



T  
551.4  
M682

# **ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería de Geología, Minas y Petróleos**



**"ESTUDIO GEOMORFOLOGICO DEL AREA  
METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL"**



**Coordenadas : Long. 79 58' 30" - Lat. 2 4' 49"**  
**Long. 79 50' 56" - Lat. 2 4' 49"**  
**Long. 79 58' 30" - Lat. 2 16' 14"**  
**Long. 79 49' 50" - Lat. 2 16' 14"**  
**Long. 79 50' 56" - Lat. 2 11' 20"**  
**Long. 79 49' 50" - Lat. 2 11' 20"**

**TESIS DE GRADO**  
**Previa a la obtención del Título de:**  
**INGENIERO GEOLOGO**

**Presentada por:**  
**Mónica de los Angeles Mite León**

**Guayaquil - Ecuador**  
**1989**



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
Facultad de Ingeniería de Geología, Minas y Petróleos



"ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO DEL AREA  
METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL"

Coordenadas : Long. 79 58' 30" - Lat. 2 4' 49"  
Long. 79 50' 56" - Lat. 2 4' 49"  
Long. 79 58' 30" - Lat. 2 16' 14"  
Long. 79 49' 50" - Lat. 2 16' 14"  
Long. 79 50' 56" - Lat. 2 11' 20"  
Long. 79 49' 50" - Lat. 2 11' 20"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO GEOLOGO

Mónica de los Angeles Mite León  
Presentada por:

Guayaquil - Ecuador  
1989

DEDICATORIA

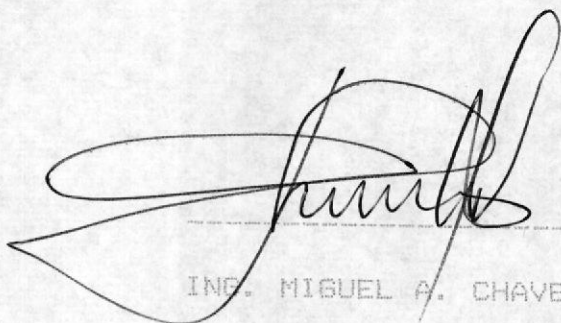
A MIS PADRES

A MI ESPOSO

A MIS HERMANOS

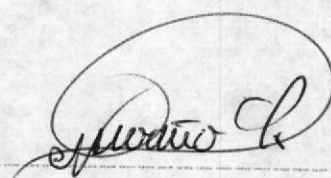
## AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a todas las personas que contribuyen a la realización de este trabajo. En especial al Ing. Gastón Proaño, Director de esta Tesis, por sus valiosas sugerencias en la redacción final, y continuo apoyo y empuje entusiasta durante su realización. Al Ing. Stalin Benitez, quien sugirió la presentación de este trabajo como Tesis, por su valiosa cooperación en el campo y fructíferos intercambios de ideas, y al mismo tiempo al Proyecto "Mapeo Geológico de la Formación Cayo en Guayaquil", el mismo que se desarrolló con el auspicio del Instituto de Investigaciones y Estudios Avanzados de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Física de la Universidad Estatal de Guayaquil, con el financiamiento del Consejo Nacional de Universidades y Escuelas Politécnicas (CONUEP) y cuyo Director fue el Ing. Stalin Benitez.



ING. MIGUEL A. CHAVEZ

Sub-Decano FIGMP



ING. GASTON PROANO C.

Director de Tesis



ING. JORGE CALLE G.  
Miembro de Tribunal



ING. HUGO EGUEZ A.  
Miembro del Tribunal

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).

A handwritten signature in black ink, reading "Monica Mite Leon". The signature is written in a cursive style with a large loop at the end of the last name.

MONICA DE LOS ANGELES MITE LEON

## RESUMEN

Utilizando como herramienta principal la Geomorfología, que es la ciencia que describe la forma del relieve de la corteza terrestre, se desarrolló la presente Tesis, tomando como base de estudios el área metropolitana de Guayaquil.

Geomorfológicamente el área de estudios se dividió en Dominios bien diferenciados, que se los define como: Dominio Estructural, Dominio Erosivo y Dominio Acumulativo.

El Dominio Estructural constituye la parte de la Cordillera Chongón Colónche, cercana a la ciudad de Guayaquil, compuesta de colinas altas y medias que conservan una topografía casi uniforme, y formas de relieve regular.

El Dominio Erosivo predomina en la mayor parte del área que cubre esta Tesis, compuesta exclusivamente por colinas bajas y se localiza en la vertiente nororiental del área de estudio.

Por último, tenemos el Dominio Acumulativo, el cual ha sido formado por procesos morfodinámicos recientes y



actuales que corresponde a la unidad regional de la plataforma Daule. Este Dominio se localiza al Norte del río Guayas, una parte y la otra al Suroeste de la ciudad, formando manglares que pertenecen a la llanura deltaica del río Guayas.

Litológicamente el área está constituida en un 80% por la Formación Cayo, con el afloramiento de los Miembros Guayaquil y Cayo ss, un 5% por la Formación San Eduardo. En las cercanías de Pascuales se encuentran el Cerro del Colorado, que está constituido por rocas volcánicas de la Formación Piñon, representadas por andesitas y basalto, y el Cerro del Jordán constituido en su gran mayoría por la Formación Cayo y en su extremo Noreste andesitas de la Formación Piñon.

En el flanco suroeste de la Cordillera Chongón Colonche, las rocas existentes ha sufrido erosión y los detritos se han acumulado al pie de la Cordillera, formando conos de deyección y depósitos pie demonte.

De manera general, se realizó el estudio morfométrico de las cuencas hidrográficas existentes, habiendo obtenido como patrones de drenaje, los sistemas dendrítico y subparalelo. En el sector Norte a través del Estero Salado que está dentro del área de desarrollo urbano de la ciudad, conduce y transporta las aguas lluvias y

desechos al río Daule; en cambio los Esteros: Salado es el principal estero que recorre a la ciudad de Guayaquil de Sur a Norte, Tres Bocas, Plano Seco, Aguas Piedras, Puerto Liza, Mogollón, Estero del Muerto, Santa Ana, en el sector Suroeste, transportan aguas lluvias, aguas servidas y desechos industriales que van al Golfo de Guayaquil. En esta parte del estudio incluye el análisis de los elementos morfométricos de una cuenca, ubicada en los terrenos de propiedad de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (La Prosperina-Nuevo Campus Politécnico).

## INDICE DE ABREVIATURAS

A	Area
Coord.	Coordenadas topográficas
Cm.	Coeficiente de masividad
Co.	Coeficiente Orográfico
CONUEP	Consejo Nacional de Universidades y Escuelas Politécnicas.
D.G.G.M.	Dirección General de Geología y Minas del Ecuador.
D	Densidad
E; NE; NW; SE; SW; ..	Puntos Cardinales indicando orientación.
Ff	Factor Forma
Fm.	Formación Geologica
Hbts.	Habitantes
H.	Altura media
I.G.M.	Instituto Geográfico Militar del Ecuador.
I.E.P.C.	International Ecuadorean Petroleum Company.
I.a.	Indice de alargamiento.
Is.	Indice de simetria.
Kc	Coeficiente de compacidad.
Lu	Longitud total de los segmentos orden u.
Lu	Longitud media.
La.	Longitud axial

Lm <sub>ax</sub> .	Ancho máximo
Lc	Longitud máxima
m.	Metros
msnm.	Metros sobre el nivel del mar.
Nu	Número de segmentos de orden u.
Rb	Relación de bifurcación
S.S	Sensu Stricto
S	Sinuosidad

## INDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN .....	VI
INDICE DE ABREVIATURAS .....	IX
INDICE GENERAL .....	XI
INTRODUCCION .....	15
ALCANCE DEL ESTUDIO .....	16
INVESTIGACIONES PREVIAS .....	18
METODOLOGIA .....	19
CAPITULO I: GEOLOGIA LOCAL .....	21
CAPITULO II: GEOMORFOLOGIA REGIONAL .....	29
1.1. Descripción de las unidades Geomorfológicas representativas. ....	29
CAPITULO III: FISIOGRAFIA DEL AREA DE ESTUDIO ....	32
3.1. Ubicación .....	32

3.2. Accesibilidad .....	32
3.3. Hidrografía .....	33
3.4. Clima .....	33
3.5. Vegetación .....	35
3.6. Ecología .....	39
3.7. Población .....	39
3.8. Suelos .....	40

#### CAPITULO IV: CRITERIOS DE ZONIFICACION GEOMORFOLOGICA.

4.1. Parámetros utilizados en el estudio geomorfo- lógico. ....	43
4.1.1. Características Fisioográficas .....	43
4.1.2. Altitud .....	44
4.1.3. Características del relieve .....	45
4.1.4. Drenaje .....	45
4.1.5. Formas de disección .....	45
4.1.6. Tipo de roca .....	46
4.2. Comprobación de Campo .....	47
4.3. Procesos asociados con la morfodinámica actual	47
4.4. Factores del modelado de la superficie .....	49
4.5. Elaboración de mapas .....	50

#### CAPITULO V: ESTUDIO HIDROGRAFICO .....

5.1. Cuenca Hidrográfica .....	54
--------------------------------	----

5.2. Elementos de una cuenca .....	54
5.3. Estudio Morfométrico de cuencas .....	55
5.3.1. Definición de Elementos Morfométricos. ....	56
5.3.1.1. Orden de cauce .....	57
5.3.1.2. Longitud de cauce .....	59
5.3.1.3. Densidad de drenaje .....	60
5.3.1.4. Pendiente de los ríos .....	62
5.3.1.5. Factor Forma .....	65
5.3.1.6. Coeficiente de compacidad ..	67
5.3.1.7. Índice de alargamiento .....	68
5.3.1.8. Índice de simetría .....	68
5.3.1.9. Sinuosidad .....	69
5.3.1.10. Coeficiente de Masividad ...	70
5.3.1.11. Coeficiente Orográfico. ....	70
5.4. Estudio regional de las cuencas .....	71
5.5. Aplicación de los elementos morfométricos de la cuenca del Campus Politécnico .....	79

## CAPITULO VI: ZONIFICACION GEOMORFOLOGICA EN DETALLE DEL AREA DE ESTUDIO .....

6.1. Definición de áreas típicas .....	82
6.2. Descripción de unidades geomorfológicas ....	84
6.2.1 Unidades representativas de la Morfología .....	84
6.2.2 Geoformas asociadas a la morfodinámica actual .....	88

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

TABLAS

MAPAS

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

## I N T R O D U C C I O N

Guayaquil, es la ciudad de mayor crecimiento demográfico del país, con una área aproximada de 625 km<sup>2</sup>, sin embargo, no cuenta con un estudio geomorfológico que sirva de base para una correcta planificación de su desarrollo urbano creciente. El único trabajo que se encuentra realizado es el estudio geológico de la Formación Cayo, dirigido por el Ing. Stalin Benítez, con el auspicio de la Universidad de Guayaquil y el CONUEP. Es por tanto necesario realizar otros trabajos adicionales complementarios que sirvan de base para conformar un plan de mejor desarrollo de nuestra ciudad.

Por lo que, el objetivo de esta Tesis es, conocer en forma detallada los rasgos geomorfológicos presentes en la ciudad de Guayaquil, así como también, los factores principales para el desarrollo de la zona, integrando vías de comunicación e incorporando zonas productivas.

## ALCANCE DEL ESTUDIO.

Presentar un estudio Geomorfológico detallado del área de influencia de la ciudad de Guayaquil, que sirva de instrumento para evaluar las condiciones geodinámicas superficiales y de esta forma aportar en algo a nuestra ciudad, con un conocimiento de las propiedades del relieve, drenaje, tipos de rocas y procesos morfodinámicos actuales, que lleven a la formación de geoformas y también de utilidad pública para hacer una zonificación de unidades representativas, que serán utilizadas de manera favorable en un mejor ordenamiento del desarrollo de la ciudad.

## UBICACION

El área de estudio se encuentra dentro de la ciudad de Guayaquil. Está localizada en lo que se ha definido como plataforma Daule, y pertenece a la parte Sur de la Cuenca del Guayas. (Fig. 1) cuyas coordenadas son las siguientes:

Puntos	Coordenadas	
	Longitud (O)	Latitud (S)
A	79°58'30"	2°4'49"
B	79°50'56"	2°4'49"

# MAPA DE UBICACION

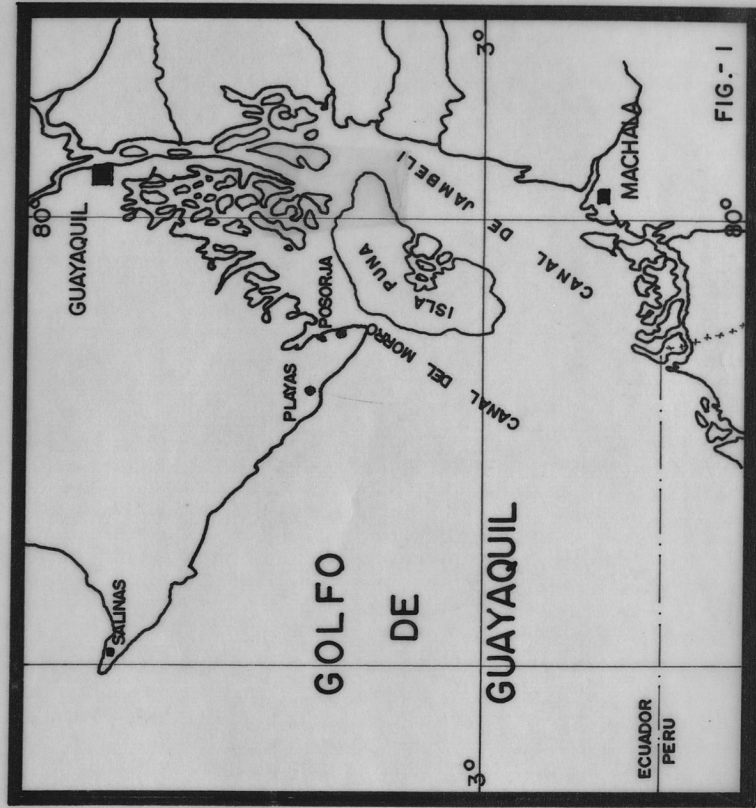


Fig. # 1

C	79°58'30"	2°16'14"
D	79°49'50"	2°16'14"
E	79°50'56"	2°11'20"
F	79°49'50"	2°11'20"

#### INVESTIGACIONES PREVIAS

Muchos trabajos geológicos regionales se han realizado, utilizando como base los siguientes documentos:

- Mapa Geológico del Ecuador, escala 1:1'000.000 del INEMIN (1982).
- Cartas Geológicas de la Costa Ecuatoriana, realizadas por la ESPOL-DRSTOM, escala 1:50.000 (1983-1986)
- Estudio del Cuaternario en la parte Sur de Guayaquil teniendo como objetivos zonificar la zona del cuaternario para fines geotécnicos, por el Ing. Miguel A. Chávez. (1980).
- Mapa Morfo-Pedológico, hoja Guayaquil, escala 1:200.000 realizado por PRONAREG-Ecuador. (1984).
- Actualmente se está realizando el estudio "Mapeo Geológico de la Formación Cayo de la Ciudad de Guayaquil, auspiciado por la Universidad de Guayaquil-CONUEP, bajo la dirección del Ing. S. Benítez.
- Levantamiento Aerofotogramétrico, de la ciudad de Guayaquil zona 7, escala 1:20.000, según el siguiente detalle.



Ng	Año de Toma	Escala
15088-15091	1974	1:26.000
671-673	1961	1:60.000
42524-42540	1983	1:20.000
42505-42523	1983	1:20.000
42541-42523	1983	1:20.000
42569-42577	1983	1:20.000
42555-42560	1983	1:20.000

- Imagen de Radar, Hoja de Guayaquil, escala 1:100.000

#### METODOLOGIA

El trabajo se inició con la recopilación y análisis de la información disponible, luego una selección de toda la información recopilada; adquisición de hojas topográficas, mapas geológicos, mapas edafológicos y fotografías aéreas.

En general el estudio fue estructurado en base a la interpretación de las fotografías aéreas adquiridas, que permitió identificar unidades geomorfológicas y posterior zonificación.

Una vez elaborados los mapas geomorfológicos y de cuenca



hidrográficas, se procedió a efectuar el trabajo de campo, para identificar paisajes, suelos y rocas; finalmente en la oficina se estudiaron los parámetros morfométricos de las cuencas hidrográficas existentes en el área.

## C A P I T U L O I

### GEOLOGIA LOCAL

La Geología en los alrededores de Guayaquil, consiste en:

Formación Piñon.- La Formación Piñon constituye el basamento cristalino, formado por el complejo Igneo Básico. Es la roca ígnea que pertenece al Período Cretácico. Su nombre original fue dado al estudiar un afloramiento de 3 Km. existente en el río Piñón, localizado aproximadamente a 20 Kms. de Jipijapa.

Las edades radiométricas obtenidas por Snelling en 1970 (en Goosen y Rose 1973) sobre el nivel superior de esta Formación cercana de su contacto transicional con la Formación Cayo en la Provincia de Manabí, fue corroborado por estudios paleontológicos de 3 muestras, incluyendo una de la localidad tipo; siendo las edades determinadas de 72, 85, y 104 millones de años respectivamente, que

corresponden al Cenomaniano-Senoniano.

Esta Formación se encuentra en su mayoría compuesta de rocas extrusivas, tipo basalto o andesita basáltica.

La base de esta Formación es desconocida y se supone que sobre ésta descansa concordantemente y en contacto transicional la Formación Cayo.



Formación Cayo.- Esta Formación se trata de una potente serie volcano-sedimentaria, caracterizada por la estratificación de sedimentos duros a la erosión; aflora a lo largo de la Cordillera Chongón Colonche, desde Guayaquil hasta Puerto Cayo. Su potencia alcanza unos 3000 m. aproximadamente.

La Formación Cayo, cuenta con una serie amplia de estratificaciones delgadas a gruesas de areniscas, arcillolitas, conglomerados, tobas, y aglomerados volcánicos.

Estos sedimentos son duros y resistentes a la erosión, contienen una gran cantidad de pizarras tobáceas de color verde oscuro a verdoso gris.

La edad de la Formación es probablemente Senoniano (Campaniano) a Maestrichtiano (Bristow, 1975).

La Formación Cayo ha sido dividida según Bristow, 1975 en tres miembros: Miembro Calentura, Miembro Cayo SS y Miembro Guayaquil.

Miembro Calentura.- Su definición fue realizada en una cantera del Cerro Piñón del Río, situada a 9 Kms. al NE de Guayaquil; consiste de una secuencia turbidítica y tobácea, muy potente en la base con

intercalaciones de turbiditas arenosas, limolitas tobáceas y lutitas silíceas que se vuelven más abundantes hacia el tope. El contacto con rocas andesíticas del tope de Piñón se puede observar en la Ciudadela Las Orquídeas.

Su espesor medio estimado alcanza los 150 m. pero es posible que llegue a los 200 m.; su edad corresponde al Cenomanense medio a Cenomanense superior. La presencia de nanofósiles confirman el ambiente marino en que se depositaron estos sedimentos (Benítez en prensa).

Miembro Cayo SS.- Se le asigna una potencia aproximada de 2100 m. consiste en la base de brechas volcánicas y megaturbiditas con algunas intercalaciones de lutitas y limolitas. Una de estas intercalaciones ha sido por estudios del Ing. S. Benítez, recientemente correlacionada lateralmente con la localidad tipo del Miembro Calentura.

El Miembro aflora en la parte sur de la Cordillera Chongón Colonche en la base del Cerro Azul, y pasa transicionalmente al Miembro Guayaquil.

Hacia el tope de la Formación se presenta un incremento de las intercalaciones de turbiditas finas

(limolitas-lutitas). Considerando como tope formacional de las últimas megaturbiditas que afloran muy definidas en la Ciudadela Bellavista.

La edad exacta no ha sido establecida aún, sin embargo se considera perteneciente al Maestrichtiano basal.

Miembro Guayaquil.- Esta Formación presenta una edad bien definida de Maestrichtiano en su parte basal. La parte somital de esta Formación presenta en la base turbiditas tobáceas arenosas, decimétricas a métricas con cemento calcáreo y silíceo, siendo su edad Paleoceno de acuerdo a dataciones obtenidas cerca del tope en el corte de la cantera de Hormigonera Guayaquil (Benítez, 1988).

Su litología comprende de argilitas silicificadas con caps de chert, argilitas tobáceas, areniscas finas y gruesas, vetas de sílice y de cuarzo.

Según los datos de Schell (1957), quien indicó la columna en una quebrada situada a 10 kms. al oeste de Guayaquil, la potencia obtenida fue de 547 m. pudiendo distinguir un miembro basal silíceo (chert) de 250 m. y un miembro somital algo calcáreo 297 m. con intercalaciones de tobas métricas a

decimétricas.

Estas rocas resistentes a la erosión afloran en la parte superior del cerro Azul y tienen un espesor aproximado de 600 m.

Formación San Eduardo.- Localidad tipo, cantera San Eduardo a 6 Kms. de Guayaquil.

Sus compuestos consisten en granos de arrecifes angulares o redondeados principalmente formados de algas.

Litológicamente constituye una calcarenita turbidítica bien estratificada compuesta de detritos de arrecife y algas con guijarros removidos de calcilutitas y cherts hacia la base.

Hacia el tope del ciclo turbidítico, las calcarenitas son más finas y pasan a calcilutitas, el color varía entre crema, habano y amarillo.

La I.E.P.C. aplicó el nombre de caliza o Formación San Eduardo y Sheppard (1946) aceptó finalmente esta denominación.

Según Canfield (1966) la potencia llega hasta 90 m. Frey (1967) pensó que era de 160 m. y de acuerdo a un corte realizado por el I.F.P. en la cantera nacional de la Cemento Rocafuerte, dió casi 200 m.

La caliza San Eduardo descansa sobre la parte superior de la Formación Cayo en contacto aparentemente

concordante, pero según las edades respectivamente asignadas existe un hiato de sedimentación entre ellos.

A partir de la localidad tipo esta Formación sigue la vertiente sur de los Cerros Chongón Colónche por unos 40 km.

De acuerdo al conjunto de la fauna se determina que pertenece a la parte inferior del Eoceno medio.

## CAPITULO II

### GEOMORFOLOGIA REGIONAL

El Ecuador, se caracteriza por una gran diversidad de paisaje morfoestructurales con relieves cristalinos, volcánicos, sedimentarios y por variaciones morfo-climáticas muy amplias de edad reciente. Las características climáticas han permitido el desarrollo de procesos desérticos al Sur de la Costa, trópicos húmedos en la Amazonia y Norte de la Costa y ambientes glaciares en las mayores elevaciones de los Andes. Entre las unidades Geomorfológicas más notables en el país tenemos la Cordillera de los Andes; una Cordillera volcano-sedimentaria, varios relieves sedimentarios terciarios entre los cuales esta la cuenca de Manabi, la cuenca de Esmeraldas y la cuenca del Guayas en la Costa; por último tenemos la cuenca amazónica en el Oriente.

Regionalmente el Área de estudio se localiza entre la

Cordillera volcano-sedimentaria Chongón Colonche y la cuenca del Guayas, siendo los rasgos geomorfológicos principales: la Cordillera Chongón Colonche, las elevaciones medias de Pascuales, la llanura aluvial del río Guayas y los depósitos estuarinos del delta del Guayas.

La Cordillera Chongón Colonche es una pequeña cordillera volcano-sedimentaria (700-800 m.) que se alarga en forma de arco, discontinuo al norte y continuo al sur; desde el punto de vista del relieve topográficamente el área se divide en :

1. Colinas altas, cuyas crestas, forman la divisoria de las cuencas que drenan al río Daule por un lado y las aguas que drenan a los esteros del delta del río Guayas por el otro lado, los mismos que desembocan en el Océano Pacífico hacia el Suroeste.
2. Las elevaciones medias de Pascuales, ocupan la mayor extensión del área de estudio y está situada alrededor de Pascuales; la topografía no supera una altura de 80m. y forman un relieve suave. En las colinas afloran diferentes litologías, todas pertenecientes a la Formación Cayo.
3. La llanura aluvial del río Guayas, se caracteriza por

sef una área de topografía muy plana y su altura es relativamente próxima al nivel del mar, encontrandose interrumpida ocasionalmente por pequeñas elevaciones como las de Samborondón y Pascuales.

Este paisaje tiene un sistema natural de drenaje fluvial conformado por un sinnúmero de esteros que se unen y ramifican entre si.

Los depósitos fluvio-marinos del delta del río Guayas, están compuestos por sedimentos limos arenosos a arenosos que forman los manglares, salitrales y acumulación de lodos.

## CAPITULO III

### FISIOGRAFIA DEL AREA DE ESTUDIO

#### 3.1. UBICACION

El Área de estudio se encuentra en la ciudad metropolitana de Guayaquil, cuyas coordenadas ya han sido mencionadas anteriormente y corresponden a la hoja topográfica Guayaquil CT-NV-A3, 3687 III y Pascuales CT-NV-A1, 3687 IV, escala 1:50.000.

#### 3.2. Las vías principales de acceso son las siguientes:

Carretera Guayaquil-Daule

Carretera Guayaquil-Salinas

Autopista Francisco de Orellana-Pascuales

Carretera Juan Tanco Marengo

Vía perimetral de Guayaquil (en construcción)

Caminos de penetración

### 3.3. HIDROGRAFIA.

La principal red hidrográfica es el río Guayas, que se forma por la unión de los ríos Daule y Babahoyo.

Estos ríos drenan a vastos sectores de tierras bajas y durante el verano sus aguas son utilizadas para riego. Existe también, esteros que se ubican al suroeste de Guayaquil, que riegan toda el área de manglares siendo su principal ramal el Estero Salado, los que son alimentados desde el mar durante las pleamar.

### 3.4. CLIMA

Debido a su posición geográfica sobre la línea ecuatorial y por la presencia del importante relieve de la Cordillera de los Andes, el Ecuador presenta una amplia gama de clima aún a distancias muy cortas.

La ciudad de Guayaquil tiene un clima tropical megatérmico-semihúmedo. (Atlas del Ecuador, 1982).

La precipitación media anual es de 912 mm. medidos

desde diciembre hasta marzo, la precipitación mensual más alta ocurrió en marzo y fue del orden de 430 mm. Cabe mencionar que durante la estación lluviosa de 1983, se registró en el mes de marzo un máximo de 164 mm. en 24 horas.

La temperatura media anual es de 26.2 °C. La máxima media mensual ocurre en abril (26.6 °C); la mínima media mensual ocurre en Agosto (23.8 °C).

La humedad media anual es de 77%, siendo febrero y marzo los meses más húmedos (80%) y noviembre y diciembre los menos húmedos (72%).

La evaporación media anual es de 1940 mm. Los meses de mayor evaporación son agosto-diciembre, con valores superiores a 100 mm.

La nubosidad es de 7/8 entre enero y marzo, y 6/8 el resto del año.

La velocidad media anual del viento es de 3.22 m/s, variando desde 4.0 m/s (agosto a 2.10 m/s ). La dirección de desplazamiento predominante es del suroeste con 33.5% de aparición.

Según los datos proporcionados por la estación mete-

reológica del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), Guayaquil registra los niveles más altos de Temperatura, Humedad relativa y Precipitación entre los meses de enero-abril. Con los datos meteorológicos obtenidos en este Instituto, se han aplicado curvas de promedios mensuales en un período de casi 40 años (1948-1987) para el parámetro Precipitación, y de 20 años (1960-1979) para los parámetros Humedad Relativa y Temperatura (Fig. 2,3,4).

### 3.5. VEGETACION

Según la clasificación de Holdrige, (Atlas del Ecuador, 1982) la Costa Ecuatoriana presenta una vegetación de Monte Espinoso Tropical que se extiende desde el nivel del mar hasta los 300 m. de altura. Sin embargo, la vegetación de Guayaquil corresponde a la de Bosque muy seco Tropical. La vegetación arbórea está representada principalmente por ceibos, algarrobos, quayacán, acacias, ciruelos, pechiche. El desarrollo demográfico de la ciudad ha destruido parte del bosque natural y actualmente los bosques son muy localizados.

Los arbustos son esencialmente estacionarios. También encontramos áreas de manglares que cubren un

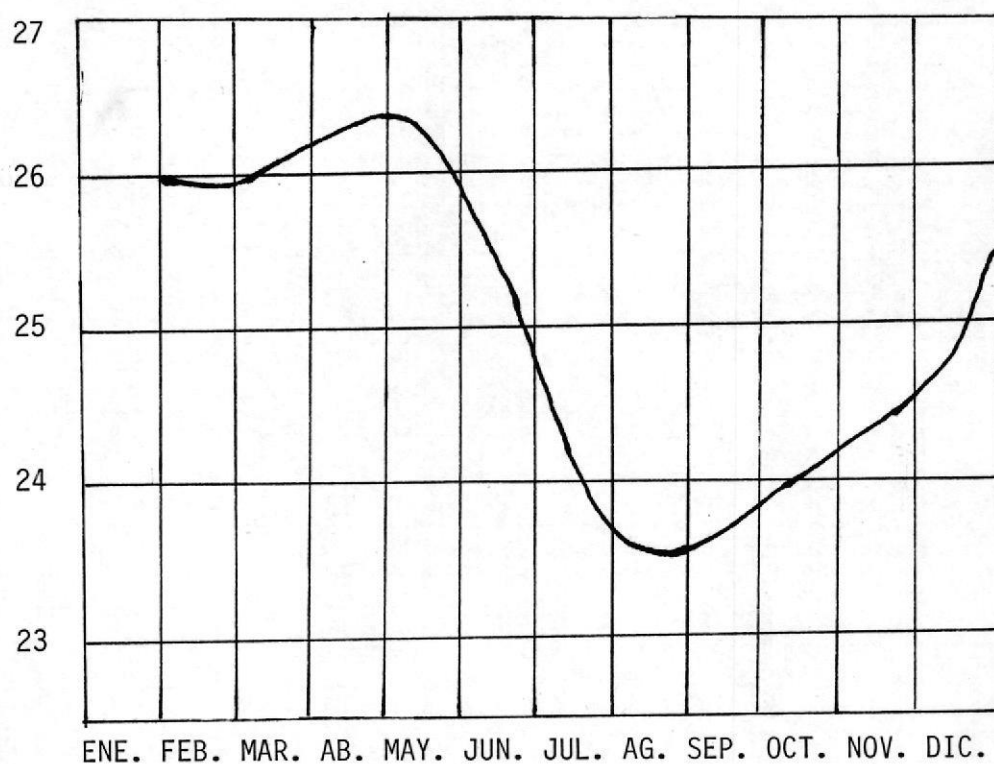


Fig. 2 TEMPERATURA

Promedios mensuales del período 1960-1979.

NOTA: Datos proporcionados por I.N.O.C.A.R.



BIBLIOTECA

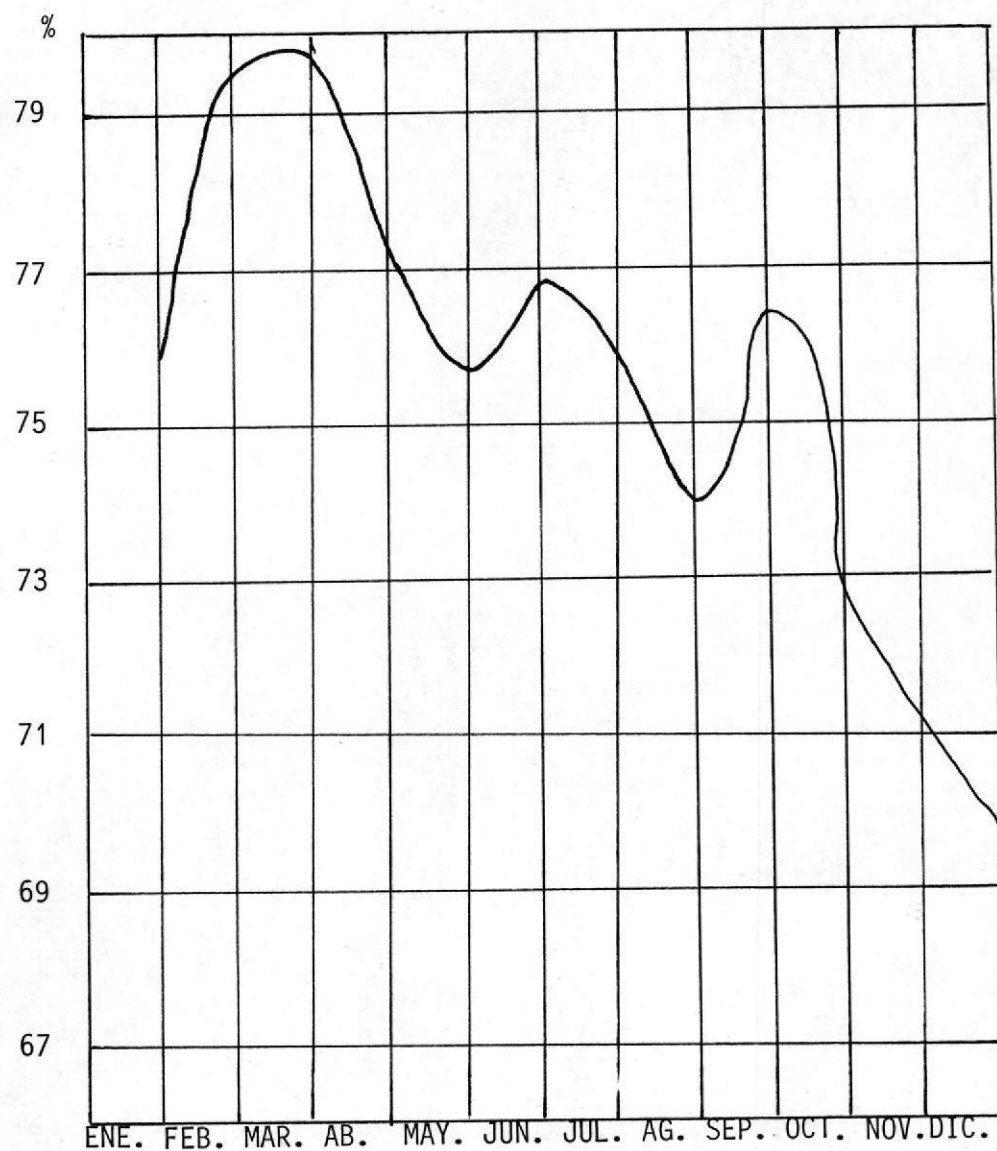


Fig. 3 HUMEDAD RELATIVA

Promedios mensuales del período 1960-1979.

NOTA: Datos proporcionados por I.N.O.C.A.R.

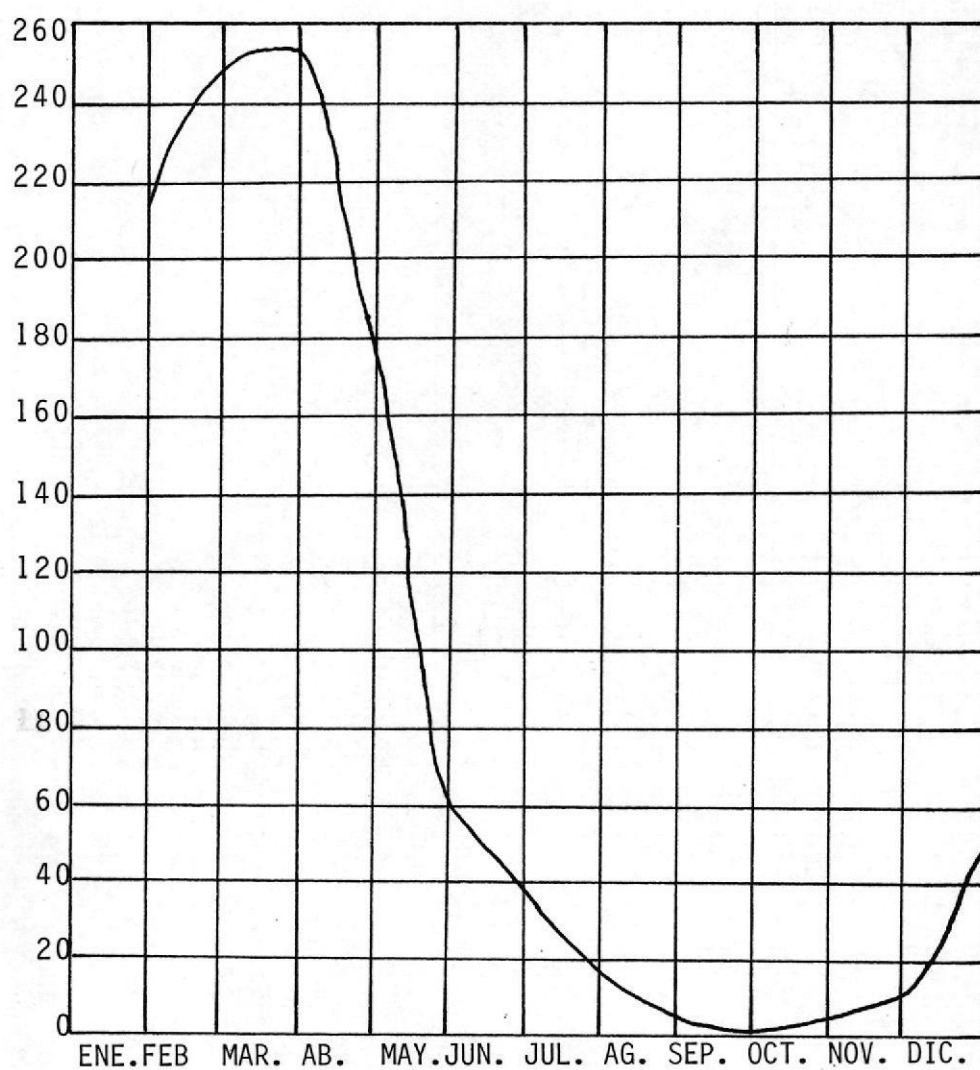


Fig. 4 PRECIPITACIONES

Promedios mensuales período 1948-1987.

NOTA: Datos proporcionados por I.N.O.C.A.R.

40% de la superficie de la zona de estudio y corresponde a las especies: *Rizophora harrisona*, *Avicennia nitida*, *Luncularia racemosa*, junto a algas asociadas a raíces, bromelias, epifitas, gramíneas y plantas rastreras.

### 3.6. ECOLOGIA.

Vale la pena resaltar la ecología del área de los manglares como zona de interés económico (criaderos de larvas de camarón) encontrándose también como fauna principal variedades de peces (robalos, corvinas, lisas, etc.), crustáceos (camarones, cangrejos), y moluscos (ostiones, mejillones, almejas y conchas). También existen aves como la garza vaquera, garza cangrejera, pato cuervo, periquito del manglar, etc.

### 3.7. POBLACION.

Guayaquil cuenta con más de 2'000.000 de hbs. o sea la tercera parte de la población que vive en la Costa Ecuatoriana, es también la ciudad más poblada del país. Su desarrollo demográfico muy rápido está relacionado con el poder de atracción que ejercen las actividades comerciales que ofrece el Puerto de Guayaquil.



Transformada muy rápidamente en una metrópoli ha desarrollado sus actividades comerciales, bancarias e industriales a tal punto que estos desempeñan una función de redistribución de los capitales a través del país y concentra una parte importante de las exportaciones e importaciones.

Guayaquil es también el centro recolector más importante de los productos agrícolas, pecuarios y forestales de toda la Costa.

Guayaquil ha tenido un rápido y explosivo crecimiento habitacional, extendiéndose más rápidamente en las zonas marginales, sin permitir a las autoridades una correcta planificación urbana para la población.

### 3.8. SUELOS.

La diversidad de los suelos existentes en el área se explica por la combinación de ambientes geológicos, con la ocurrencia de diferentes materiales originales y diversos agentes de depositación.

Los suelos aluviales existentes en la Cuenca de drenaje del río Guayas, han sido transportados y depositados a todo lo largo y ancho de la zona plana y amplia que constituye la plataforma Daule y Baba-

hoyo. Los terrenos superficiales constituyen suelos muy fértiles.

Los suelos deltaicos han sido transportados y depositados por los brazos de marea provenientes del Golfo de Guayaquil y se distribuyen en el estuario del río Guayas.

Los suelos de los manglares están saturados de agua salinas y comprenden aquellos suelos que se han depositado en la actualidad en las áreas protegidas por los manglares.

## CAPITULO IV

### CRITERIOS DE ZONIFICACION GEOMORFOLOGICA

Los procesos que generan el relieve son productos de la interacción de la litología, estructura, clima, erosión, vegetación, etc.

Con el objeto de conocer las características de relieve se estudió los procesos morfodinámicos existentes en toda el área metropolitana de Guayaquil: Este estudio se realizó en 2 etapas: el estudio geomorfológico que consiste en la interpretación geomorfológica, y los trabajos de campo. La información obtenida fue transferida a una mapa base, resultando 2 mapas regionales 2 mapas regionales de escala 1:20.000.

El estudio se comenzó desde el sector Norte donde existen relieves suaves con cotas que van desde los 20 a 80 m. luego la parte de la Cordillera Chongón-Colonche con un relieve moderado con cotas de hasta 350m., por último se siguió con la planicie del Guayas y los depósitos fluvio-marinos.

El clima y las características físico-químicas de las rocas han facilitado la meteorización y erosión de las mismas, produciendo la formación de procesos morfodinámicos identificados en este trabajo.

#### 4.1 PARAMETROS UTILIZADOS EN EL ESTUDIO GEOMORFOLOGICO.

Los principales parámetros considerados en el estudio e interpretación geomorfológica fueron:

##### 4.1.1. Características Fisiográficas.

Desde el punto de vista fisiográfico se tomó en consideración las formas típicas del modelado superficial, habiendo clasificado como sigue:

Cordilleras.- se llama Cordillera a un paisaje de montañas reunidas de tal manera que una de las extensiones domina sobre las demás y cuyo

conjunto forma una individualidad geográfica definida, en el que los materiales rocosos se han visto afectados por presiones laterales que forman pliegues más o menos complejos.

En el lenguaje corriente se llama Cordillera a cualquier disposición alargada del relieve, aún que no se trate de un plegamiento.

Colinas.- Elevación natural de terreno más bajo que la cordillera.

Planicie.- Llanura, campo sin altos ni bajos.

#### 4.1.2. Altitud.

La altura de las unidades morfológicas fue clasificada de acuerdo a la posición que ocupan respecto al nivel del mar. Según este criterio se clasificó en:

Cordilleras ( más de 400msnm)  
Colinas altas (200-400msnm)  
Colinas medias (100-200msnm)  
Colina bajas (0-100msnm)

#### 4.1.3. Características del relieve.

Tomando en consideración las formas de los relieves de los paisajes, se hizo la siguiente clasificación:

Colinas con cimas: mesetas planas, redondeadas y agujas

Superficies planas y llanuras.

#### 4.1.4. Drenaje.

Las características del drenaje en una unidad morfológica nos permite evaluar las condiciones erosivas que dieron origen al relieve, así como también al analizar su densidad contribuye a relacionar la litología, dureza, estructura y edad de la superficie expuesta.

Los patrones de drenaje identificados en la zonificación geomorfológica fueron: dentritico poco denso a muy denso, subparalelo, y drenaje fluvial: meándrico y estuarino.

#### 4.1.5. Formas de disección.

La forma de disección se refiere a la

superficie en general del paisaje, clasificada de la siguiente manera:

- Según la superficie del paisaje.

1. Superficies planas a onduladas.
2. Superficies disectadas con cimas redondeadas.
3. Superficies muy disectada, con cimas agudas.

- Según las pendientes del paisaje.

4. Vertientes abruptas.
5. Vertientes fuertes irregulares.
6. Vertientes suaves, cóncavas.

- Según superficie de erosión.

7. Relieve en avanzado proceso de destrucción.

#### 4.1.6. Tipo de roca.

Las unidades litológicas identificadas en el estudio son:

Rocas ígneas de la Formación Pifon, Rocas sedimentarias de la Formación Cayo. La textura de los diferentes materiales estudiados fue clasificada como muy fina, media y gruesa.

#### 4.2 COMPROBACION DE CAMPO.

Todos los resultados obtenidos y analizados en la oficina fueron confirmados mediante recorridos de reconocimientos en el campo, con los siguientes objetivos:

Identificar tipo de roca que forma el paisaje.

Breve descripción litológica de las rocas existentes en cada unidad.

Descripción del tipo de suelo que cubre dicha unidad.

Descripción de la vegetación en cada unidad.

Descripción del drenaje desarrollado en cada paisaje.

Medición de rumbo y buzamiento en rocas sedimentarias y estructura.

Localizar las posibles zonas de deslizamientos, erosión o coluvios.

#### 4.3 PROCESOS ASOCIADOS CON LA MORFODINAMICA ACTUAL.

En esta categoría se considera principalmente el

proceso erosivo, factor responsable del desarrollo de cambios en forma y modificación del paisaje.

La erosión del suelo es la remoción del perfil superficial de las masas terrestres o parte de ella, originadas por la meteorización geológica, que es la descomposición, disgregación y posterior transporte de los materiales rocosos por los agentes exógenos. La erosión implica en cierto grado un desequilibrio en la naturaleza del medio físico. La inestabilidad de los materiales rocosos por acción de la gravedad y erosión es importante para la planificación del uso de los suelos.

La forma de erosión esta relacionada con las propiedades físicas y químicas de los materiales sueltos especialmente la textura. También, la profundidad tipo de material subyacente, pendiente del terreno y el clima de la región.

La superficies de erosión estudiadas se comentará en el capítulo VI, numeral 6.2.1.

Dentro del Dominio Erosivo, se presentan geoformas transitorias del Dominio Acumulativo como son las siguientes:

Los depósitos de piedemonte producidos por la denuda-

ción y transporte de los materiales erosionados en las laderas, se dividen en:

- Conos de deyección que son depósitos de derrubios de forma cónica, cuyo vértice corresponde a la parte más baja del canal de desague.
- Depósitos coluviales sujetos a los procesos cambiantes por acción del transporte y erosión hídrica.

#### 4.4. FACTORES DEL MODELADO DE LA SUPERFICIE.

El modelado de la superficie depende de 2 factores:

1. Factores estructurales: como factores estructurales se considera la erosión diferencial y la disposición de las rocas.

a) Erosión diferencial: las diferentes rocas reaccionan de maneras diferentes bajo los procesos de erosión. Ciertas rocas poseen resistencia más grande contra la erosión en comparación con otras. Expresado en forma de relieve, significa que las rocas más resistentes tendrán un relieve más alto con pendientes abruptas o tendrán un relieve más suave y a



menudo más bajo.

b) Disposición de las rocas: la disposición de las rocas dentro del paisaje determina donde se encuentran las rocas más o menos resistentes y como será la interrelación entre ellas. La disposición de las rocas depende de los procesos tectónicos que han intervenido durante la historia geológica de las rocas.

## 2. Factores Climatológicos:

El clima influye directamente en los procesos de erosión. El clima (temperatura, precipitación) determina la intensidad de los procesos de erosión e interviene en el tipo de erosión.

## 4.5. ELABORACION DE MAPAS.

La elaboración de mapas fue una tarea posterior a la comprobación de campo. Los mapas preliminares fueron ajustados y se obtuvo finalmente 3 mapas:

- 1.- El mapa Geomorfológico de Guayaquil, escala 1:20.000.
- 2.- El mapa de Cuencas Hidrográficas de Guayaquil, a escala 1:20.000.

3.- El mapa de análisis Morfométrico de una cuenca, previamente escogida y que está desarrollada en los terrenos del Campus Politécnico, a escala 1:10.000.



## C A P I T U L O V

### ESTUDIO HIDROGRAFICO

Guayaquil es la ciudad de un ambiente natural trópical, y se encuentra dentro de una enorme cuenca hidrográfica, como es la Cuenca del Guayas, la que es atravesada por el sistema orográfico de la Cordillera Chongón Colonche, que divide el sector Occidental del área de estudio en 2 partes. El primero contiene cuencas hidrográficas que drenan hacia los esteros del río Daule, y el segundo las cuencas que drenan hacia el estero Salado, Golfo de Guayaquil y Océano Pacífico.

Como parte de esta Tesis, tenemos el más grande e importante estuario de la Costa Occidental de América del Sur, el estuario del Guayas que sirve como conductor a la densa red o malla de pequeños ríos que drenan o riegan los 32.400 km<sup>2</sup> de la Cuenca del Guayas.

El Guayas principal conductor de agua fresca al mar tiene

50 km. de longitud, y está formado por la unión de los ríos Daule y Babahoyo.

Siendo este trabajo de carácter físico, pues, proporciona datos que servirán de base para el mejoramiento de la cuenca hidrográfica.

El sector Occidental de la Cuenca del Guayas, está formado por subcuencas, pero para mayor facilidad se las estudia como cuencas.

Los criterios morfométricos utilizados en el presente estudio son tomados de la "Morfometría de las Cuencas Hidrográficas de la vertiente Meridional de la Cordillera Chongón Colonche de la Provincia del Guayas" de Avón y Domínguez, 1983, utilizándose las hojas topográficas del Instituto Geográfico Militar (IGM), publicadas en 1983, escala 1:5.000 y reducida a 1:20.000. Siendo sin embargo, los elementos estudiados a esta escala muy sensibles, de modo que los datos pueden resultar diferente a las medidas en otra escala.

Las cuencas medidas son pequeñas y se destacan por su extensión, morfología y rasgos topográficos.

Los resultados presentados son cuantitativos y se limitan a considerar al modelado debido a los procesos de erosión

y deposición provocados por el agua en movimiento.

### 5.1. CUENCA HIDROGRAFICA

Una cuenca Hidrográfica es el área de alimentación de una red natural de drenaje, cuyas aguas son recogidas por un colector común.

Toda cuenca está delimitada por un divorcio de agua, llamada así, por ser una línea de separación con las cuencas adyacentes; esta divisoria sigue alrededor de la cuenca atravesando el río solamente en el punto de desague, el divorcio marca los puntos más altos entre las cuencas, pero los picos aislados dentro de la cuenca pueden alcanzar elevaciones mayores que el de la divisoria; también divide la precipitación que cae en 2 cuencas adyacentes y dirige el drenaje hacia uno u otro sistema de flujo.

### 5.2. ELEMENTOS DE UNA CUENCA.

Talwegs.- Es el canal natural que une los puntos más profundos en secciones transversales sucesivas, también puede definirse como el canal natural formados por los puntos más profundos de un territorio, por el cual escurren las aguas.

Vertientes.- Son las áreas receptoras de agua que se extienden a lado y lado del talweg, desde este hasta la línea de divorcio.

Entre las vertientes y el talweg hay una estrecha relación geomorfológica mediante la cual en una fase de la morfogénesis la evolución de las vertientes puede estar condicionado por procesos del talweg.

Interfluvio.- Es la superficie que se encuentra entre los talwegs de cuencas sucesivas.

Nivel de base.- Es el punto más bajo de una cuenca. Todo río tiene cierta pendiente por debajo de la cual se erosión no es posible.

### 5.3. ESTUDIO MORFOMETRICO DE CUENCAS.

La medida de la forma o geometría, recibe el nombre de morfometría. Haciendo el análisis de la morfometría fluvial de las cuencas; tenemos que los elementos básicos de un paisaje de erosión fluvial son las propiedades lineales, superficiales y de relieve.

Las propiedades lineales del sistema de cauces del río consiste en analizar un sistema ramificado de

líneas horizontales, quedando entonces las propiedades lineales limitadas a cifras, longitudes y a combinaciones de las diferentes series de segmentos lineales.

Las propiedades superficiales de las cuencas de drenaje consiste en proyectar la superficie del terreno en un plano horizontal. Las propiedades superficiales son el área de las cuencas de drenaje y la descripción de las formas (contornos) de estas cuencas.

Como generalización puede decirse que el área tiene la función de interceptar la precipitación y aportar derrubios, mientras que las líneas (cauces) cumplen la función de transportar el agua y los derrubios fuera del área.

El estudio de las propiedades del relieve del sistema fluvial, se refiere a la distribución de las elevaciones, permitiendo el análisis del movimiento del agua en una cuenca y con ello la capacidad de erosión de la misma.

#### 5.3.1. Definición de elementos Morfométricos.

#### 5.3.1.1. Orden de un cauce.

En un sistema fluvial completo, podemos subdividir los diferentes rios que lo integran en segmentos de cauces según una jerarquía de órdenes de magnitud, asignándoles una serie de números a los órdenes. Denominando segmento de primer orden a los cauces extremos de las cabeceras, hasta que se une con otro cauce de primer orden, originándose un cauce de segundo orden, y así sucesivamente. El río principal de la cuenca tendrá siempre el orden de cauce más elevado.

Los cauces de primero y segundo orden suelen llevar agua en tiempo de lluvia, lo que sucede en nuestro medio, en unos casos también se considera a los de tercer orden.

El orden de segmentos es designado con el símbolo  $u$ , el número de segmentos de un orden, con el símbolo  $Nu$ . A la relación existente entre el

número de segmentos de un orden dado y los del orden inmediato superior, se los denomina relación de bifurcación  $R_b$ , que se la expresa de la siguiente manera:

$$R_b = \frac{Nu}{Nu + 1}$$

Al Ingeniero Robert Horton (1945), se le atribuye la formulación de la ley de números de cauces, que es anunciado así: "El número de segmentos de órdenes sucesivamente inferiores de una cuenca dada tiende a formar una progresión geométrica que comienza con el único segmento de orden más elevado y crece según una relación constante de bifurcación". La progresión geométrica está basada en el modelo matemático que se conoce con el nombre de función exponencial negativa expresada como sigue:

$$Nu = Rb^{k-u}$$

donde  $k$  es el orden del cauce principal.

Para realizar un análisis sencillo de la función exponencial se debe tener en cuenta que la relación de bifurcación sea un número entero constante.



BIBLIOTECA

La función exponencial sirve para extrapolar, números de segmento de un orden, conociendo solo la relación de bifurcación y el valor de  $k$  (orden del cauce principal).

#### 5.3.1.2. Longitud de cauce.

La definición de la relación de longitud es:

$$R = \frac{Lu}{Lu - 1}$$

donde  $Lu = Lu/Nu$



BIBLIOTECA

Siendo  $L_u$  la longitud total de los segmentos de orden  $u$  y  $N_u$  el número de segmentos de cada orden.

Horton también formuló la ley de las longitudes de los cauces enunciado como sigue: "La longitud media acumulada de segmentos de cauce de órdenes sucesivos tiende a formar una progresión geométrica cuyo primer término es la longitud media de los segmentos de primer orden y tiene por razón una relación de longitud constante".

La ley de longitud de cauce de Horton se expresa matemáticamente con la siguiente ecuación:

$$L_u = L_1 R^{u-1}$$

donde  $L_1$  es la longitud media de los segmentos de primer orden.

#### 5.3.1.3. Densidad de Drenaje.

La densidad de drenaje se expresa

por la relación:

$$D = \frac{\sum Lu}{A} = \frac{\text{Longitud total de los cauces (Km)}}{\text{Superficie .}}$$

El área y la longitud se miden en el mapa, pero como este es una proyección horizontal de las vertientes montañosas y de los gradientes de los ríos, las cantidades medidas son algo menores que las reales, dependiendo de los abrupto de la zona.

La densidad de drenaje está controlada por 3 factores: el más importante es la litología. Los materiales duros y resistentes como el granito, gneiss, arenisca y cuarcitas, tienden a originar bajas densidad de drenaje (textura gruesa).

Esto es debido a que los materiales son duros y resistentes y es difícil la erosión fluvial. En materiales blandos como margas y arcillas, las

cuencas por pequeñas que sean, pueden suministrar la esorrentia suficiente como para erosionar el cauce.

El segundo factor es la capacidad de infiltración del agua de lluvia bajo la superficie del terreno. Los materiales muy permeables, como las arenas y las gravas, originan una densidad de drenaje muy baja, debido a que la infiltración es grande. En cambio las arcillas y las margas, proporcionan una cantidad de esorrentia grande, para dar alta densidad de drenaje.

El tercer factor es la presencia o ausencia de cobertura vegetal, que dependerà del clima, debido a que el comportamiento de una roca, difiere de un clima a otro.

#### 5.3.1.4. Pendiente de los ríos.

La pendiente o gradiente del cauce se define como la razón entre el desnivel vertical y la distancia

horizontal, medido desde el extremo superior al inferior de un único segmento de cauce de un orden dado.

Para obtener el gradiente  $S$ , se mide todos los segmentos de cauce de primer orden, se calcula su media, se divide el desnivel vertical para esta media, obteniéndose el valor del gradiente de este orden, y se denota con el símbolo  $S_1$ . La misma operación se efectúa con las demás pendientes de los cauces de orden 2,3,4, etc. ( $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$ , etc.). Para este análisis se realizó una curva hipsométrica, donde la pendiente media de cada orden de segmento de cauce puede representarse por una serie descendente de triángulos sucesivos.

El cateto vertical del triángulo es el desnivel medio ( $H_u$ ), el horizontal la longitud media de cada uno de ellos, que coincide con la longitud del cauce  $L_u$ . La hipotenusa del triángulo nos da la pendiente media

$S_u$ . En el mapa #3, fig. D indica los valores  $S_u$  para cada orden.

El gradiente de los segmentos de cauce tienden a dibujar aproximadamente una curva cóncava hacia arriba que va haciéndose horizontal río abajo. Horton formuló la ley de los gradientes de los cauces de los ríos que dice: "Los gradientes medios de segmentos de cauce de órdenes cada vez más elevados tienen a formar, en una misma cuenca, una progresión inversa, que decrece de acuerdo con una relación de gradientes constante, expresado en la ecuación:

$$S_u = S_1 R^{u-1}$$

donde  $R_s$  es igual a la relación de gradiente, y es menor a 1, y se define:

$$R_s = \frac{S_u}{S_{u-1}}$$

La relación de gradiente difiere de

orden a orden debido a las variaciones de resistencia que presentan los materiales por los que discurre el cauce.

#### 5.3.1.5. Factor Forma.

La forma de la cuenca controla la velocidad con que el agua llega al cauce principal, cuando sigue su curso desde el origen hasta la desembocadura y además ofrece la posibilidad de comparar las cuencas de tamaño, localización y características geológicas similares.

El factor forma se expresa como la razón entre el ancho promedio y la longitud axial de la cuenca.

$$Ff = \frac{Ap}{La}$$

Ff = Factor Forma

Ap = Ancho promedio

La = Longitud axial

$A_p = A/L_a$  donde  $A$  = área de la  
cuenca.

$L_a$  = Longitud  
axial.

quedando

$$F_f = \frac{A/L_a}{L_a} = \frac{A}{L_a^2}$$

El factor forma permite estimar el  
comportamiento de las cuencas.

Un factor de forma bajo, significa  
que son menores los efectos de una  
lluvia intensa y también menos pro-  
bable que tal lluvia caiga si-  
multáneamente sobre toda la cuenca,  
que sobre otra de alto factor de  
forma.

Cuando el coeficiente se aproxima a  
la unidad, la cuenca tiende a ser  
cuadrada, un valor diferente a la  
unidad tiende a la forma rectan-  
gular.

#### 5.3.1.6. Coeficiente de Compacidad.

El coeficiente de compacidad ( $K_c$ ) se relaciona con el tiempo de concentración de la lluvia desde el punto más alejado hasta el desague de la cuenca.

El coeficiente de compacidad es otro índice de forma el cual relaciona, el perímetro de un círculo de área equivalente a la superficie de la cuenca.

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

A medida que el coeficiente ( $K_c$ ), tiende a la unidad (cuenca redonda) aumenta la peligrosidad de la cuenca, el tiempo de concentración se hace menor y por lo tanto, mayor será la posibilidad de que las ondas de crecidas sean continuas. Cuando el valor de  $K_c$  son mayores que la unidad, corresponde a cuenca más

alargada y por lo tanto menos "compacta".

#### 5.3.1.7. Índice de Alargamiento.

Es la relación de la longitud máxima  $L_c$  de la cuenca al ancho mayor,  $L_{m\acute{a}x}$ , medido éste perpendicularmente a la primera dimensión, fué definida por Horton.

$$I_a = \frac{L_c}{L_{m\acute{a}x}}$$

Para índice de alargamiento pequeño, la cuenca es poco alargada, y su forma se asemeja a la de un cuadrado, si el índice es elevado, la cuenca tiende a una forma rectangular.

#### 5.3.1.8. Índice de Simetría.

Propuesta por Terns (Urbina, 1974) y compara la relación en superficie entre la vertiente más extensa a la menos extensa.

$$Is = \frac{Ai}{Ad}$$

Is = Índice de simetría

Ai = Área de la vertiente izquierda

Ad = Área de la vertiente derecha

Esta relación es inequívoca, de modo que si el valor es menor que la unidad, la vertiente derecha es la mayor y si el índice simétrico es mayor, la unidad indica simetría.

#### 5.3.1.9. Sinuosidad.

La sinuosidad (S) se definen como la relación entre la longitud del cauce principal (Lr) y la longitud axial de la cuenca (La).

$$S = \frac{Lr}{La}$$

Este parámetro no es muy sensible a la diferencia entre una cuenca y otra. Tampoco es muy preciso por cuanto la longitud del cauce princi-

pal depende mucho de la escala de los mapas utilizados y del orden con que aparece el cauce en tales mapas. Los valores altos de sinuosidad corresponden a cuenca madura.

#### 5.3.1.10 Coeficiente de Masividad.

Se define como la relación de la altura media (h) de la cuenca y el área (A) de la misma.

$$C_m = \frac{h}{A}$$

El coeficiente orográfico caracteriza el relieve de las cuencas fluviales, e igualmente investigado con miras a la estimación cuantitativa de la degradación del suelo bajo los efectos de la acción del clima, y se los define:

$$C_o = H.C_m = \frac{(H)^2}{A}$$

#### 5.4. ESTUDIO REGIONAL DE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS.

La identificación de los materiales litológicos fue posible gracias al estudio del drenaje. Según el modelo de drenaje, se observó claramente que la disposición de la red de drenaje es producto de un control litológico y estructural.

El drenaje presenta un control estructural con 2 orientaciones preferenciales con sentidos de cauces NE-SO y NO-SE.

Las cuencas del Dominio Estructural ubicadas en el lado Sur Oeste de la Cordillera Chongón Colónche presentan un drenaje subparalelo, de tamaño pequeño y alargadas, la mayoría, son del orden de cauce 4, de baja densidad, características de rocas permeables, resistentes, cauces irregulares, con pendientes moderado a fuertes, interfluvios medios.

En este dominio en la zona de la Avenida Abdón Calderón Muñoz, calle Portete y la calle marginal del Salado, se presenta una gran cuenca abierta que se ubica sobre estratos de arenisca de grano medio, pertenecientes a la Formación Cayo sensu stricto, todas las aguas que salen de esta cuenca drenan al estero salado.

Las cuencas que pertenecen al Dominio Erosivo son pequeñas y tienen un control litológico - estructural, y se ubican el lado Nor-Este de la Cordillera CHongón Colónche. Todas estas cuencas están separadas por una divisoria de aguas aproximadamente N-S, teniendo así más cuencas que drenan hacia el Este (cuenca del río Guabita drena hacia el estero Salado), y otras que drenan hacia el oeste fuera el área de estudio.

La mayoría de estas cuencas, tienen un orden de cauce 5. Las cuencas que drenan al Estero salado tienen un patrón de drenaje dendrítico, con variaciones de pinnado a subparalelo, también varía según el tipo de litología, por ejemplo en las intercalaciones de lutitas y areniscas es denso y a veces rectilíneo, en los aglomerados es poco denso con cauces irregulares los valles que forman son en V, tiene un drenaje poco profundo, se observa pendientes suaves a moderado, que siguen un control litológico. La Formación Cayo domina gran parte del Dominio Erosivo.

Todas las cuencas de este Dominio presentan una mediana densidad de drenaje, por lo que representan rocas de textura media a fina, estas cuencas tienen órdenes 4 y 5 son generalmente alargadas, con altos

valores de concentración de crecientes, las longitudes de cauce son cortas.

Los cauces de orden 1 y 2 llevan agua en la época de lluvia (meses de Diciembre a Mayo, período de invierno).

En las cuencas que drenan al río Daule no se las pudo reconstruir por lo que quedan abiertas y algunas veces sus divisorias se las infirió con líneas continuas, siendo su reconstrucción difícil, puesto que esta zona está muy urbanizada.

En la zona de los Samanes, Vergeles, y Orquídeas se presentan cuencas que quedan abiertas porque los drenes se pierden produciéndose una cuenca endorreica, debido a los desperdicios que llegan a ella y se estancan, quizás sea por la pobre planificación en el asentamiento humano.

También se observa en el mapa, los contornos de los meandros abandonados y la reconstrucción de un cauce antiguo que pasa por el aeropuerto.

El drenaje de los depósitos fluvio-marinos están representados por esteros, donde se encuentra el área de manglares generándose un habitat altamente

productivo, debido a las condiciones ambientales particulares, como a la Formación del estuario caracterizado por la mezcla del agua dulce del río Guayas y el aporte oceánico del flujo intermareal.

Además de la mezcla de aguas, debido a la dinámica estuarina del Golfo de Guayaquil, se suman la variación de dos estaciones de régimen tropical. Una denominada período invernal, caracterizado por lluvias tropicales y una mayor intensidad de la acción solar. Esta condición se manifiesta entre los meses de Diciembre a Mayo, siendo más acentuada con la aparición del fenómeno oceanográfico denominado "El Niño". La otra estación denominada verano, caracterizada por la ausencia de lluvias y disminución de la intensidad solar.

Todos los esteros se encuentran ramificados, formando islas. Las riveras de los esteros se encuentran cubiertas por diferentes especies de mangles. El principal es el Estero Salado que cruza Guayaquil y llega hasta el sector norte de la ciudad, siendo utilizado como un canal de desagüe por todas las industrias al norte y sur de la ciudad, que botan desechos industriales al Estero, contaminándolo y a la vez destruyendo su habitat, esto es debido a que no se ha planificado un buen servicio de drenaje.

El drenaje de la zona de acumulación se ubica en el extremo superior derecho del mapa de cuencas, encontrándose en un sector topográficamente plano con pequeños cerros aislados que están siendo explotados.

La principal red de drenaje son los canales artificiales y drenan al río Daule. Unos canales son utilizados para riego y otro para colectar aguas servidas de las diferentes urbanizaciones que se ubican en este sector. También se observa en las márgenes del río pequeños afluentes.

Por presentarse en el mapa #2, cuencas de pequeña extensión que no son representativas para esta escala no se hizo un análisis morfométrico a detalle, sino que solo se midió los primeros elementos básicos de la morfometría como distribución de órdenes de cauces ( $u$ ) números de cauces ( $N$ ) correspondientes al orden " $u$ ", longitudes medias ( $L_u$ ) de cada cauce del orden " $u$ ", relaciones de longitudes ( $R_l$ ) entre cauces de órdenes sucesivos, relaciones de bifurcación ( $R_b$ ) entre cauces de órdenes sucesivas, área ( $A$ = en  $\text{km}^2$ ) y la densidad ( $D$ ) según la tabla 1.

T A B L A 1

CUENCA	U	N	Km.	Lu	Rl	Rb	A	D
3.1	1	15	2.3	0.15				
	2	6	1.5	0.25	1.6	1.5	1.2	3.5
	3	1	0.5	0.5	2.0	3.0		
4.1	1	18	2.8	0.16				
	2	8	2.0	0.25	1.6	2.5	1.5	4.5
	3	2	0.9	0.45	1.8	4.0		
	4	1	1.0	1.0	2.0	2.0		
4.2	1	21	3.4	0.16				
	2	8	2.3	0.29	1.8	2.63	2.3	3.7
	3	2	1.7	0.84	2.9	4.0		
	4	1	1.2	1.2	1.4	2.0		

.../.



T A B L A 1

CUENCA	U	N	Km	Lu	R <sub>L</sub>	R <sub>b</sub>	A	D
4.3	1	21	3.4	0.2				
	2	10	2.3	0.2	1.0	2.0	2.1	3.7
	3	3	0.6	0.2	1.0	3.0		
	4	1	1.4	1.4	7.0	3.0		
5.1	1	67	10	0.2				
	2	30	5	0.2	1.0	2.0		
	3	7	2.4	0.3	1.5	4.3	3.8	5
	4	3	1.7	0.6	2.0	2		
	5	1	1	1	1.7	3		
	1	157	26	0.2				
	2	56	15	0.3	1.5	2.8		
	3	15	12	0.8	2.7	3.7	19.8	3.1
	4	2	4	2.0	2.5	7.5		
	5	1	5	5.0	2.5	2.0		

.../.

T A B L A 1

CUENCA	U	N	Km.	Lu	R <sub>L</sub>	R <sub>b</sub>	A	D
5.4	1	71	10	0.14				
	2	21	6	0.3	2.0	3.4		
	3	5	2.4	0.5	1.7	4.0	5.3	4.2
	4	2	2.0	1.0	2.0	3.0		
	5	1	2.0	2.0	2.0	2.0		
5.5	1	58	9.0	0.2				
	2	24	6.0	0.2	1.0	2.4		
	3	6	1.5	0.3	1.5	4.0	3.4	5.7
	4	2	2.0	1.0	3.0	3.0		
	5	1	0.6	0.6	0.6	2.0		

#### 5.5. APLICACION DE LOS ELEMENTOS MORFOMETRICOS A UNA CUENCA DEL CAMPUS POLITECNICO.

Esta cuenca se ubica en el dominio erosivo, sobre materiales volcano sedimentario de la Formación Cayo; presenta diferentes niveles topográficos, que varía desde los 100, 50 y 25 m. de altura. (este trabajo se realizó a una escala 1:10.000, presentándose en el mapa #3).

Los ríos presentes en la cuenca son consecuentes y tienen una dirección NO-SE, siguiendo el rumbo de la estratificación y sus aguas drenan al río Daule (Fig. 3A).

Los valores de los parámetros morfométricos en este análisis, son sensibles a la escala de los mapas utilizados, resultando en algunos casos ligeramente diferentes a los obtenidos en otra escala. Los parámetros determinados se observan en la tabla #2.

La cuenca estudiada da un valor alto de densidad de drenaje, con un patrón predominante dendrítico, modelado sobre brechas y megaturbiditas potentes (Formación Cayo, Miembro Cayo SS).

La cuenca tiene forma rectangular y alargada, con

factor de forma bajo, lo que significa que los efectos de una lluvia intensa es menor y menos compacta; el valor de sinuosidad (0.45 nos dice: que la cuenca con un drenaje poco profundo es joven.

Con el propósito de obtener el coeficiente de masividad y el coeficiente orográfico, se determinó la altura media de la cuenca, por el método de las intersecciones, como se muestra en la Fig. 3B.

En la Fig. 3C se presenta el mapa geológico y un corte transversal de la cuenca, que se realizó como parte del proyecto de Mapeo Geológico de la Formación Cayo de la ciudad de Guayaquil.

En la figura 3D se presenta al gráfico de la pendiente del río Guabita que conserva una curva cóncava hacia arriba que va disminuyendo progresivamente río abajo. La forma de la pendiente condujo a considerar que la curva obtenida no presenta un perfil de equilibrio. Además se observa que hasta el sector de cauce de orden 4, la curva es continua y a partir del sector de cauce de orden 5 (cauce del río principal), la pendiente cambia debido a los diferentes niveles topográficos de la cuenca, influenciados por la cambiante resistencia que presentan los materiales por donde drenan los cauces.

T A B L A 2

CUENCA	U	N	Km	Lu	R <sub>L</sub>	Rb	A	D
	1	180	43	0.23				
	2	54	17	0.31	1.35	3.3		
	3	13	9	0.72	2.3	4.2	4.7	17
	4	2	9	4.3	6.0	6.5		
	5	1	4	4.2	0.98	2		
	P	La	Lmáx.	Lc	S	Ia	Ff	
	21	8	3.6	8.3	0.53	2.3	0.07	
	Kc	Is.	H(mts.)	Cm	Co			
	2.7	1.3	56.2	0.12x10 <sup>-4</sup>	0.67x10 <sup>-3</sup>			

## CAPITULO VI

### ZONIFICACION GEOMORFOLOGICA EN DETALLE DEL AREA DE ESTUDIO

#### 6.1. DEFINICION DE AREAS TIPICA.

Los conceptos básicos utilizados para la zonificación geomorfológica son:

El Dominio Estructural comprende la parte sur de la Cordillera Chongón Colonche, compuesta principalmente por las formaciones San Eduardo y los Miembros Cayo s.s. y Guayaquil de la Formación Cayo.

La Cordillera Chongón Colonche, forma estructuralmente un gran monoclinal que buza hacia el SO, con ángulo de inclinación que varía desde 15° a 40°. En la imagen de Radar Hoja Guayaquil, escala



1:100.000 se identifica alineamientos y una falla geológica que va casi paralelo a la avenida Abdón Calderón.

A este Dominio pertenecen todos los cerros que se encuentran a lo largo de la avenida Carlos Julio Arosemena, desde la Cdla. Ferroviaria hasta el kilómetro 4  $\frac{1}{2}$  vía a Daule, y la prolongación al Cerro Azul que se alarga cerca de la fábrica de la Cemento Nacional Rocafuerte.

El Dominio Erosivo, comprende toda la parte central y superior izquierda del mapa, en su gran mayoría rocas de la Formación Cayo y Formación Piñon (zona de Pascuales), dentro de este dominio también se incluyen los cerros de Santa Ana y del Carmen.

Los materiales de este Dominio son explotados para uso en la construcción y desarrollo urbanístico de la ciudad.

Por último, el Dominio Acumulativo comprende la parte superior centro derecho del mapa, está representada por toda la zona baja desarrollada por la acumulación de materiales erosionados.

El Dominio Acumulativo está siendo afectado por los

procesos morfodinámicos que han originado ciertas geoformas típicas. Pertenecen a este dominio el sector de la Puntilla y la isla Santay.

## 6.2. DESCRIPCION DE UNIDADES GEOMORFOLOGICAS.

En base a las consideraciones anteriormente expuestas las unidades estudiadas en el área son las siguientes:

### 6.2.1. Unidades Representativas de la Morfología.

#### a. Colinas Altas.

Antes de comenzar a describir la unidad es necesario hacer una breve aclaración del nombre que se le viene dando a la Cordillera Chongón Colónche. Las formas del relieve se definen tomando como base el parámetro altitud de la Cordillera que es superior a los 400 m. sobre el nivel del mar. Las colinas son paisajes cuya altitud es menor a 400 m. Los cerros que rodean a Guayaquil no tienen alturas mayores a los 375 m. Según esto, la definición correcta sería de Colinas Altas.

En la periferia de la ciudad, éste paisaje

se caracteriza por presencia de pendiente media a fuerte, con patrones de drenaje subparalelo desarrollado sobre materiales sedimentarios y volcanico sedimentario de la Formación San Eduardo y Formación Cayo (Miembro Guayaquil) respectivamente. Estas zonas son consideradas como de moderada estabilidad.

b. Colinas Medias.

Representan aquellas zonas que van desde los 100, 200 m. de altura topográfica, cuyo relieve pertenece a los Cerros de Bellavista, que tienen pendientes moderada a abrupta y han desarrollado poca vegetación. La vegetación original se caracteriza por especies como acacias, algarrobos y gran cantidad de matorrales. El drenaje típico es subparalelo, poco denso. Estructuralmente se encuentran unidades falladas, fracturadas y diaclasadas.

Estratigráficamente están compuestos por areniscas de grano grueso o conglomerático muy potente, con intercalaciones de

areniscas con abundantes clastos de lutitas, estratos de areniscas congloméricas gris verdosa, masiva, lutitas y areniscas de grano fino de color rojizo muy fracturado, brecha color verde muy compacta y dura. El rumbo de los estratos es variable de  $70^{\circ}$  y  $110^{\circ}$  y buzamientos de hasta  $36^{\circ}$  al Sur.

#### c. Colina Bajas.

Estas colinas comprenden paisaje con un relieve no mayor a 100 m. Representan una gran unidad de variadas características, con pendiente moderada.

La densidad de drenaje va desde poco denso a denso y el patrón varía entre dendrítico, subparalelo a pinnado. La litología predominante corresponde a depósitos volcánico-sedimentario de edad cretácico.

Estos paisajes presentan terrenos medianamente estables a inestables con la presencia localizada de derrumbes y deslizamientos y conos de deyección, ubicados especialmente en el lado SO del Campus Po-

lítècnico.

Una zona inestable està localizada en el sector del cerro de Mapasingue. Se presenta fracturamiento en arenisca y probable existencia de fallas. Durante la estación invernal ocurre gran cantidad de materiales rodados que son arrastrados hasta la carretera que conduce a Daule.

Esta unidad conserva una vegetación original arborea representada principalmente por ceibos, acacias, algarrobos. Estratigráficamente se caracteriza por una alternancia de brechas, microbrechas, areniscas tobáceas de tamaño grueso a finas lutitas.

Los cerros de Urdesa, Mapasingue, Guardiania y otros también forman parte de la cadena de los cerros que son parte de la Cordillera Chongón-Colonche y que tienen una dirección azimutal  $110^{\circ}$ .

### 6.2.2. Geoformas Asociadas a la Morfodinámica Actual.

Se estudió y zonificó en base al mapa geomorfológico aquellas unidades en las cuales, en épocas geológicas recientes o actuales, han modelado los relieves dando lugar a los depósitos coluviales, depósitos aluviales, deslizamientos y otros procesos morfodinámicos.

#### a. Depósitos Coluviales.

Son aquellos materiales detríticos heterogéneos más o menos sueltos depositados al pie de las colinas. Las superficies se presentan un poco irregulares. Se distribuye en forma esporádica en toda el Área de estudio. Un depósito coluvial ubicado en el sector norte de la carretera vía a Daule (ambos lados) de gran magnitud se ha desarrollado y llega hasta las márgenes del río Daule.

Estos depósitos generalmente representan zonas estables a inestables.

b. Depósitos Aluviales.

Son superficies planas localizadas al nivel de inundación de los ríos. Se componen de materiales totalmente sueltos transportados y depositados en forma fluvial.

En el área objeto de la presente Tesis, se observó un gran aluvial localizado a lo largo de las márgenes de los ríos Daule y Babahoyo.

c. Llanuras aluviales recientes.

Son superficie planas actuales localizadas en la zona de la Puntilla e Isla Santay. Consiste de sedimentos de textura fina.

d. Bancos recientes.

Son depósitos fluviales localizados en el interior de los meandros antiguos especialmente en la margen derecha del río Daule, constituye una superficie húmeda y está compuesta de sedimentos areno-limosos.

e. Llanura de Inundación Parcial.

Esta superficie se forma cuando el lecho mayor del río adquiere un nivel considerable por diversas causas, comienza a divergar por la llanura aluvial. Está constituida por sedimentos limo-arcillosos.

La unidad es muy grande y se encuentra en el lado NE del área de estudio, en esta unidad se ha desarrollado la casi totalidad de las ciudadelas del Norte. Esta zona se considera, área de inundación en épocas de crecidas del río durante los fuertes inviernos.

La Isla Santay esta representada por esta unidad. Haciendo una breve descripción de la isla, se puede decir que esta compuesta por 2 unidades: Una central conformada por un relieve ondulado bajo menos humedo, con una vegetación halófila. La otra unidad es la zona lateral de la Isla compuesta por un relieve menos ondulado y más bajo. La vegetación es más alta y presenta mayor humedad.

Geológicamente la Isla esta formada por una llanura aluvial compuesta por terrenos bajos, y bancos de rios. En las zonas laterales de la Isla se encuentran esteros, por los que se produce el aumento de la marea, inundación. En cambio la unidad central se inunda casi en su totalidad durante las precipitaciones.

La isla esta compuesta por material fino a muy fino, debido a la acumulación de material durante la avenida del rio Guayas, que descarga y depósita en ella sedimentos de granulometria fina, como arenas, arcillas, arcilla limosa y limo.

#### f. Meandros Abandonados.

La presencia de meandros a nivel de Alborada-Sauces corresponde a un estado de madurez a las formas que presenta el rio Daule aguas arribas, por lo que se infiere que en la época que el rio formaba estos meandros no habia influencia estuarina.

#### g. Depósitos Estuarinos.

Esta unidad esta presente en el extremo superior izquierdo del área de estudio del mapa. Los depósitos estuarinos estan influenciados por grandes mareas provenientes del Golfo de Guayaquil. La vegetación esta constituida por manglares.

Este paisaje de llanura costera, es muy importante en el desarrollo económico del país para el cultivo de camarón.

#### h. Areas Salinas.

Son las partes más elevadas en los depósitos estuarinos, y a ella llega con menor influencia las mareas, siendo estas áreas menos lavadas, produciéndose entonces la acumulación de sal, debido a la evaporación, desarrollándose salitrales, que permanecen desprovistos de vegetación. Actualmente está siendo utilizada en piscinas para criaderos de camarón.

i. Formas Antrópicas.

Las camaronerías en una de las formas antrópicas presentes en este sector que son utilizadas y aprovechadas por la industria y desarrollo en el área de la acuicultura.

El hombre es un agente morfológico, transforma la atmósfera contaminándola y modificando la cobertura vegetal, creando de esta forma un nuevo sistema bioclimático, que es el sistema antrópico resultando de esto la erosión y contaminación del suelo.

j. Conos de Deyección.

Representan materiales de depósitos, localizados al pie de las colinas a través de desprendimientos, formando superficies cónicas. Esta compuesta por material heterogéneos.

k. Deslizamiento o desprendimiento por caída gravitacional. Este proceso se observa en los cerros del Jordán y del Colorado, se

produce por la pérdida de equilibrio a causas de acciones hidricas. Las superficies de las acumulaciones producidas por este fenómeno presentan características similares en la de los derrumbes.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Las siguientes conclusiones finalizan el presente trabajo:

- El estudio geomorfológico fue realizado en una área aproximada de 625 km<sup>2</sup>.
- El estudio geomorfológico a detalle a la escala 1:20.000 permitió conocer las características del relieve, drenaje y procesos morfodinámicos, datos básicos para la evaluación de estudios de características geotécnicas.
- Geomorfológicamente el área de estudio distingue 3 Dominios: Dominio Estructural, Dominio Erosivo y el Dominio Acumulativo.
- Topográficamente el área de estudio también se divide en 3 niveles de altura: Colinas Altas, Colinas Medias y Colinas Bajas, que coinciden con la zonificación geomorfológica.

- Geológicamente el área está constituida por las formaciones: San Eduardo, Cayo y Piñon, además cuaternarios.
- El área está compuesta por materiales de rocas sedimentarias, volcano sedimentario y rocas ígneas.
- La Formación Cayo, cubre casi la totalidad del área de estudio: presentando gran variedad de litología.
- El Dominio Estructural presenta un paisaje de colinas altas, modelado en rocas de las Formaciones San Eduardo y Cayo, con drenaje subparalelo, poco denso.
- En el Dominio Erosivo predomina al miembro Guayaquil Cayo s.s. de la Fm. Cayo y Fm. Piñon en el sector de Pascuales, con un paisaje de colinas medias y bajas, con patrón de drenaje dendrítico denso a poco denso, pendientes moderadas.

Los aglomerados se encuentran en forma masiva con estratos de lutitas y areniscas inter estratificadas. Las lutitas se presentan en casi todo el dominio, son resistentes a la meteorización. Las areniscas son compactas y se observa en los cerros de Bellavista, Mapasingue.

- El Dominio Acumulativo, esta compuesto por materiales

aportados de la Cuenca del Guayas, depositando materiales finos en las márgenes de los ríos Daule y Babahoyo.

- La gran diversidad de paisajes en el área de estudio demuestran que esta siendo afectada por la erosión natural y la erosión antrópica.
- El clima es un factor importante en el modelado de las rocas de los paisajes.
- En la zona de la vertiente nororiental de la Cordillera se presenta conos de deyección.
- El drenaje en el área de estudio está constituida por pequeños arroyos intermitentes de corta longitud, con cauces excavados en el lecho rocoso, los valles terminan en V.
- El drenaje tiene un control estructural con orientaciones preferenciales de los cauces en sentidos NO-SE.
- Los patrones de drenaje son esencialmente sub-paralelo, dendritico, según el tipo de roca, en las areniscas y lutitas es denso a poco denso y en los aglomerados es poco denso.

- Los ríos Daule, Babahoyo y Guayas hasta el sector de la Funtilla, conservan una posición rectilínea no meandri-forme debido a la influencia del régimen hidrológico estuarino.
- La presencia de meandros abandonados a nivel de Alborada y Sauces, corresponde a un estado de madurez a las formas que presenta el río Daule aguas arribas.
- La presencia de lineamientos regionales en la imagen de radar, indica la ocurrencia de fallamientos.

#### RECOMENDACIONES.

- El estudio geomorfológico además de proporcionar información sobre el paisaje, da a conocer las zonas estable e inestable pero de manera general, por lo que recomiendo hacer una evaluación geotécnica detallada, para zonificar materiales que tienen posibilidades de aprovechamiento al ser utilizados como materiales de construcción (hormigón, relleno, etc.).

A N E X O S

# HUMEDAD RELATIVA

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1960	78	82	76	79	79	79	77	77	77	78	-	77
1961	80	84	82	82	77	81	80	77	76	75	72	78
1962	77	78	79	77	75	77	76	74	72	72	70	74
1963	70	80	81	73	76	76	76	75	74	73	71	74
1964	80	83	85	82	78	79	78	74	74	74	73	77
1965	73	79	84	85	83	78	75	73	74	73	74	76
1966	80	82	81	78	77	76	77	75	72	73	70	75
1967	82	82	78	69	70	73	73	70	69	69	71	73
1968	73	73	73	67	70	73	72	71	70	70	70	70
1969	68	70	80	80	77	78	76	74	71	70	69	73
1970	75	75	73	76	78	76	74	72	71	70	68	72



# HUMEDAD RELATIVA

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1971	71	77	83	75	73	75	75	73	71	72	70	73
1972	75	83	83	78	75	79	76	72	73	73	71	76
1973	85	85	81	77	79	79	77	74	74	73	70	77
1974	67	76	74	72	73	76	76	74	75	73	68	72
1975	74	85	84	79	74	78	77	76	75	74	74	76
1976	81	85	86	83	81	79	78	78	75	74	74	78
1977	81	82	82	78	73	76	75	74	70	72	74	75
1978	73	77	76	76	73	76	73	72	72	72	71	73
1979	75	73	73	76	70	73	74	73	71	72	70	72
TOTAL	1.518	1.591	1.594	1.542	1.511	1.537	1.515	1.478	1.456	1.452	1.350	1.391
PROMEDIO	75.9	79.55	79.7	77.1	75.55	76.85	75.75	73.90	72.75	72.6	71.05	69.55

MULTIANUALES TEMPERATURA MEDIA DEL AIRE

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1960	25.6	25.2	25.9	26.5	25.5	23.5	23.6	23.4	24.2	23.8		26.0
1961	26.1	26.1	26.2	26.1	25.6	24.0	22.8	22.2	23.5	24.2	23.5	26.2
1962	25.9	26.0	25.7	26.0	25.1	23.4	23.1	23.2	23.8	23.9	24.9	26.0
1963	26.2	25.7	26.0	26.0	25.3	23.9	23.5	24.1	24.0	24.6	24.1	25.8
1964	25.5	25.8	25.9	25.9	24.8	23.6	22.8	23.4	23.4	23.9	24.6	25.2
1965	25.9	25.09	25.8	25.8	25.8	25.6	24.5	24.0	24.4	24.8	24.6	25.7
1966	26.2	26.1	26.1	26.2	25.6	23.9	23.3	24.1	24.1	24.3	24.7	25.4
1967	25.3	25.7	26.0	26.9	26.3	24.1	23.2	23.9	23.7	24.2	23.7	24.8
1968	26.0	26.3	26.4	26.8	24.8	23.7	24.0	23.7	24.2	23.9	24.9	25.8
1969	26.7	27.4	27.0	27.1	27.0	26.2	23.9	23.7	24.4	24.8	25.4	26.6
1970	26.7	26.8	26.8	26.8	25.6	24.6	23.3	23.2	23.7	24.3	24.4	25.8

MULTIANUALES TEMPERATURA MEDIA DEL AIRE

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1971	26.0	25.6	25.6	26.0	24.5	24.1	23.4	23.4	23.9	23.7	25.7	24.7
1972	26.0	25.9	26.1	26.8	26.7	25.9	25.9	25.5	25.2	25.6	27.0	26.0
1973	26.4	26.4	26.9	26.6	25.8	24.6	23.1	23.1	24.0	23.8	24.5	25.0
1974	26.0	25.6	26.1	26.7	25.9	24.4	23.5	23.4	23.5	23.6	25.6	24.9
1975	25.6	24.9	25.9	26.0	25	24.2	22.3	22.4	23.2	23.6	24.3	24.2
1976	24.7	24.7	25.7	26.0	25.9	25.4	24.7	24.4	23.9	23.8	26.1	25.0
1977	25.7	25.9	26.5	26.5	25.8	24.9	23.8	23.4	23.6	24.1	26.2	25.1
1978	26.5	26.6	26.4	26.1	26.1	24.4	23.8	23.4	23.8	24.1	25.8	25.2
1979	26.2	26.9	27.0	26.6	26.3	25.2	23.4	23.8	24.7	24.9	25.7	25.4
TOTAL	519.2	519.5	524	527.3	513.4	489.6	471.9	472.2	479.2	484.1	446.3	514.2
PROMEDIO	25.96	25.98	26.2	26.37	25.67	24.8	23.60	23.61	23.96	24.21	24.54	25.71



MULTIANUALES DE PRECIPITACION

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1948	297.0	258.0	97.0	147.0	18.0	1.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0
1949	247.7	411.9	274.5	291.0	38.8	0.1	1.5	2.5	0.1	0.6	0.1	0.9
1950	172.5	280.0	119.0	23.7	0.5	1.0	0.0	0.0	0.8	0.2	0.6	79.7
1951	243.7	51.4	55.2	100.0	71.0	43.2	94.2	5.0	0.0	7.0	7.5	74.4
1952	162.4	179.7	111.3	83.0	9.3	9.8	0.0	0.0	0.0	3.5	1.1	0.1
1953	155.5	517.2	388.5	562.9	131.5	3.9	2.0	0.0	0.4	0.0	2.9	0.0
1954	75.2	168.9	132.4	61.2	0.0	0.0	0.1	0.8	0.0	1.8	0.0	11.2
1955	273.6	215.0	236.9	48.4	1.8	1.9	0.0	0.0	0.1	0.1	0.5	30.8
1956	259.3	192.6	176.5	82.3	16.6	0.2	0.2	0.1	0.1	0.9	0.0	1.7
1957	148.0	337.1	427.2	580.3	107.8	31.1	2.4	0.1	0.1	0.1	0.3	20.5
1958	202.2	595.3	319.6	224.0	114.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
1959	202.4	181.7	277.5	238.4	41.2	T	T	T	0.0	T	T	59.5

MULTIANUALES DE PRECIPITACION

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1960	198.2	89.6	356.8	72.3	33.9	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	11.4
1961	161.8	295.2	11.2	130.9	1.0	2.4	2.0	0.0	1.7	0.0	-	0.4
1962	170.6	165.7	166.8	50.5	46.7	-	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
1963	51.8	253.5	186.0	68.2	17.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.6
1964	266.9	95.3	299.1	177.1	12.6	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
1965	122.8	127.2	433.7	385.1	207.5	14.7	0.0	0.0	2.2	3.1	5.6	34.0
1966	529.3	175.1	173.9	49.8	12.4	1.7	0.0	0.1	0.0	18.4	0.6	9.6
1967	501.6	364.5	116.7	10.8	11.4	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	0.4
1968	90.6	137.7	131.4	23.4	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	11.0	0.0	1.8
1969	62.0	100.8	415.0	197.5	24.8	126.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.3
1970	129.0	84.7	100.7	100.7	164.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	7.1

# MULTIANUALES DE PRECIPITACION

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1971	95.0	65.4	429.5	54.0	7.9	3.7	0.0	0.0	1.6	0.0	0.6	2.1
1972	220.4	330.4	406.9	142.7	34.6	151.6	0.0	0.0	0.4	0.7	0.6	84.8
1973	701.3	210.8	491.6	180.7	135.7	2.9	0.0	5.5	2.7	0.0	0.0	16.3
1974	174.4	123.7	81.3	84.1	69.3	0.3	0.2	0.0	4.3	3.4	2.3	24.4
1975	135.2	351.3	472.7	143.9	0.0	2.8	3.1	1.6	0.3	11.1	1.0	2.3
1976	282.6	539.1	369.2	165.1	92.3	5.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	35.7
1977	111.5	280.0	282.8	31.4	1.0	13.2	0.0	0.0	21.9	1.2	0.0	2.2
1978	50.3	182.0	97.3	45.7	10.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.5
1979	124.4	47.0	71.5	240.5	10.7	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0

MULTIANUALES DE PRECIPITACION

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1980	93.2	68.4	175.6	378.8	29.8	1.4	0.0	T	0.0	0.9	0.2	2.6
1981	117.6	399.4	230.4	95.8	0.2	T	0.2	T	0.0	T	T	44.2
1982	126.8	89.8	6.7	16.0	13.8	T	T	0.0	0.2	5.8	152.3	255.5
1983	601.7	539.4	830.5	606.4	621.7	629.9	292.5	18.2	18.9	4.0	1.1	86.4
1984	14.7	480.5	213.5	156.3	34.0	3.3	0.1	0.0	0.7	0.7	T	42.9
1985	88.4	95.8	126.0	28.2	7.3	T	0.0	T	T	T	T	15.0
1986	382.8	68.1	39.1	197.1	2.5	0.0	0.0	T	T	4.9	0.3	80.4
1987	359.2	722.0	470.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	<u>8.403.6</u>	<u>6.254.1</u>	<u>9.902.4</u>	<u>6.292.6</u>	<u>2.154.6</u>	<u>1058.5</u>	<u>399.4</u>	<u>34.4</u>	<u>56.5</u>	<u>91.9</u>	<u>180</u>	<u>1.117.3</u>
PROMEDIO	210.09	156.35	247.56	157.31	53.86	26.46	9.98	0.86	1.41	2.30	4.50	27.93

## BIBLIOGRAFIA

1. Asesoría Técnica de Petróleo del Ministerio de Industrias y Comercio. Reporte Geológico de la Costa Ecuatoriana, Quito, Abril 1966.
2. BENITEZ S., "Contribución al estudio de las cuencas sedimentarias del Suroeste Ecuatoriano"; Documento de CEPE (Guayaquil) 1983; 34p.
3. BENITEZ S., Estratigrafía de las Formaciones Cayo y Guayaquil en la Cordillera Chongón Colonche, Documento en prensa (Guayaquil) 1988.
4. BRISTOW C.R. et Hoffstetter; Lexique Stratigraphique International, Vol. V, Fasc. 5 a 2, Ecuador, 2º Ed.; 1977.
5. BRISTOW C.R., The age of the Cayo Formation, Newsletter Stratigr., 4 (3) pp. 169-173, 1976.
6. BILLINGS, Structural Geology. 3era. Edición. 1972.
7. Comisión de estudios para el desarrollo de la cuenca

del río Guayas (CEDEGE) Hidrología y  
Meteorología, 1977.

8. DERRUAU. MG. Geomorfología, 2da. Edición, 1981 pp.  
65-149; 271-274.
9. Dirección General de Geología y Minas, 1979 Mapa  
Geológico del Ecuador a escala 1:100.000, Quito hoja  
33. Guayaquil.
10. FORERO M.C. Elementos para la interpretación de  
geoformas, Centro Interamericano de  
Fotointerpretación, Bogotá, 1977.
11. ORSTOM- ESPOL, Guía Geológica del Sureste de la  
Costa Ecuatoriana, Guayaquil, 1986.
12. SAUER W. Geología del Ecuador. Ministerio de  
Educación, 1965.
13. STRAHLER A. Geografía Física (Barcelona. Ediciones  
Omega, 1978). p.p. 522-538.
14. TECNOLÓGICA, ESPOL, 1983; Vol 4, N°2.
15. URBINA C. Manejo de Cuencas Hidrográficas. (Colombia:  
Centro Interamericano de Fotointerpretación, 1974).  
p.p. 29-73.