cerro" quien pasa gradualmente a constituir el miembro superior "San Mateo" (S.S.) constituyendo el conjunto una bisequencia (+)(-).
2. El ambiente de emplazamiento de la formación es marino profundo, ocurriendo la depositación de la unidad superior en pequeñas y sincrónicas cuencas de talud de fosa formadas por fallas de empuje y dispuestas a distintas profundidades sobre el talud.
3. La dirección de aporte de sedimentos es controlada por cañones submarinos producidos por fallas de 330° azimut.
4. Las condiciones ambientales de rápida depositación de sedimentos detríticos gruesos, junto con material orgánico proveniente del continente, y el enterramiento violento de estas pequeñas cuencas, las convierte en

depósitos ideales de hidrocarburos.

Los siguientes puntos se recomiendan al concluir el trabajo:

1. Simplificar la columna estratigráfica de la costa ecuatoriana, evitando la duplicidad de nombres en las formaciones.
2. Como recomendación específica a la conclusión N° 4, y reconociendo que "estructuras sinclinales de algunos cientos de metros de sedimentos ligeramente deformados existen bajo la plataforma de Cabo San Lorenzo" (13); se recomienda una campaña exploratoria en la plataforma de la Costa Ecuatoriana teniendo en cuenta el patrón de sedimentación mostrado en este trabajo.



BIBLIOTECA

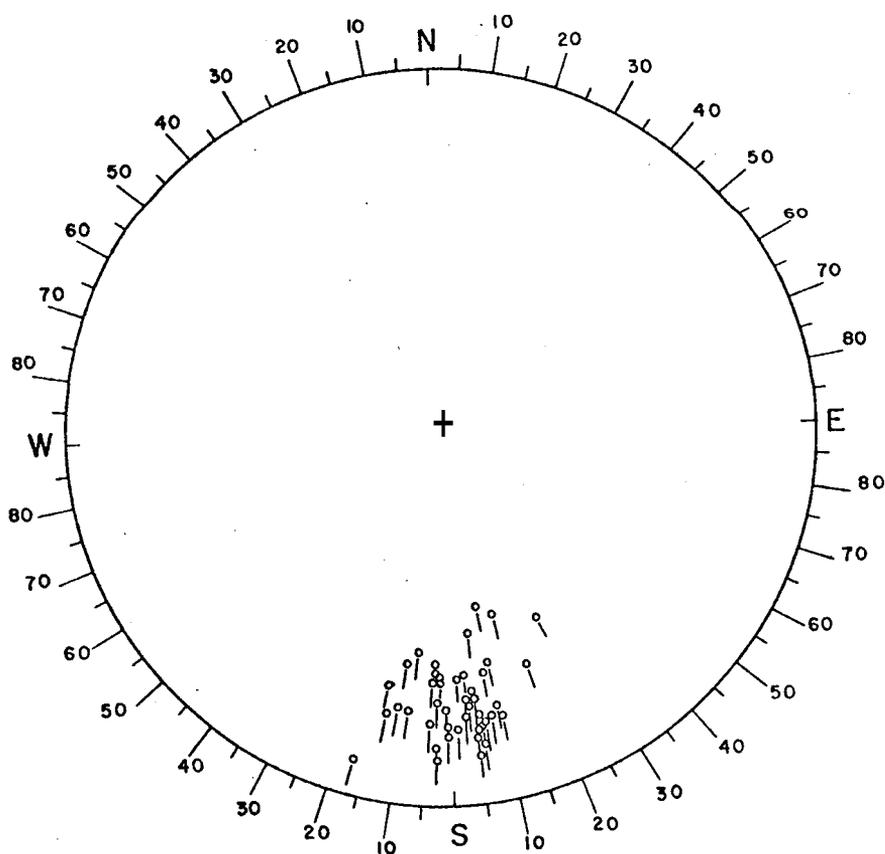
A H E X O



A. REPRESENTACION EN RED DE WULF DE EL EJE "A" DE CLASTOS  
IMBRICADOS, EN DEPOSITOS TIPO G.F.

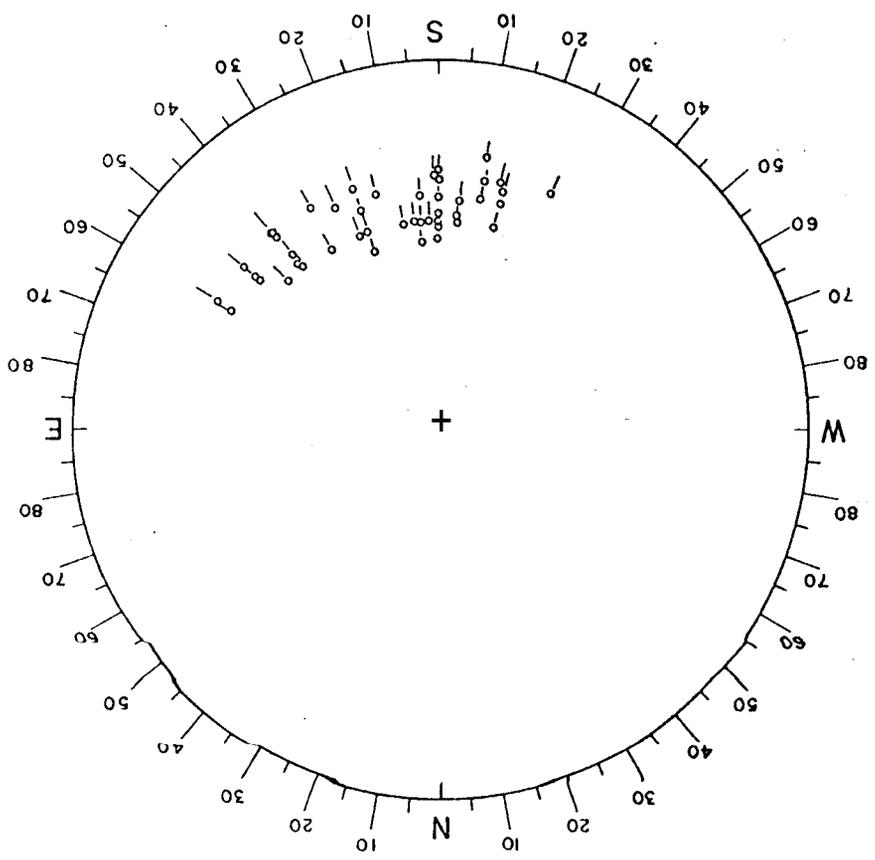
fecha: 12-4-84  
 formacion: San Mateo

lugar: Las Piñas de Juleuy  
 coordenadas: 392/354 H.T. Jipijapa



observaciones: Los Datos de los puntos fueron tomados en la  
 Margen izquierda del Rio Juleuy  
 Buzam. de capas 16/130  
 Rotacion de  $16^\circ$  alrededor del eje al  $130^\circ$  azimut

observaciones: Rangos: entos de Capas  $\frac{10}{120}$   
 Fallas normales surgen al río  $\frac{140-130}{A_0}$

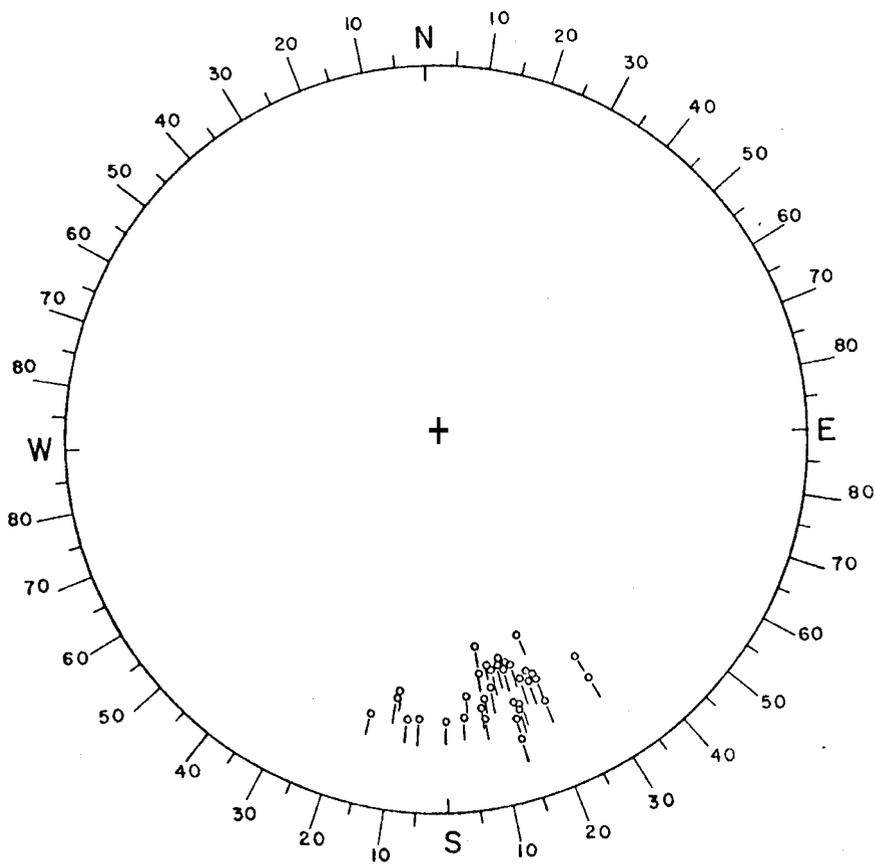


lugar: "don Jónas" ubicada al río  
 margen derecha  
 coordenadas: 388/356 H.T. Jujuy

fecha: 12-4-84  
 formación: San Mateo

fecha: 12-4-84  
formacion: San Mateo

lugar: Encañonada, camino A "Carrizal"  
coordenadas: 384/345 H.T. Jipijapa



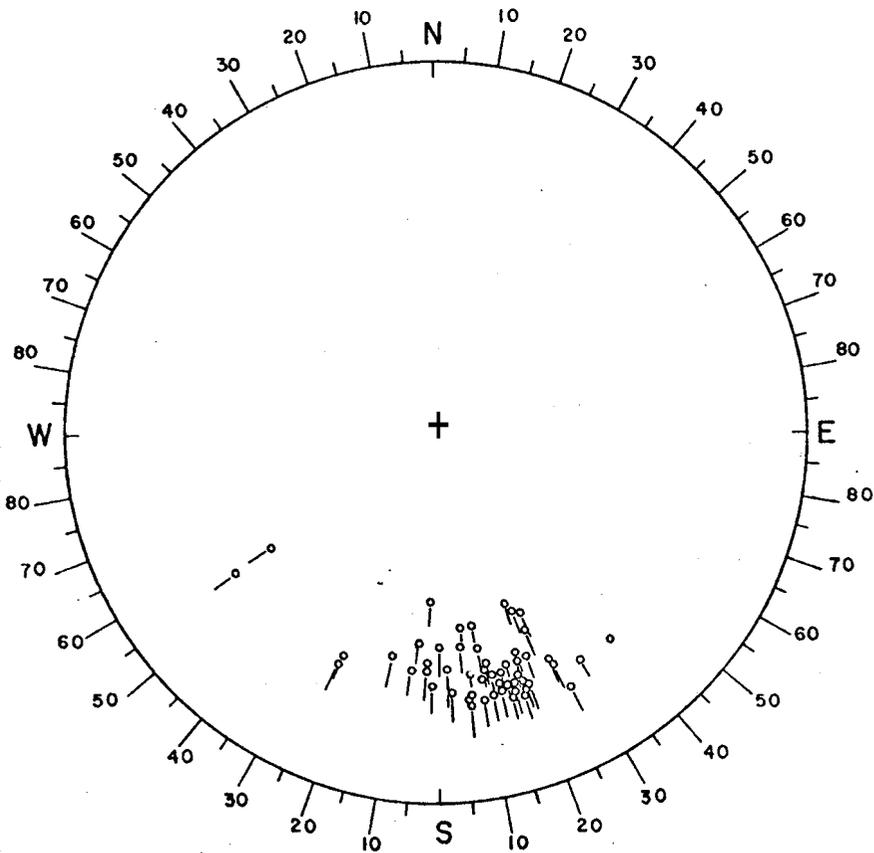
observaciones: Buzamiento Horizontal de Capas

fecha: 12-4-84

lugar: Jucuy "Las Peñas"

formacion: San Mateo

coordenadas: 391/359



observaciones:

Bugamiento de capas



Puntos Rotados 15°

Alrededor del Azimut 145

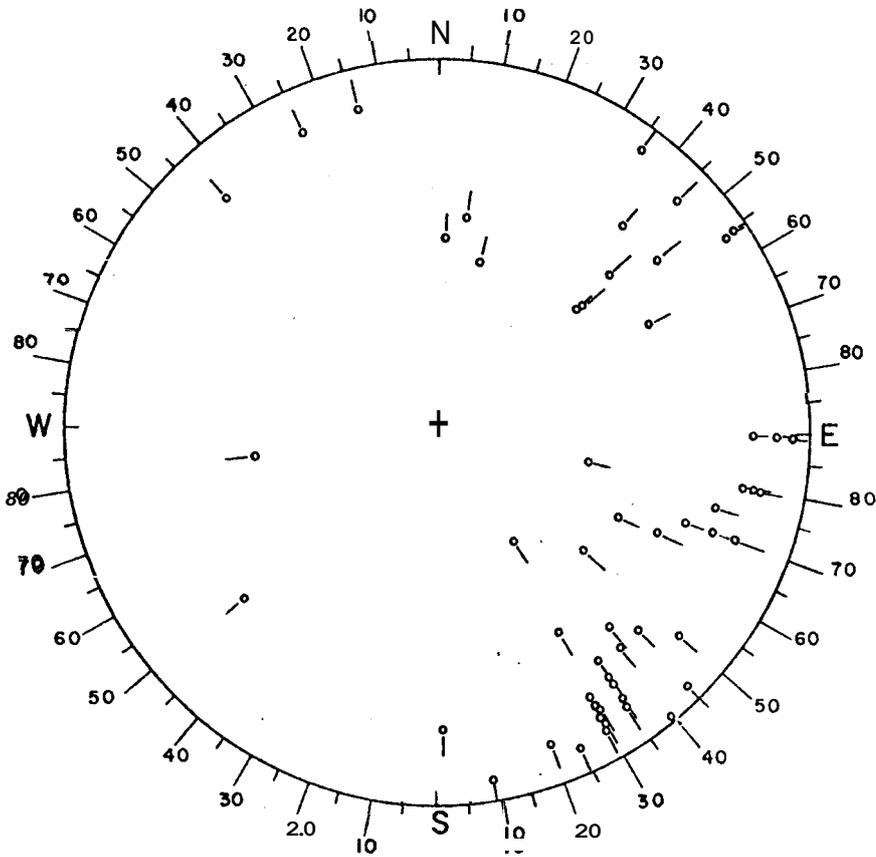
Datos Tomados en Margen Derecha del Rio Jucuy.

fecha: 11-4-84

lugar: falla de entero Salado

formacion: San Mateo

coordenadas: 396/336



observaciones: Buzam. de capas / 5

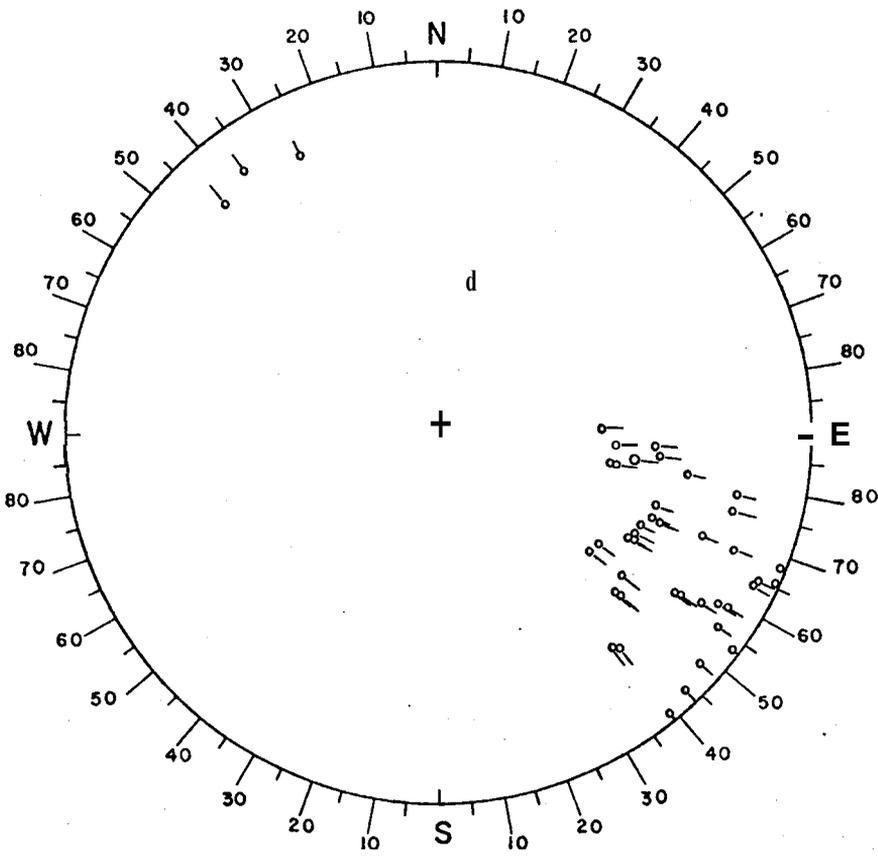
ejes notados 5° alrededor de eje a 10°

fecha: 5-1-84

formación: San Mateo

lugar: encañonada  $\rightarrow$  Y. - 57-6  
de ~~S~~ salado

coordenadas = 395 / 351 H.T. Jipijapa



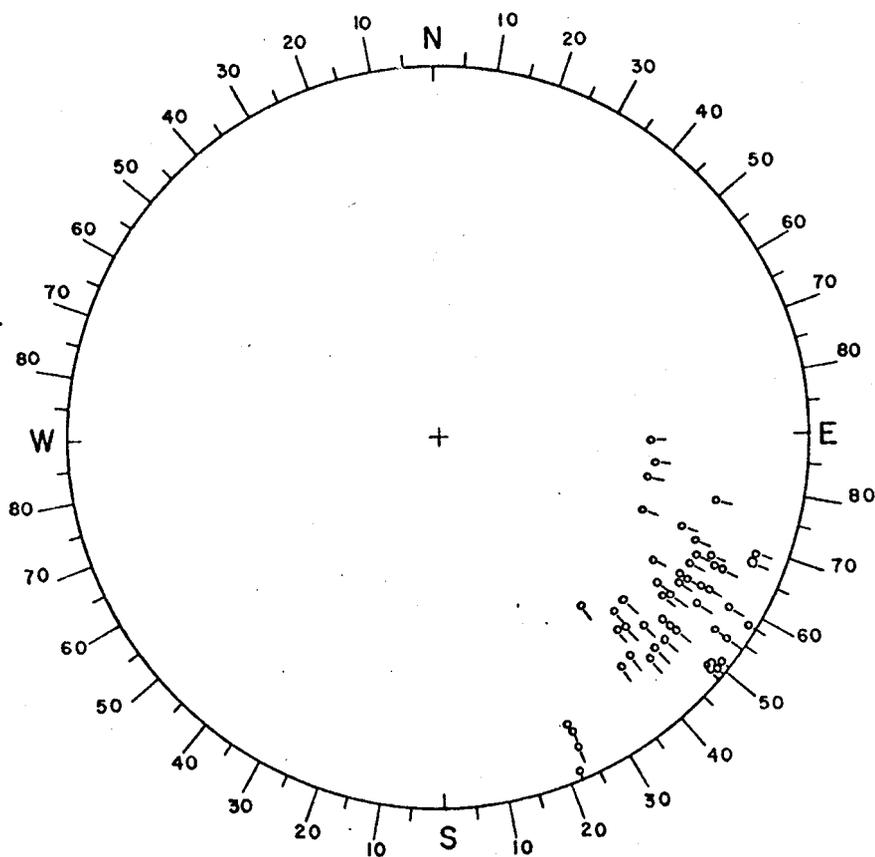
observaciones: cota 235 m., huzam. 15/130  
puntos notados alrededor de eje al 130°

fecha: 6-1-84

lugar: Quebrada de Trapo

formacion: San Mateo

coordenadas: 392/374 H.T. Jijijapa



observaciones:

lugam. de capas  $\frac{4}{165}$

puntos notados 4<sup>e</sup> alrededor de el eje al 165

B. ANALISIS PETROGRAFICO DE 4 LAMINAS DELGADAS, DE CLASTOS  
DE ROCAS IGNEAS DE LA FORMACION SAN MATEO

## MUESTRA HE - 2

Descripción.- Roca de color gris de textura porfirítica, con fenocristales de plagioclasa visibles a simple vista.

Bajo el microscopio se observan fenocristales alterados de Labradorita presentando zonación, de Andesina flotando en una matriz criptocristalina compuesta por cuarzo y feldespato potasico..

Existen escasos fenocristales de cuarzo Automórfico.

Minerales de Hornblenda presentan alteración y se encuentran rodeadas de minerales opacos.

Productos de Propilitización son: La Epidota, clorita, y carbonatos.

## COMPOSICION

Cuarzo	6%
Feldespato (K)	7%
Plagioclasas	58%
Hornblenda	16%
Minerales opacos (Ilmenita?)	4%
Piroxenos	3%
Productos de alteración y otros	6%

Nombre: Andesita Porfirítica de Labradorita

## MUESTRA HE - 3

Descripción.- Roca de color habano claro de textura fanerítica.

Bajo el microscopio se observó la abundancia de cuarzo y ortoclasa, presentando primero intercrecimientos de textura gráfica con el segundo. El cuarzo reemplaza a algunos minerales en especial a la ortoclasa y microclina .

Se encuentran plagioclasas sódicas, así como Anfíboles con sus variedades: Riebeckita, y Crocidolita? pleocroica de color verde. Son -importantes también las Biotitas que alteran a cloritas, además m-nerales subordinados de Hornblenda.

Presencia de sulfuros fueron observados con el microscopio de luz reflejada.

## COMPOSICION

Ortoclasa + Microclina	40%
Cuarzo	30%
Plagioclasas sódicas	15%
Anfíboles	3%
Biotita	2%
Sulfuros	3%
Otros opacos	2%
Otros	5%

Nombre: Granito **Grdfico**

## MUESTRA HE - 5

Descripción.- Roca de textura fanerítica, leucocrática. Microscópicamente se aprecian grandes cristales de ortoclasa de aspecto nuboso que meteoriza a caolín. Estos cristales presentan maclado - de carlsbad. La microclina es menos común y muestra maclado polisinético.

El cuarzo crece de manera subhedral mostrando inclusiones, y delimita con perfiles rectilíneos a los cristales de feldespato.

Escasos cristales de Biotitas paleoclasas y hornblenda se la encuentran meteorizadas.

## COMPOSICION

Feldespato (K)	48%
Cuarzo	<b>38%</b>
Biotita	4%
Plagioclasas	<b>3%</b>
Hornblenda	<b>3%</b>
Otros	4%

Nombre: Granito Alcalino

MUESTRA HE - 6

Descripción.- Roca de color gris, textura afanítica.

Bajo el microscopio se observan fenocristales de Sanidina con macla de carlsbad compuesto de 2 unidades. Los fenocristales se encuentran recubiertos por una matriz fina de textura pilotaxítica - constituida por microlitos de feldespatos, cuarzo y vidrio volcánico de color café.

Presencia de Hornblenda basáltica de color verde, como posible producto de alteración de la Hornblenda simple. Vetillas y Esferulitas rellenos con calcedonea y cuarzo microcristalino.

#### COMPOSICION

Cuarzo	5%
Feldespatos (K)	30%
Albita	30%
Anortita	10%
Otros	25%

Nombre: Traqui-Andesita (Latita) de Sanidina

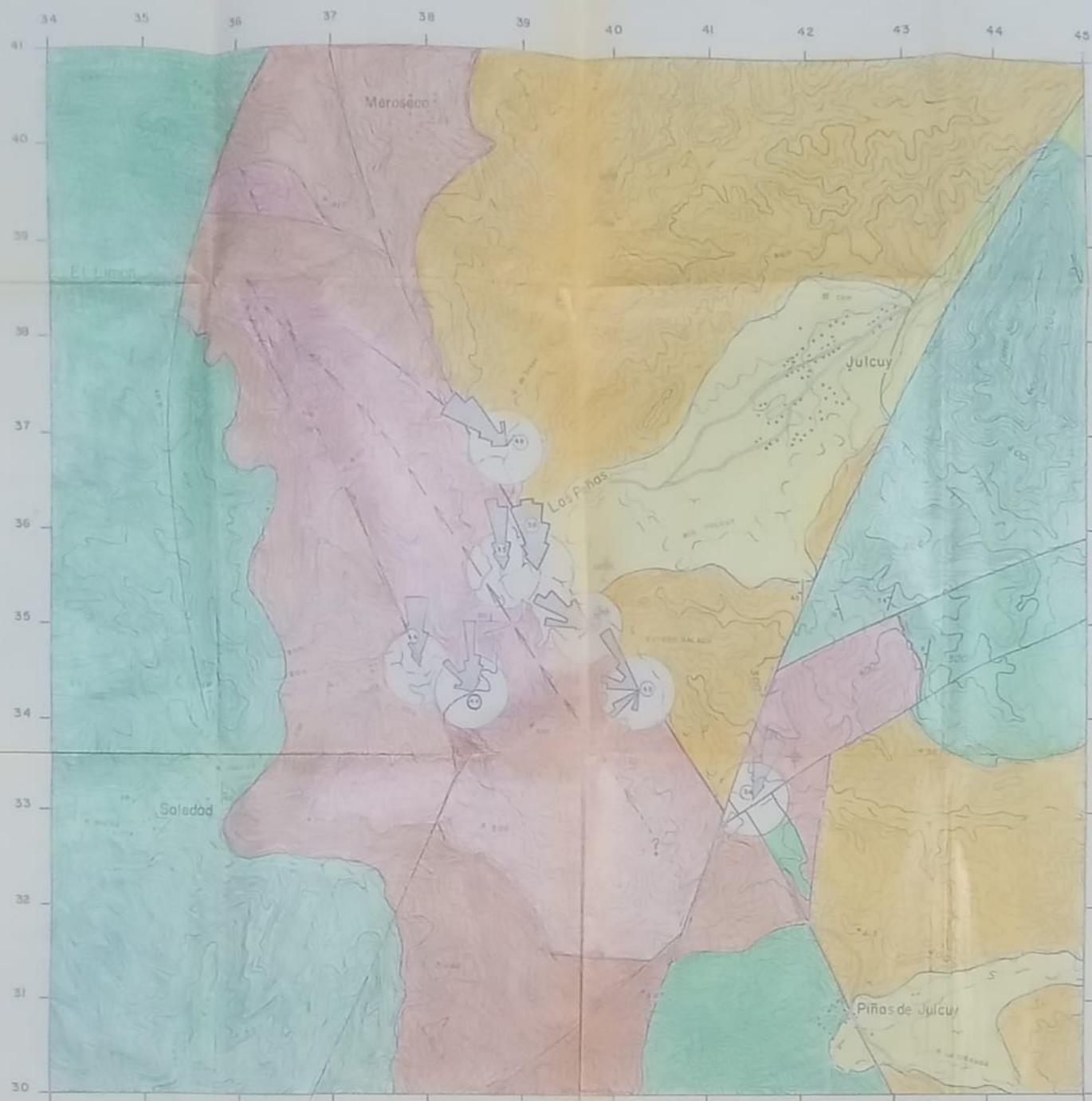
## BIBLIOGRAFIA

1. "AMERICAN ASOCIATION OF PETROLEUM GEOLOGISTS" (A.A.P. G.) Sandstone depositional environments; Scholle and Spearing eds. USA; P.P. 329-404.
2. BENITEZ S., "Contribución al estudio de las cuencas sedimentarias del Suroeste Ecuatoriano"; Documento de CEPE (Guayaquil) 1983; 34 p.
3. BRISTOW C.R. et HOFFSTETTER; Lexique Stratigraphique International, vol. V, Facc. 5 a 2, Ecuador, 2<sup>o</sup> Ed.; 1977.
4. CORRALES I., ROSELL J., SANCHEZ L.; VERA J.; VILAS L.; "Estratigrafía" Editorial Rueda - Madrid, 1977, 717 p.
5. FOX AND MC DONALD "Introduction to fluid mechanics" - 2nd. ed.; John Wiley and Sons, Canada 1978, pp. 1-43.
6. ERIDMAN G., SANDERS J.; "Principles of Sedimentology. John Wiley and Sons, 1978.
7. "Geological Society of America", Nazca Plate: Crustal Formation and Andean Convergence" Memoir 154, Kulm L; Dymond J., Dasch E. Hussong, eds. 1981; p.p. 351-391.

8. INERHI, Revista "Riego" Vol. 10, 1981; pp. 33-37.
9. KENNERLEY J.B., "Outline of the geology of Ecuador", Institute of Geological Sciences (London), Overseas geol. and miner. Resour. N° 55; 1980; 40 p.
10. KERR and ROGER "Thin Section Mineralogy"; 1983.
11. LAMBE W.; WHITMAN R.; "Soil Mechanics" John Wiley and Sons Inc. 1969.
12. LOMBARD A. "Analyse sequentielle des series sedimentaires (1972); Paris; 7 p.
13. LONSDALE; "Ecuadorian Subduction System", A.A.P.G., vol. 62, N° 12; diciembre' 1978; traducción, Benitez, Barquet, Hernandez, 1983.
14. MILLS S.J.; The Stratigraphy of the tertiary rocks of Southern Manabí and Guayas provinces (excluding the Sta. Elena Peninsula) with notes on Esmeraldas provinces-Ecuador; A.E.O. report; 1967 pp. 24-29.
15. MORENO M.; "Estratigrafía detallada del grupo Azucar en los Acantilados de playas", Tesis de grado, 1983, p.90-96.

16. SANTOS M.; "La Subcuenca Manabí y su contexto regional"; VIII Congreso Ecuatoriano de IGMP (memoria); tomo I-B; Jul. 18/22 Guayaquil, 33 p.
17. SCHULMAN N. FLEXER A., WARKSHALE; "Geology and ground water possibilities of central Manabí-Ecuador"; Israel 1965, 80 p.
18. STANLEY U.J. and SWIFT D.; "Marine sediment transport and Environmental Management" American geological Institute pp. 197-218, pp. 379-437.
19. STANLEY D. and UNRUG R.; "Recognition of Ancient Sedimentary environments" J.K. Rigby and W.K. Hamblin eds; 1972; pp. 287-340.

MAPA I



SIMBOLOGIA



- Sentido de Paleocorrientes (48 medidas)
- Eje de Cañón Submarino
- Falla
- Rede y Suzamiento de Estratos, Estratos Subhorizontales
- Contacto no Transicional
- Contacto Transicional
- Curva de Nivel, metros s.n.m
- Red. cuadrada, Estero

ESTRATIGRAFIA

- Miemb. Cuyo
- Miemb. Los Pinos
- Miemb. Torogua
- Miemb. San Mateo
- Miemb. Cerro
- Miemb. Cuyo

1000 500 0 1000 2000 3000 4000 metros

Mapa Geológico indicando dirección y sentido de Paleocorrientes en la fm. San Mateo

Area: Julcuy

Base Topografica: hojas topograficas, P.P. Gomez y Jijlaja del I.G.M., ed. 1964

Trabajo de campo y oficina: H. Eguez (1984)

Dibujo: H. Eguez, Feb. 1985

